

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 n° 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](mailto: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
	1900. 99e année. 5e série. tome 5. 1er semestre
	1900. 5e série. tome 6. 2e semestre
	1901. 1er semestre
	1901. 2e semestre
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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	1902. 1er semestre
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1902
Collation	1 vol. (894 p.) : ill. ; 26 cm
Nombre de vues	889
Cote	BSPI 103
Sujet(s)	Progrès scientifique et technique Innovations -- France -- 1900-1945
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.103

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 élitiste 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 accéder 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.](#) :

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

PUBLIÉ
SOUS LA DIRECTION DU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ
M. ED. COLLIGNON

1902 (1^{er} 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.)



PARIS
SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

—
1902

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ

RÉDACTION DU BULLETIN

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

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE



CONSEIL D'ADMINISTRATION

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES, DES MEMBRES HONORAIRES DU CONSEIL
ET DES MEMBRES CORRESPONDANTS, ARRÊTÉE DANS LA SÉANCE DES ÉLECTIONS
DU 10 JANVIER 1902 POUR L'ANNÉE 1902



BUREAU

Année
de l'entrée
au Conseil.

Président.

1894. — LINDER (C. ✱), inspecteur général des mines, en retraite, 38, rue du Luxembourg (VI^e arr^t).

Vice-présidents.

1885. — LE CHATELIER (Henri) (✱), ingénieur en chef des mines, professeur au Collège de France, rue Notre-Dame-des-Champs, 73 (VI^e arr^t).

1896. — LINDET (✱), professeur à l'Institut national agronomique, 108, boulevard Saint-Germain (VI^e arr^t).

1893. — VIOLLE (O. ✱), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, 89, boulevard Saint-Michel (V^e arr^t).

1879. — VOISIN BEY (O. ✱), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, rue Scribe, 3 (IX^e arr^t).

Secrétaire.

1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. ✱), inspecteur général des ponts et chaussées en retraite, 6, rue de Seine (VI^e arr^t).

Trésorier.

1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (✱), boulevard Haussmann, 77 (VIII^e arr^t).

Année
de l'entrée
au Conseil.

Censeurs.

1881. — SIMON (E.) (*), ingénieur, boulevard du Montparnasse, 89 (VI^e arr^t).
 1884. — BORDET (*), ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181 (VII^e arr^t).

Commission des Fonds.

1884. — BORDET (*), ancien inspecteur des finances, administrateur de la Compagnie de Châtillon et Commentry, boulevard Saint-Germain, 181, *Président* (VII^e arr^t).
 1868. — GOUPIL DE PRÉFELN (*), boulevard Haussmann, 77 (VIII^e arr^t).
 1876. — PEREIRE (Henry), ingénieur des arts et manufactures, boulevard de Courcelles, 33 (VIII^e arr^t).
 1887. — FOURET (*), examinateur d'admission à l'École polytechnique, avenue Carnot, 4 (XVII^e arr^t).
 1888. — D'EICHTHAL (Eug.), administrateur de la Compagnie du chemin de fer du Midi, boulevard Malesherbes, 144 (XVII^e arr^t).
 1891. — HEURTEAU (O. *), ingénieur en chef des mines, directeur de la Compagnie du chemin de fer d'Orléans, rue de Clichy, 17 (IX^e arr^t).
 1893. — DAUBRÉE (Lucien) (O. *), directeur général des eaux et forêts, 78, rue de Varenne (VII^e arr^t).
 1899. — DUMONT (O. *), administrateur de la Compagnie des glaces et produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, 44, rue des Mathurins (VIII^e arr^t).
 1900. — LAVOLLÉE (J.), avocat à la Cour d'appel, 3, avenue du Coq (IX^e arr^t).
 N...

Comité des Arts mécaniques.

1869. — HATON DE LA GOUPILLIÈRE (G. O. *), membre de l'Institut, vice-président du Conseil général des mines, rue de Vaugirard, 56, *Président* (VI^e arr^t).
 1876. — COLLIGNON (Ed.) (O. *), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, rue de Seine, 6 (VI^e arr^t).
 1881. — SIMON (E. *), ingénieur, boulevard du Montparnasse, 89 (VI^e arr^t).
 1884. — BRÜLL (*), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, boulevard Malesherbes, 117 (VIII^e arr^t).
 1890. — BIENAYMÉ (C. *), directeur des constructions navales, en retraite, 14, rue Revel, à Toulon (Var).
 1891. — IMBS (*), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue Greuze, 20 (XVI^e arr^t).
 1891. — SAUVAGE (O. *), ingénieur en chef des mines, professeur à l'École supérieure des mines, rue Eugène-Flachat, 14 (XVII^e arr^t).
 1893. — FLAMANT (O. *), inspecteur général des ponts et chaussées, 1, rue Littré, à Alger.

Année
de l'entrée
au Conseil.

1894. — LINDER (C. ✱), inspecteur général des mines, en retraite, 38, rue du Luxembourg (VI^e arr^t).
 1895. — BOURDON (Édouard) (O. ✱), constructeur-mécanicien, rue du Faubourg du Temple, 74 (XI^e arr^t).
 1895. — ROZÉ (✱), répétiteur d'astronomie à l'École polytechnique, 62, rue du Cardinal-Lemoine (V^e arr^t).
 1897. — BARBET, ingénieur, 53, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise).
 1897. — DILIGEON, constructeur-mécanicien, 23 bis, avenue Niel (XVII^e arr^t).
 1898. — MASSON (✱), ingénieur civil, directeur du Laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers, 22, rue Alphonse de Neuville (XVII^e arr^t).
 1900. — WALCKENAEER (O. ✱), ingénieur en chef des mines, 218, boulevard Saint-Germain (VII^e arr^t).
 1901. — RATEAU (✱), ingénieur des mines, 105, quai d'Orsay (VII^e arr^t).

Comité des Arts chimiques.

1872. — TROOST (C. ✱), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences, rue Bonaparte, 84, *Président* (VI^e arr^t).
 1862. — DE LUYNES (Victor) (O. ✱), professeur au Conservatoire des arts et métiers, rue de Bagneux, 16 (VI^e arr^t).
 1877. — BÉRARD (P.) (O. ✱), secrétaire du Comité consultatif des arts et manufactures, rue Casimir-Delavigne, 2 (VI^e arr^t).
 1880. — VINCENT (C.) (✱), ingénieur, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, boulevard Saint-Germain, 28 (V^e arr^t).
 1880. — JUNGELS (✱), professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, rue du Cherche-Midi, 74 (VI^e arr^t).
 1883. — CARNOT (Adolphe) (O. ✱), membre de l'Institut, inspecteur général des mines, directeur de l'École nationale supérieure des mines, boulevard Saint-Michel, 60 (VI^e arr^t).
 1884. — CAILLETET (O. ✱), membre de l'Institut, boulevard Saint-Michel, 75 (V^e arr^t).
 1885. — LE CHATELIER (Henri) (✱), ingénieur en chef des mines, professeur au Collège de France, rue Notre-Dame-des-Champs, 73 (VI^e arr^t).
 1885. — BIVER (Hector) (✱), administrateur de la Compagnie de Saint-Gobain, rue Meissonier, 8 (XVII^e arr^t).
 1885. — APPERT (Léon) (O. ✱), ingénieur manufacturier, 50, rue de Londres (VIII^e arr^t).
 1889. — VIELLE (O. ✱), ingénieur en chef des poudres et salpêtres, 12, quai Henri IV (IV^e arr^t).
 1895. — DUCLAUX (O. ✱), membre de l'Institut, directeur de l'Institut Pasteur, avenue de Breteuil, 39 (VII^e arr^t).
 1895. — BUQUET (✱), directeur de l'École centrale des arts et manufactures, 1, rue Montgolfier (III^e arr^t).
 1898. — LIVACHE, ingénieur civil des mines, 24, rue de Grenelle (VII^e arr^t).

Année
de l'entrée
au Conseil.

1898. — MOISSAN (C. ✱), membre de l'Institut, professeur à l'École de pharmacie, 7, rue Vauquelin (V^e arr^t).

1900. — BACLÉ (✱), ingénieur civil des mines, 57, rue de Châteaudun (IX^e arr^t).

Comité des Arts économiques.

1876. — SEBERT (H.) (général) (C. ✱), membre de l'Institut, rue Brémontier, 14, *Président* (XVII^e arr^t).

1866. — BOUILHET (Henri) (O. ✱), ingénieur-manufacturier, rue de Bondy, 56 (X^e arr^t).

1876. — FERNET (E.) (O. ✱), inspecteur général de l'Instruction publique, 23, avenue de l'Observatoire (VI^e arr^t).

1883. — BARDY (O. ✱), directeur honoraire du service scientifique des contributions indirectes, rue du Général-Foy, 32 (VIII^e arr^t).

1883. — MASCART (G. O. ✱), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, directeur du Bureau central météorologique, rue de l'Université, 176 (VII^e arr^t).

1883. — LAUSSEDAT (G. O. ✱), colonel du génie en retraite, membre de l'Institut, directeur honoraire du Conservatoire des arts et métiers, 3, av. de Messine (VIII^e arr^t).

1885. — PRUNIER (L.) (✱), professeur à l'École supérieure de pharmacie, membre de l'Académie de médecine, 47, quai de la Tournelle (V^e arr^t).

1886. — BECQUEREL (Henri) (O. ✱), membre de l'Institut, 6, rue Dumont-d'Urville (XVI^e arr^t).

1887. — CARPENTIER (O. ✱), ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique, rue du Luxembourg, 34 (VI^e arr^t).

1888. — RAYMOND (C. ✱), administrateur honoraire des Postes et des Télégraphes, 36, rue Washington (VIII^e arr^t).

1893. — FONTAINE (O. ✱), ingénieur civil, rue d'Assas, 43 (VI^e arr^t).

1893. — VIOLLE (O. ✱), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des arts et métiers, boulevard Saint-Michel, 89 (V^e arr^t).

1897. — LYON (O. ✱), directeur de la fabrique de pianos Pleyel et Wolf, 22, rue Rochecouart (IX^e arr^t).

1900. — TOULON (Paul) (✱), ingénieur en chef des ponts et chaussées, attaché à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, 75, rue Madame (VI^e arr^t).

N...

N...

Comité d'Agriculture.

1866. — TISSERAND (Eug.) (G. O. ✱), conseiller maître à la Cour des Comptes, rue du Cirque, 17, *Président* (VIII^e arr^t).

1866. — HEUZÉ (G.) (O. ✱), inspecteur général honoraire de l'agriculture, rue Berthier, 41, à Versailles (Seine-et-Oise).

Année
de l'entrée
au Conseil

1879. — RISLER (C. ✱), directeur honoraire de l'Institut national agronomique, rue de Rennes, 106 bis (VI^e arr^t).
1880. — RONNA (C. ✱), ingénieur civil, membre du Conseil supérieur de l'agriculture, 48, boulevard Émile-Augier (XVI^e arr^t).
1881. — LAVALARD (Ed.) (O. ✱), membre du Conseil supérieur de l'agriculture, maître de conférences à l'Institut national agronomique, 54 bis, rue Cardinet (XVII^e arr^t).
1882. — MÜNTZ (Achille) (O. ✱), membre de l'Institut, professeur à l'Institut national agronomique, rue de Condé, 14 (VI^e arr^t).
1882. — PRILLIEUX (E.) (O. ✱), membre de l'Institut, rue Cambacérès, 14 (VIII^e arr^t).
1884. — MURET (✱), membre de la Société nationale d'agriculture de France, place du Théâtre-Français, 4 (I^{er} arr^t).
1885. — Le baron THÉNARD (Arnould) (O. ✱), membre de la Société d'agriculture de France, place Saint-Sulpice, 6 (VI^e arr^t).
1888. — LIÉBAUT (O. ✱), président honoraire de la Chambre syndicale des ingénieurs-constructeurs-mécaniciens, avenue Marceau, 72 (VIII^e arr^t).
1896. — LINDET (✱), professeur à l'Institut national agronomique, 108, boulevard Saint-Germain VI^e arr^t).
1897. — GRANDEAU (C. ✱), inspecteur général des Stations agronomiques, 4, avenue La Bourdonnais (VII^e arr^t).
1899. — BÉNARD (O. ✱), président de la Société d'agriculture de Meaux, 81, rue de Maubeuge (X^e arr^t).
1901. — RINGELMANN (✱), directeur de la station d'essais de machines, 47, rue Jenner (XIII^e arr^t).
1901. — TÉTARD (S.) (✱), ancien président du Syndicat des fabricants de sucre, boulevard Magenta, 91 (X^e arr^t).
1901. — HITIER (Henri), ingénieur agronome, maître de conférences à l'Institut national agronomique, 23, rue du Cherche-Midi (VI^e arr^t).

Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

1876. — ROSSIGNEUX (Ch.) (✱), architecte, quai d'Anjou, 23, *Président* (IV^e arr^t).
1876. — BUNEL (H.) (O. ✱), ingénieur, architecte en chef de la Préfecture de police, rue du Rocher, 67 (VIII^e arr^t).
1876. — DAYANNE (O. ✱), président du comité d'administration de la Société française de photographie, rue des Petits-Champs, 82 (II^e arr^t).
1876. — Le comte DUFRESNE DE SAINT-LÉON (O. ✱), inspecteur général de l'Université, rue Pierre-Charron, 61 (VIII^e arr^t).
1876. — GUILLAUME (Eug.) (C. ✱), membre de l'Institut, directeur de l'Académie de France, à Rome.
1879. — HUET (E.) (O. ✱), inspecteur général des ponts et chaussées, boulevard Raspail, 12 (VII^e arr^t).
1879. — VOISIN BEY (O. ✱), inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite, rue Scribe, 3 (IX^e arr^t).

Année
de l'entrée
du Conseil.

1885. — ROMILLY (Félix de), ancien président de la Société française de physique, avenue Montaigne, 25 (VIII^e arr^t).
 1892. — FROMENT-MEURICE (*), fabricant d'orfèvrerie, 46, rue d'Anjou (VIII^e arr^t).
 1894. — PECTOR (Sosthènes), membre du conseil d'administration de la Société française de photographie, 9, rue Lincoln (VIII^e arr^t).
 1895. — BOUGUEREAU (C. *), artiste peintre, membre de l'Institut, rue Notre-Dame-des-Champs, 75 (VI^e arr^t).
 1895. — BELIN (H.) (*), éditeur, 52, rue de Vaugirard (VI^e arr^t).
 1898. — BONAPARTE (prince Roland), 10, avenue d'Iéna (XVI^e arr^t).
 1899. — LARIVIÈRE (Pierre) (*), ingénieur civil des mines, 164, quai Jemmapes (X^e arr^t).
 1899. — PILLET (J. *), professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, 18, rue Saint-Sulpice (VI^e arr^t).

Comité du Commerce.

1864. — LAVOLLÉE (Ch.) (*), ancien préfet, vice-président honoraire de la Société, 79, rue de la Tour (XVI^e arr^t). *Président*.
 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 (VIII^e arr^t).
 1887. — CHEYSSON (O. *), membre de l'Institut, inspecteur général des ponts et chaussées, 4, rue Adolphe-Yvon (XVI^e arr^t).
 1892. — GRUNER (E.) (O. *), ingénieur civil des mines, secrétaire du Comité central des houillères de France, rue Férou, 6 (VI^e arr^t).
 1896. — LEVASSEUR (O. *), membre de l'Institut, 26, rue Monsieur-le-Prince (VI^e arr^t).
 1897. — PAULET (O. *), directeur au Ministère du Commerce, 49, rue Vineuse (XVI^e arr^t).
 1897. — DUPUIS (*), ingénieur civil des mines, 18, avenue Jules-Janin (XVI^e arr^t).
 1899. — LALANCE (Auguste) (*), 193, boulevard Malesherbes (XVII^e arr^t).
 1899. — LÉVY (Raphaël-Georges) (*), 80, boulevard de Courcelles (XVII^e arr^t).
 1901. — LEGRAND (Victor) (O. *), ancien président du Tribunal de commerce de la Seine, 115, rue Lafayette (X^e arr^t).

Agent général de la Société.

M. RICHARD (Gustave) (*), ingénieur civil des mines, rue de Rennes, 44 (VI^e arr^t),
Téléph. 270.28.

Commission du Bulletin.

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

Année
de l'entrée
au Conseil.

MEMBRES HONORAIRES DU CONSEIL

Vice-Présidents.

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

Comité des Arts mécaniques.

1884. — LÉVY (Maurice) (O. *), membre de l'Institut, professeur au Collège de France, avenue du Trocadéro, 15.

1891. — RICHARD (Gustave) (*), ingénieur civil des mines, agent général de la Société.

1898. — BOUTILIER (*), inspecteur général des ponts et chaussées, 24, rue de Madrid.

Comité d'Agriculture.

1901. — M. SCHLÖESING (O. *), membre de l'Institut, 67, quai d'Orsay.

Comité du Commerce.

1869. — CHRISTOFLE (Paul) (O. *), manufacturier, rue de Bondy, 56.

1873. — MAGNIER (E.) (*), négociant, rue de l'Arcade, 16.

Comité des Arts économiques.

1891. — ROUART (Henri) (O. *), ingénieur-constructeur, 34, rue de Lisbonne (VIII^e arr^t).

1861. — LE ROUX (F.-P.) (O. *), professeur à l'École de pharmacie, boulevard du Montparnasse, 120 (XIV^e arr^t).

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).

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).

HABICH, directeur de l'École des mines, à Lima.

THURSTON, professeur à la Cornell University d'Ithaca (État de New-York).

WALTHER-MEUNIER, ingénieur en chef de l'Association des propriétaires de machines à vapeur, à Mulhouse.

Comité des Arts chimiques.*Correspondants français.*

GUIMET fils, manufacturier, à Lyon.
PECHINEY, directeur de la Société des produits chimiques d'Alais.
MANHÈS, directeur de la Société métallurgique du cuivre, à Lyon.
KESSLER, fabricant de produits chimiques, à Clermont-Ferrand.
DARBLAY, manufacturier, à Essonnes (Seine-et-Oise).
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, membre de l'Institut, 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.

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, ingénieur consultant 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.

COCHARD, président de la Société d'agriculture de Montmédy.
MILLIAU (Ernest), chimiste, à Marseille.
BRIOT, inspecteur des forêts, à Chambéry (Savoie).

Correspondants étrangers.

JUHLIN-DANNFELT, Sibyllegatan, 43, Stockholm.
GILBERT (D^r), membre de la Société royale de Londres, à Rothamstead (Angleterre).

Comité du Commerce.

Correspondants français.

BERGASSE, négociant, à Marseille.
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.
AURELIO CAPELLO, capitaine d'artillerie, ingénieur géographe, Calle de Jorge Juan, 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).

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté au nom du Comité des Arts économiques SUR LES FILTRES
DÉGROSSISSEURS PUECH, par M. Hippolyte Fontaine.

MESSIEURS,

M. Armand Puech, manufacturier à Mazamet, a imaginé un système de filtres pour grandes masses d'eau. Ce filtre présente un intérêt particulier au triple point de vue de son débit élevé, de l'économie d'établissement et de la facilité de nettoyage.

Il se compose essentiellement de trois bassins rectangulaires con-

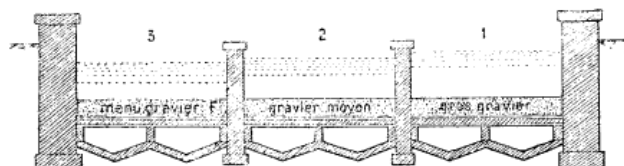


Fig. 1.

tigus, en maçonnerie, munis chacun, vers le tiers de la hauteur, d'un plancher en tôle perforée, reposant sur des fers à double T et recevant une couche de graviers de grosseur déterminée.

La tôle perforée a 4 millimètres d'épaisseur. Le gravier du premier bassin est criblé de 12 à 15 millimètres de diamètre; celui du deuxième bassin est criblé de 10 millimètres de diamètre; et celui du troisième bassin de 6 à 8 millimètres. La couche de gravier, dans chaque bassin, a 0^m,35 à l'amont et 0^m,20 à l'aval, d'épaisseur.

Le croquis ci-dessous suffit pour donner une idée assez exacte du système. Une série de valves et de clapets, convenablement disposés aux deux extrémités des bassins, permettent d'isoler les compartiments, de faire entrer l'eau à filtrer dans l'un quelconque des compartiments, d'opérer le nettoyage d'un bassin sans arrêter le fonctionnement des deux autres.

L'eau brute arrive par un large conduit à la tête du filtre. Elle remplit d'abord le compartiment n° 1 jusqu'à une hauteur déterminée, puis elle passe à travers la couche de gros graviers et vient, débarrassée de ses plus grossières impuretés, occuper la partie inférieure de cette première galerie. De là l'eau pénètre dans le second compartiment, se filtre sur du gravier moyen et se débarrasse de matières moins volumineuses. Elle est envoyée ensuite dans le dernier compartiment où elle abandonne les substances étrangères de petites dimensions.

Ainsi préparée, l'eau est envoyée dans les filtres à sable fin pour recevoir un complément d'épuration.

Primitivement amorcée par la manœuvre de quatre clapets, la marche du filtre Puech se poursuit régulièrement grâce à une différence de niveau qui se crée entre deux compartiments voisins (10 centimètres entre les 1^{er} et 2^e compartiments et également 10 centimètres entre les 2^e et 3^e compartiments).

L'eau traverse successivement les trois galeries, à raison de 30 mètres cubes par mètre carré de plancher et par vingt-quatre heures.

Au bout de huit jours de marche, le filtre est encrassé superficiellement, le débit diminue.

Il faut alors procéder à un nettoyage partiel.

Pour opérer ce nettoyage, on isole, par un jeu de clapets, le bassin encrassé, pendant que les deux autres bassins continuent à fonctionner ; on le vide jusqu'à la hauteur de la couche de gravier. Puis on amène, par une simple ouverture de vanne, une lame d'eau de quelques centimètres d'épaisseur qui vient ruisseler sur la couche vaseuse. Cela fait, deux hommes promènent des râteliers sur le gravier, d'amont en aval. L'eau entraîne, vers une vanne de vidange, toutes les impuretés déposées à la surface. Un quart d'heure suffit pour rendre le gravier tout à fait brillant sur une surface de 40 mètres carrés. L'opération terminée, on remet le bassin dans le circuit général de filtration.

Quand les trois compartiments sont nettoyés comme il vient d'être dit, le débit du filtre redevient normal. Huit jours après on recommence le

même travail partiel. Au bout d'un mois la masse entière est imprégnée d'impuretés, il faut alors procéder à un nettoyage général.

Pour y parvenir, on isole le compartiment comme précédemment et on lave successivement toutes les parties du gravier. Trois hommes désagrègent la couche compacte, par petites tranches, et, au moyen d'une lame d'eau courante et d'un outil à main, ils lavent et rincent convenablement tous les graviers. Ce travail, qui se fait à pied sec, exige six heures par galerie.

Quand l'ensemble du gravier a repris son état primitif, il ne reste plus qu'à régler la surface de ce gravier suivant une ligne tracée sur les parois des compartiments afin de conserver toujours, de l'amont à l'aval, la pente primitive de 15 centimètres.

La remise en charge du compartiment a lieu dès que le nettoyage est terminé.

Tout cela est facile, rapide et peu coûteux.

M. Puech n'a pas la prétention de fournir, avec ses filtres dégrossisseurs, de l'eau potable, puisque ses graviers ont besoin d'un nettoyage superficiel toutes les semaines et d'un lavage complet tous les mois; ce qui prouve qu'ils se souillent assez rapidement et que, du jour au lendemain, l'eau dégrossie varie de pureté.

Des analyses faites à l'observatoire de Monsouris sur les eaux de Seine puisées à Ivry, avant et après leur passage sur le filtre Puech, il résulte que le nombre de bactéries éliminées a varié entre la moitié et le vingtième des bactéries totales contenues dans l'eau brute.

Quoi qu'il en soit, cette élimination partielle doit faciliter le travail des filtres ordinaires, où l'eau sortant des dégrossisseurs est envoyée. On conçoit, en effet, que grâce à l'opération préliminaire les filtres à sable fin ont un rendement supérieur à ceux qui reçoivent directement l'eau brute. La quantité d'eau filtrée est incontestablement plus considérable; la pureté est probablement plus parfaite.

On peut seulement se demander si la deuxième opération sera tout à fait efficace et si l'eau, doublement filtrée, sera réellement de l'eau potable.

En général les hygiénistes français ne sont pas partisans des filtres à sable. Ils considèrent ces appareils comme des clarificateurs et non comme des épurateurs.

Pour eux l'eau de source est seule digne de figurer sur la table; le filtrage, même méthodiquement conduit, doit être réservé uniquement aux eaux industrielles.

Une eau potable, disent-ils, doit être absolument pure ; or, les filtres n'éliminent jamais la totalité des bactéries pathogènes et on sait qu'une seule de ces bactéries suffit pour donner naissance à de graves maladies. L'épuration poussée à 95 et même à 99 p. 100, loin de constituer un progrès réel peut devenir une cause de danger, car bien des personnes considèrent cette épuration comme suffisante et leur appréciation erronée donne une fausse sécurité aux municipalités qui les consultent. D'autre part, l'eau filtrée est presque toujours moins fraîche que l'eau de source, ce qui permet aux microbes de s'y multiplier plus rapidement. Les mêmes hygiénistes ajoutent que tous les filtres à sable s'encrassent petit à petit et laissent passer chaque jour une plus grande proportion d'impuretés ; que leur nettoyage complet est, sinon impossible, du moins très difficile à réaliser convenablement ; qu'enfin ce filtrage, pour être un tant soit peu utile, exige des emplacements considérables et des frais de premier établissement fort élevés.

Laissant de côté les questions de fraîcheur, d'entretien et de prix d'installation qui sont évidemment très secondaires comparées à celle de la pureté de qui seul dépend la santé publique, il est intéressant de connaître l'opinion des étrangers sur le filtrage des eaux destinées à l'alimentation.

Contrairement à ce qui se passe en France, le filtrage sur sable paraît être couramment employé en Allemagne, en Angleterre, en Hollande et aux États-Unis, où il donne, dit-on, de bons résultats. Dans ces diverses contrées on demande aux filtres non seulement de clarifier l'eau, mais encore de l'épurer au point de vue bactériologique et on y réussit à merveille si nous en croyons les graphiques très suggestifs que M. Chabals, ingénieur de M. Puech, a récemment présentés à la Société de médecine publique de Paris.

Ces graphiques sont relatifs à un certain nombre de villes de France et d'Allemagne ; ils ont pour ordonnées la mortalité typhique et la mortalité générale des diverses localités considérées. L'alimentation en eau des deux cents villes citées par M. Chabal est obtenue soit au moyen de sources, soit au moyen d'eau filtrée à travers du sable, soit, enfin, partie au moyen d'eau de source et partie au moyen d'eau de puits.

L'analyse des courbes met deux faits en lumière :

1° Les villes françaises ont une mortalité typhique relativement élevée comparée à celle des villes allemandes ;

2° Les villes alimentées en eaux superficielles contaminées mais épurées par un filtrage au sable fin, ont une tendance à une mortalité typhique moindre que les villes alimentées en eaux de source.

Sans vouloir tirer de conclusion absolue de ces faits qui peuvent être discutés et même combattus par d'autres graphiques du même genre, établis sur des villes différentes, on peut cependant dire qu'ils appellent l'attention de nos ingénieurs et les sollicitent à étudier de nouveau les filtres à sable. Il n'y a pas de motif sérieux pour ne pas appliquer en France ce qui rend de grands services ailleurs.

Ceci dit au point de vue général, il faut revenir au filtre dégrossisseur qui peut, dans tous les cas, être utilisé pour l'épuration préalable des eaux contaminées et dans un but industriel.

Déjà plusieurs grandes installations ont mis en évidence son bon fonctionnement, mais quelques années de marche sont nécessaires pour permettre de juger l'ensemble de ses qualités et d'énumérer tous les services qu'il peut rendre.

En attendant, il convient de citer ses principales applications.

La première a été réalisée en 1891, à Mazamet (Tarn), dans une fabrique appartenant à M. Puech. Le débit du filtre de cette fabrique atteint 3 600 mètres cubes par vingt-quatre heures.

En 1900, la ville de Paris a fait construire à Ivry deux groupes de filtres capables de traiter chacun 17 500 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures. On a pourvu l'un de ces groupes de canaux décanteurs, l'autre a reçu un dégrossisseur Puech.

En 1890, la Compagnie générale des Eaux de Paris a fait installer à Nice un filtre du même système débitant 10 000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

On construit en ce moment deux grands filtres Puech : l'un à Nantes pour les eaux de la ville, qui débitera 20 000 mètres cubes en vingt-quatre heures; l'autre à Londres pour l' "East London Waterworks Cy" qui devra dégrossir 50 000 mètres cubes d'eau de la Tamise en vingt-quatre heures.

Les villes d'Annonay et du Mans viennent récemment d'adopter le même procédé pour le filtrage préalable des eaux municipales.

En résumé, l'invention de M. Puech se développe assez rapidement.

Votre Comité des Arts économiques vous propose, Messieurs, de remercier M. Puech de son intéressante communication et de décider l'insertion du présent rapport accompagné d'un croquis.

Signé : HIPPOLYTE FONTAINE, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 10 janvier 1902.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. A. Brüll** au nom du *Comité des Arts mécaniques*
SUR LE GÉNÉRATEUR SEMI-MULTITUBULAIRE SYSTÈME LAGOSSE.

La Société anonyme des chaudières Lagosse, dont le siège social est 34, rue de Provence à Paris, a soumis à votre appréciation le générateur Lagosse qu'elle exploite sous la dénomination de chaudière semi-multitubulaire.

Ce générateur est du type à bouilleurs avec un gros corps cylindrique supérieur. Au lieu de communications ou cuissards, peu nombreux et de grand diamètre, M. Lagosse place entre les bouilleurs et le corps et sur toute leur longueur un faisceau de tubes parallèles.

Le corps supérieur est plus élevé au-dessus des bouilleurs que dans les chaudières ordinaires afin de donner une longueur convenable aux tubes. On construit des générateurs à un ou à deux bouilleurs suivant l'importance de la surface de chauffe.

Dans le premier type, le corps supérieur et le bouilleur sont disposés suivant un même axe vertical. Le corps principal et le bouilleur portent, l'un et l'autre, une partie plane et horizontale constituant la plaque tubulaire du faisceau.

Lorsque la chaudière comporte deux bouilleurs, le corps supérieur est terminé en dessous par une forte tôle pliée en forme d'un V très ouvert. Les deux branches planes du V forment, à droite comme à gauche, une plaque tubulaire. Les bouilleurs ont, à leur partie supérieure, une face plane parallèle à la plaque du corps qui lui correspond. Les faisceaux, perpendiculaires aux plaques, sont ainsi légèrement inclinés de part et d'autre de la verticale. L'ensemble de la section transversale du générateur affecte, comme on le voit, la forme d'un V renversé.

Naturellement, les parties planes recevant les tubes ont une forte épaisseur. Les tubes sont mandrinés à chacune de leurs extrémités; ils sont d'assez gros diamètre; leur nombre est considérable.

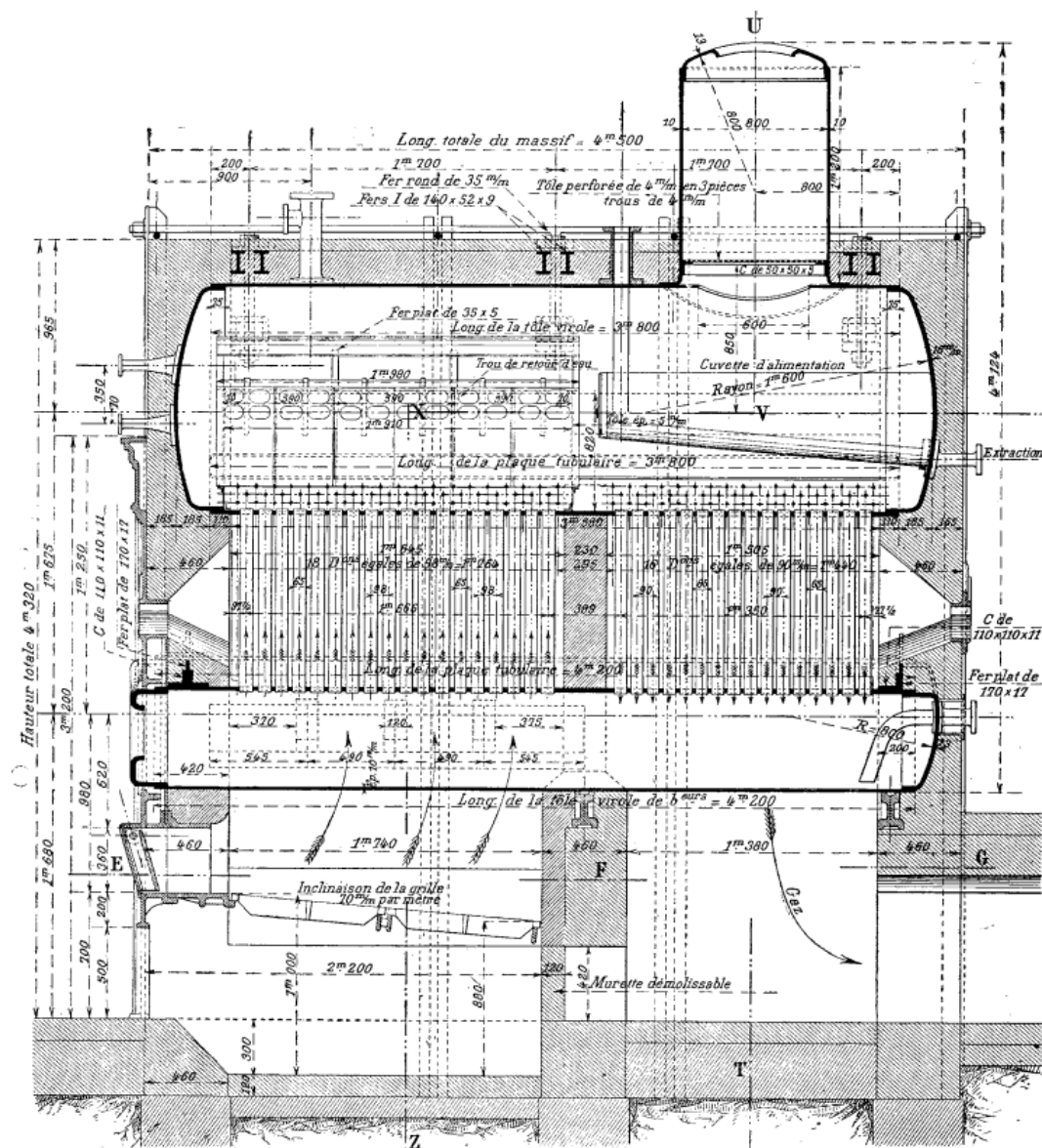


Fig. 11. — Chaudière Lagossa coupe M. O, P. Q, fig. 2.

Timbre	8 kilos.	Rapport de la surface de grille à la surface de chauffe.	1/31,25
Dimensions extérieures du massif.	Longueur 4m 500	Nombre de tubes <i>N</i> de 65/59	260
	Largeur 3m 600	Nombre de tubes <i>R</i> de 65/59	232
	Hauteur 4m 320	VOLUME d'eau à froid <i>V</i>	8204 lit.
Surface de grille.	4m ² ,00	VOLUME de vapeur <i>V'</i>	3113 lit.
Surface de chauffe.	Tubulaire. 110m ² ,50		
	Totale 125m ²	Rapport du vol. d'eau au vol. de vapeur $\frac{V}{V'}$	2,635
Production de vapeur à l'heure.	3500 kilos.		

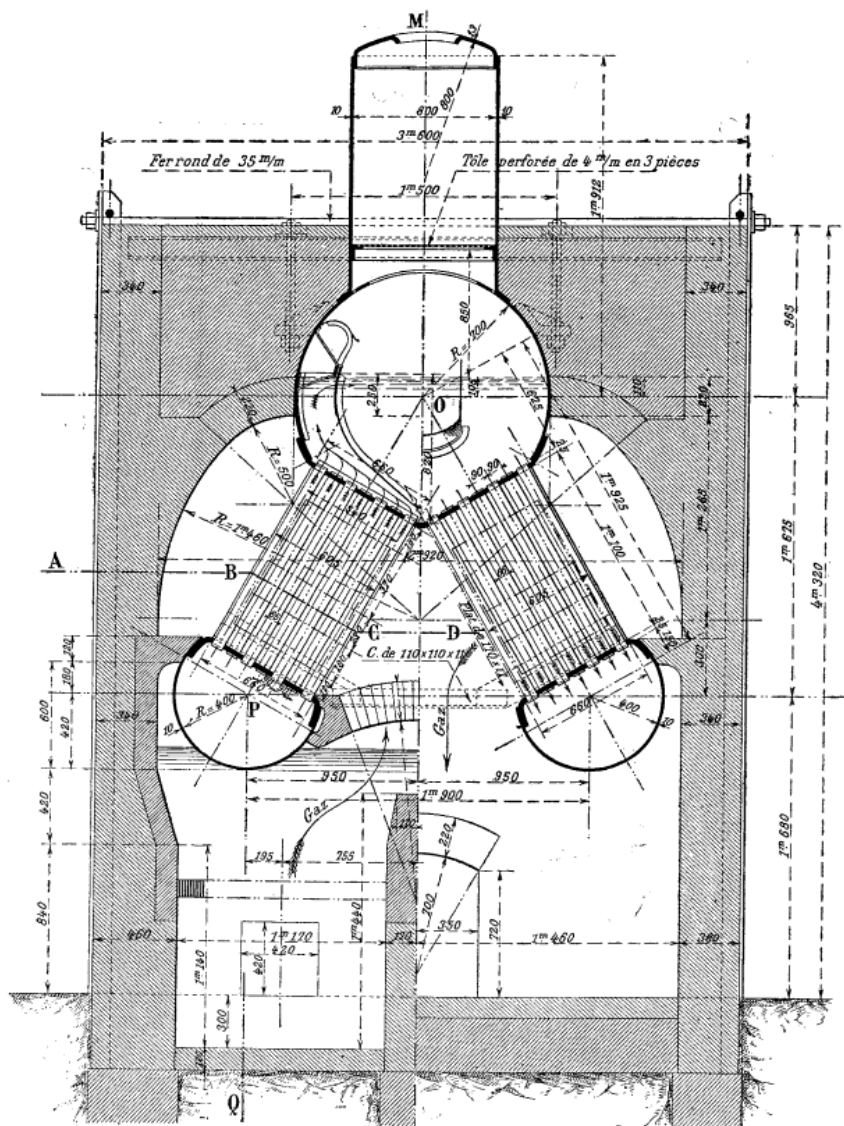


Fig. 2. — Chaudière *Lagosse*. Coupes transversales U, V, X, Z et T, V, U, fig. 4).

L'ensemble de ces tubes qui forme à peu près les 85 centièmes de la surface de chauffe, est peigné par les flammes et les gaz du foyer; il constitue certainement un faisceau d'une grande puissance de vaporisation. D'autre part, la disposition presque verticale de ces longs tubes doit favoriser la circulation.

On voit que ce type de chaudière compte parmi ceux dans lesquels on cherche à la fois les avantages d'un fort volume d'eau et d'une active vaporisation.

Le corps tubulaire est séparé, sur sa longueur, en deux tronçons par une murette transversale qui forme écran et ne laisse qu'un passage contre la paroi du fourneau. Les gaz du foyer sont ainsi obligés de s'incurver au sortir du premier tronçon pour arriver au second et le traverser à son tour; ils gagnent le carneau au milieu de la largeur du fourneau.

Sur le flanc d'entrée des gaz, pour chaque partie du faisceau, tous les espaces entre les tubes du rang extérieur sont libres, tandis que sur le flanc de sortie, un espace sur deux, environ, est obturé par une petite cornière portant sur deux tubes voisins.

Dans le tronçon arrière, les tubes sont plus rapprochés les uns des autres que dans le tronçon avant.

L'alimentation se fait en avant du dôme de prise de vapeur au moyen d'un tube pendentif débouchant dans une cuvette fixée sur l'arrière dans le corps supérieur. La haute température régnant dans cette partie du générateur favorise la précipitation des sels de chaux qu'on peut évacuer au moyen d'un robinet d'extraction placé au pied de la cuvette d'alimentation.

D'après la notice remise par la société exploitante, la partie du faisceau située en arrière de la murette alimenterait les bouilleurs par un courant d'eau descendant, tandis que le tronçon avant du faisceau serait parcouru de bas en haut par un mélange d'eau et de vapeur.

Dans cette conviction, on a placé dans le corps supérieur, au-dessus du débouché des tubes du tronçon avant, une tôle cintrée et percée, à sa partie supérieure, de fenêtres. Cette tôle, dénommée accélérateur de circulation, activerait la circulation à la façon d'un émulseur.

Enfin, pour diminuer l'entraînement de l'eau par la vapeur, le bas du dôme de prise de vapeur est garni, sur toute sa section transversale, d'une tôle perforée.

L'ensemble de la chaudière est logé dans un fourneau en maçonnerie.

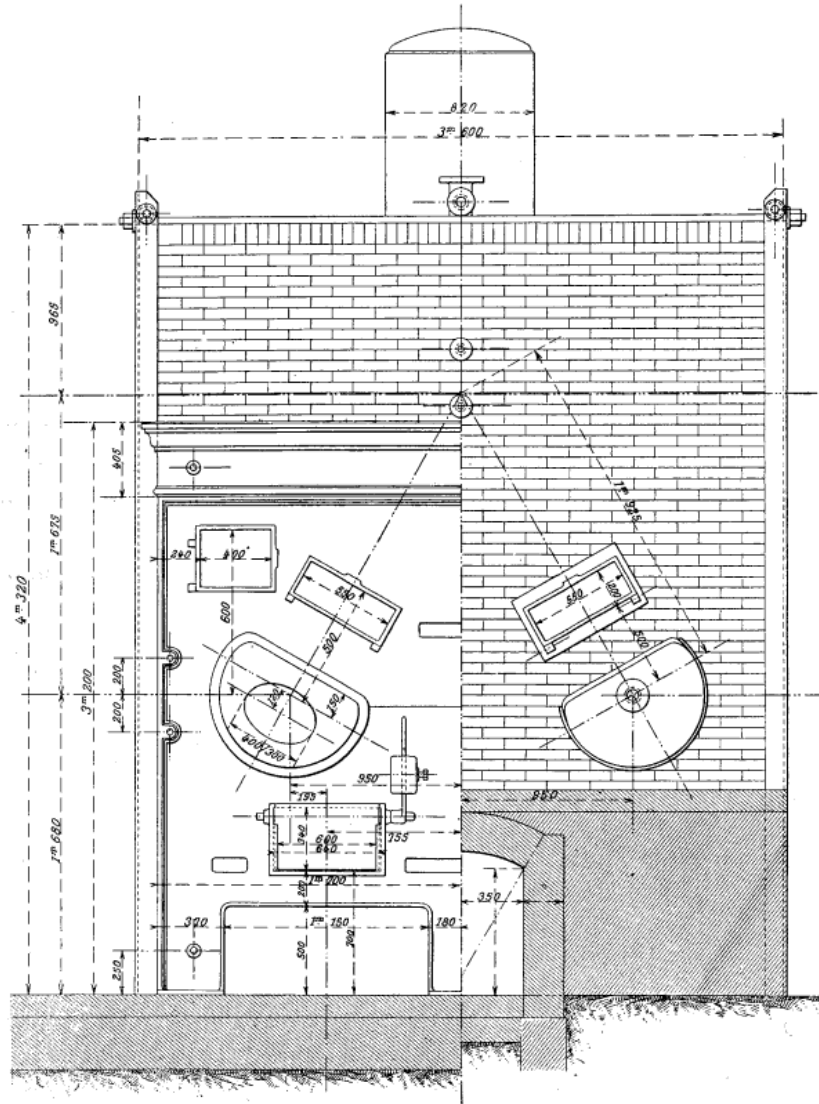


Fig. 3. — Chaudière Lagosse. Demi-vues de face et d'arrière.

Elle ne comporte pas un foyer spécial ; il en existe qui sont desservies par des grilles de divers genres.

On doit reconnaître que le générateur Lagosse ne saurait remplacer les chaudières à petits éléments dans toutes leurs applications, le grand volume d'eau qu'il contient ne convenant guère aux installations urbaines pour lesquelles les règlements en vigueur conduisent, presque absolument, à l'emploi de générateurs à volume d'eau très réduit.

D'un autre côté, les grandes sections transversales des bouilleurs et du corps supérieur exigeraient, pour la production des pressions élevées, qui se pratiquent souvent aujourd'hui, des épaisseurs de tôle véritablement fortes. On arriverait, dans ces conditions, à avoir une chaudière de construction assez difficile et, en tout cas, d'un poids considérable.

Par contre, la facilité de visite et de nettoyage qu'offrent des bouilleurs de grandes dimensions est chose fort appréciable quand on ne dispose que d'eau de médiocre qualité.

Un assez grand nombre de ces chaudières est en service en France. De nombreux témoignages de leur bon fonctionnement figurent dans la publicité de la Société.

Votre rapporteur a examiné, le 4 décembre 1901, une batterie de trois générateurs en service à l'usine Clément, quai Michelet à Levallois-Perret. Les chaudières latérales présentent chacune 100 mètres carrés de surface de chauffe ; elles sont à deux bouilleurs avec faisceaux tubulaires inclinés. La chaudière du milieu a 50 mètres carrés ; elle n'a qu'un bouilleur avec faisceau tubulaire vertical.

M. le capitaine Leneveu, qui a construit cette belle usine, a bien voulu nous renseigner sur le fonctionnement de ces générateurs. Il nous a, de plus, communiqué les résultats d'essais faits sous sa direction peu de temps après la mise en service des générateurs.

Ces chaudières sont desservies par des foyers système Dulac (1). Elles sont alimentées avec de l'eau de Seine non épurée ; le nettoyage intérieur est pratiqué tous les mois, on ne retire guère que des boues avec un peu de tartre adhérent ; mais ces dépôts n'existent pas dans les tubes.

Dans un essai fait sur un générateur de 100 mètres carrés de surface de chauffe et de 4 mètres carrés de grille, la pression moyenne de marche a été de 6,250 kilogrammes par centimètre carré.

(1) Le foyer Dulac a reçu de la *Société d'Encouragement*, en 1894, un prix de 3 000 francs pour les foyers industriels fumivores.

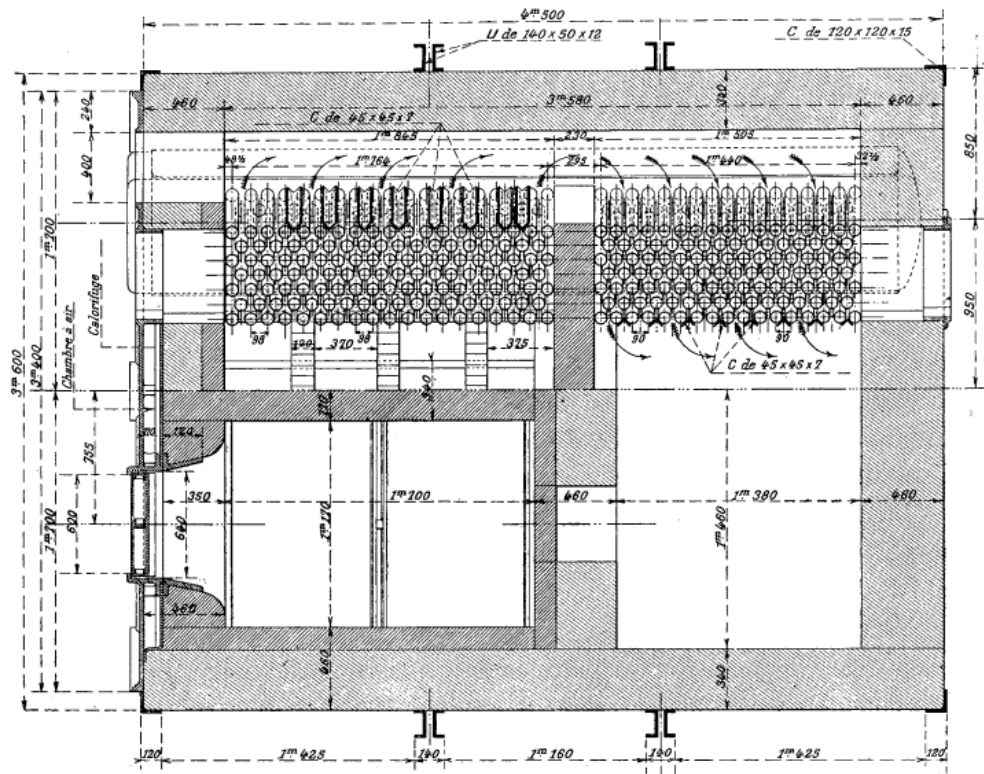


Fig. 4. — Chaudière Lagosse. Demi-coups horizontales A, B, C, D et E, F, G (fig. 2 et 1).

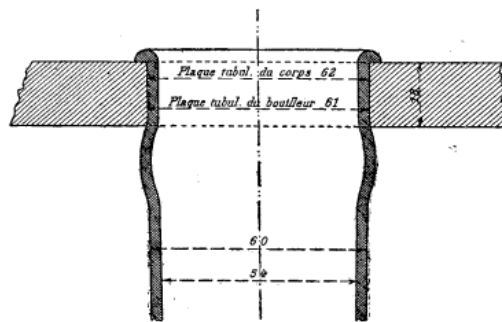


Fig. 5. — Chaudière Lagosse. Détail du sertissage d'un tube.

Le charbon consommé est désigné comme quart gras ayant laissé 17,5 p. 100 de cendres et mâchefer. L'allure du feu a été modérée, la consommation moyenne de charbon, par heure et par mètre carré de grille, n'ayant été que de 39,2 kilogrammes. Les gaz, au pied de la cheminée, avaient la température moyenne de 160°.

Dans ces conditions, il a été produit 15,2 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure. La vaporisation de l'eau ramenée à 0° a été de 9,967 kilogrammes par kilogramme de charbon brut.

Un second essai a été fait sur le générateur de 50 mètres carrés de surface de chauffe et de 2 mètres carrés de surface de grille. La pression a été de 6 kilogrammes par centimètre carré.

On a employé du charbon gras de Liévin laissant 20,95 p. 100 de cendres et de mâchefer. Le feu a été conduit à allure vive, avec une consommation de 95,5 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure. Les gaz, au départ dans la cheminée, étaient moyennement à 250°.

Dans ces conditions qui sont tout autres, comme on le voit, que celles du premier essai, la vaporisation a été de 25,5 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure et de 7,130 kilogrammes par kilogramme de charbon brut.

D'autre part, nous avons sous les yeux deux rapports d'essais faits par l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

Les deux chaudières essayées avaient chacune 100 mètres carrés de surface de chauffe avec l'une, 4 mètres carrés de grille et l'autre, 3,60 mètres carrés. Dans ces chaudières, il a été vaporisé 23,36 kilogrammes et 23,55 kilogrammes d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

Comme on le voit, la chaudière qui fait l'objet du présent rapport, donne des productions allant jusqu'à 25 kilogrammes de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Ces vaporisations élevées sont le propre des chaudières à tubes d'eau.

Dans le type de chaudière qui vous est soumis, la puissance de vaporisation est obtenue sans recourir aux complications des générateurs à petits éléments : collecteurs, boîtes diverses, bouchons, tous organes d'une exécution délicate. Il est vrai, par contre, que la chaudière Lagosse ne présente pas les facilités de démontage et de remplacement de tubes qu'on rencontre dans certaines chaudières à tubes d'eau.

En résumé, pour les usages auxquels elle convient, la chaudière Lagosse rend de bons services à l'industrie; elle est d'un entretien facile et son fonctionnement est économique.

Vous voudrez certainement, Messieurs, remercier la Société de la chaudière Lagosse de son intéressante communication et autoriser la publication du présent rapport au *Bulletin* avec les dessins et les légendes nécessaires pour faire comprendre la construction et le fonctionnement du générateur.

Signé : A. BRÜLL, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 10 janvier 1902.

ARTS MÉCANIQUES

EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

Par **M. Codron**, *lauréat de la Société d'Encouragement* (Suite) (1).

Poinçonnage.

Le poinçonnage consiste à pratiquer des trous dans des pièces peu épaisses (tôles, barres plates, profilés) avec un poinçon A (fig. 254) qui traverse la pièce C, placée sur une matrice B. La partie enlevée s'appelle la débouchure. La pièce d'œuvre emboîtant complètement l'outil pendant la période du travail, on réalise, dans cette opération, une liaison effective de ces deux membres de la chaîne cinématique qui constitue la poinçonneuse. Comme le poinçon possède un mouvement rectiligne suivant son axe, le trou qui correspond à sa section peut être de forme quelconque : carrée, rectangulaire, polygonale, circulaire, étoilée, etc. (fig. 255). Parfois les évidements sont latéraux (fig. 256), c'est alors un découpage partiel. Si l'opération s'applique à l'obtention de disques de grand diamètre (fig. 257) qui servent, par exemple, à la fabrication des tubes, des obus, des étuis de cartouche, de rondelles, etc., elle s'appelle *défonçage*.

Le défonçage se fait, de même que le poinçonnage en mince épaisseur, soit d'un seul coup, soit progressivement, et l'opération, dans ce cas, a une analogie complète avec le cisailage à lames parallèles ou à lames obliques. Le plus souvent, l'évidement est de forme circulaire; le poinçon, pour petits et moyens diamètres, est armé d'une petite pointe centrale qui s'introduit dans le fort coup de pointe de traçage. Les ouvriers anglais, dans la construction des bateaux, se servent, à tort, de poinçons sans pointe; ils opèrent ainsi sans précision, ce qui donne lieu, lors de l'assemblage des pièces, à des non-concordances des trous nombreuses, qui obligent à des façons supplémentaires longues et onéreuses.

Le poinçon est une tige d'acier trempé dur capable de résister au poinçonnage de nombreux trous sans exiger de réparation. De même, la matrice est en acier trempé, et le poinçon doit y pénétrer avec un certain jeu afin qu'il ne s'ébrèche pas par rencontre due aux défauts du guidage de l'outil.

Pour les minces épaisseurs (moins de 1 millimètre), le jeu est très petit; il

(1) *Bulletin* de janvier, mars, avril, juillet, août 1901, p. 213.

est même, pour ainsi dire nul, quand il faut réduire la bavure au minimum et obtenir une grande précision. Cette disparition de la bavure conduit aussi à faire choix d'un métal pas trop ductile, comme, par exemple, pour les tôles des induits des dynamos à pourtour défoncé, poinçonné avec des poinçons et des

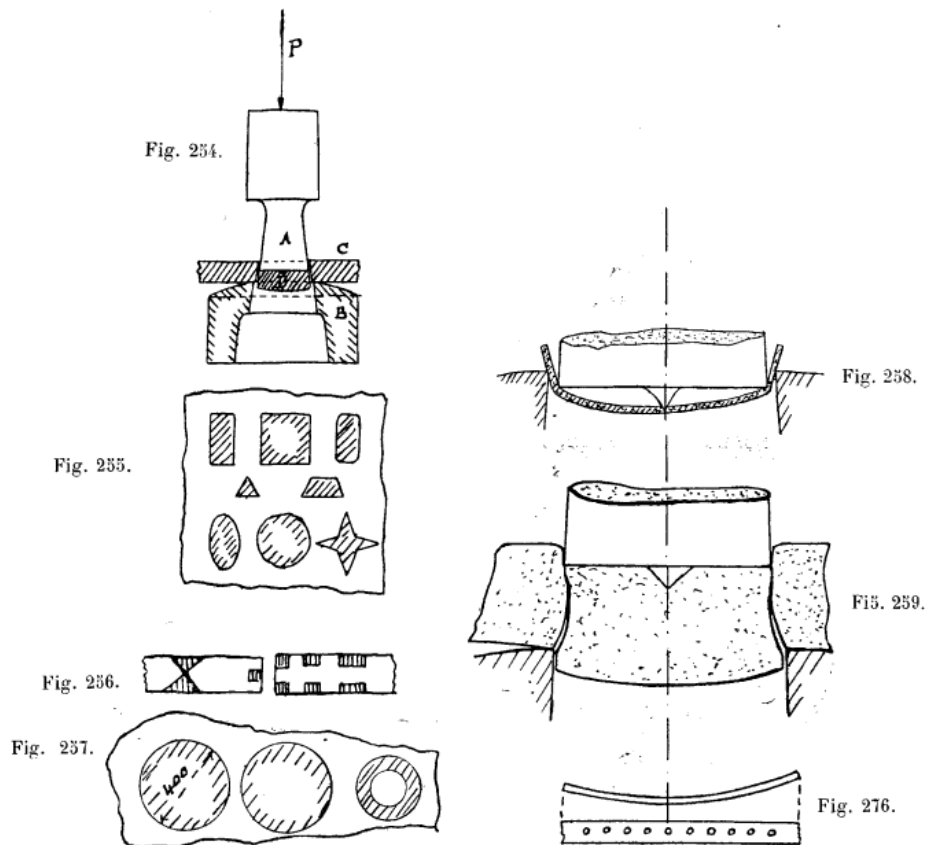


Fig. 254 à 259, et 276.

matrices qui ne laissent rien à désirer au point de vue du guidage et de la construction.

Dans les travaux qui tolèrent le jeu, on conçoit aisément qu'il dépende de l'épaisseur de la pièce et non pas du diamètre du trou. Ainsi, avec une tôle mince de 1 millimètre d'épaisseur, si on donne un jeu de 4 millimètres pour un diamètre de 40 millimètres, il y aura emboutissage (fig. 258), tandis que si l'épaisseur est de 20 millimètres, la tendance à l'emboutissage sera très réduite (fig. 259).

Il importe de ne pas exagérer le jeu, sinon les trous sont défectueux, ainsi que

l'indiquent les figures 260 à 274. Remarquons la figure 275, représentant un trou dont le poinçon était excentré par rapport à la matrice ; elle montre bien la progression de l'influence du jeu sur la déformation générale d'une pièce mince. Un bourrelet s'est manifesté, d'autant plus prononcé que le jeu est plus grand. De plus, dans le cas de barres peu épaisses, elles se courbent davantage (fig. 276) ; il faut les redresser, et, si le métal est écroui, peu ductile, on augmente les chances de

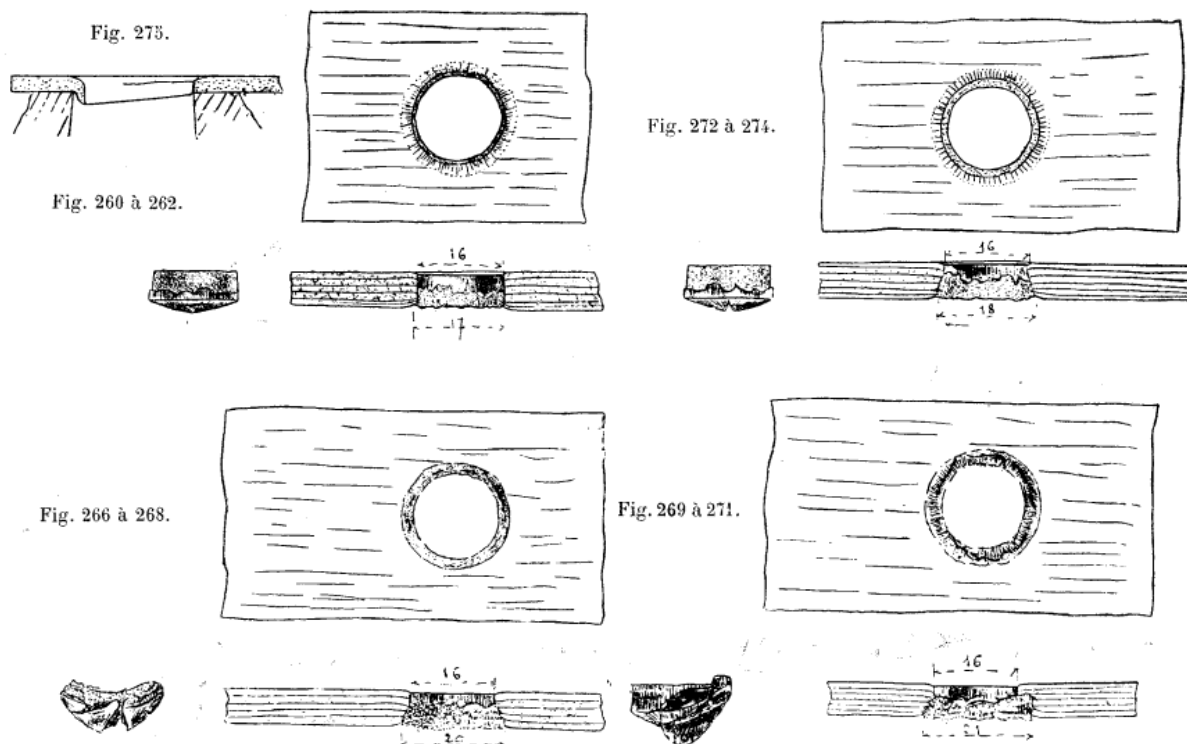


Fig. 260 à 275. — Influence du jeu de la matrice sur la correction du trou.

la production de criques. De même, si le jeu est trop petit, dans les barres épaisses, le métal est plus refoulé latéralement, ce qui augmente aussi la courbure. Il y a donc une valeur du jeu pour laquelle la courbure est minimum ; c'est celle dont il convient de ne pas s'écarter.

La bonne pratique adopte pour le poinçonnage ordinaire un jeu qui varie entre 0,05 et 0,1 de l'épaisseur a , de sorte que le diamètre de la matrice est :

$$d' = d + 2 (0,05 a \text{ à } 0,1 a).$$

Pour $d = 20$ millimètres, $a = 10$, $d' = 20 + 1 \text{ à } 20 + 2$.

Même pour les trous qui doivent être agrandis par un alésage au foret, il ne faut pas tolérer un jeu trop grand qui donnerait lieu à des déchirures accentuées surtout si le métal est fibreux (fig. 267, 270, 273).

En outre, nous verrons plus loin que la variation du jeu a peu d'influence sur les efforts maxima développés et sur les énergies dépensées.

Le poinçon (fig. 277) doit avoir sa surface latérale en dépouille, pour diminuer le frottement dans le trou.

L'angle de dépouille β est de 1 à 2°. La pointe ne doit pas être exagérée par rapport au diamètre du poinçon, mais doit être suffisante. La matrice est aussi en dépouille pour faciliter le dégagement de la débouchure ; l'angle $\beta = 2$ à 4°.

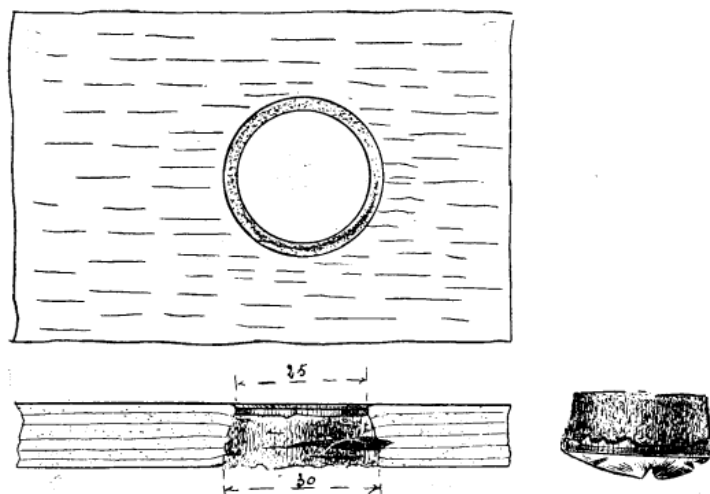


Fig. 272 à 274.

L'angle de coupe α du poinçon est ordinairement de 90°, afin d'assurer à l'arête tranchante une grande résistance. Cependant, il est rationnel de réduire cet angle et d'adopter, comme pour les lames de cisaille, une valeur voisine de 80°, ce qui facilite la pénétration. D'ailleurs, pour les métaux tels que le cuivre et le zinc, l'angle α est de 75° à 80°, quand on découpe de petites épaisseurs.

Il en est de même de l'angle de coupe de la matrice dont la face supérieure est arrondie. Cependant, dans la pratique courante, en vue d'éviter la dépression de la pièce, l'empreinte de pénétration, on adopte une face d'appui plane soit $\alpha = 90^\circ$. Il s'ensuit que le poinçon est plus engagé que la matrice au moment où l'effort atteint sa valeur maximum, au moment où la rupture proprement dite commence à se produire. Ces outils doivent être constitués avec le meilleur acier, et trempés, en les cémentant par surcroît au moment de l'opération. Le bain de trempe doit être spécial aussi, ne pas nécessiter une haute température

de chauffage afin de prévenir la rupture. Le bon entretien des arêtes tranchantes des deux outils a une grande influence sur la correction du poinçonnage et sur le mode de rupture de la débouchure. Il convient aussi de graisser les outils, particulièrement si les épaisseurs sont fortes, ce qui réduit les frottements.

Le poinçonnage donne lieu à des actions assez complexes. Comme le cisailage, il ne peut s'appliquer qu'aux métaux qui possèdent une ductilité suffisante, sinon les phénomènes de compression, de flexion ou d'emboutissage, de refoulement latéral, déterminent des criques, ou une détérioration du métal sur une zone plus ou moins étendue (fig. 278), ce qui motive, par exemple, pour les aciers demi-durs ou doux, le poinçonnage à 16 millimètres d'un trou de

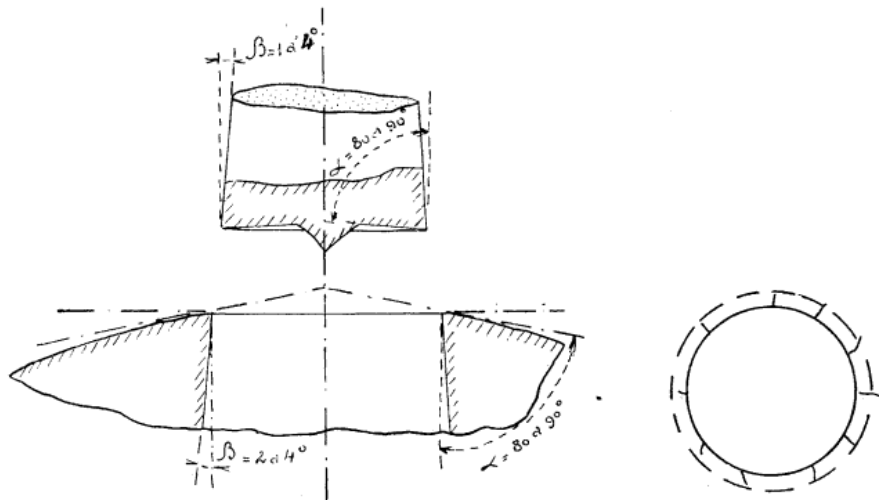


Fig. 277 et 278.

20 millimètres ; ce dernier diamètre est obtenu ensuite par un alésage au foret, de préférence à un poinçonnage ou découpage complémentaire.

C'est également la brutalité de l'opération qui a conduit à ne plus poinçonner les aciers mi-durs, et à les percer directement au foret, à arrondir les angles des trous rectangulaires ou polygonaux. Il ne faut pas perdre de vue que les tôles de fer et d'acier poinçonnées peuvent perdre de 10 à 20 p. 100 de leur résistance à la traction et de leur ductilité, suivant la ligne des trous.

Le poinçonnage d'un trou cylindrique de diamètre de poinçon d (fig. 279) peut donner lieu à un diagramme des efforts développés tel que celui fig. 280. On rapporte l'effort maximum à la surface du trou : πda (a épaisseur de la pièce),

et on obtient un coefficient de poinçonnage $R = \frac{P}{\pi da}$; d'où :

$$P = \pi d a R.$$

Le coefficient de poinçonnage R se compare souvent au coefficient R' de ténacité ou de résistance à la traction directe.

Selon l'épaisseur de la pièce par rapport au diamètre du poinçon et selon la

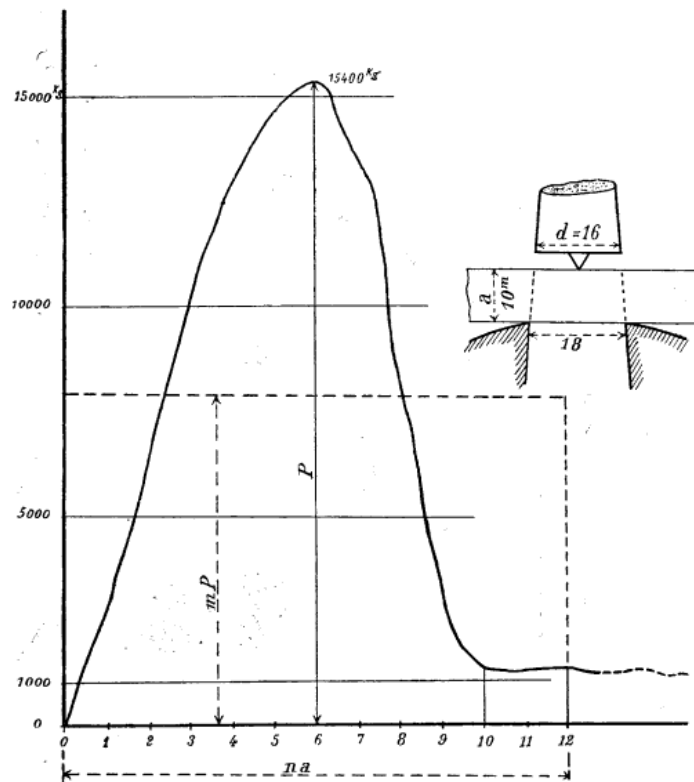


Fig. 279-280.

ductilité, la contexture des métaux : cuivre, fer, acier doux, acier demi-dur, ce dernier poinçonné exceptionnellement, le rapport $\frac{R}{R'}$ peut varier entre 0,60 et 1.

Parfois, on fait ressortir la pression p par unité de section transversale du poinçon, soit :

$$p = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4P}{\pi d^2} = \frac{4aR}{d}.$$

Mais, la pression réelle est généralement beaucoup plus forte sur les parties en contact avec la surface d'about du poinçon, laquelle ne porte souvent que sur une faible couronne et sur la pointe centrale.

Pour de petits diamètres par rapport à l'épaisseur a , la pression p peut être

très grande, s'il s'agit de fer ou d'acier doux ; elle peut dépasser le coefficient de résistance de rupture de l'acier spécial avec lequel le poinçon est constitué ; ou bien les outils ne résistent pas longtemps, ils s'émoussent, ils s'ébrèchent. C'est une des raisons pour laquelle la pratique ne s'éloigne pas du rapport $\frac{d}{a} = 1,5$ à 2. On conçoit que, pour chaque métal, il y a une limite de ce rapport qu'il importe de ne pas dépasser, si l'on veut éviter la flexion du poinçon, et le refoulement latéral trop prononcé qui donne lieu à des criques même éloignées du trou.

Lorsque le trou est de section rectangulaire de dimensions b et c , l'épaisseur de la pièce étant a , la surface latérale est : $S = 2(b + c)a$; le coefficient de résistance devient $R = \frac{P}{2(b + c)a}$. D'une façon générale, on déduit $R = \frac{P}{S}$.

L'énergie de poinçonnage est représentée par la surface du diagramme (fig. 280).

Le coefficient m donnant l'effort moyen mP est variable avec la nature du métal. De même, le déplacement na du poinçon pendant l'opération. On pourra poser :

$$\tau = mP \times na = m\pi da R na = mn\pi a^2 d R,$$

relation analogue à celle du cisailage avec lames parallèles. L'énergie τ serait proportionnelle au diamètre d et au carré de l'épaisseur.

On peut la rapporter à la surface latérale du trou, soit une énergie par millimètre carré de section poinçonnée :

$$\tau'_1 = \frac{\tau}{\pi da} = mnaR.$$

Ce coefficient serait indépendant du diamètre et proportionnel à l'épaisseur a , ainsi qu'aux autres facteurs de la relation.

Si on rapporte l'énergie τ à l'unité du volume de la débouchure, il vient :

$$\tau'_1 = \frac{\tau}{\frac{\pi d^2 a}{4}} = \frac{4mn\pi a^2 d R}{\pi d^2 a} = \frac{4mnaR}{d} = \frac{4\tau'_1}{d}.$$

Si δ est la densité du métal, l'énergie par gramme serait :

$$\tau_1 = \frac{\tau'_1}{\delta}.$$

Le coefficient τ'_1 , serait donc proportionnel à l'épaisseur a et inversement proportionnel au diamètre d .

Les essais feront connaître les valeurs de ces coefficients pour les différents métaux que nous considérerons. Ces essais ont été faits à la machine à essayer en disposant la pièce et les outils dans une boîte-guide (fig. 281). Parfois, pour mieux suivre l'opération, dès que les empreintes étaient amorcées, on enlevait la boîte et l'on remettait les outils en pression. La vitesse du poinçon était très petite pour permettre la lecture des déplacements en toute sûreté.

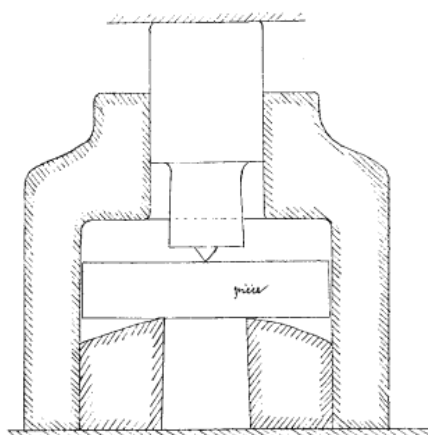


Fig. 281. — Boîte à poinçonner.

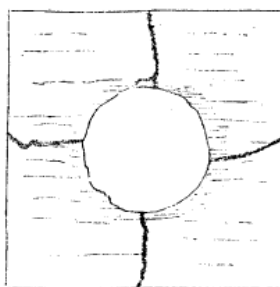


Fig. 282 à 284. — Formes diverses des débouchures.

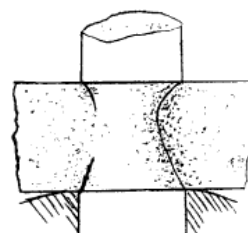
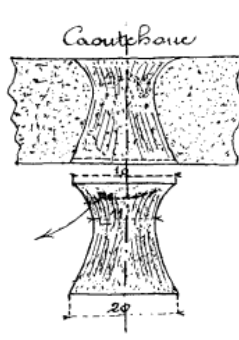
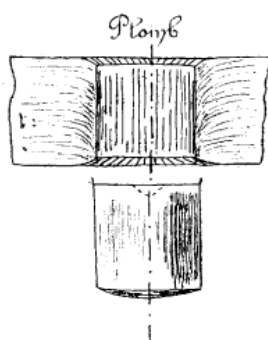


Fig. 285, 288 et 289. — Zone de fin de rupture.

La forme de la débouchure d'un trou circulaire varie avec la nature des matériaux, avec les conditions principales ou secondaires de l'opération, avec l'état d'entretien des outils et leur action plus ou moins symétrique; cette forme permet de se rendre compte de certains phénomènes du poinçonnage en comparant les débouchures de matières diverses.

La fonte montre la non-praticabilité de l'opération avec un métal fragile : la pièce se brise de même que la débouchure (fig. 282 à 284), dont le pourtour ne s'écarte guère d'un tronc de cône à génératrices peu convexes ou peu concaves.

Le plomb, dépourvu d'élasticité, mais très ductile et très mou, accuse une débouchure cylindrique (fig. 285), qui se calibre suivant l'ouverture de la matrice.

Le caoutchouc mou, très élastique, donne un profil de sortie en double tronc

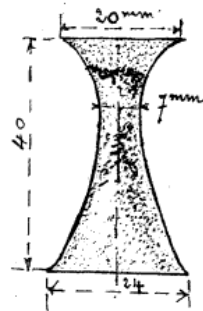
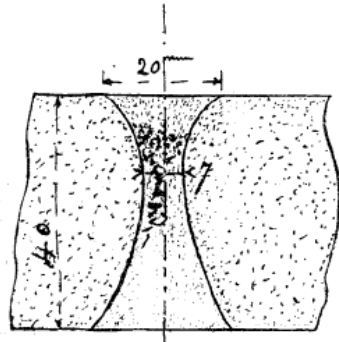


Fig. 286 et 287. — Poinçonnage de caoutchouc.

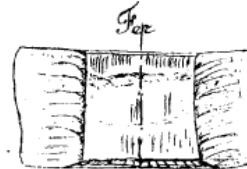
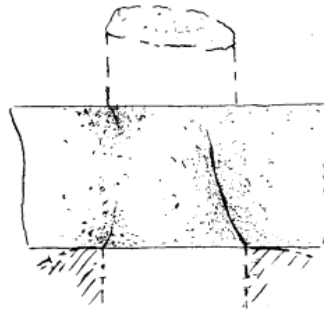


Fig. 290 291 et 292.

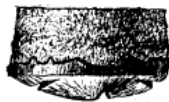


Fig. 293 à 295. — Fer.



bien caractérisé (fig. 286-287). Avec du caoutchouc peu durci, on obtient la forme (fig. 288) et, parfois, après arrêt de l'opération, on constate que la déchirure est complète d'un côté, sur une partie du pourtour de la déchirure (fig. 289), tandis que, de l'autre côté, la déchirure est seulement amorcée; elle est généralement plus prononcée du côté de la matrice que du côté du poinçon (fig. 290), quel que soit l'état d'avancement de l'opération.

Les différentes variétés de fer et d'acier doux se caractérisent par la présence ou l'absence de collerettes (fig. 291 à 310), par une collerette complète ou partielle; par la présence ou l'absence de criques, plus ou moins visibles sur la

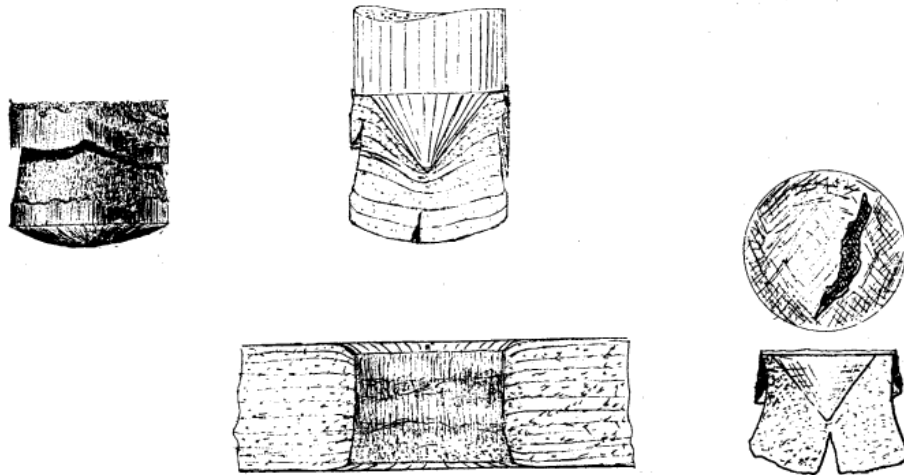


Fig. 296 à 300.

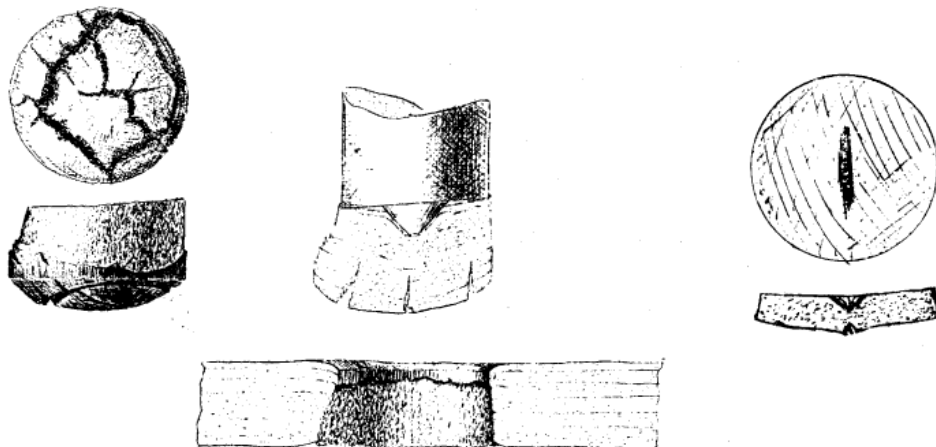


Fig. 301 à 306.

face inférieure, qui accuse un effet d'emboutissage ou de flexion, d'autant plus prononcé que la pointe du poinçon est plus forte (fig. 300) et que le jeu de la matrice est plus important; par un profil en scotie partiel, par un profil tronconique simple ou double, droit, convexe ou concave, selon que la rupture a débuté du côté du poinçon ou de la matrice, selon que le métal est plus ou moins ductile.

Quant la rupture proprement dite commence du côté du poinçon, il y a généralement absence de collerette sur la débouchure, vers la face d'appui du poinçon, tandis qu'elle existe ou non dans le trou, du côté de la matrice, comme l'indiquent les figures 311 à 313, qui se rapportent à une débouchure carrée. Le métal de la débouchure, en saillie sur l'ouverture de la matrice, est coupé par

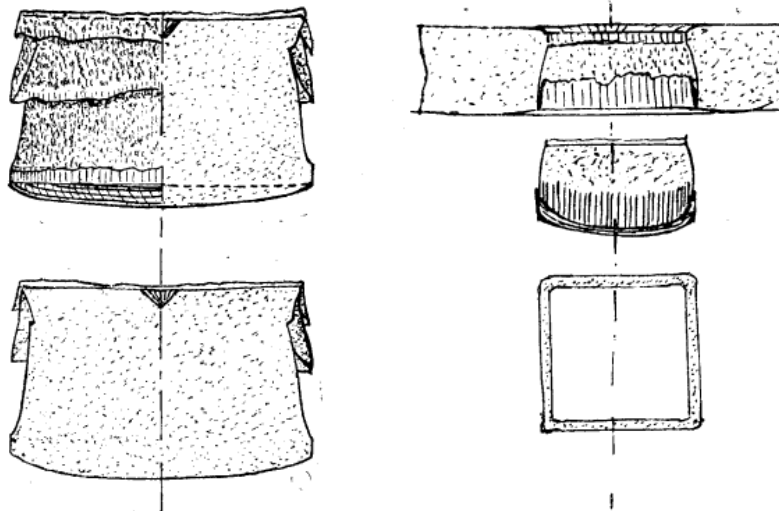


Fig. 307 et 308, 311 à 313. — Acier doux.

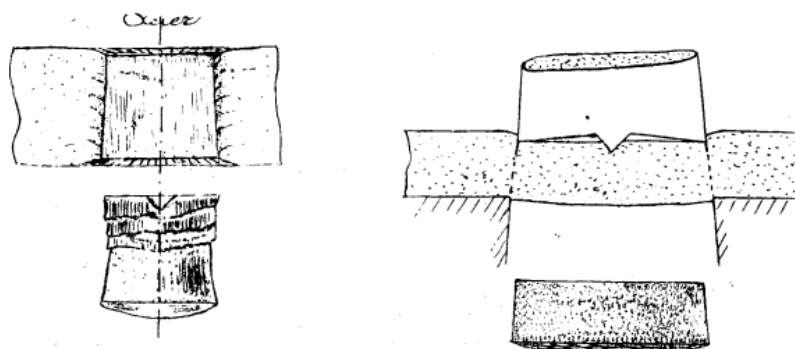


Fig. 309, 310, 314 et 315.

celle-ci au passage de la débouchure; ce métal s'applique à l'intérieur du trou de la pièce.

Dans le cas de profil en tronc de cône, le plus petit diamètre de la débouchure est le plus souvent, pour ne pas dire toujours, situé plus près du poinçon que de la matrice, parce que la rupture débute, dans ce cas, du côté de la matrice en se propageant vers le poinçon.

L'examen *a priori* de ces diverses particularités indique que les divers modes de rupture de la débouchure ne sauraient être ramenés à un seul, malgré les analogies qui existent entre eux, pas plus qu'on ne saurait assimiler la cassure par traction d'une éprouvette de plomb avec celle d'une éprouvette de fonte, ou celle d'une éprouvette de cuir, ou, encore, la rupture par flexion d'une barre de fonte avec le pliage à bloc d'une barre de fer très ductile.

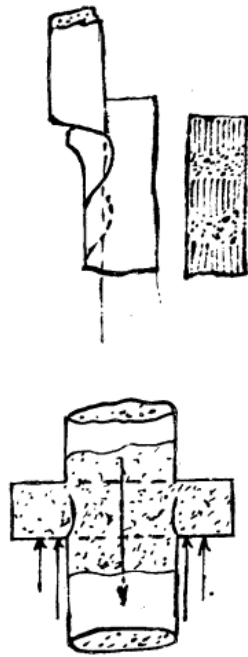
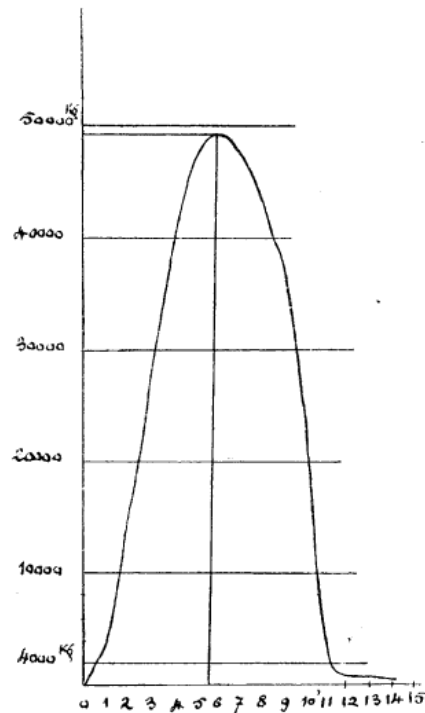


Fig. 316 et 317.

Fig. 318. — Poinçonnage de fer aigre. Diamètre du poinçon 40^{mm}. Épaisseur de la pièce $a = 15^{\text{mm}}$.

Nous distinguerons quatre cas principaux de rupture :

Premier cas. Débouchure à pourtour tronconique simple. — Les conditions les plus favorables pour obtenir cette débouchure sont : un métal grenu peu ductile, assez résistant, tel que du fer aigre, de l'acier doux ou demi dur; une petite pointe au poinçon dont le tranchant coupe bien, tandis que la matrice coupe peu (matrice plate), une épaisseur faible plutôt que forte, par rapport au diamètre du poinçon, un jeu non exagéré, mais cependant suffisant.

Le métal étant peu ductile, les outils ont pénétré d'une très faible quantité dans la pièce (fig. 314) quand la rupture proprement dite commence à se produire.

La pénétration de la pointe de petites dimensions ne détermine pour ainsi

dire pas de flexion ni de tendance à l'emboutissage. Le poinçon ayant un angle de coupe inférieur à 90° ne porte que sur une étroite zone qui se comprime. Comme on le suppose plus coupant que la matrice, il a pénétré plus que celle-ci dans la pièce. La rupture a donc tendance à commencer à partir du poinçon et à se propager vers la matrice, suivant une surface qui s'écarte peu d'un tronc de cône (fig. 315).

Si le jeu est exagéré et donne lieu à un emboutissage relativement prononcé, la débouchure pourra être tronconique sans collerette, ainsi que nous le signalons plus loin aux essais avec poinçon aléueur.

Le pourtour de la débouchure sera, le plus souvent, convexe. C'est une coupe

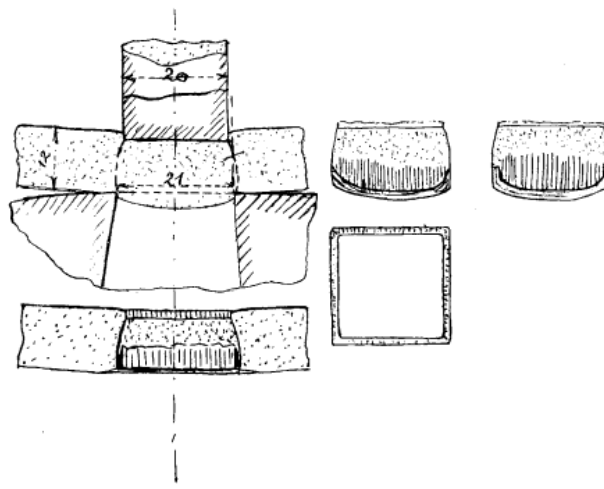


Fig. 319 à 323.

analogue à celle que l'on obtient avec un outil qui enlève des copeaux à la mortaiseuse, par exemple (fig. 316), et dont la surface de la pièce, ou trace de la coupe, présente des parties lisses qui correspondent à la coupe proprement dite, ou au frottement de l'outil, et des surfaces de rupture dénotant l'arrachement d'un métal peu ductile, surfaces qui sont en retraite du plan tranchant.

Nous avons aussi constaté cette coupe dans des essais de rupture par glissement d'un collet de tige (fig. 317). Mais, dans ce dernier cas, l'analogie est plus complète, en considérant la matrice comme ayant produit la déchirure en premier, ainsi que nous le verrons ci-après. Rappelons encore que le cisailage à lames parallèles donne également une déchirure en retraite sur le plan de coupe.

En ce qui concerne les efforts de poinçonnage, ils croissent rapidement (fig. 318, qui se rapporte à du fer aigre), et, dès la rupture, l'effort tombe vers

zéro, car le trou est assez dégagé pour que la débouchure et le poinçon y passent librement ou sans grand frottement.

Cependant, si le jeu n'est pas suffisant, si la courbure convexe est prononcée sur la débouchure, le passage de celle-ci, à travers le trou de la matrice donne lieu à un effort qui correspond à l'enlèvement ou au refoulement du métal en excès qui surplombe par rapport à l'ouverture de la matrice. La débouchure présente, dans ce cas, des surfaces lisses qui remontent assez haut, telles que

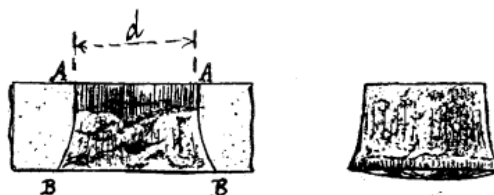


Fig. 324 et 325.

celles (fig. 319 à 323) se rapportant à une débouchure carrée. Le métal coupé par la matrice reste dans le trou de la pièce et y forme une saillie ou collerette intérieure qu'il importe d'enlever. On voit aussi que les arêtes ne viennent pas

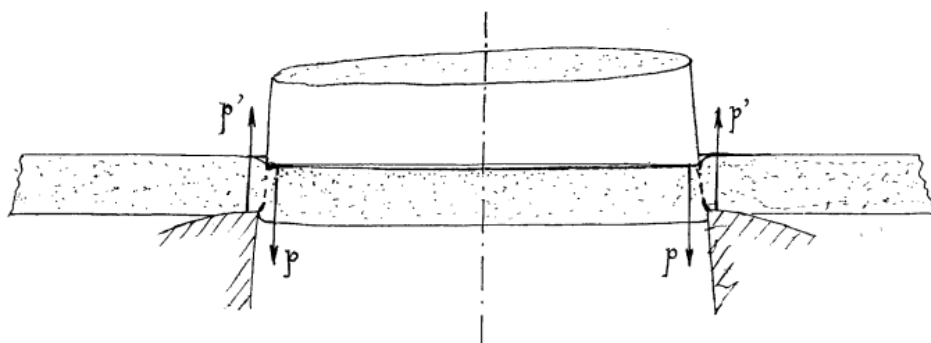


Fig. 326.

vives; il est préférable d'arrondir les angles, ce qui prévient les criques et l'ébrèchement du poinçon.

La rupture peut aussi commencer du côté de la matrice et déterminer un pourtour concave de la débouchure (fig. 324, 325).

La débouchure se dégagera encore facilement, si le profil AB est en dehors du cylindre de diamètre d , ce qui exige, pour les fortes épaisseurs, un jeu prononcé.

La rupture se fait brusquement en faisant entendre un bruit sec, la déformation est peu accentuée.

Les surfaces de rupture caractérisent une séparation par arrachement de flexion et par glissement composés, sous l'action des efforts tranchants que

développent les pressions p du poinçon et les réactions p' sur la matrice (fig. 326). On ne constate pas, avec un fer aigre, ni avec un acier peu ductile, les cassures grenues ou filandreuses que donne la rupture par flexion ou par traction proprement dite ou directe.

Les figures 327 à 329 montrent la progression du poinçonnage dans une bande de fer ordinaire. Cette coupe, attaquée par un acide, fait ressortir la



Fig. 327 à 329.

direction des tranches qui apparaissent. La rupture était nettement accusée sur toute l'épaisseur comme l'indique la figure 328.

La déchirure à partir du poinçon se produit encore quand on défonce une rondelle (fig. 330-331) dont le pourtour est assez résistant pour ne pas s'embou-

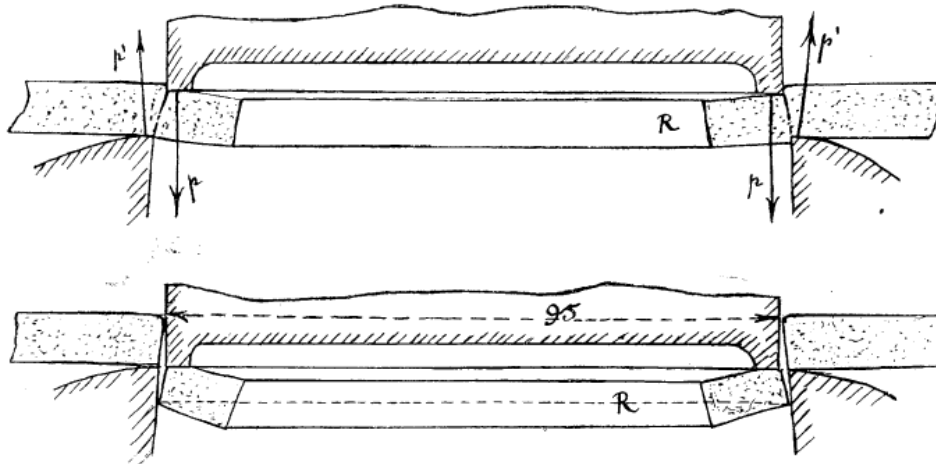


Fig. 330 et 331.

tir ou fléchir, tandis que, au contraire, la faible largeur de bande de la rondelle R ne peut s'opposer à la flexion circulaire qui est favorable à la rupture à partir de l'arête du poinçon. (La figure 332 signale le cas de débouchure à pourtour convexe ayant donné lieu à une collerette à l'intérieur du trou.)

C'est l'inverse qui a lieu quand la rondelle est découpée intérieurement : la bande circulaire de pourtour étant de petite largeur (fig. 333), cette bande s'emboutit en favorisant la déchirure du côté de la matrice. Les épaisseurs étant faibles, il y a absence de collerettes, le pourtour est sensiblement tronconique.

Dans ces exemples de défonçage de rondelles, on reconnaît que la flexion est

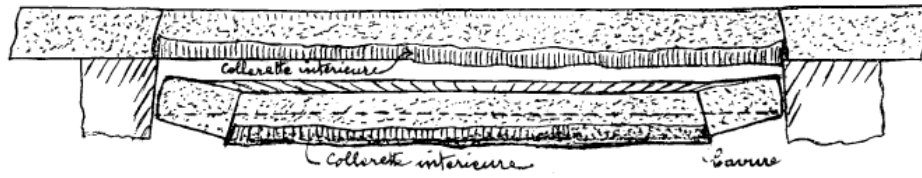


Fig. 332.

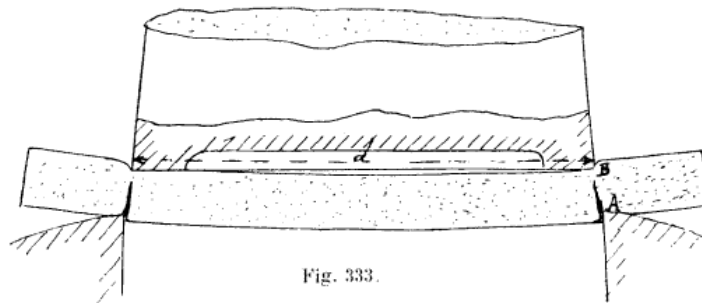


Fig. 333.

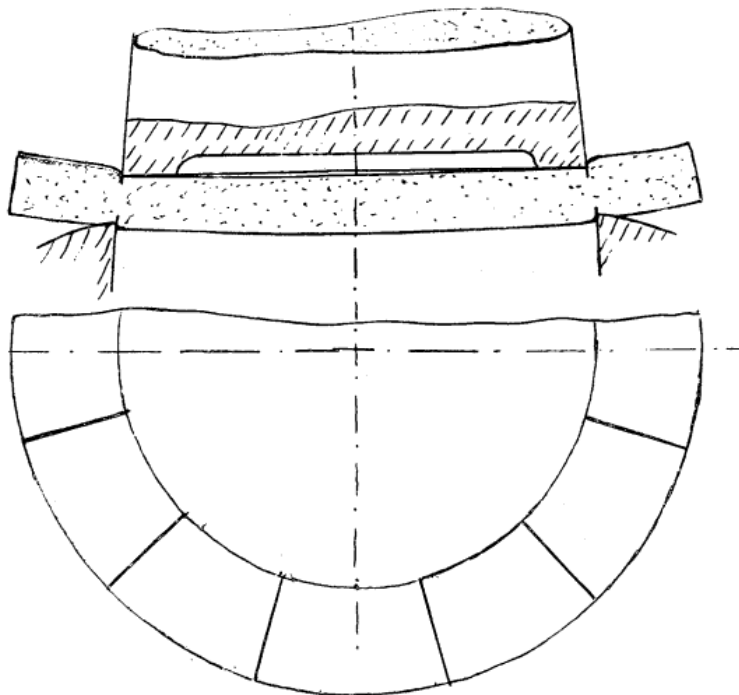


Fig. 334 et 335.

la déformation principale avant la rupture, et l'on sait que dans toute flexion

proprement dite, la déchirure débute toujours par les fibres tractionnées; mais, il ne faut cependant pas perdre de vue, ici, que la flexion se compose avec les effets de tranchage qui ont la prépondérance pour accentuer la rupture ou coupure première produite par les outils. La rupture se rapproche davantage de celle par cisaillement ou par glissement direct, que l'on ne peut obtenir avec un métal ductile à cause de l'inflexion des fibres. L'aspect de la surface est celui des pièces séparées par des lames de cisailleuse; il caractérise bien le mode de séparation par déchirure de glissement, qui diffère de beaucoup de la rupture par traction directe ou par flexion.

Cela se conçoit encore mieux lorsqu'on suppose que la bande annulaire

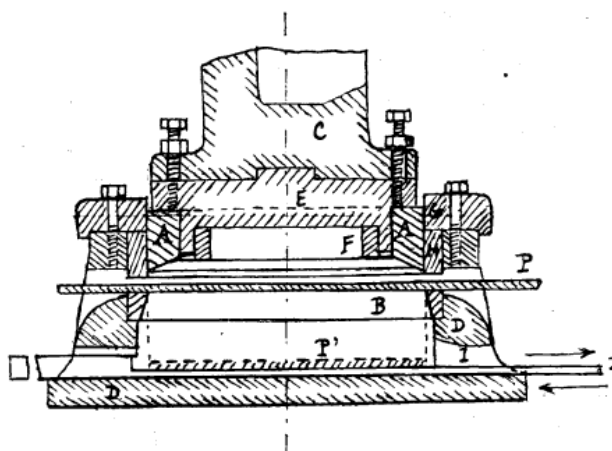


Fig. 336. — Poinçon annulaire.

intérieure ou extérieure présente des solutions de continuité (fig. 334-335) qui facilitent la flexion; chaque élément se découpe alors de chaque côté comme avec des lames de cisailles; dans ce cas spécial, l'analogie du poinçonnage et du cisailage est complète.

Notons que, pour les grands diamètres : 200 millimètres et au-dessus, le poinçon A (fig. 336) est annulaire. Il est monté sur la tête E, munie d'une bague intérieure F, qui prévient la déformation de la pièce. De plus, le poinçon A est ajusté à frottement doux, dans les pièces fixes G et H, qui le guident au plus près de la pièce à défoncer.

La matrice B est aussi une bague rapportée sur le support D. Une tablette I reçoit le disque P' et permet de le retirer.

L'opération se faisant au rouge, le poinçon présente un angle de coupe α de 70 à 80°. L'angle α de la matrice est de 90° : La coupe serait facilitée ou exigerait un moindre effort, si on lui donnait le même angle que celui du poinçon.

Ces outils se font en acier ou en fonte blanche extra-dure, pour les grands diamètres.

2^e cas. *Débouchure à pourtour cylindrique.* — La débouchure à pourtour cylindrique se présente avec un métal mou très ductile, une pièce de forte épaisseur par rapport au diamètre des outils émoussés nécessitant de grands efforts relatifs de compression qui refoulent la matière et moulent la débouchure

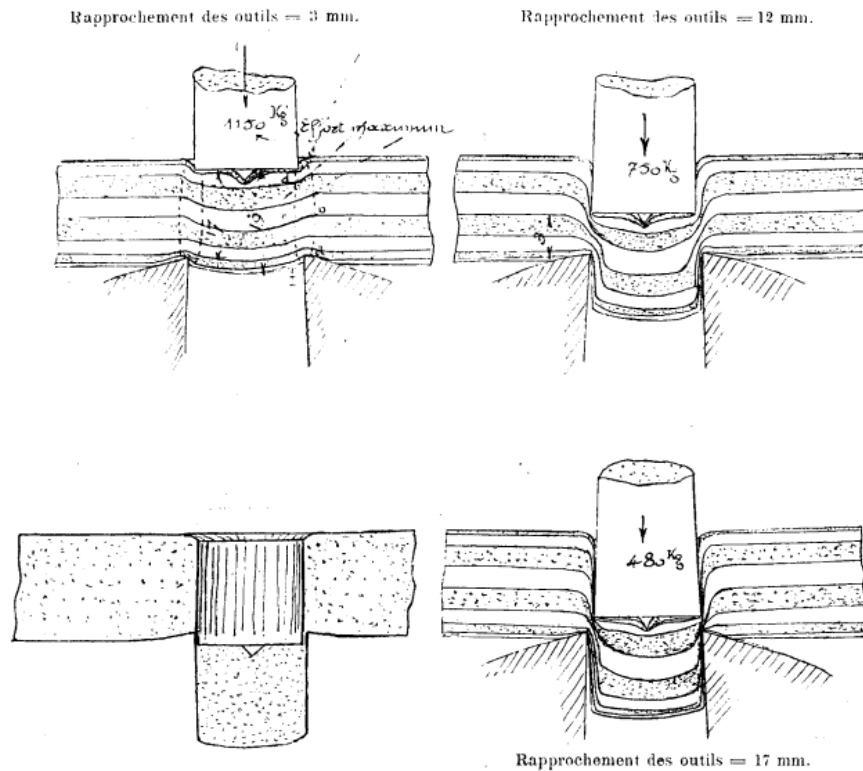


Fig. 337 à 340. — Poinçonnage de plomb.

à son passage à travers la matrice, dont le jeu est supposé petit (fig. 337 à 340).

Le plomb est le métal qui se prête le mieux à l'obtention de ce genre de débouchure. Dans le poinçonnage du plomb, il y a d'abord pénétration et coupe proprement dite sur faible pénétration des outils, à la manière de deux tranches opposées circulaires.

La pénétration qui correspond à l'effort maximum n'est que de 3 millimètres, par exemple, pour une épaisseur de 20 millimètres et un diamètre de 20 millimètres (fig. 337).

Le poinçon adopté dans l'essai considéré avait une pointe de 1,5 millimètre de saillie, et le diagramme (fig. 341) ne tient pas compte de la pénétration de la pointe.

La coupe première se produit, du côté du poinçon, à l'intérieur du trou ; du côté de la matrice, elle a lieu à l'extérieur de la débouchure.

Du côté du poinçon, les efforts développés compriment la débouchure dont

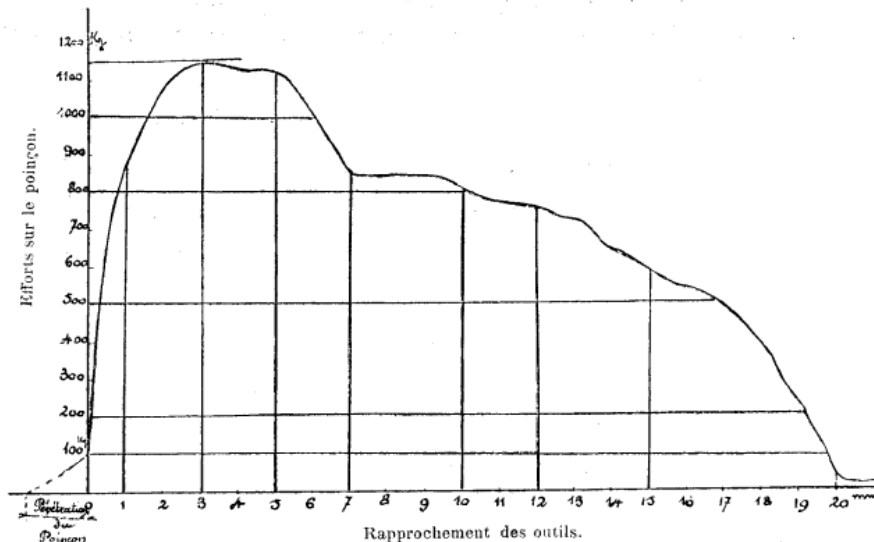


Fig. 341. — Poinçonnage de plomb. Diamètre du poinçon 20 mm., de la matrice 21^m,5. Épaisseur 20 mm.

$$\begin{aligned}\tau &= m P \times n a = 0,65 \times 1150 \times 1 \times 0,020 = 15 \text{ kgm.} \\ \tau_1 &= \frac{\tau}{\pi d a} = m n a R = 0,65 \times 1 \times 0,020 \times 0,91 = 0^{\text{kgm}},0118. \\ \tau_1 &= \frac{4 m n a R}{d} = \frac{4 \times 0,65 \times 1 \times 0,020 \times 0,91}{20} = 0^{\text{kg}},00236. \\ \tau_1 &= \frac{0,00236}{0,0114} = 0,207. \\ S &= \pi d a = 3,14 \times 20 \times 20 = 1256 \text{ mm}^2. \\ R &= \frac{P}{S} = \frac{1150}{1256} = 0^{\text{kg}},91.\end{aligned}$$

la hauteur primitive ou épaisseur de la pièce (20 millimètres) se réduit à 19 millimètres (fig. 337), au moment où l'effort est maximum.

Du côté de la matrice, les réactions s'exercent sur le pourtour du trou et déterminent une empreinte ; la réduction d'épaisseur au pourtour de la débouchure s'élève à 2 millimètres. La base de la débouchure déborde de cette même quantité et affecte la forme fléchie. Le poinçon a pénétré de 1 millimètre et la matrice de 2 millimètres. La pénétration du poinçon correspond précisément à la réduction de hauteur de la débouchure, hauteur qui ne variera plus, puisque le métal est dépourvu d'élasticité et que l'effort va décroître.

Cette première période de l'opération est donc bien une coupe partielle des outils, en même temps qu'une compression et un glissement relatif de la débouchure marqué par les déviations angulaires des lignes infléchies. On conçoit que si la matrice et le poinçon présentaient des angles de coupe très aigus, leurs pénétrations seraient plus grandes et les outils opéreraient bien à la manière de deux tranches opposées, comme par exemple dans les outils de l'emporte-pièce adopté pour faire des trous et des entailles dans le cuir.

Pendant cette première phase, les fibres fictives ou plutôt les tranches élé-

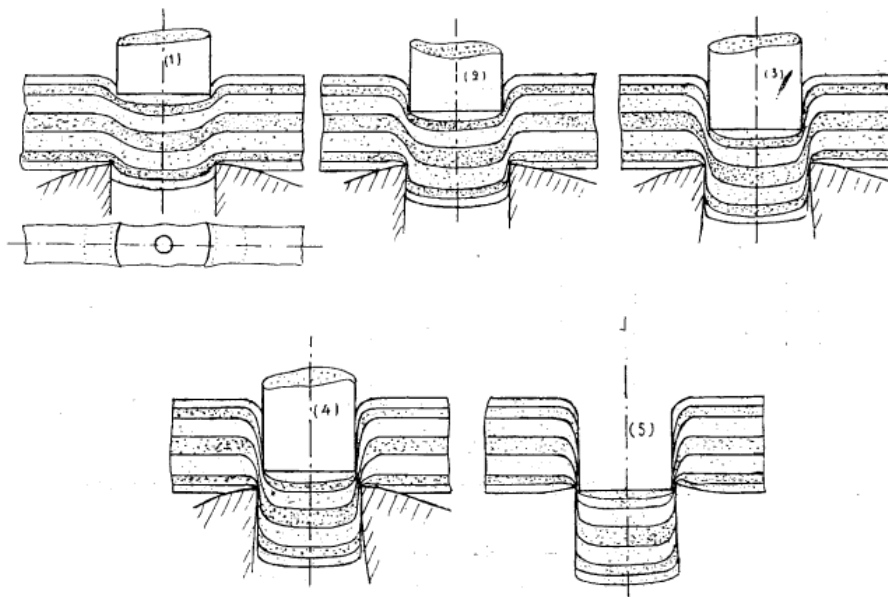


Fig. 342 à 346. — Poinçonnage d'une barrette de plomb.

mentaires, en lesquelles on peut diviser la pièce, et qui indiquent les lignes parallèles aux deux faces normales à l'axe des outils, se sont un peu infléchies : celles voisines des faces de la pièce ont été ou non coupées. Le poinçon continuant à se rapprocher de la matrice sous des efforts qui diminuent (fig. 338) d'abord assez peu, puis rapidement, et le métal étant très ductile, les tranches vont glisser davantage, s'emboutir, de plus en plus, vers le pourtour de la débouchure d'une part et à l'intérieur du trou d'autre part.

La zone d'emboutissage, ou zone générale des fibres infléchies par le glissement, est plus ou moins limitée suivant le jeu de la matrice ; sur la figure 337, elle ne s'écarte guère des lignes *a b c d e f*. Ici encore, comme dans le cisailage, les tangentes mesurant le glissement sont plus inclinées vers les outils que vers le milieu, et nous entendons par glissement la déformation classique-

ment définie, que le poinçonnage réalise mieux que toute autre opération. Le glissement général est d'autant plus accentué avant le commencement de la déchirure que le métal est plus ductile, l'emboutissage plus prononcé. Ce glissement est analogue à celui que nous avons constaté au cisaillement, à celui qui se manifeste dans certaines éprouvettes soumises soit à la traction directe, soit à la compression ou à la torsion, et qui précède la rupture. A mesure que l'opération se poursuit, on voit (fig. 338-339) que les tranches embouties qui s'allongent le plus sont : d'un côté, celles le plus voisines du poinçon, et de l'autre côté, celles le plus voisines de la matrice; la tranche du milieu est la moins allongée relativement, car sa longueur primitive est plus grande dès le début de la déformation; de plus, elle est la plus éloignée des outils, mieux maintenue dans la masse et moins emboutie que les autres.

Vers la fin du poinçonnage (fig. 339), les fibres fictives le plus allongées ont déjà pu être coupées par les outils ou être arrachées par l'effet d'allongement; il ne resterait plus à rompre que les parties proches de la tranche médiane, qui laisseraient des traces sous forme de bavures très minces (fig. 340), en saillie, sur la débouchure, côté du poinçon et sur la pièce, côté de la matrice. Comme il y a entraînement du métal latéral dans les diverses couches embouties, la débouchure remplit toujours bien l'ouverture de la matrice et s'y calibre.

La deuxième période de ce genre de poinçonnage est donc une véritable rupture progressive, par emboutissage et allongement des tranches comprises entre celles qui ont été coupées au début de l'opération. Il est aisé de se rendre plus exactement compte de la coupe du début, en poinçonnant une barrette de plomb (fig. 342 à 346).

On a soin, en faisant cet essai, de s'opposer, autant que possible, à la flexion générale de la pièce, de manière à se rapprocher des conditions d'un essai de poinçonnage, proprement dit, dans lequel la pièce est assez résistante pour ne se déformer que très peu.

Dans l'essai de poinçonnage de plomb, nous avons opéré en produisant des empreintes progressives de manière à laisser trace des déformations successives. De plus, nous avons scié les pièces par le milieu des empreintes, et les surfaces ayant été polies, régularisées au ciseau, elles ont été attaquées par de l'acide chlorhydrique bouillant; nous n'avons pu apercevoir de solution de continuité comme indice de déchirure analogue à celles des autres métaux. On sait, d'ailleurs, que la ductilité du plomb, non dénaturé, est telle, que le métal ne peut être que coupé ou déchiré, et la déchirure par traction directe détermine une striction qui réduit la section à des arêtes vives, lorsque la section est rectangulaire.

Nous n'avons pu constater la moindre trace de rupture par glissement proprement dit sous un angle moindre que 90° : on peut donc admettre, dans le

cas du plomb ou d'un métal très ductile, l'hypothèse d'une rupture par traction oblique, ainsi que l'indique M. Frémont, dans la note sur le poinçonnage du fer, signalée dans le *Génie civil* du 14 mars 1896 (1). Mais il importe de ne pas généraliser cette hypothèse pour l'appliquer aux métaux plus ou moins ductiles.

La résistance de poinçonnage du plomb, dans cet essai, est de

$$R = \frac{1150}{\pi d a} = \frac{1150}{3,14 \times 20 \times 20} = 0^{\text{kg}},91,$$

valeur sensiblement égale à la résistance de traction directe, qui a varié de 0^k,9 à 1^k,2 en considérant les diverses sections et les charges qui y correspondaient. La pression par mm² de section du poinçon ressort à

$$p = \frac{d}{4 a R} = \frac{4 \times 20 \times 0,91}{20} \times 3^{\text{kg}},64,$$

valeur très suffisante pour comprimer la débouchure, dont la hauteur primitive, 20 millimètres, a été réduite à 19 millimètres.

L'énergie de poinçonnage s'est élevée à :

$$\tau = m P \times n a = 0,65 \times 1150 \times 1 \times 0,020 = 15 \text{ kgm.}$$

L'énergie par millimètre carré de section poinçonnée

$$\tau_1'' = \frac{\tau}{\pi d a} = m n a R = 0,65 \times 1 \times 0,020 \times 0,91 = 0^{\text{kgm}},0118.$$

L'énergie par millimètre cube de débouchure

$$\tau_1' = \frac{4 m n a K}{d} = \frac{4 \times 0,65 \times 1 \times 0,020 \times 0,91}{20} = 0^{\text{kgm}},00236$$

et l'énergie, par gramme de débouchure est :

$$\tau_1 = \frac{0,00236}{0,0114} = 0^{\text{kgm}},207.$$

0,0114 est le poids en gramme d'un mm. cube de plomb.

Dans les cas de fortes épaisseurs, pour lesquelles le plomb se prête bien au poinçonnage, le métal est d'abord refoulé dans la masse, sous un effort qui ne varie guère; la débouchure s'accuse dans l'ouverture de la matrice par suite des réactions et de la coupe de l'outil, mais elle ne se déplace que vers la fin de l'opération; sa hauteur varie peu pour un même diamètre, dès que l'épaisseur a dépassé une certaine valeur. Tresca a montré (*Mémoires de l'Académie des*

(1) Note de M. Baclé.

Sciences, 1872, tome 20) que si R est le rayon du bloc cylindrique poinçonné, R_1 , le rayon du poinçon, L , la longueur de la débouchure, on a :

$$L = T, (1 \times \log \frac{R}{R_1}),$$

fonction indépendante de la hauteur H et de la nature de la matière. Il faut que

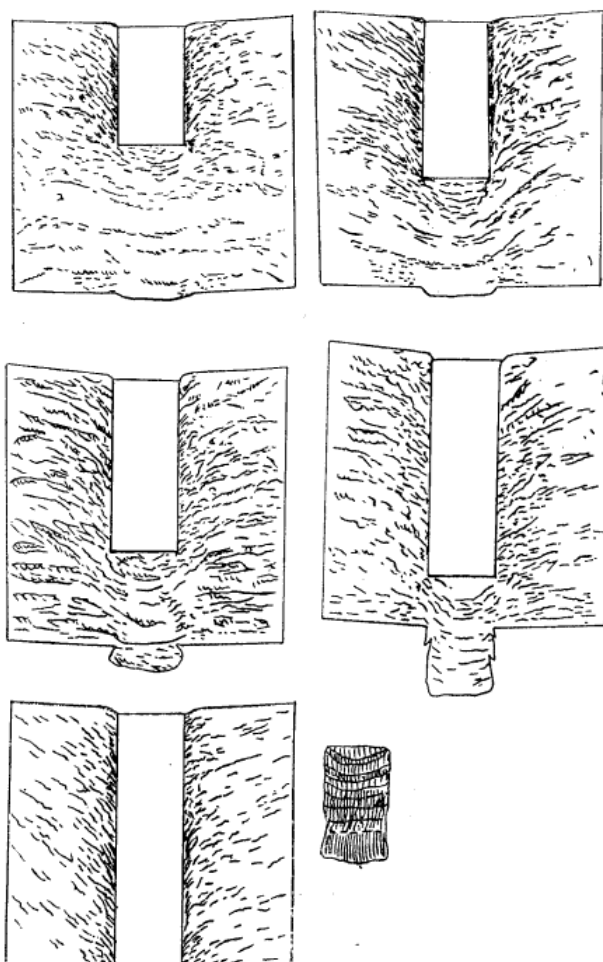


Fig. 347 à 352.

H soit assez grand pour qu'il n'y ait pas poinçonnage ou découpage proprement dit.

Notons ici que nous avons trouvé pour le plomb refoulé en pleine masse par un poinçon de 20 millimètres de diamètre, une résistance de 3 à 5 kilogrammes par mm^2 de section du poinçon.

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Janvier 1902.

4

Rappelons également que M. Townsend (1), avec des poinçons en acier très résistant, a poinçonné des épaisseurs de fer extra-doux, égales à $4 d$.

Ainsi, un écrou de 44 millimètres de hauteur a été percé d'un trou de 11 millimètres de diamètre, en donnant une débouchure de 18 millimètres de hauteur. Le trou est lisse, le diamètre est celui du poinçon ; la débouchure présente des collerettes multiples.

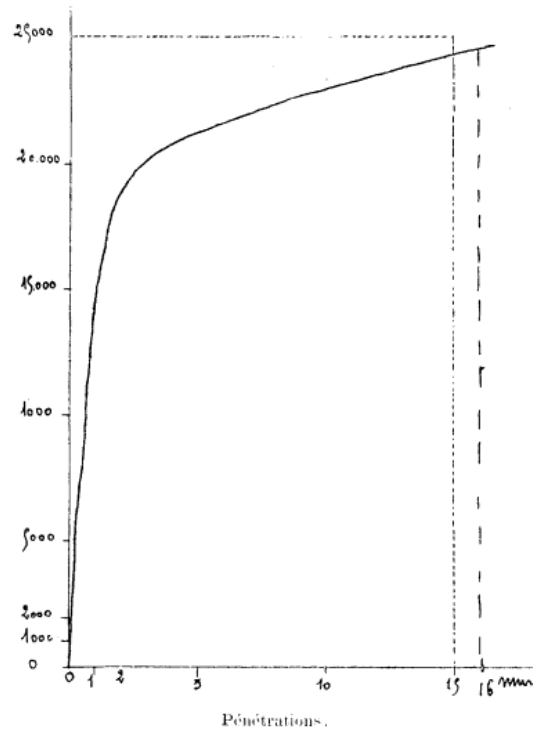


Fig. 353. — Pénétration d'un poinçon de 11 mm. de diamètre dans un bloc de fer de 90 mm. de diamètre.

Les figures 347 à 352 montrent les phases de l'opération et la coupe successive des fibres par le passage du poinçon, fibres qui se sont très infléchies par suite de la grande ductilité du fer. Un trou de 0^m006 à travers une barre de 0^m025 a donné une débouchure de 0,010 de hauteur.

Pour nous rendre compte de la pression qui se développe pendant la pénétration, nous avons enfoncé un poinçon de 11 millimètres dans un bloc de fer ordinaire recuit. La variation des efforts est indiquée fig. 353 ; à 16 millimètres

(1) Essais faits à l'Institut Franklin, mars 1898. Note de M. Vinsonneau, *Bulletin technologique*, 1884.

de pénétration le poinçon s'est brisé ; la pression par mm^2 s'élevait à ce moment à :

$$R = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4 \times 24\,600}{3,14 \times 11^2} = 255 \text{ kg.}$$

De telles pénétrations ne sont pratiques que dans du fer à haute température ; à froid, même avec du fer extra-doux, les poinçons ou se brisent, ou fléchissent, et souvent les pièces s'ouvrent par suite du refoulement du métal dans la masse.

Nous avons tenté divers essais dans un tel fer, sans pouvoir les réussir ; la limite pratique pour du fer à froid doit comporter une épaisseur a égale au

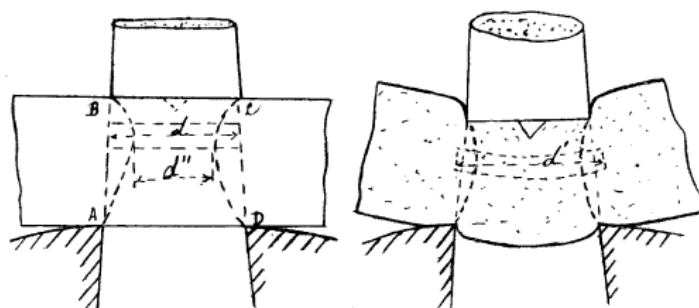


Fig. 354 et 355.

diamètre d . Il faut que les outils soient bien guidés ; bien maintenus et constitués avec de l'acier spécial très résistant, sinon ils ne peuvent percer qu'un petit nombre de trous.

Dans le poinçonnage courant, la débouchure a pour hauteur l'épaisseur de la pièce, tant que la pression du poinçon, supposée uniformément répartie sur la surface d'action, égale à la section du trou, ne dépasse pas la limite d'élasticité de compression du métal ; soit en posant :

$$\frac{\pi d^2 p}{4} = \pi d a R \quad \text{d'où} \quad a = \frac{p d}{4 R}.$$

Pour le plomb, p peut être pris égal à 0,4 kg.

Pour le plomb, R peut être pris égal à 1 kg.

$$a = \frac{0,4 d}{4 \times 1} = 0,1 d, \text{ soit } d = 10 a,$$

pour du fer :

$$p = 30 \text{ kg. } R = 30 \text{ kg.}$$

soit

$$a = \frac{30 d}{4 \times 30} = \frac{d}{4} \text{ ou } d = 4 a.$$

3^{me} cas. *Débouchure à profil en scotie*. — Le profil en scotie prononcée caractérise une matière très élastique telle que le caoutchouc. Les pressions exercées au contact du poinçon et de la pièce ont pour effet de déplacer latéralement dans la masse une partie du tronc de cône A B C D, fig. 354, ayant pour bases l'ouverture de la matrice et l'about du poinçon.

A mesure que la pression augmente sur l'outil, la matière se dérobe davantage, et si l'on opère sur une rondelle, la déformation générale est très prononcée (fig. 358) à la fin de l'opération.

La partie de la débouchure engagée dans la matrice étant mieux maintenue que la partie médiane et que celle de pourtour, les efforts de tension, dus à la flexion d'emboutissage, et aux phénomènes de tranchage, s'exercent plus parti-

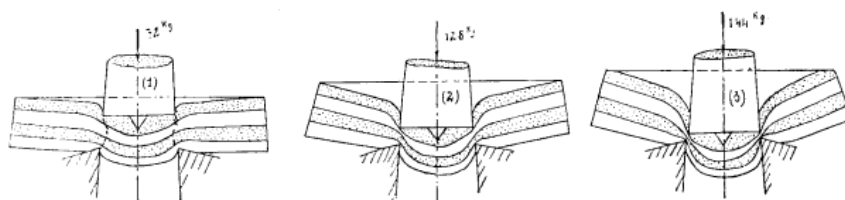


Fig. 356 à 358. — Poinçonnage de caoutchouc souple.

culièrement au voisinage de l'arête de la matrice, où d'ailleurs l'allongement est plus prononcé.

Les essais montrent que la déchirure commence vers la matrice plutôt que vers le poinçon, en se propageant à l'intérieur du tronc de cône et non à l'extérieur: c'est-à-dire, en se dirigeant vers les zones les plus serrées et vers les origines des tranches embouties, là où les diamètres sont plus réduits et, par suite, aussi, les résistances.

D'ailleurs, les outils agissent comme de véritables tranches circulaires; tous deux coupent à la fois s'ils sont dans les mêmes conditions de bon entretien, et les déchirures se propagent à la rencontre l'une de l'autre, ce que montrent également les essais.

La débouchure, très déformée entre les outils, mais devenue libre, reprend, par suite de la grande élasticité du caoutchouc, le volume qu'elle occupait avant l'opération. Chaque cylindre ou tronc de cône élémentaire de diamètre d (fig. 354) a pris un diamètre d' (fig. 355) en se réduisant en épaisseur; et, comme la ligne de rupture correspond à un diamètre plus petit que d' , il s'ensuit que la débouchure, étant libre, comporte un diamètre d'' plus petit que d .

La compression vers le poinçon affectant surtout l'intérieur du cône A B C D, tandis que celle vers la matrice affecte plus particulièrement le pourtour de ce cône, on conçoit que c'est encore une raison pour y favoriser la réduction des

diamètres vers le poinçon, plutôt que vers la matrice. A cause du frottement du poinçon sur la partie supérieure de la débouchure, cette partie est plus retenue contre l'élargissement que les parties voisines inférieures; de sorte que le plus petit diamètre de la débouchure se trouve plus bas.

Les métaux étant beaucoup moins élastiques que le caoutchouc, le profil en scotie qu'ils accusent est peu rétréci; il ne s'écarte guère du cône A B C D. Cependant, dans les grosses débouchures, les fortes épaisseurs, on retrouve l'allure en scotie bien caractérisée. Le caoutchouc nous a aussi donné des débouchures dont la coupe due au poinçon n'est pas raccordée avec la déchirure qui suit la coupe de la matrice. C'est une telle débouchure que représentent les fig. 359 à 361. Il reste à l'intérieur du trou une gaine montrant que la déchirure

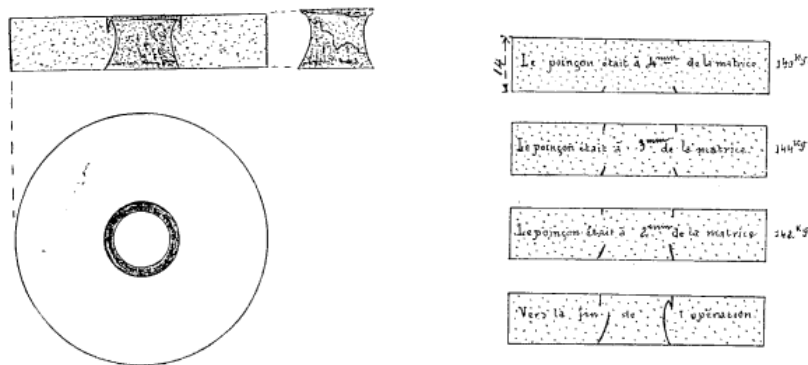


Fig. 359 à 363.

s'est propagée presque jusqu'au poinçon en évitant, assez loin, la déchirure produite par le poinçon. Ce fait est surtout à noter, pour mieux comprendre ultérieurement comment, avec un métal ductile, le poinçon est obligé d'enlever cette gaine en saillie sur le cylindre creux de diamètre du poinçon, et comment il se produit une collerette sur la débouchure, lorsque la rupture principale vient de la matrice et se propage suivant une scotie.

Cette variété de débouchure s'est reproduite particulièrement avec un caoutchouc dont les faces étaient un peu moins souples que la partie centrale.

Nous avons relevé les déformations générales du disque pour diverses positions du poinçon (fig. 356 à 358) et pour différents trous, nous avons arrêté l'opération, afin de juger de l'avance des déchirures en coupant le disque en deux, suivant un plan diamétral (fig. 362 à 365). Lorsque le poinçon était à 4 millimètres de la matrice, la coupe était ou nulle ou très petite de chaque côté; l'effort était voisin de son maximum.

A 3 millimètres, la coupe s'était peu accentuée (fig. 363); l'effort n'avait

guère varié; à 2 millimètres de distance de la matrice, la coupe était plus prononcée; l'effort était réduit; puis, assez rapidement, la rupture se complétait et l'effort tombait à une très faible valeur qui correspondait au frottement du poinçon dans le trou.

Ainsi donc, une épaisseur de 14 millimètres se trouvait réduite à 4 millimètres avant de se déchirer entre les outils, sous l'action simultanée des efforts de coupe et des efforts de traction que développait l'emboutissage.

La résistance de poinçonnage de ce caoutchouc souple, par millimètre carré, ressort à

$$R = \frac{P}{\pi da} = \frac{144'}{3,14 \times 20 \times 14} = 0^{\text{kg}},164.$$

La résistance de traction R' était de 0,24, soit $\frac{R}{R'} = \frac{0,164}{0,24} = 0,68$. L'énergie de poinçonnage totale est de 0,97 kgm., soit par mm² de section poinçonnée

$$\tau_1'' = \frac{0,97}{3,14 \times 20 \times 14} = 0^{\text{kgm}},0011$$

et par mm² de débouchure

$$\tau_1' = \frac{0,97 \times 4}{3,14 \times 20^2 \times 14} = \frac{0,0011 \times 4}{20} = 0^{\text{kgm}},00022.$$

Par gramme de débouchure

$$\tau_1 = \frac{0,00022}{0,00093} = 0,237.$$

La fig. 366 indique encore la courbe des efforts relatifs à un poinçon de 17 millimètres de diamètre avec matrice de 21 millimètres également. La débouchure n'offrait rien de particulier; elle était analogue à celles du poinçon de 20 millimètres.

4^{me} cas. Débouchure avec collerettes. — Dans les cas qui précèdent, l'une des propriétés de la matière est prépondérante sur les autres; mais, lorsque le métal est moyennement ductile, pas trop mou et peu élastique, les modes de rupture constatés se combinent et les phénomènes sont plus complexes. Nous sommes amené à considérer un métal tel que le fer ordinaire ou un acier doux.

La première phase du poinçonnage (fig. 367), soit celle de pénétration des outils avant que ne commence la déchirure, est analogue à celle pour le plomb. L'effort P est supposé avoir atteint sa valeur maximum; il se répartit: d'une part, sur sa pointe et sur la zone d'appui du poinçon; d'autre part, il donne lieu à des réactions telles que p'' , sur la zone d'appui de la matrice, réactions peu obliques à l'axe des outils, et dont l'ensemble s'équilibre en donnant une résultante verticale égale et opposée à P .

Retenons que la somme des pressions telles que p , au contact du poinçon, est notablement plus petite que la somme des réactions p'' , parce que la pointe est assez forte. Il s'ensuit que la matrice a pénétré plus que le poinçon, et que le début de la rupture proprement dite se fera du côté de la matrice.

Chaque groupe de forces extérieures, telles que p, p', p'' , étant réparti sur des zones annulaires, est en équilibre.

Comme dans le cas du cisailage, la déformation de la pièce par flexion donne lieu à des réactions latérales telles que p_1, p_2 , sur la surface extérieure du poinçon emboîtée par la pièce, et sur celle de la débouchure emboîtée par la

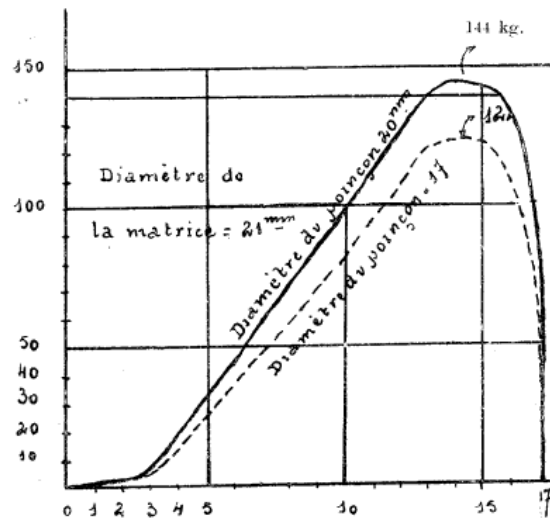


Fig. 366.

matrice. Cependant, les essais nous ont montré que ces forces n'étaient relativement pas élevées.

Il y a aussi des frottements plus ou moins énergiques sur ces surfaces; mais ils n'interviennent que pour correspondre à une certaine portion de l'effort P .

Quant aux forces intérieures, elles sont distribuées d'une façon très complexe qu'on ne saurait déterminer. On peut admettre que la déformation de la pièce par glissement relatif et par flexion circulaire ou d'emboutissage, a pour effet de comprimer les fibres ou molécules qui rayonnent, par exemple, dans une section normale à l'axe, voisine de la partie supérieure de la débouchure. Au contraire, vers le bas, les fibres d'une section analogue sont tractionnées. Les plus fortes tensions s'exercent dans les fibres extérieures voisines de l'axe; parfois elles cèdent suivant un diamètre, ce qui détermine une crique C (fig. 367), plus ou moins profonde. Cette rupture fragmentaire donne lieu à une petite dépression dans l'accroissement de l'effort P ; elle se produit un peu avant que

P atteigne sa valeur maximum. En ce qui concerne les efforts intérieurs au voisinage de la future surface du trou, on ne saurait établir leur distribution en distinguant les compressions et les tractions.

Au début de la rupture de pourtour, on conçoit que les fibres comprimées ne s'arracheront pas, puisque les compressions concentriques rapprochent les molécules. On sait aussi que jamais une pièce emboutie ne se crêpe à l'inté-

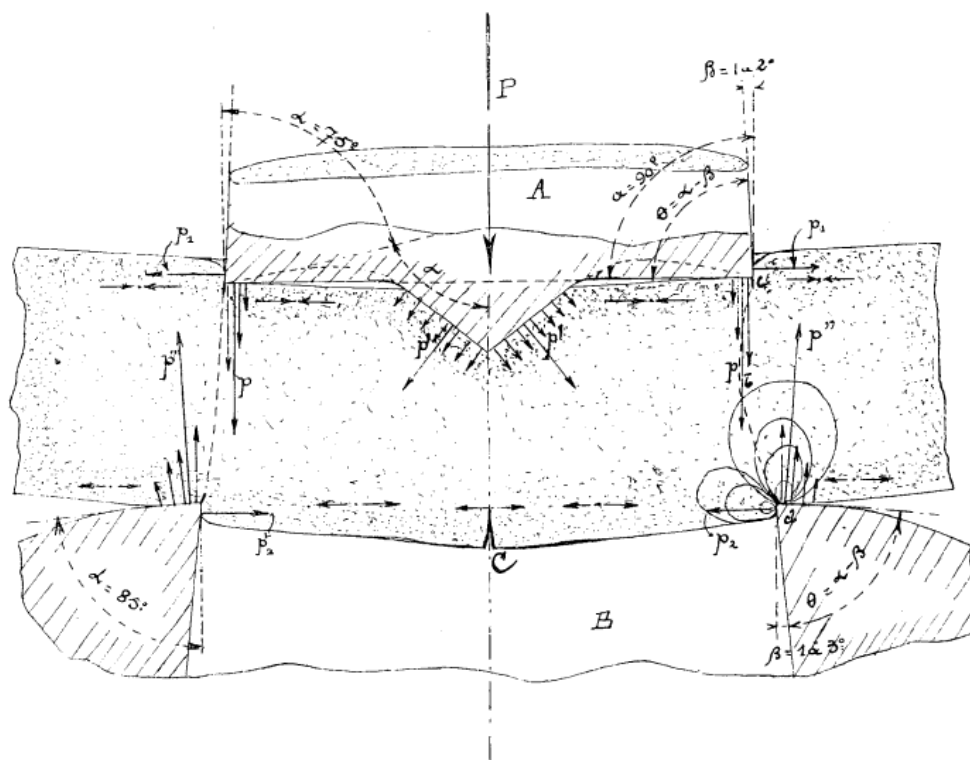


Fig. 367.

rieur, pas plus qu'une pièce fléchie commence à se rompre du côté de la partie comprimée.

La déchirure ne peut guère commencer que par le dessous, au voisinage de la matrice; là où le métal, fortement écroui par la compression d'appui, coupé déjà par le tranchant de la matrice, présente des conditions favorables à la rupture; et cela, d'autant plus que la zone où l'allongement des fibres doit se produire est très localisée.

Le bras de levier ou distance des forces p'' à la zone d'encastrement étant très petite, le moment de flexion de toutes les forces p'' , par rapport à la section de rupture, a moins d'effet sur la rupture que les efforts tranchants, et ce sont ces

derniers qui déterminent la plus grande fatigue, la déchirure par traction de glissement plutôt que par traction de flexion. En outre, si l'on considère les

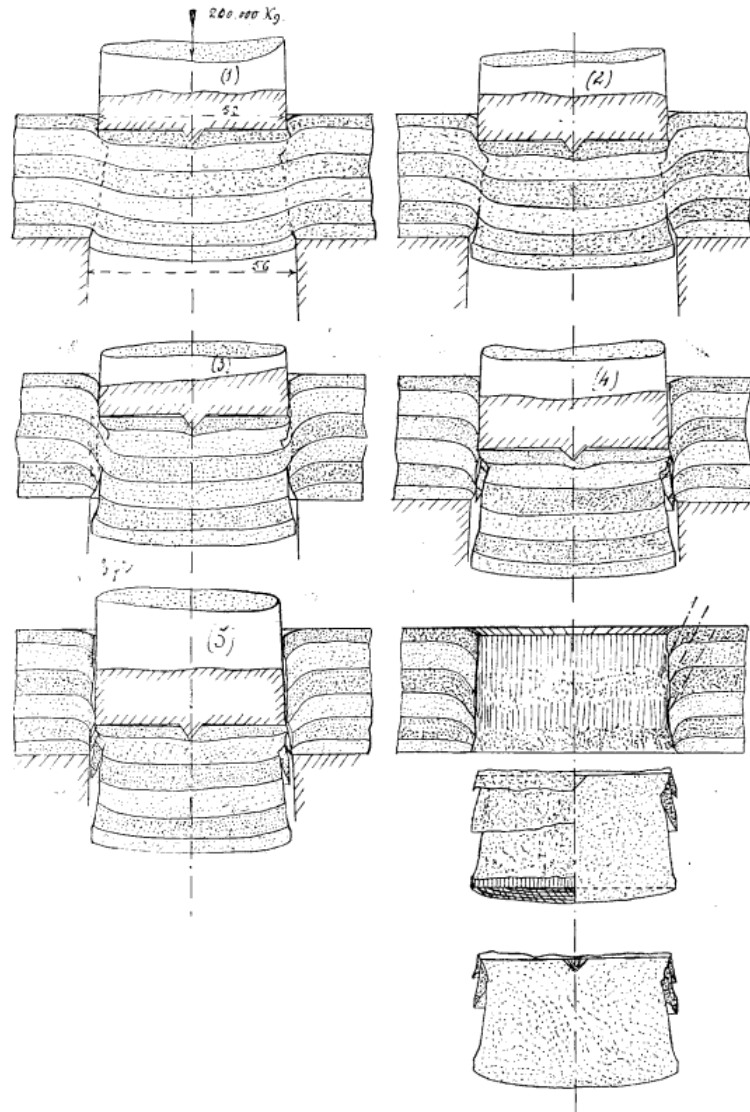


Fig. 368 à 375. — Poinçonnage progressif d'acier très doux.

lignes des pressions (œil de paon) qui se développent au contact de la matrice, la déchirure a tendance à se faire suivant une ligne s'écartant peu de la scotie *abc*, c'est-à-dire, en se propageant dans la zone de moindre résistance, dans la

zone où les diamètres décroissent, plutôt que dans celle où ils croissent. Le métal étant assez ductile, la déchirure ne se produit, tout d'abord, que sur une certaine profondeur à la manière d'une crique circulaire.

L'effort P a déjà diminué sensiblement à partir de cette période, la pièce ne s'affaisse plus sur la matrice; l'empreinte de cette dernière ne varie plus; il y a simplement rapprochement du poinçon de la matrice, et le poinçon va achever de détacher la débouchure. Le phénomène change de caractère. En même temps

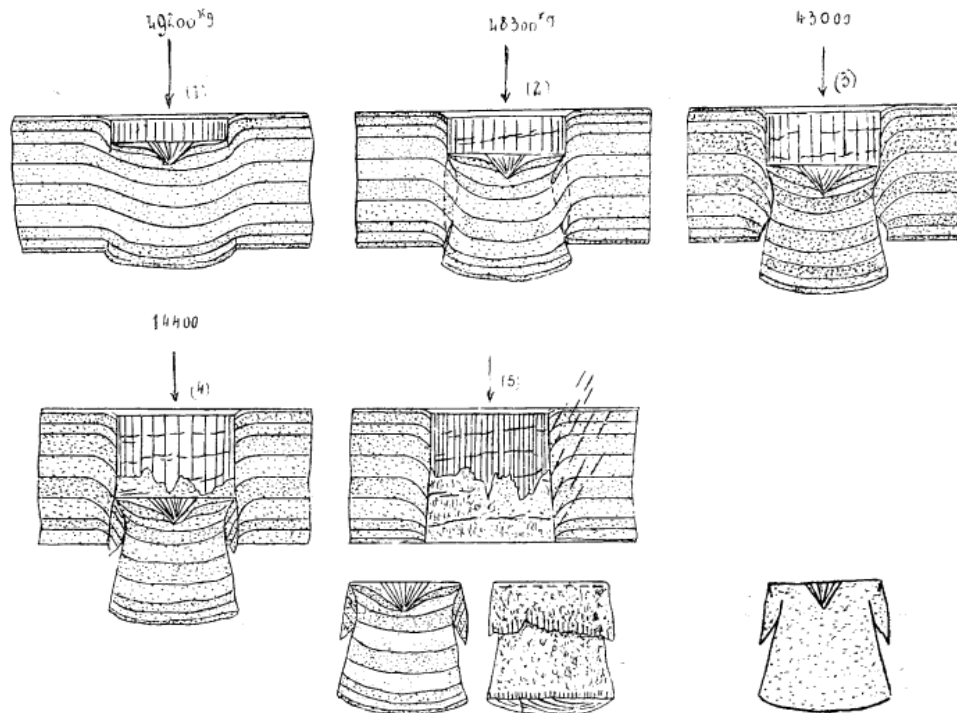


Fig. 376 à 383. — Poinçonnage progressif de fer doux misé.

que se complète la rupture proprement dite en forme de scotie, par suite du glissement relatif de la débouchure de la pièce, le poinçon agit comme un outil tranchant de mortaiseuse, pour enlever le métal compris entre le cylindre qu'il engendre dans son mouvement et le solide en scotie. Il refoulera d'abord, tout en le coupant, le métal du futur copeau ou collerette, qui se trouve fortement serré vers l'appui du poinçon, vers la partie supérieure de la débouchure (figures 368-369). Une première rupture de ce copeau suivant la ligne fgh (figures 370) donnera lieu à une première collerette principale; puis s'il existe encore un excès de métal, un deuxième copeau se forme dans des conditions

analogues à celles du précédent et constitue une deuxième collerette ou gaine qui enveloppe le sommet de la débouchure, dont toutes les autres parties libres n'ont plus subi de déformation appréciable.

Considérons les figures 368 à 375, qui se rapportent aux diverses phases de poinçonnage d'une pièce d'acier extra-doux ($R = 42$ A = 25 p. 100) de 35 millimètres d'épaisseur avec un poinçon de 52 millimètres et une matrice de 56 millimètres (grosse poiçonneuse de Fives-Lille). Dans la position (1) du poinçon correspondant à l'effort maximum estimé à 200 000 kilogrammes (1), la matrice a pénétré de 4 millimètres dans la pièce; le poinçon est engagé de 3 millimètres.

La rupture est bien accusée du côté de la matrice; elle est amorcée du côté du poinçon; d'un côté, à gauche, elle se rapproche très peu de l'axe, de l'autre côté, elle s'en écarte. Les prolongements des déchirures sont indiqués en pointillé, positions (1) et (2).

Le poinçon s'étant encore rapproché de 2 millimètres de la matrice, position (2), puis de 5 millimètres, position (3), la rupture principale est complète tout en laissant une saillie à enlever par le poinçon.

Les positions (4) (5) montrent la formation des collerettes. En détachant ces collerettes, en attaquant les surfaces par un acide, en coupant par le milieu les pièces, on constate que le métal est fortement attaché au corps de la débouchure; à tel point qu'en certaines parties, le contact est tellement intime que l'acide ne peut y pénétrer. Les lignes de déformation générale que nous avons indiquées sont fictives; le métal, très homogène, n'en faisait pas ressortir comme dans le cas de fer ordinaire. Cependant, l'aspect des collerettes, en coupe attaquée par l'acide, accusait une teinte plus foncée, due sans doute à la désagrégation subie par le métal.

Cet exemple est un des plus réguliers que nous ayons examinés. Une autre débouchure du même métal présentait les profils figure 375; on voit que les deux lignes ou surfaces de rupture se rejoignent presque exactement, mais de façon opposée, de sorte que sur une partie du pourtour le raccordement se fait sur profil en scotie régulier.

En tablant sur l'effort 200 000 kilogrammes, la valeur de R ressort à 35 kilogrammes.

Le poinçon prenait appui sur une couronne d'environ 2 millimètres au plus, de largeur, soit une surface de 320 millimètres carrés, ce qui donne lieu à une pression par millimètre carré de $\frac{200\,000}{320} = 625$ kilogrammes.

(1) Effort mesuré par pression hydraulique d'après des essais faits pour l'établissement de la poiçonneuse.

Rapportée à la section du poinçon, il viendrait $\frac{200\,000}{2\,279} = 87$ kilogrammes.

Avec du fer misé, l'attaque d'une coupe par un acide fait nettement ressortir les déviations des lignes des mises.

Sur les figures 376 à 381, nous avons divisé l'épaisseur en tranches mieux définies que celles de la pièce elle-même; cette figure est relative à un essai fait avec des échantillons d'une même barre de 25 millimètres d'épaisseur, poinçon de 22 millimètres de diamètre, matrice plate de 24 millimètres de diamètre, l'effort maximum 49 200 kilogrammes s'est exercé entre les positions (1) (2) du poinçon. Les déchirures se sont propagées d'une façon analogue à celle de l'essai qui précède. La progression de l'opération montre que le poinçon peut être considéré comme un outil qui tranche l'excès de métal laissé par la déchirure à partir de la matrice, dès le début de l'opération, laquelle déchirure se propage d'autant plus près de l'axe des outils, que l'épaisseur est plus grande par rapport au diamètre du trou. Quelquefois on constate que la déchirure à partir de la matrice ne s'étend pas jusqu'à la face supérieure de la débouchure, ou plutôt ne se rencontre pas avec la déchirure qui vient du poinçon figure 383.

Par le rapprochement des lignes de la collerette position (4) (fig. 379), on peut juger de la forte compression subie par le métal pendant la période de coupe du poinçon. Ces lignes ne se raccordent plus avec celles de la pièce, leur inclinaison est différente, ce que l'on constate en comparant les positions (3) et (4). Sur la figure 380, nous avons encore indiqué les tangentes aux points de rupture; elles marquent les glissements relatifs des diverses tranches, les déviations angulaires des éléments les plus infléchis de chaque ligne de séparation des tranches.

Dès que la coupe de la collerette a eu lieu, l'effort s'est rapidement abaissé (fig. 384) et, comme l'outil était en dépouille, l'expulsion définitive ne nécessitait qu'un faible effort. Il fallait aussi, pour s'opposer à une pénétration au delà de celle voulue, prendre des précautions particulières, régler les positions relatives des outils au moyen de cales d'arrêt.

Notons que la résistance de poinçonnage de ce fer, par millimètre carré de section, s'est élevé à $R = \frac{49\,200}{3,14 \times 22 \times 25} = 28^{\text{kg}},5$.

Deux éprouvettes cylindriques de traction, de 12 millimètres de diamètre, débitées à la suite dans un fragment de la barre, ont accusé une résistance par millimètre carré $R' = 34,3$ et des allongements sur 100 millimètres de 7,5 p. 100 pour l'une et de 15 p. 100 pour l'autre.

La première présentait une cassure à grains moyens brillants sans striction; la deuxième a donné une cassure terne à nerf, avec un diamètre de 10 millimètres à la striction.

Cette divergence entre les deux essais doit, selon nous, être attribuée à un recuit plus prononcé pour la première que pour la seconde éprouvette.

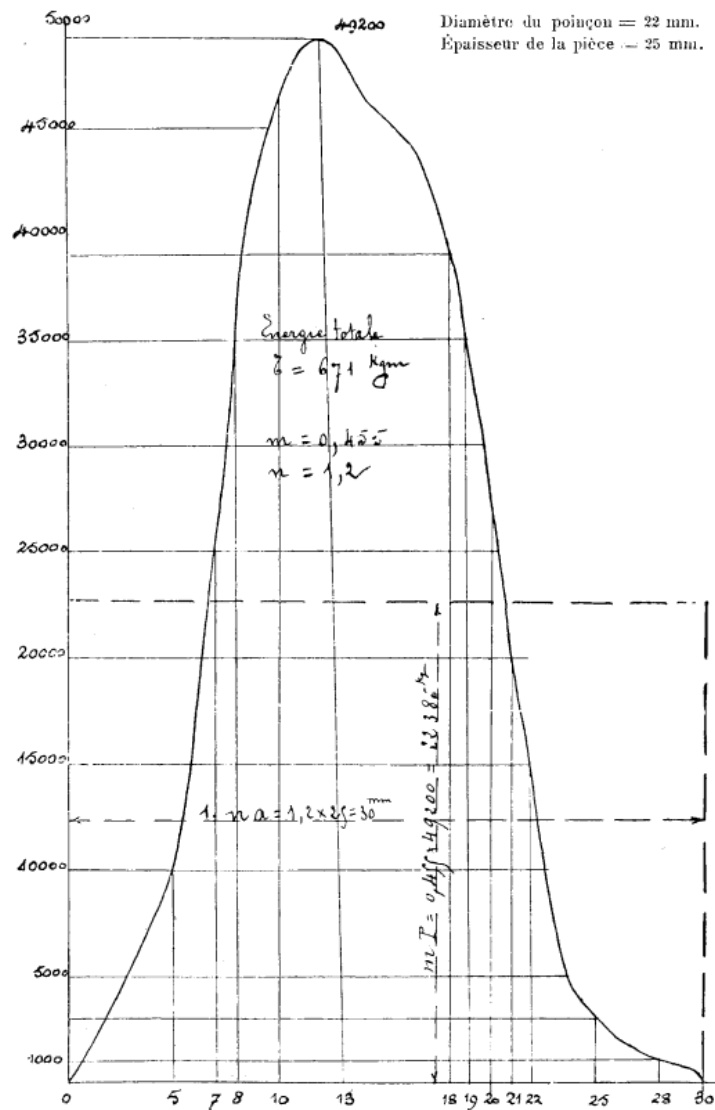


Fig. 384. — Poinçonnage de fer misé.

Au point de vue de la résistance, le coefficient R' était le même, et le rapport :

$$\frac{R}{R'} = \frac{28,5}{34,3} = 0,83.$$

La pression par millimètre carré de section du poinçon ressort à :

$$p = \frac{4 a R}{d} = \frac{4 \times 25 \times 28,5}{22} = 129 \text{ kg.}$$

L'énergie de poinçonnage s'est élevée à :

$$\tau = m P \times n a = 0,455 \times 49\,200 \times 1,2 \times 0,025 = 671 \text{ kgm.}$$

L'énergie par millimètre cube de débouchure s'élève à :

$$\tau_1 = \frac{4 m n a R}{d} = \frac{4 \times 0,389}{22} = 0^{\text{kgm}},871.$$

L'énergie par millimètre carré de section latérale ressort à :

$$\tau''_1 = \frac{\tau}{\pi d a} = \frac{671}{3,14 \times 22 \times 25} = 0^{\text{kgm}},39.$$

L'énergie par gramme $\tau_1 = \frac{0,071}{0,0077} = 9^{\text{kgm}},23.$

Les divers exemples qui précèdent montrent bien que le poinçonnage est analogue à un tranchage double circulaire. On y retrouve le resserrement de la zone d'action des outils, une période de coupe partielle qui correspond à la pénétration proprement dite du poinçon et de la matrice, une rupture par déchirement, écartement, due aux effets extérieurs qui sollicitent la pièce aux contacts des deux outils.

L'action de flexion est prépondérante si le métal est élastique, ductile; mou; l'action de cisaillement ou de glissement l'est à son tour, si le métal est peu ductile, si la flexion est empêchée par la disposition des pièces, ou simplement par la rigidité de la pièce elle-même, si ses dimensions sont suffisantes tout autour du trou.

ESSAIS DIVERS DE POINÇONNAGE

Influence de l'épaisseur de la pièce. — Si pour un même diamètre du poinçon, on opère avec des épaisseurs différentes, on constate des variations d'efforts maxima, d'énergies totales ou unitaires et de résistance de poinçonnage, qu'il importe de faire ressortir.

Nous avons opéré avec des disques de fer tournés de 72 millimètres de dia-

mètre, pris dans une même barre plate de fer misé, qui a donné, à l'essai de traction, les caractéristiques : $R = 34^{kg}/4$. $A = 14$ p. 100 sur 200 millimètres, $\frac{S'}{S} = 0,71$.

Les épaisseurs ne s'écartaient guère que de 2, 5, 10, 15 et 20 millimètres

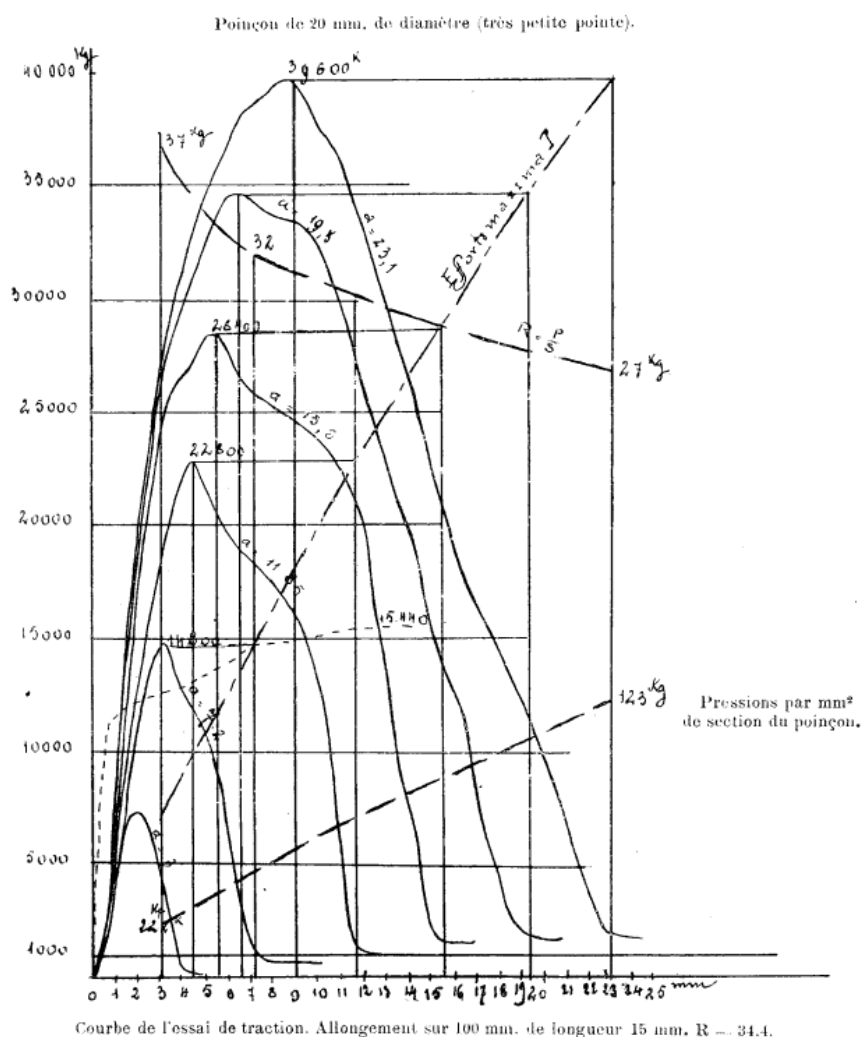


Fig. 385. — Essais de poinçonnage sous épaisseurs variables.

pour les épaisseurs communes aux quatre séries d'essais que nous signalons, séries faites avec des poinçons de 5, 10, 15 et 20 millimètres de diamètre. Les

poinçons avaient un peu de dépouille, le jeu dans les matrices variait de 0,5 à 0,75 millimètres; la hauteur des pointes était comprise entre 1 et 2 millimètres.

Nous indiquons seulement (fig. 385) les diagrammes de la variation des

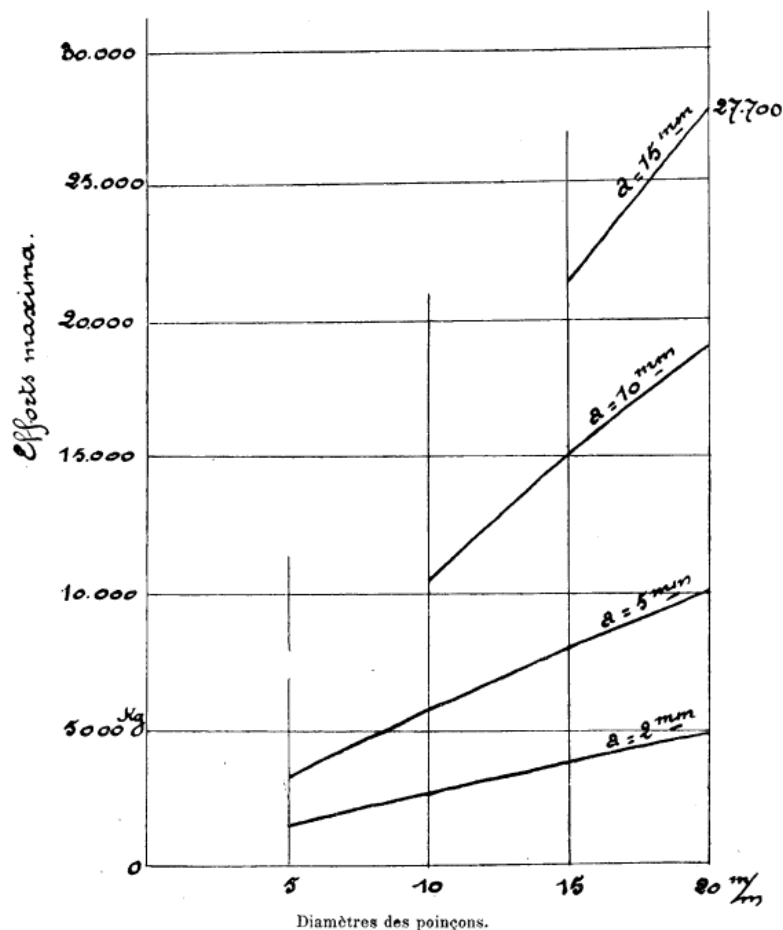


Fig. 386. — Efforts maxima de poinçonnage de fer relatifs à des épaisseurs et à des diamètres différents.

efforts qui se rapportent à la série des essais avec le poinçon de 20 millimètres qui comporte le plus grand nombre d'épaisseurs, attendu que, pour chaque diamètre, il est très difficile de réussir les essais avec des épaisseurs supérieures au diamètre. Déjà quand $a = d$, il faut faire usage de poinçons courts, sinon ils re-foulent ou fléchissent, ou se brisent par suite des pressions unitaires très élevées qu'il faut développer.

Nous avons aussi noté, sur la fig. 385, la courbe des efforts maxima P , qui présente une faible concavité vers l'axe des abscisses ou des épaisseurs, et celle des pressions fictives par millimètre carré de section du poinçon : Cette courbe croît avec l'épaisseur, ce qui concorde avec la relation : $p = \frac{4 a R}{p}$. Pour l'épais-

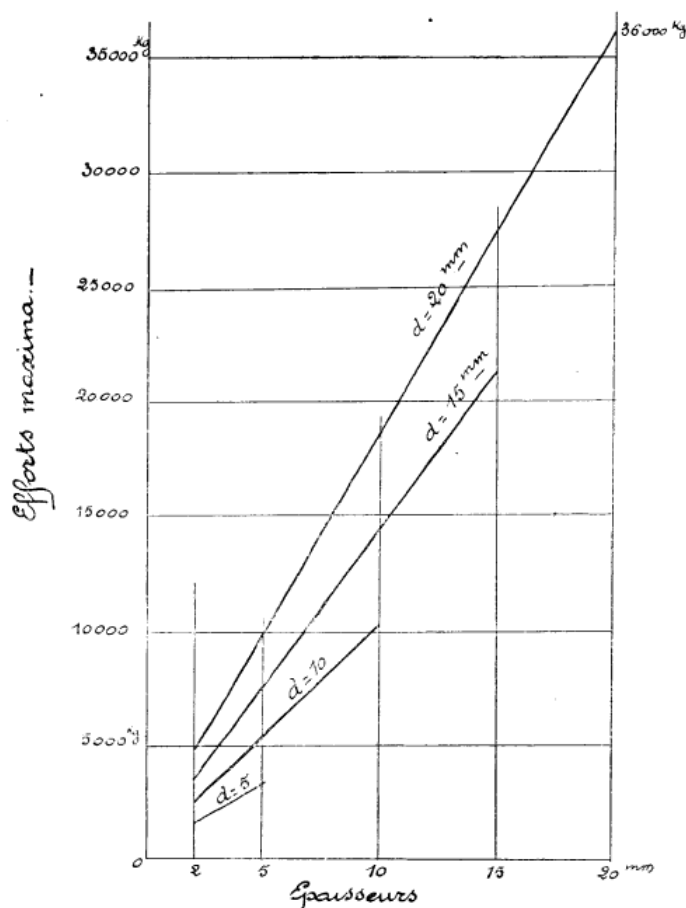


Fig. 387. — Efforts maxima de poinçonnage de fer relatifs à des épaisseurs et à des diamètres différents.

seur de 3 millimètres, la pression p n'est que : $22^{kg,4}$ tandis que pour l'épaisseur $23^{mm,1}$, elle atteint 123 kilogrammes. Mais nous avons déjà vu que les pressions réelles sont de beaucoup plus élevées, parce que le poinçon ne porte que sur la pointe et sur une petite zone annulaire vers le pourtour.

On comprend que pour une épaisseur très forte, par rapport au diamètre, la

valeur de p tend vers celle qui correspond au refoulement du métal dans la masse, soit vers 300 kilogrammes pour le fer.

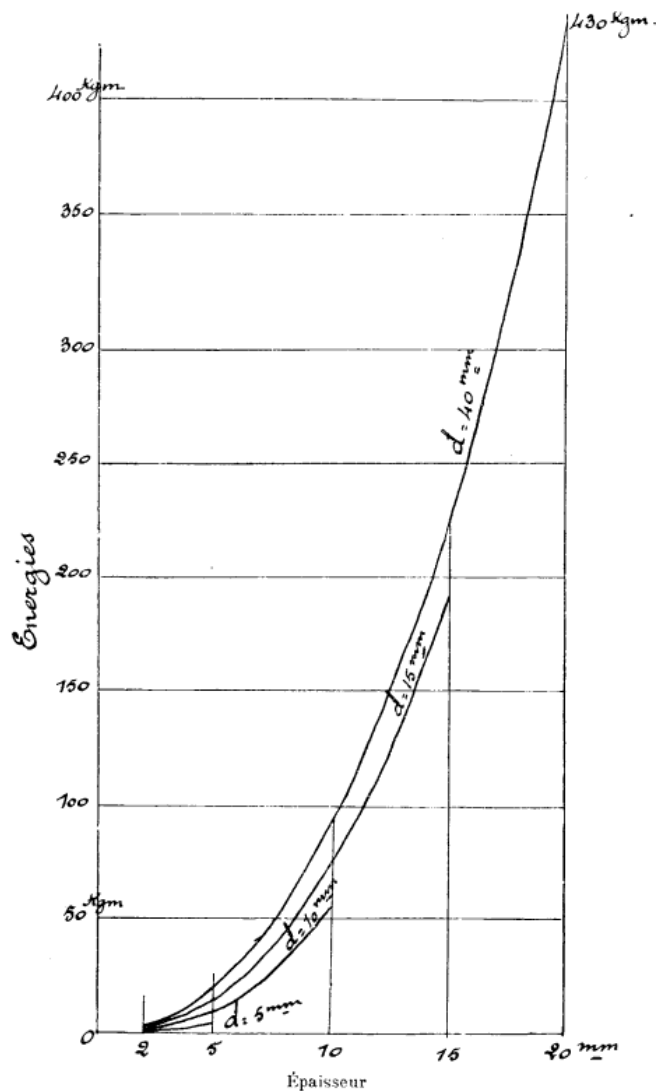


Fig. 388. — Énergies de poinçonnage de fer relatives à des épaisseurs et à des diamètres différents.

La courbe des résistances de poinçonnage : $R = \frac{P}{\pi da}$, accuse une variation comprise entre 37 kilogrammes pour l'épaisseur de 3 millimètres, et 27 kilogrammes pour l'épaisseur $23^{\text{mm}},1$.

Le coefficient R diminue donc sensiblement quand l'épaisseur augmente. Nous constaterons une loi analogue dans la coupe proprement dite des métaux sous forme de copeaux libres de se développer.

Le rapport des coefficients de poinçonnage et de traction varierait entre $\frac{37}{34,4}$ et $\frac{27}{34,4}$, soit entre 1,08 et 0,77. Mais, comme il est à croire que sous une épaisseur de 3 millimètres, le même fer accuserait un coefficient de traction plus grand

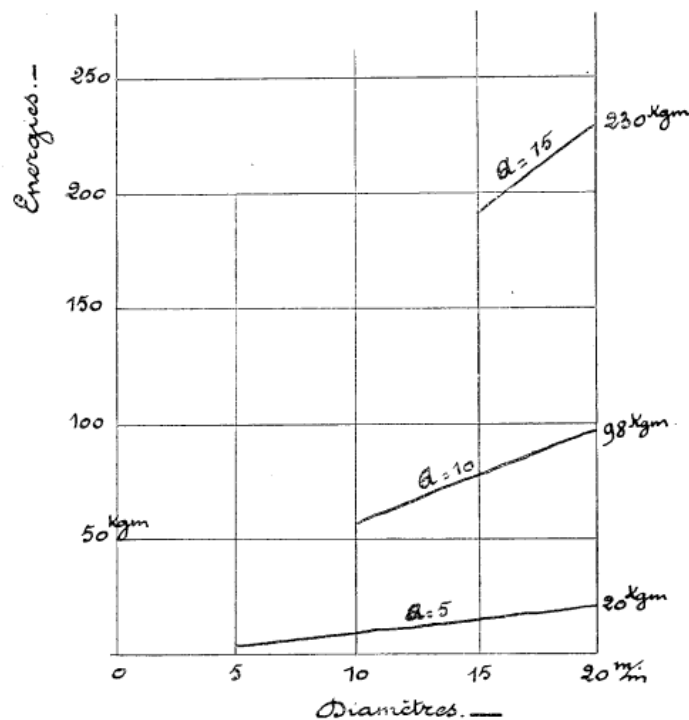


Fig. 389. — Énergies de poinçonnage de fer relatives à des épaisseurs et à des diamètres différents,

que 34,4, il faut en tenir compte, en considérant que celui de 34,4 est relatif à une épaisseur de 23 millimètres. En admettant une valeur de 37 kilogrammes pour la résistance à la traction sous épaisseur de 3 millimètres, on voit que le rapport des coefficients serait égal à 1.

Ainsi donc, pour un même métal, le rapport entre ces deux coefficients est très variable avec l'épaisseur. Dans des essais comparatifs il importe d'opérer sur une épaisseur constante.

Les fig. 386-387 indiquent les variations des efforts maxima en prenant, pour

la première, les diamètres des poinçons comme abscisses, et pour l'autre les épaisseurs. On obtient des courbes qui ne s'éloignent guère de droites dans les limites des essais, ce qui concorde avec la relation : $P = \pi d a R$.

En prenant pour abscisses les épaisseurs et pour ordonnées les énergies de poinçonnage, on obtient (fig. 388) les courbes d'allure parabolique qui se rapportent à la relation $\tau = mn\pi a^2 dR$.

Si les abscisses sont les diamètres, on obtient (fig. 389) des courbes qui s'infléchissent quelque peu vers l'axe des abscisses.

Les énergies par millimètre carré de section latérale du trou (soit : $\tau_1'' = \frac{\tau}{\pi d a}$) sont représentées (fig. 390) en prenant pour abscisses les épaisseurs. On voit que

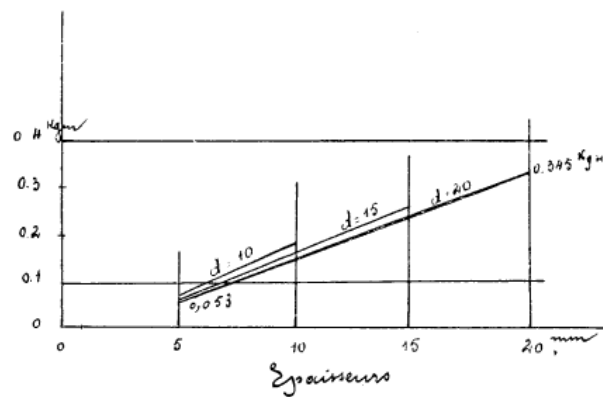


Fig. 390. — Poinçonnage de fer. Énergies par millimètres carré de section pour différents diamètres et différentes épaisseurs $\tau_1'' = \frac{\tau}{\pi d a}$.

pour un même diamètre d , ces énergies croissent quand les épaisseurs augmentent; ce qui correspond à la relation $\tau_1'' = m n a R$.

En prenant pour abscisses les diamètres, on obtient, pour une même épaisseur a , les courbes (fig. 391) dont les ordonnées croissent quand les diamètres diminuent.

On conçoit assez que pour une valeur de diamètre voisine de zéro, il y aura encore un effort de pénétration à produire sur le poinçon fictif, analogue à une aiguille, et que cet effort sera d'autant plus grand que l'épaisseur sera forte; il y aura donc des énergies à dépenser en rapport avec les efforts et les épaisseurs.

Notons que pour le diamètre 20 millimètres et pour les épaisseurs de 5 à 20 millimètres, les énergies τ_1'' varient de 0^{kgm},053 à 0^{kgm},345; que pour le dia-

mètre 10 millimètres ces énergies varient entre 5 et 10 millimètres d'épaisseur, de $0^{\text{kgm}},054$ à $0^{\text{kgm}},19$.

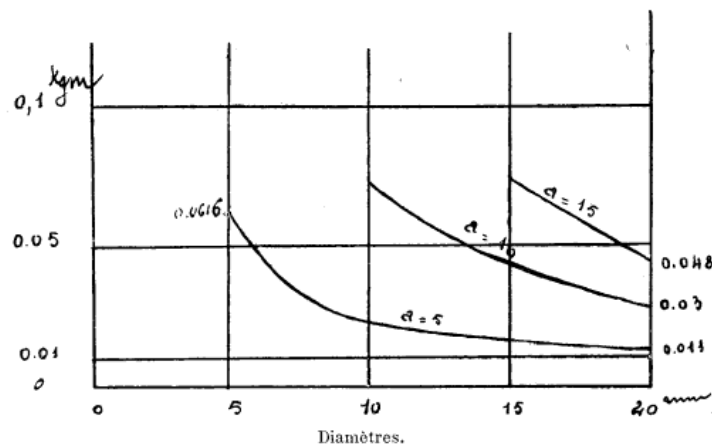


Fig. 391. — Poinçonnage de fer. Énergies par millimètre carré de section pour différents diamètres et différentes épaisseurs $\tau''_1 = \frac{\tau}{\pi d a}$.

Pour une même épaisseur 15 millimètres et des diamètres 15 et 20 millimètres, les valeurs de τ''_1 sont $0^{\text{kgm}},270$ et $0^{\text{kgm}},243$; pour une même épaisseur

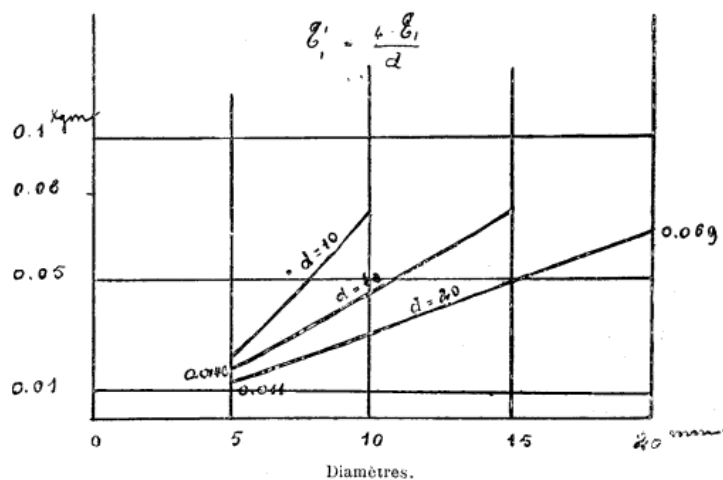


Fig. 392. — Poinçonnage de fer. Énergies par millimètre cube de débouchure.

10 millimètres et des diamètres de 10 et 20 millimètres, les énergies τ''_1 varient de $0^{\text{kgm}},19$ à $0^{\text{kgm}},149$.

Il faut constater que l'on ne saurait attribuer à τ''_1 une valeur moyenne pour

le fer considéré et, à plus forte raison, pour les diverses variétés de ce métal.

Les énergies par millimètre cube de débouchure $\frac{\tau_1' = 4\tau_1''}{d}$ accusent les diagrammes (fig. 392-393), les abscisses étant, pour l'une, les diamètres; pour l'autre, les épaisseurs.

Pour un même diamètre, ces énergies croissent rapidement avec les épais-

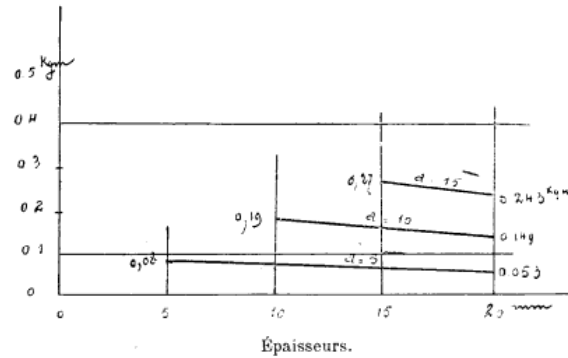


Fig. 393. — Énergies par millimètre cube de débouchure $\tau_1' = \frac{4\tau_1''}{d}$.

seurs; de $0^{\text{kgm}},011$ pour $a = 5$ millimètres à $0^{\text{kgm}},069$ pour $a = 20$ millimètres, le diamètre étant $d = 20$ millimètres.

Pour une même épaisseur, ces énergies décroissent très rapidement avec le diamètre; les courbes ont une allure hyperbolique qui correspond d'ailleurs à la relation :

$$\tau_1' = \frac{4 m n a R}{d}.$$

Ici encore, la pratique ne saurait tabler sur des coefficients de valeurs moyennes. Le plus simple pour apprécier les éléments d'énergie de poinçonnage, dans les divers cas, c'est d'appliquer la relation générale : $\tau = m n \pi a^2 d R$, dans laquelle la valeur de R varie peu entre les limites pratiques et permet de déduire τ_1' et τ_1'' . Le coefficient m , affectant l'effort maximum, pourra être pris entre 0,50 à 0,65; celui n , affectant l'épaisseur, peut-être pris entre 0,9 à 1,2. Pour $m = 0,60$ $n = 1$ $R = 28$, il viendrait $\tau = 52,75, a^2 d$ kilogrammillimètres.

Influence du jeu entre le poinçon et la matrice, sur les efforts de poinçonnage. — Nous avons déjà noté que le jeu trop prononcé donnait lieu à des trous très défectueux (fig. 394 à 400).

Au point de vue des efforts maxima développés, on peut prévoir que le jeu

les réduise dans une certaine mesure, que font ressortir les essais suivants, et les diagrammes (fig. 401 bis à 403) qui s'y rapportent.

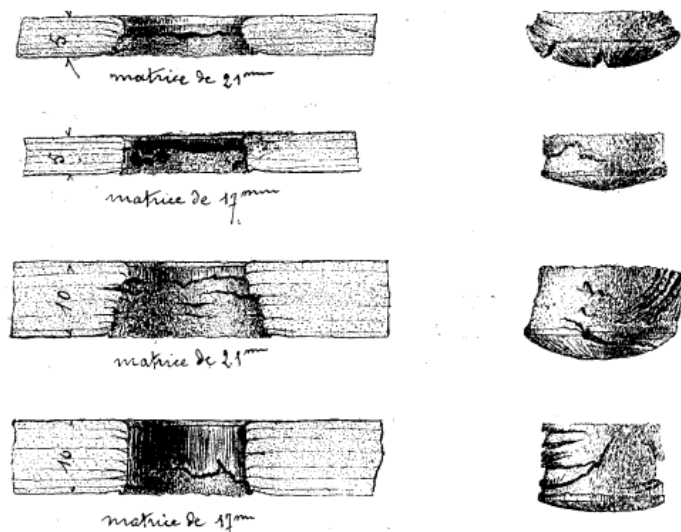


Fig. 394 à 401.

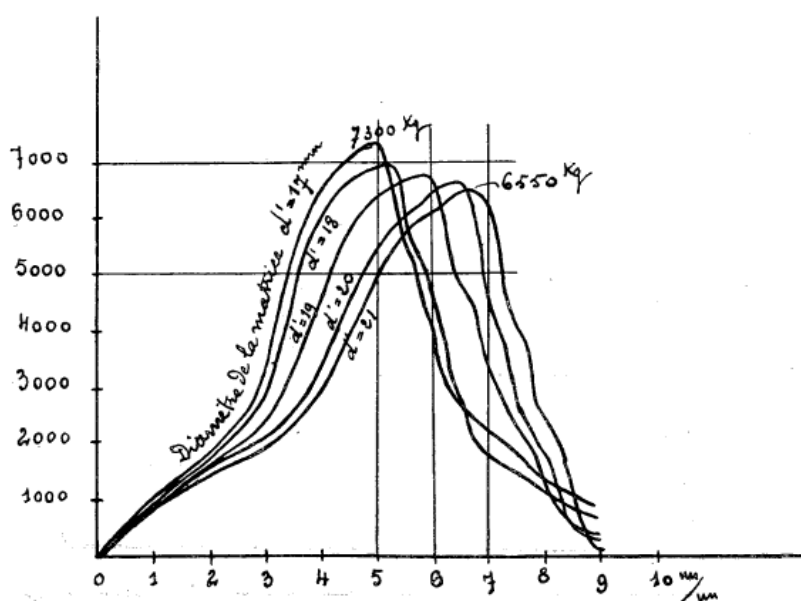


Fig. 401 bis. — Poinçonnage de fer en faisant varier le diamètre d' de la matrice.
Diamètre du poinçon $d = 16$ mm. Épaisseur $a = 5$ mm.

Le diamètre du poinçon était de 16 millimètres.

Nous avons fait deux séries d'essais, avec des épaisseurs de 5 et 10 millimètres, provenant de deux barres différentes de fer misé.

Épaisseur de la pièce.	Diamètre de la matrice. d'	Effort maximum. kg.	Coefficient R.
5	21	6 550	26
»	20	6 600	26,2
»	19	6 850	27,2
»	18	6 900	27,3
»	17	7 300	29
10	21	15 050	29,9
»	19	15 700	31,3
»	17	16 400	32,6

La figure 403 indique les courbes des variations des efforts maxima en prenant pour abscisses le jeu $\frac{d' - d}{2}$.

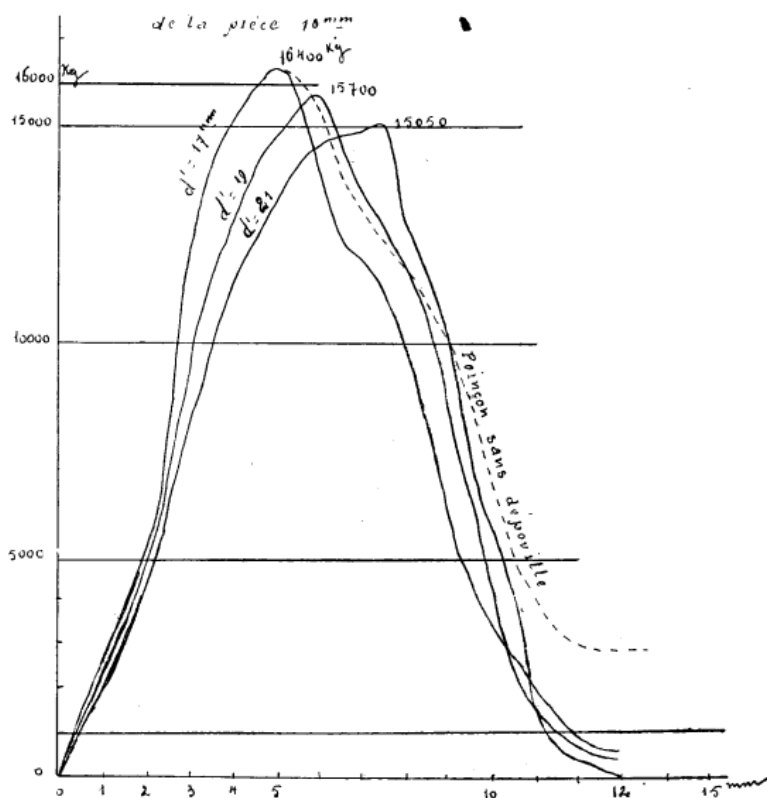


Fig. 402. — Poinçonnage de fer, en faisant varier le diamètre d' de la matrice.
Diamètre du poinçon = 16 mm. Épaisseur de la pièce 10 mm.

Les différences des efforts maxima sont pratiquement de peu d'importance

au point de vue de la résistance des organes, mais la variation du coefficient R n'est pas négligeable pour des comparaisons entre essais analogues au plus près.

Le jeu, plus grand, a pour effet d'augmenter la valeur de la pénétration qui correspond à l'effort maximum, et, cela, à cause de la flexion plus grande de la débouchure. Quant aux énergies de poinçonnage, elles diffèrent peu entre elles.

Les disques éprouvettes relatifs à l'épaisseur 5 millimètres présentaient une

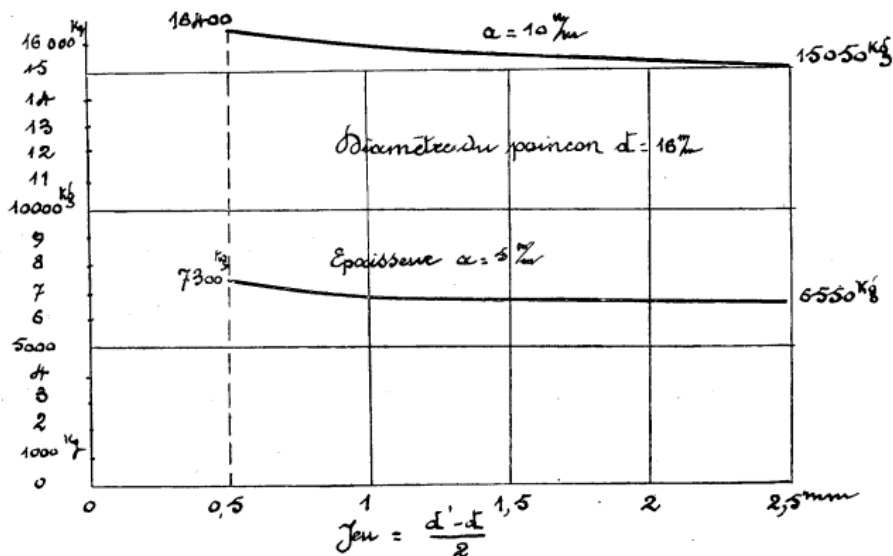


Fig. 403. — Poinçonnage de fer en faisant varier le diamètre de la matrice.
Variation des efforts maxima avec le jeu.

flèche de trois à quatre dixièmes de millimètre, quelle que fût la valeur du jeu.

L'éprouvette de 10 millimètres d'épaisseur, matrice de 21 millimètres, ne présentait pas de flèche, si ce n'est celle due à l'affaissement du métal à proximité du trou, tandis que l'éprouvette poinçonnée avec la matrice de 17 millimètres, accusait une flèche de trois dixièmes de millimètre. Avec cette dernière éprouvette, le poinçon, malgré sa dépouille, était très serré dans le trou vers la fin de l'opération.

Les parois du trou étaient très lisses (fig. 400), indice d'un refoulement latéral qui avait déterminé la flexion plus prononcée. La débouchure présentait de multiples collerettes.

Ces essais font bien ressortir deux modes de rupture :

1° Celui dans lequel les arrachements de flexion prédominent (fig. 394), le

jeu est grand par rapport à l'épaisseur, 5 millimètres; les fibres apparaissent distinctes, ternes et sont analogues, au pourtour du bas de la débouchure, à celles d'une rupture par traction proprement dite.

2° Celui (fig. 396) pour lequel le cisaillement est prépondérant, la surface est plus lisse, les arrachements de traction n'existent pour ainsi dire plus, la

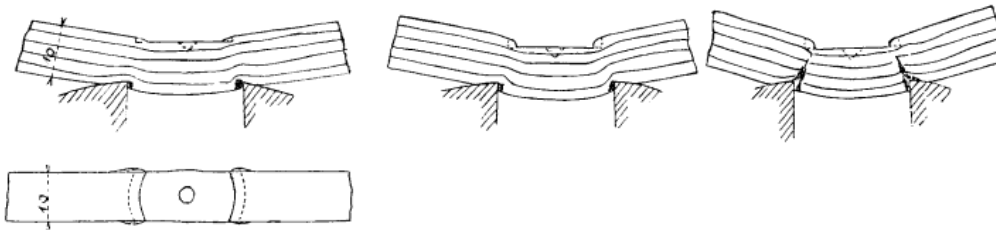


Fig. 404 à 407. — Poinçonnage d'une barrette de fer misé.

rupture des ligaments s'est faite sous un certain angle de glissement relatif; le jeu était petit par rapport à l'épaisseur.

La tendance à la flexion, quand le jeu est ou non prononcé, s'accuse bien, si on opère avec des barrettes, ainsi que le montrent les figures 404 à 407.

La déchirure se produit à partir de la matrice et se propage vers le poinçon (fig. 407).

L'ordonnée de l'effort maximum, 4800 kilogrammes (fig. 408), est reportée assez loin. La rupture par flexion est prépondérante.

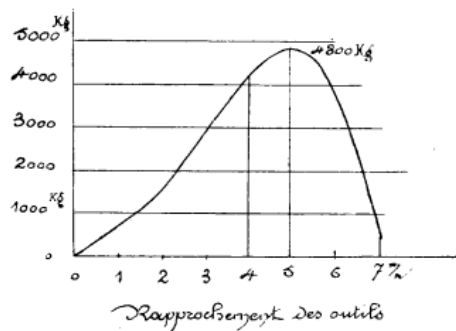


Fig. 408.

La résistance, par millimètre carré de section, ressort dans ce cas à :

$$R = \frac{4800}{2 \times 10 \times 10} = 24 \text{ kilogrammes, valeur sensiblement plus faible que celle relative à un poinçonnage ordinaire.}$$

Le tracé pointillé de la figure 402 correspond à un poinçon dont la dépouille

était nulle. Le frottement à la fin de l'opération, après expulsion de la débouchure, s'élevait à près de 3 000 kilogrammes.

Avec des poinçons émoussés, usés, présentant du cône en sens inverse de la dépouille, nous avons constaté des frottements de pénétration plus élevés encore, ce qui est logique, tandis qu'avec le poinçon bien en dépouille, le déboîtement de la pièce se faisait sous faible effort.

(*A suivre.*)

MÉTALLURGIE

FER ET PHOSPHORE, PAR J. E. Stead (1)

La description micrographique du fer ou de l'acier phosphoré, en dehors d'une courte note du Prof. Arnold, n'a été l'objet que d'un très petit nombre de travaux. J'ai consacré beaucoup de temps, aidé par un certain nombre de métallurgistes, à dissiper l'obscurité qui entourait ce sujet. Mes recherches ont été faites à l'aide du microscope et d'analyses chimiques.

Préparation des échantillons. — Il était nécessaire de préparer d'abord plusieurs centaines d'échantillons de composition différente, les premiers n'ayant que des traces de phosphore, les derniers en renfermant au contraire une grande quantité.

Les lingots contenant moins de 1 p. 100 de phosphore furent fondus par M. C. H. Risdsdale et M. Arthur Richards, de la *Cleveland steel Works*. Des prises furent faites à cet effet dans un convertisseur Bessemer pendant le sursoufflage, alors que tous les corps simples autres que le phosphore et le fer avaient disparu. Les échantillons contenant de 1 à 2 p. 100 de phosphore m'ont été fournis par M M. J. H. Andrew et C^{ie}, de Sheffield; du fer pur de Suède était fondu et maintenu au rouge blanc et le phosphore était projeté simplement dans le creuset. Les échantillons renfermant une plus grande proportion de phosphore furent préparés dans mon laboratoire, en fondant avec du phosphore du fer de Suède ou de l'acier puddlé ordinaire. Enfin, des échantillons intéressants se sont produits accidentellement en cours de fabrication, dans certaines usines métallurgiques.

Classification des échantillons. — Nous avons été conduits par cette étude à répartir, suivant leur composition, les échantillons en diverses classes :

<i>Teneur en phosphore des échantillons.</i>		
	p. 100.	
1 ^{re} classe	de 0	à 1,70
2 ^e classe	de 1,70	à 10,2
3 ^e classe	de 10,2	à 15,58
4 ^e classe	de 15,58	à 21,68

Les métaux contenant beaucoup plus de 21 p. 100 de phosphore n'ont pas été examinés parce qu'ils offrent peu d'intérêt au point de vue pratique.

CLASSE I. — *Métaux contenant de 0 à 1,70 p. 100 de phosphore.*

L'examen préliminaire de lingots renfermant de 1 à 2 p. 100 de phosphore montre que ceux qui présentaient cette dernière composition étaient constitués par deux sub-

(1) *Iron and Steel Institute*, vol. 38, p. 60.

stances différentes, l'une formée de grains cristallins, l'autre amorphe et dure, enveloppant les grains cristallins et ressemblant d'ailleurs beaucoup à du carbure de fer ou cémentite. Les échantillons contenant de 1 à 1,4 p. 100 de phosphore étaient complètement dépourvus de cette matière cimentante : cela montre que pour une teneur en phosphore comprise entre 1,4 et 2 p. 100, le fer doit présenter un point critique.

De petites masses métalliques furent abandonnées dans le four même à un refroidissement très lent, puis sectionnées ; on vit qu'elles étaient dépourvues de matière cimentante au voisinage de la surface extérieure, mais qu'elles en contenaient beaucoup dans la partie centrale. La portion périphérique du lingot, détachée et analysée, donna les résultats suivants.

	p. 100.
Carbone.	0,2
Silicium.	traces.
Soufre.	0,03
Phosphore.	1,63
Manganèse.	traces.

L'étude d'un petit lingot qui s'était formé entre les briques d'un four à puddler et qu'on trouva en faisant des réparations, fournit des résultats très intéressants. Il était formé de cristaux en colonnes, d'environ 0,02, qui présentaient, toute proportion gardée, l'aspect de la formation basaltique de Staffa ; ce lingot se brisa de telle sorte que le trait de fracture passa entre les colonnes ; la forme extérieure de ces dernières était complètement indépendante de la direction des plans de clivage qui variaient d'ailleurs d'une colonne à l'autre. L'examen microscopique, fait sur des coupes orientées en divers sens, montra que les colonnes étaient enveloppées et unies par la matière dure mentionnée plus haut. Voici l'analyse de ce curieux échantillon :

	p. 100.
Fer.	97,30
Carbone.	0,00
Silicium.	"
Manganèse.	"
Soufre.	0,33
Phosphore.	1,86
	99,49

On réduisit alors l'échantillon en poudre fine, ce qui permit de séparer presque toute la matière cimentante ; le reste de la poudre fut traité par un acide étendu afin de dissoudre les sulfures ; le résidu lavé à l'eau, à l'alcool et à l'éther, puis séché et analysé, donna :

	p. 100.
Fer.	98,00
Carbone.	0,00
Manganèse.	"
Silicium.	"
Soufre.	0,07
Phosphore.	1,77
	99,84

La matière cimentante, mise à part, fut analysée, sa composition répondait sensiblement à la formule Fe^3P . Il était dès lors possible d'établir de la manière suivante la constitution de l'échantillon :

	p. 100.
Cristaux en forme de colonnes.	{ Fer. 97,217 } 98,884
	{ Phosphore. 1,667 }
Composés à l'état libre.	{ Phosphure de fer. 0,766 }
	{ Sulfure de fer. 0,190 }
	99,840

Un autre essai porta sur un métal pratiquement dépourvu de carbone, de silicium, de soufre et de manganèse, mais contenant plus de 1,70 p. 100 de phosphore. Au lieu de laisser le creuset se refroidir lentement, on le retira du four dès que la fusion fut obtenue. Il était en effet intéressant de rechercher si le refroidissement rapide avait pour résultat de maintenir dans la masse cristalline une plus grande proportion de phosphore. Voici les résultats de l'analyse :

	p. 100.
Fer.	97,35
Carbone.	0,02
Manganèse.	0,00
Silicium.	0,00
Phosphore.	1,94
Oxygène, etc.	0,69
	100,00
Phosphore contenu dans le phosphure libre.	0,19
Phosphore contenu dans la masse cristalline.	1,75
	1,94

En résumé, le fer retient pendant sa solidification de 1,63 à 1,75 p. 100 de phosphore, la proportion variant un peu suivant la vitesse du refroidissement. Lorsque le creuset est retiré du feu, le métal étant en fusion, puis abandonné à la température ordinaire, on peut admettre que la masse cristalline retiendra 1,70 p. 100 de phosphore et que l'excès de ce métalloïde sort de la solution pour former le composé défini Fe^3P et constituer à cet état la matière cimentante des grains cristallins, ou encore des masses eutectiques d'aspect irrégulier distribuées çà et là dans le métal. En somme, la proportion variable de phosphore que retient le fer lors de sa solidification, et la facilité avec laquelle ce métalloïde peut sortir de sa solution solide, fait dont la preuve sera donnée plus loin, permettent de conclure que la partie cristalline du lingot est une dissolution dans le fer non de phosphore, mais du phosphure chimiquement défini Fe^3P .

Action des réactifs. — Traités par l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique étendu, les métaux de la classe I qui contiennent de 0,10 à 1,70 p. 100 de phosphore, se dissolvent en laissant un résidu noir dont la quantité augmente avec la proportion de phosphore. L'attaque est d'autant plus lente qu'il y a moins de phosphore ; ainsi les échantillons qui en renferment 1 p. 100 se dissolvent trois fois plus vite que ceux qui n'en ont que 0,05 p. 100.

Ce résidu insoluble s'oxyde complètement au contact d'un sel ferrique, il n'est donc pas formé de carbone: lavé rapidement, séché à 60°, puis chauffé à 90°, il s'enflamme et brûle avec tous les caractères du phosphore, ce phénomène ne se produit pas si on lave le résidu à l'éther ou à l'alcool.

Si l'on dissout du fer à 1 p. 100 de phosphore dans l'acide chlorhydrique étendu et si l'on fait bouillir longtemps, le résidu noir de la décomposition de Fe^3P qui était en suspension, se dissout en partie et le liquide devient brun foncé; cette coloration disparaît si l'on ajoute du chlorure ferrique.

MM. Osmond et Werth ont fait une analyse sommaire du résidu noir insoluble: il contient du phosphore, du fer, de l'oxygène et de l'hydrogène.

Deux échantillons de métaux contenant 1,7 p. 100 de phosphore furent dissous à froid dans l'acide chlorhydrique étendu; le résidu insoluble, séparé par filtration et lavé, fut dissous sur le filtre dans de l'eau de brome acidulée. La détermination du fer et du phosphore contenus dans cette dernière solution peuvent se traduire en formule atomique de la manière suivante:

1 ^{er} échantillon.	Fe P _{1,66}
2 ^e échantillon.	Fe P _{1,85}

Le rapport du poids du phosphore à celui du fer était sensiblement modifié lorsqu'on faisait bouillir la solution et selon la durée de l'ébullition. Le résidu noir insoluble n'est pas magnétique.

Lorsqu'on fait digérer du phosphore pur Fe^3P dans l'acide chlorhydrique étendu et froid, au bout de quelques jours, l'éclat métallique du composé disparaît, un dégagement de gaz se produit et il reste une poudre dense et noire, ce résidu n'est pas magnétique. Cette expérience porta sur deux spécimens différents de Fe^3P : le premier resta quatorze jours, le second quatre jours dans l'acide étendu; la composition des résidus conduisit aux formules:

1 ^{er} spécimen.	Fe P _{1,75}
2 ^e spécimen.	Fe P _{1,30}

Les parties des lingots qui ne contiennent pas de phosphore libre donnent donc un résidu analogue à celui que fournit Fe^3P , sous l'action prolongée de l'acide chlorhydrique étendu. Ce fait prouve que des parties de lingots sont des solutions solides de phosphore de fer dans du fer. D'ailleurs ces résidus ne sont évidemment pas des composés définis. Ils s'enflamment à 80°, et cela vient probablement de ce qu'ils contiennent un hydrogène phosphoré.

Plusieurs pièces polies de fer ou d'acier, mises simultanément au contact de l'acide étendu, sont attaquées différemment suivant la teneur en phosphore du métal. Plus il y a de phosphore, plus la teinte que prennent ces pièces est sombre. On peut baser sur ce fait une méthode pratique d'investigation: une éprouvette tirée d'une pièce forgée fut immergée dans l'acide étendu, au bout d'un certain temps, une partie de sa surface avait pris une teinte sombre, on la sépara du reste et on en fit l'analyse, elle contenait 0,12 p. 100 de phosphore et le reste de la pièce seulement 0,03 p. 100.

On pourrait donc déceler les portions d'une pièce de forge riches en phosphore en dressant et polissant quelques parties de sa surface qu'on laverait pendant quelques minutes à l'acide étendu. Cette méthode, dont l'utilité a été vérifiée dans plusieurs cas, a l'avantage de pouvoir être pratiquée dans l'atelier, sans l'assistance d'un métallographe; elle a d'autant plus d'intérêt que c'est le plus souvent dans les régions riches en phosphore que le carbone et le soufre se concentrent aussi, de sorte que la teinte sombre serait due à un excès de perlite et de sulfure de manganèse additionné de phosphore; quoi qu'il en soit, c'est à l'analyse chimique à se prononcer à cet égard.

Osmond et Werth ont montré qu'en traitant des fers ou des aciers phosphorés par l'acide chlorhydrique étendu, une certaine proportion de phosphore se dégagait à l'état de PH_3 et que moins il y avait de carbone dans le métal, plus cette proportion était considérable. En dissolvant ainsi un morceau d'acier Bessemer recueilli avant l'addition du spiegel, ces expérimentateurs constatèrent que le phosphore dégagé représentait les deux tiers de la quantité totale. Un morceau d'acier doux ne renfermant que 0,18 p. 100 de phosphore donna lieu au dégagement gazeux de 71 p. 100 de ce métalloïde. D'autre part, avec un échantillon de fer de la Moselle contenant 0,81 p. 100 de phosphore et 0,11 p. 100 de carbone, on ne put observer que le départ de 18 p. 100 du phosphore total. On a remarqué aussi que la quantité du phosphore dégagé à l'état de PH_3 dépendait en même temps de la concentration de l'acide.

Le baron Juptner parvint à des résultats un peu différents en se servant comme dissolvant d'acide sulfurique étendu et en absorbant le phosphore produit dans une solution neutre d'azotate d'argent. Avec certains aciers contenant moins de 0,1 p. 100 de phosphore et environ 0,16 de carbone, ce métallurgiste n'observa qu'un dégagement de PH_3 correspondant à 30 p. 100 de phosphore au lieu de 71 p. 100; avec des échantillons où la proportion de ce dernier métalloïde s'élevait à 0,6 p. 100 et le carbone à 0,12 p. 100, le dégagement de phosphore se réduisit à 3 p. 100.

Quoi qu'il en soit, toutes ces expériences s'accordent pour montrer que lorsque la teneur en phosphore est élevée, il n'y a qu'une très petite quantité de ce corps simple qui se combine à l'état de PH_3 .

Afin de vérifier ces résultats, j'ai examiné une série d'échantillons métalliques fournis par M. Arthur Richards, directeur des aciéries de Cleveland. Ces métaux avaient été pris dans un convertisseur à sole basique pendant le sursoufflage, ils contenaient des proportions de phosphore variant de 0,07 à 1,70 p. 100. Chaque essai porta sur un gramme de matière. Dans une première série d'expériences, les échantillons furent dissous dans 20 centimètres cubes d'acide chlorhydrique très concentré, la dissolution fut accélérée à l'aide de la chaleur, et, lorsqu'elle fut terminée on porta le liquide à l'ébullition, on ajouta de l'acide azotique, on fit bouillir de nouveau et le phosphore restant fut dosé par la méthode gravimétrique.

Dans une seconde série d'expériences, les mêmes opérations se succédèrent, mais l'acide était étendu de son volume d'eau.

La troisième série d'expériences ne diffère de la seconde que parce que la solution se fit à froid.

Le poids de phosphore qui se dégagait à l'état de phosphure d'hydrogène était évalué par différence: cette méthode parut plus simple et plus pratique que celle de MM. Osmond et Juptner.

Les tableaux suivants donnent les résultats obtenus :

	1	2	3	4	5
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer	97,80	98,20	98,70	98,90	99,60
Carbone.	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
Phosphore.	1,69	1,32	0,62	0,23	0,065
Autres composés non évalués	0,45	0,43	0,63	0,83	0,295
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Dissolution d'un gramme de métal dans 20 cc. d'acide concentré et chaud.</i>					
Phosphore dégagé à l'état de PH^3	0,26	0,42	0,30	0,17	0,052
Phosphore resté dans le résidu.	1,33	0,91	0,32	0,06	0,016
Rapport du phosphore dégagé au phosphore total	15 0/0	33 0/0	48 0/0	74 0/0	80 0/0
<i>Dissolution dans l'acide étendu et chaud.</i>					
Phosphore dégagé de PH^3	0,28	0,26	0,14	0,11	0,028
Phosphore resté dans le résidu.	1,41	1,06	0,48	0,12	0,037
Rapport du phosphore dégagé au phosphore total	16 0/0	20 0/0	23,5 0/0	48 0/0	74 0/0
<i>Dissolution dans l'acide étendu et froid.</i>					
Phosphore dégagé à l'état de PH^3	0,06	0,09	0,07	0,11	0,035
Phosphore resté dans le résidu.	1,63	1,23	0,55	0,12	0,030
Rapport du phosphore dégagé au phosphore total	3,5 0/0	6,5 0/0	11 0/0	48 0/0	54 0/0

Les résultats varient avec les conditions dans lesquelles le métal a été dissous : ils montrent nettement, en général, que plus la solution solide de phosphore dans le fer est diluée, plus la formation de phosphure PH^3 est abondante. Ils montrent encore que toute comparaison nécessite un traitement chimique identique : la concentration de l'acide, la température, le temps pendant lequel les solutions sont soumises à l'ébullition influent sur la quantité de phosphure produit.

NUMÉROS	PHOSPHORE			PROPORTION DE PHOSPHORE gazeux.
	GAZEUX.	NON GAZEUX.	TOTAL.	
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	
1	0,260	0,63	0,89	30,00
2	0,18	0,34	0,52	34,00
3	0,12	0,18	0,30	40,00
4	0,09	0,09	0,18	50,00
5	0,03	0,03	0,06	60,00

Le tableau précédent se rapporte à des expériences faites en dissolvant un gramme de chaque échantillon dans 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique concentré et froid, puis porté à l'ébullition pendant une minute. Ces échantillons provenaient de différentes charges en traitement dans le convertisseur, pendant la période de l'opération consécutive à l'admission de l'air.

On pourrait présenter beaucoup d'autres exemples : ils concourent tous à prouver que plus la solution solide de phosphore est concentrée, moins est grande la proportion de ce métalloïde qui se dégage à l'état de PH_3 . Ce fait peut s'expliquer de la manière suivante : plus la quantité du fer est grande relativement à celle du phosphore dissous, plus la production d'hydrogène naissant est considérable et plus le phosphore métallique a de tendance à se décomposer avec formation de PH_3 . Certaines expériences du baron Juptner, dont on verra plus loin le compte rendu, ne semblent pas confirmer cette manière de voir.

Lorsqu'on verse de l'acide azotique de densité 1,42 sur du fer ne contenant que peu de phosphore, il devient passif et ne se dissout qu'à l'aide de la chaleur : si la proportion de phosphore est élevée, entre 0,6 et 1,7, la passivité n'apparaît pas et le métal est attaqué violemment. L'action de l'acide azotique en solution très diluée ressemble à celle des acides sulfurique et chlorhydrique, l'azotate ferreux se produit en même temps qu'un résidu noir. Avec de l'acide azotique de densité 1,20 et à la température d'environ 20°, il ne se forme pas de résidu, la solution est parfaitement limpide : en même temps, dans ces conditions, le phosphore libre Fe^3P n'est que très peu attaqué. Cette réaction donne un très bon moyen de séparer le phosphore libre du fer phosphoré dans les solutions solides. Toutes les analyses de la présente note qui mentionnent la quantité de phosphore de fer libre ont été obtenues par une méthode basée sur cette propriété de l'acide azotique.

Les expériences suivantes ont pour but d'étudier l'influence du recuit sur le fer saturé de phosphore et de voir en particulier si le phosphore se séparerait dans ces conditions de la masse solide saturée.

Un gros échantillon de fer contenant 1,8 p. 100 de phosphore et 0,18 p. 100 de carbone fut enfermé dans une caisse en fer au milieu de minerai de fer ; le tout fut placé au haut et au centre de l'un des fours d'une fabrique de fonte malléable. Le chauffage dura trente-six heures avant que la température maximum de 900° fût atteinte et celle-ci fut maintenue pendant quarante heures. La caisse fut alors enlevée et soumise de nouveau au même traitement qui fut répété une seconde fois. Après cette expérience, l'échantillon avait perdu tout son carbone, bien qu'il eût 20 centimètres d'épaisseur ; on préleva dans diverses parties de sa masse des prises qui donnèrent à l'analyse les résultats mentionnés dans le tableau ci-contre (p. 83).

On sait que lorsqu'une pièce de grandes dimensions est riche en phosphore, ses diverses parties contiennent des proportions très variables de ce métalloïde. Le lingot d'où l'on avait tiré l'échantillon précédent ne pesait que 14 kilogrammes et cependant le phosphore variait suivant les régions entre 1,6 et 2,4 p. 100. En général, les lingots lentement refroidis sont plus phosphorés à leur partie supérieure. La surface extérieure de l'échantillon recuit était poreuse, spongieuse et riche en oxyde de fer ; l'examen microscopique montra que les cavités, jadis pleines de phosphore eutectique, s'étaient complètement vidées (photographie n° 9). Les autres parties de l'échantillon ne présentaient pas de pareilles cavités.

	AVANT le TRAITEMENT.	PRISE à 6 ^{mm} ,3 de L'EXTREMITÉ.	PRISE à 12 ^{mm} ,7 DE LA SURFACE supérieure.	PRISE à 6 ^{mm} ,3 DE LA SURFACE inférieure.	PRISE à 12 ^{mm} ,7 DE LA SURFACE inférieure.
Fer.	97,20	96,96	97,60	97,40	97,80
Carbone.	0,48	"	traces.	traces.	traces.
Manganèse.	traces.	traces.	"	"	"
Silicium.	"	"	"	"	"
Soufre	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Phosphore	1,82	1,63	1,85	1,94	1,78
Oxygène, etc.	0,78	1,39	0,53	0,64	0,40
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Phosphore à l'état de Fe ³ P.	0,51	0,28	0,92	0,88	0,80
Phosphore de la masse cristalline.	1,31	1,35	0,93	1,06	0,98
Phosphore total. . . .	1,82	1,63	1,85	1,94	1,78
Phosphore expulsé de la solution solide. . .	"	?	0,41	0,37	0,29

Il est probable que le nombre 1,35 ne représente pas exactement la proportion de phosphore retenu dans le fer, une partie étant vraisemblablement à l'état d'acide phosphorique. D'autres analyses prouvent qu'en recuisant longtemps sans les oxyder ni les fondre et à une température voisine du point de fusion du phosphure de fer, des métaux saturés de ce composé, une portion du phosphore abandonne la masse, qui ne contient plus alors qu'environ 1 p. 100 de phosphore.

Deux fragments du métal recuit furent chauffés pendant une demi-heure, l'un à 1100°, l'autre à 1300°, tandis qu'un troisième était fondu dans un creuset de magnésie. On cherchait à voir, par cette expérience, si une partie du composé qui s'était séparé pendant le recuit à 900°, se recombinerait à la masse sous l'influence d'une température élevée. Voici les résultats des analyses :

	MÉTAL CHAUFFÉ à 1100°.	MÉTAL CHAUFFÉ à 1300°.	MÉTAL fondu.
Phosphore du phosphore libre.	0,95	0,91	0,20
Phosphore de la masse cristalline	1,01	1,06	1,74
	1,96	1,97	1,94

Le phosphore n'est donc pas réabsorbé même à 1300°, température voisine du point de fusion.

Examen microscopique du métal recuit. — La photographie n° 9 représente une coupe faite dans le métal avant qu'il ait été recuit et décarburé : l'eutectique en masses irrégulières est entouré de franges foncées de perlite. Après la décarburation, la perlite disparaît ; et, fait remarquable, le phosphore de l'eutectique n'est plus en masses irrégulières, mais sous forme de prismes dont plusieurs présentent de véritables arêtes cristallines. On voit ces prismes dans la photographie n° 20, ils ne sont pas entiers en général, mais fragmentés. Dans l'échantillon soumis pendant une demi-

heure à la température de 1100°, la plupart des cristaux prismatiques subsistent, mais avec des extrémités très arrondies; plusieurs, rompus et contractés, ne forment plus qu'une chaîne de corpuscules lenticulaires dont le grand axe correspond à celui du prisme prinitif; on voit aussi des masses informes d'eutectique rappelant celles du métal avant le recuit. La photographie n° 21 se rapporte à l'échantillon chauffé à 1300°, on n'y voit plus ni prismes, ni corpuscules, l'eutectique se présente uniformément en masses irrégulières. Enfin, le morceau de métal recuit fondu au creuset a une micro-structure semblable à celle de la photographie n° 8, si l'on y fait abstraction de la perlite.

La comparaison des photographies n°s 9, 20, et 21 conduit aux remarques suivantes : 1° Le phosphore du n° 9 s'est complètement modifié par le recuit : ou il s'est diffusé dans la masse et a recristallisé ensuite, ou son accroissement même l'a fait sortir de sa place; l'eutectique liquide fonctionnant en quelque sorte comme une réserve à laquelle venait s'ajouter ce qui sortait de la solution, sous l'influence prolongée de la haute température. 2° En chauffant au delà du point de fusion de l'eutectique et du phosphore de fer, celui-ci à l'état liquide, sous forme de gouttes allongées, se combine avec une portion du métal voisin et forme un eutectique fusible dont les particules, d'abord séparées, finissent par se réunir pour former des masses irrégulières identiques à celles de la photographie n° 9. 3° Les modifications de la masse fondamentale, en rapport avec les changements opérés dans la distribution de l'eutectique, accusent un mouvement moléculaire très actif, analogue par exemple à celui que pourrait présenter un corps visqueux.

Propriétés physiques. — Le phosphore est en général considéré comme le plus pernicieux des corps simples qui peuvent s'unir au fer ou à l'acier, à cause de la fragilité qu'il détermine; les métallurgistes ne sont pas entièrement d'accord toutefois sur les modifications que ce métalloïde fait subir aux propriétés physiques du métal. Dans son ouvrage *La Métallurgie de l'acier*, le professeur Howe résume ainsi les conclusions de plusieurs observateurs : « 1° Lorsque la teneur en phosphore est élevée, soit 0,12 p. 100, les effets constants du phosphore ne doivent pas être importants, sans cela les statistiques seraient plus concordantes; 2° en élevant en général la limite d'élasticité, le phosphore donne l'apparence de la fragilité, c'est ainsi qu'il peut arriver avec l'acier que la limite d'élasticité et l'effort de rupture coïncident.

L'étude de cette question est complexe, elle doit se faire non seulement à l'aide d'analyses chimiques et d'essais de résistance, mais encore par l'examen micrographique, particulièrement en ce qui concerne l'orientation et la dimension des grains cristallins. Les variations observées dans la résistance d'aciers, ayant à peu près la même teneur en phosphore, viennent sans doute de la différence de structure. En traitant diversement plusieurs échantillons d'un même acier phosphoré dans le but d'obtenir des structures différentes, j'ai constaté moi-même de grandes variations de résistance.

Le professeur Arnold a donné les résultats des épreuves faites avec un fer contenant 1,37 p. 100 de phosphore et 0,07 p. 100 de carbone. Dans ces conditions, le fer est presque saturé de phosphore et sa composition peut se représenter ainsi :

Fer	90,16
Phosphore de fer en solution solide	8,79
Carbure de fer	1,05
	100,00

Ce métal était difficile à percer et à tourner; en lavant sa surface à l'acide, on mit en évidence des grains cristallins dont les interstices se laissaient promptement pénétrer par l'acide. Les essais portèrent en même temps sur un acier carburé et sur un fer presque pur qui servirent de termes de comparaison.

ÉPROUVETTES : 14 ^{mm} ,3 SUR 50 ^{mm} ,8.	CHARGE DE RUPTURE.	LIMITE D'ÉLASTICITÉ	ALLONGEMENT.	STRICTION.
	tonnes.	tonnes.	p. 100.	p. 100.
Fer contenant 0,04 p. 100 de carbone.	22,11	14,61	47	76,5
Acier contenant 1,35 p. 100 de carbone.	58,40	47,26	5	5,6
Fer contenant 1,37 p. 100 de phosphore.	29,43	29,43	0	0

Essais de compression.

	TONNES 20,300.	TONNES. 40,600.	TONNES. 60,900.	TONNES. 81,200.	TONNES. 101,560.
Fer contenant 0,04 p. 100 de carbone.	5,80 à 1,30	25,2 à 12,8	43,8 à 30,5	55,3 à 43,8	62,4 à 52,2
Acier contenant 1,35 p. 100 de carbone.	1,30 à 0,00	3,0 à 0,0	8,4 à 0,0	20,0 à 0,0	33,0 à 0,0
Fer contenant 1,37 p. 100 de phosphore.	0,70 à 0,00	3,0 à 0,9	8,9 à 5,8	20,8 à 13,6	26,1 à 23,0

On sait que, dans les barres de fer puddlé, le phosphore augmente la résistance à l'extension, réduit l'allongement de rupture et rend la pièce fragile aux chocs; les pièces phosphorées sont beaucoup plus faciles à tourner, mais cette opération donne alors au fer une structure plus ou moins grossièrement granuleuse qui rend la rupture facile.

Lorsque le fer est sans phosphore ou n'en contient que des traces, on peut toujours lui donner une structure à grains fins en le chauffant vers 900°. Avec le fer phosphoré, la chaleur ne produit pas cette réduction du grain, le seul moyen de l'obtenir est de forger ou laminier le métal à une température relativement basse et encore ce moyen ne réussit-il que très difficilement si la teneur en phosphore est élevée; cependant il est beaucoup plus important d'avoir une structure à grains fins dans le fer phosphoré que dans les autres métaux, fer ou acier.

Forme cristalline. — La structure cristalline des fers très phosphorés offre la même apparence que celle du fer pur. Le phosphore dissous ne semble donc pas modifier la forme cristalline; mais, si jamais on arrive à isoler des cristaux nettement mesurables, il est probable que l'on constatera que ce composé produit de légères

variations. Il est facile d'obtenir des formes rectangulaires par le clivage des gros grains cristallins de fer saturé de phosphore.

Si la teneur en phosphore augmente, les autres conditions restant les mêmes, le fer tend à cristalliser, en effet, en grains de plus en plus gros; j'ai observé fréquemment dans la cassure de métaux, contenant plus de 1 p. 100 de phosphore, des faces de clivage ayant plus de 2 centimètres et demi dans leurs deux dimensions.

M. T. W. Sorby a eu l'obligeance de faire recuire, dans un four de cémentation, un morceau de fer contenant 1,15 p. 100 de phosphore. Cette opération ne modifia pas l'aspect extérieur de la pièce; en brisant le métal avant le recuit, on avait mis en évidence trois plans de clivage, après le recuit on put observer que la cassure présentait

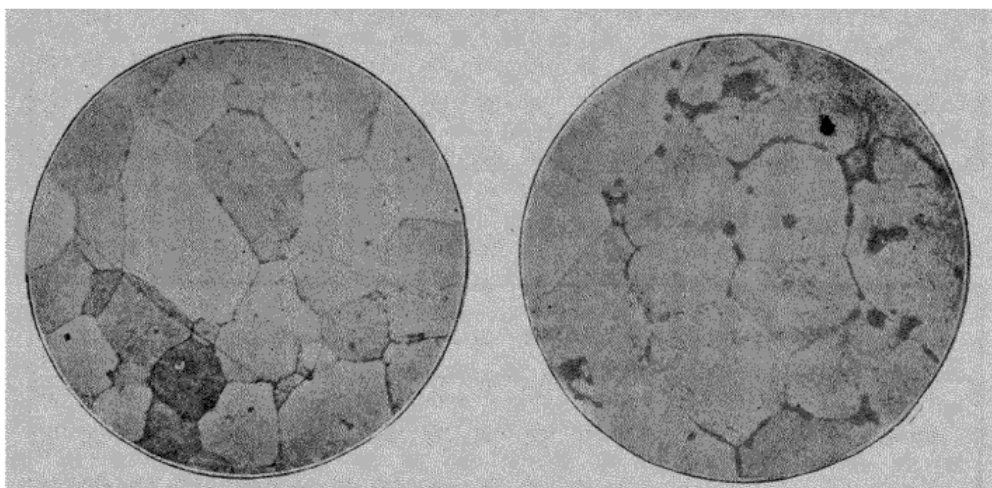


Fig. 1. — Type de tous les métaux de la classe I. Grains cristallins d'aspect polygonal. Les conditions d'échauffement et de refroidissement étant les mêmes, la dimension des grains s'accroît avec la teneur en phosphore. Grossissement : 40.

Fig. 2. — Métal sans carbone contenant 0,8 p. 100 de phosphore; un peu d'oxyde de fer forme des globules et des cloisons incomplètes autour des grains. Échantillon lavé fortement avec une solution de 20 p. 100 d'acide azotique. Les bandes noires correspondent aux parties attaquées par l'acide. Grossissement : 40.

des faces de clivage parallèles aux plans primitifs, il n'y avait donc ni changement allotropique, ni modification de l'organisation cristalline.

Dureté. — La dureté du fer augmente constamment avec la teneur en phosphore; avec 1,7 de phosphore, le métal est saturé de phosphore, il faut alors un outil d'acier bien trempé pour le travailler, et à l'échelle de Mohr sa dureté est comprise entre 5 et 6, car il raye l'apatite et est rayé par le feldspath.

Si l'on chauffe un morceau de fer poli à demi saturé de phosphore jusqu'à ce qu'il prenne des nuances caractéristiques d'oxydation, on n'observe aucune gradation de teinte entre les parties extérieures et centrales du grain : on a voulu conclure, de ce fait, que ces métaux sont homogènes et que ces parties centrales qui commencent à cristalliser les premières, ne contiennent pas plus de phosphore que les parties externes qui se solidifient en dernier lieu.

La dureté de la cémentite est comprise entre celle du feldspath et celle du quartz,

soit environ 6,50. Certains phosphures de fer paraissent avoir la dureté du feldspath, 6^e degré de l'échelle de Mohr. La dureté toutefois est difficile à estimer par les procédés existants, les chiffres précédents ne sont par suite qu'approximatifs.

Observations générales sur la microstructure des métaux de la Classe I. — Tous les métaux de cette classe ont des microstructures semblables et semblables à celle du fer pur; mais d'une manière générale, les grains cristallins sont plus gros et augmentent de dimensions avec la teneur en phosphore. D'après Arnold, l'acide azotique dont on lave la surface du métal attaque plus profondément les interstices des cristaux, j'ai vérifié le plus souvent cette observation, mais j'ai constaté qu'elle n'était pas constante. La photographie n° 1 offre un type de tous les métaux de cette classe : quoique la microstructure du fer pur et celle de ces métaux soient semblables, il y a cependant entre elles des différences caractéristiques.

Les surfaces polies de pièces en fer phosphoré lavées à l'acide azotique très étendu prennent passagèrement les couleurs du spectre; les différents grains cristallins prennent diverses couleurs et au même moment les uns sont jaunes, d'autres oranges, rouges, pourpres, verts et bleus; ces teintes se modifient rapidement puis s'évanouissent et une couche d'abord brune puis noire s'étend sur toute la surface. Cette couche cède à une légère friction, la teinture d'iode acide la détruit, réaction qui ne se produit pas quand le métal en expérience est de l'acier carburé pur; la substance dont elle est formée ne diffère évidemment pas de celle du résidu noir de la dissolution du métal dans l'acide.

CLASSE II. — Métaux contenant de 1,70 à 10,2 p. 100 de phosphore.

Dans les métaux contenant un peu plus de 1,70 p. 100 de phosphore, l'eutectique se solidifiant le dernier est en quelque sorte repoussé par les grains cristallins en formation, finalement il les englobe en constituant autour d'eux des cloisons cellulaires; à la suite de l'abaissement de température, l'eutectique se solidifie à son tour en se dédoublant. Lorsque la pièce est refroidie, si l'on regarde à un faible grossissement sa surface polie et lavée à l'acide, on voit un réseau à mailles irrégulières dont les vides sont remplis par la substance cristalline qui s'est solidifiée la première. La photographie n° 3 se rapporte à un métal contenant 1,8 p. 100 de phosphore, elle présente cette apparence qui est presque celle d'un acier qui contiendrait 1,5 p. 100 de carbone.

Quand la teneur en phosphore approche de 8 p. 100, le plus grand espace est occupé par un composé d'aspect nacré, et dans ce milieu se développe un squelette de cristaux arboriformes formé par la solution solide saturée de phosphure de fer dans le fer. Photographie n° 4.

Aux environs de 10,2 p. 100 de phosphore, le squelette arboriforme diminue, et quand cette teneur est atteinte, toute la masse a la même structure nacrée et aucun cristal n'est visible. Photographie n° 5.

Les eutectiques des divers métaux n'ont pas tous la même apparence, mais la plupart de ceux que j'ai examinés, et leur nombre est très grand, ont comme propriété commune la structure nacrée : c'est le D^r Sorby qui l'a découverte le premier dans les aciers carburés, après les avoir polis et attaqués dans des réactifs convenables. La masse nacrée que l'on observe avec 90 p. 100 de fer et 10 p. 100 de phosphore est le véritable eutectique, la plus fusible des combinaisons phosphorées du fer : il ne possède qu'un point de fusion à 980° environ. Les points de fusion des divers métaux de la classe I s'abaissent constamment quand la proportion de phosphore augmente;

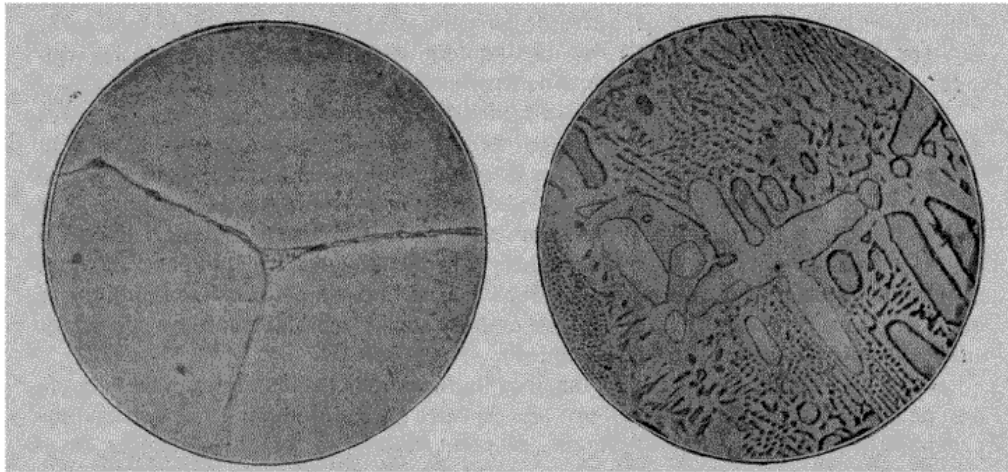


Fig. 3. — Métal contenant 1,8 p. 100 de phosphore; la figure représente en partie trois grains cristallins contigus; Fe_3P forme les cloisons qui séparent ces grains et remplit, avec un peu d'eutectique, l'espace triangulaire central. Grossissement : 280.

Fig. 4. — Métal contenant environ 8 p. 100 de phosphore. Le squelette de cristaux arboriformes renferme environ 1,7 p. 100 de phosphore; la masse fondamentale nacrée est de l'eutectique renfermant 10,2 p. 100 de phosphore. Grossissement : 200.

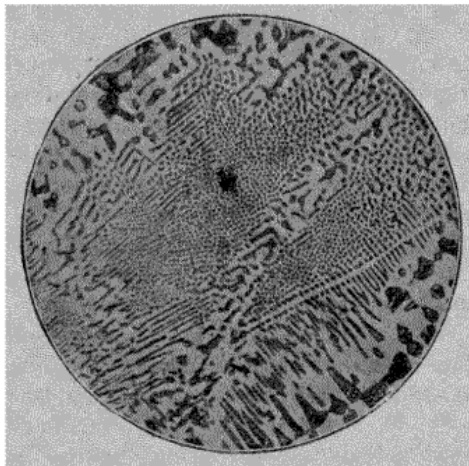


Fig. 5. — Lingot contenant 10,2 p. 100 de phosphore et 89,8 p. 100 de fer. C'est de l'eutectique phosphore-fer qui n'a qu'un point critique à 980° environ. Échantillon lavé à l'acide azotique. Grossissement : 280.

chacun de ces métaux n'a d'ailleurs qu'un point de fusion.

Pour les premiers métaux de la classe II, qui ont entre 1,7 et 10,2 p. 100 de phosphore, le pyromètre accuse deux arrêts de température, lorsqu'ils passent de l'état liquide parfait à la solidification complète : le premier a lieu quand les cristaux se précipitent de la solution, le second quand l'eutectique se prend à son tour. Le premier point d'arrêt s'abaisse à chaque augmentation de la teneur en phosphore; le second demeure constant dans toute la série des métaux. L'eutectique est formé de deux composés, l'un dur, l'autre plus mou; en traitant le métal réduit en poudre par l'acide azotique étendu, le composé mou se dissout et le composé dur reste insoluble; on lui trouve alors la composition suivante :

	1	2	Composition théorique
	p. 100	p. 100	p. 100
Fer	83,20	83,20	84,42
Phosphore.	15,32	15,48	15,58
Produit d'oxydation, etc.	1,48	1,32	

On peut donc admettre comme prouvé que ce composé a pour formule Fe_3P .

CLASSE III. — Métaux contenant de 10,2 à 15,58 p. 100 de phosphore.

Au-dessus de 10,2 p. 100, la plus légère augmentation de la teneur en phosphore entraîne la formation de cristaux ayant la composition chimique même du phosphure de l'eutectique : plus le phosphore est abondant, plus ces cristaux sont développés ; jusqu'au moment où la proportion de ce métalloïde atteint 15,58 p. 100, ces cristaux composent exclusivement la masse devenue homogène. Photographie nos 6 et 7.

Dans les métaux de cette classe, comme dans ceux de la classe II, le thermomètre accuse deux points d'arrêt pendant la solidification. Toute augmentation de la teneur en phosphore élève le premier point d'arrêt, le second coïncide avec la solidification

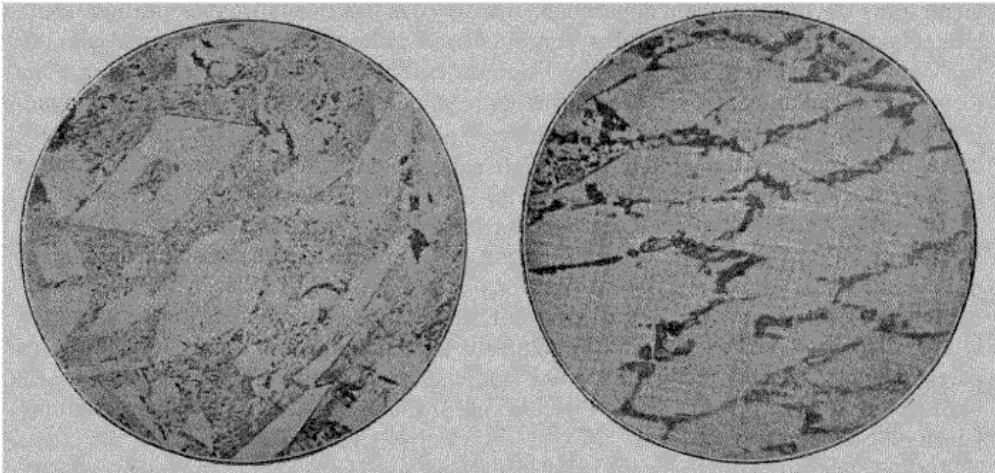


Fig. 6. — Lingot contenant 11,07 p. 100 de phosphore et 88,9 p. 100 de fer ; la figure représente des sections de cristaux idiomorphiques rhombiques ou obliques formés de Fe_3P et entourés d'une masse fondamentale d'eutectique. Grossissement : 48.

Fig. 7. — Lingot contenant 15,15 p. 100 de phosphore ; la figure représente des grains cristallins de Fe_3P entourés d'eutectique. Grossissement : 80.

de l'eutectique ; mais avec 15,6 p. 100 de phosphore, on ne constate plus qu'un point d'arrêt, vers 1 060°.

En somme, toutes les observations micrographiques, chimiques et thermométriques concourent à démontrer que les cristaux sont constitués par une combinaison définie Fe_3P . Le professeur Bauermann, le professeur Arnold et M. Mac William ont bien voulu examiner certaines coupes présentant des cristaux nettement constitués, ces savants les ont considérés comme étant rhombiques ou obliques. Il faut espérer que l'on ne tardera pas à isoler des spécimens sur lesquels pourront être faites des mesures cristallographiques exactes.

Dans la note intitulée : *Structure cristalline du fer*, j'ai publié une photographie que je pensais représenter un cristal idiomorphique de carbure de fer. En reprenant l'examen de cette coupe par la méthode des colorations par recuit, je me suis aperçu que le métal contenait du phosphore et que ce prétendu carbure n'était autre que du phosphure de fer. Je suis heureux de l'occasion qui m'est offerte de corriger une conclusion erronée.

CLASSE IV. — Métaux contenant de 15,58 à 21,68 p. 100 de phosphore.

Quand la teneur en phosphore dépasse 15,58 p. 100, les lingots deviennent un peu poreux, et, jusqu'au moment où cette teneur atteint 21,68, il est facile de séparer, dans le métal réduit en poudre, deux constituants distincts.

Il n'est pas possible de distinguer les composés qui entrent dans les métaux de cette classe par le procédé usuel d'attaque à l'acide; mais, en chauffant les coupes jusqu'à ce que le recuit donne une légère teinte bleue à peine visible à l'œil, puis, en les examinant au microscope, on observe deux parties diversement colorées, l'une bleue, plus oxydée, l'autre d'apparence jaunâtre. Ces deux constituants, pratiquement homogènes, sont évidemment des combinaisons définies: l'un, rapidement attaqué par l'eau régale, fortement attiré par l'aimant, coloré en bleu par la chaleur, a pour formule Fe^3P ; l'autre, très lentement attaqué par les acides, très faiblement magnétique, coloré en jaune pâle par la chaleur, a pour formule Fe^2P . La microstructure des coupes, la disposition et la netteté relative des faces cristallines, conduit à admettre que Fe^2P se solidifie à une température plus élevée que Fe^3P .

Le fer à 18 p. 100 de phosphore environ contient des parties à peu près égales de Fe^3P et de Fe^2P ; c'est un métal très fragile et très poreux, dont les cristaux, faiblement unis les uns aux autres, se laissent séparer par une pression modérée; si l'on recuit la poudre cristalline grossière qui en résulte jusqu'à ce que quelques grains prennent la teinte bleue et si l'on refroidit rapidement le tout, il devient facile de séparer les particules bleues des particules jaune pâle. L'analyse chimique permet alors de vérifier que les formules Fe^3P , Fe^2P représentent d'une manière approchée la composition de ces constituants.

La méthode suivante, basée sur la différence des propriétés magnétiques de ces corps, est beaucoup plus exacte. Si l'on approche du métal grossièrement pulvérisé un aimant à la distance de 2 millimètres, les particules bleues sont attirées et adhèrent à l'aimant, les particules jaune pâle reste immobiles. Voici les résultats de l'analyse des deux composés ainsi séparés:

	Composé magnétique.	Composé faiblement magnétique.
	p. 100.	p. 100.
Fer.	84,00	78,40
Phosphore	15,82	21,50
Corps non dosés	0,18	0,10

Ces résultats vérifient encore les conclusions relatives aux formules chimiques de ces constituants.

CLASSE V. — Métaux contenant de 21,68 à 24 p. 100 de phosphore.

En dépensant énormément de phosphore et en opérant à une température très élevée, on réussit à préparer directement des métaux contenant 24 p. 100 de ce métal-loïde. Ce fait est incontestable, bien qu'il soit en contradiction avec les résultats du Dr Percy qui n'obtint par cette méthode que des fers à 8,46 p. 100 de phosphore.

Si l'on polit la surface de ces métaux et si on les expose à l'action de la chaleur pour les colorer, on peut encore distinguer en eux la présence de deux constituants : le plus facilement oxydable est certainement le composé défini Fe^3P , l'autre n'a pu être complètement déterminé.

RÉSUMÉ DU PREMIER CHAPITRE

CLASSE I. — *Phosphore de 0 à 1,7 p. 100.*

Métaux composés de fer tenant Fe^3P en solution solide. Tous les fers ou aciers du commerce, pratiquement sans carbone, font partie de cette classe.

Plus la teneur en phosphore est grande, plus la teinte que prend une surface polie de ces métaux par un lavage à l'acide est sombre.

Toutes choses égales d'ailleurs, les grains cristallins des lingots sont d'autant plus gros que le phosphore est plus abondant ; lorsque la teneur est 1 p. 100, les cassures présentent communément des faces de clivage de 25 millimètres de diamètre.

Si l'on recuit dans certaines conditions les métaux de cette classe qui contiennent beaucoup de phosphore, une certaine quantité de ce métalloïde sort de la solution solide à l'état de phosphure de fer.

La dureté du métal croît avec la proportion de phosphore en solution solide ; elle atteint un maximum pour 11 p. 100 de phosphure, soit 1,75 p. 100 de phosphore. De tels métaux ne peuvent être travaillés qu'avec des outils bien trempés.

Il est probable que les variations que l'on observe dans les propriétés mécaniques des métaux phosphorés s'expliquent par la différence de structure : le même fer ou le même acier pouvant être très fragiles ou relativement ductiles, suivant que l'on a rendu leur structure grossière ou fine. Une structure fine est bien plus indispensable aux métaux phosphorés qu'aux aciers ordinaires pauvres en phosphore.

Cette étude est d'ailleurs incomplète, elle doit être poursuivie non seulement par des analyses chimiques et des essais de résistance, mais aussi à l'aide d'examen micrographiques : on saura ainsi quel traitement détermine les meilleures propriétés mécaniques.

CLASSE II. — *Phosphore de 1,7 à 10,2 p. 100. (Photographies 3, 4 et 5.)*

Ces métaux sont constitués : 1° par une solution solide de Fe^3P en proportion variable dans le fer ; 2° par un eutectique à 10,2 p. 100 environ de phosphore qui se compose lui-même de 61 parties de Fe^3P et de 39 parties d'une solution saturée de Fe^3P dans le fer.

CLASSE III. — *Phosphore de 10,2 à 15,58 p. 100. (Photographies 6 et 7.)*

Métaux présentant l'une des deux constitutions suivantes : cristaux idiomorphiques très nets de Fe^3P noyés dans un eutectique ayant de 10,5 à 12 p. 100 de phosphore ; ou bien, grains cristallins de Fe^3P entourés par un eutectique à 10,2 p. 100 de phosphore environ.

CLASSE IV. — *Phosphore de 15,58 à 21,68 p. 100.*

Le premier terme de cette série est Fe^3P . Les termes intermédiaires sont des mélanges des deux phosphures précédents; la différence des propriétés magnétiques de ces deux phosphures élémentaires permet de les séparer facilement à l'aide d'un aimant.

CLASSE V. — *Phosphore de 21,68 à 24 p. 100.*

Métaux insuffisamment étudiés, contiennent deux constituants dont l'un est Fe^3P .

(*A suivre.*)

PHYSIQUE

NOUVELLE MÉTHODE POUR LA MESURE ET L'INSCRIPTION DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES.

Note de M. **André Job** (1).

J'ai indiqué, il y a quelque temps (2), une nouvelle méthode pour l'étude de la viscosité des gaz : on produit l'électrolyse dans un voltamètre où les gaz dégagés ne trouvent d'autre issue qu'un tube capillaire (3). Il en résulte un excès de pression dans l'appareil et, comme le débit est connu, cette excès de pression mesure la viscosité.

Cette méthode très simple se prête à de nombreuses applications. Je vais en décrire une qui est particulièrement importante au point de vue pratique : la mesure des températures.

On sait depuis Graham que la viscosité d'un gaz augmente rapidement quand la température s'élève. Si cette propriété était susceptible de mesures précises, elle pourrait donc servir à repérer la température et l'on réaliserait, sous une forme nouvelle, un véritable thermomètre à gaz. Un essai dans ce sens a été tenté par Barus (*Geological Survey of U. S.*, 1889) et, depuis, Callendar (*Nature*, t. XLIX, p. 494) a décrit un appareil fondé sur le même principe.

Les méthodes qu'ils proposent peuvent donner des résultats entre les mains de physiciens exercés; mais elles sont trop compliquées et trop délicates pour entrer dans la pratique courante. Au contraire, toute difficulté disparaît si l'on emploie le voltamètre.

Supposons qu'on dirige le courant constant de gaz électrolytique successivement dans deux tubes capillaires, l'un froid et l'autre chaud. L'excès de pression produit dans le voltamètre passe d'une valeur h à une valeur H et le rapport $\frac{H}{h}$ ne dépend que de l'écart des températures. La simple lecture du manomètre donne donc la mesure de cet écart.

Pour réaliser l'appareil, il faut disposer le voltamètre pour que l'hydrogène et l'oxygène s'y dégagent séparément. Il ne conviendrait pas, en effet, d'envoyer leur mélange dans un tube fortement chauffé. Il ne convient pas non plus d'y envoyer de l'hydrogène qui, aux températures élevées, se diffuserait à travers les enveloppes. La mesure du débit doit donc porter sur l'oxygène.

La figure ci-contre indique la disposition qu'on donnera à l'appareil. On prend un flacon à large col d'environ 250^{cm}3, fermé par un bouchon de caoutchouc à trois trous. L'un des trous livre passage à une tige métallique pleine qui supporte une électrode en tôle mince. Dans un autre trou on fait passer un tube à entonnoir. Ce tube pénètre par sa partie inférieure dans le bouchon d'un vase poreux V qui se trouve ainsi suspendu à l'intérieur du flacon. Le vase poreux contient la seconde électrode en tôle, et un fil de fer glissé dans le tube la met en communication avec le circuit extérieur. Ainsi se trouvent constituées les deux cellules électrolytiques. On y verse une solution de soude à 15 pour 100 qu'on recouvre d'une légère couche de pétrole pour l'empêcher de mousser. Quand le courant passe, le gaz libéré sur l'électrode intérieure s'échappe par le tube à entonnoir; on fera en sorte que ce soit l'hydrogène. L'oxygène se dégage à l'intérieur du flacon. Pour mesurer son débit, on ajuste dans le bou-

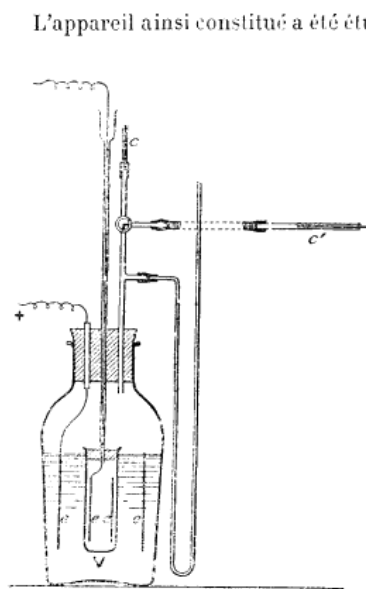
(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 6 janvier 1902.

(2) Séances de la Société de Physique; janvier 1901.

(3) Ce voltamètre, que chacun peut construire aisément, remplace avec avantage l'ampèremètre dans les laboratoires d'électrochimie (*Bulletin de la Société chimique*, 3^e série, t. XXV, p. 7). Je dois rappeler que MM. Bredig et Hahn, en Allemagne, ont, en même temps que moi, imaginé le même appareil.

chon un tube en T dont l'une des branches porte un manomètre à eau, et l'autre un robinet de dégagement à trois voies relié par des tubes de caoutchouc aux deux tiges capillaires (c , c').

Il faut maintenant faire choix des tubes capillaires. L'un d'eux est un tube témoin qui doit rester à la température ordinaire. Ce sera une simple tige pour thermomètre. L'autre doit être porté dans le foyer; il faut donc le choisir de telle sorte qu'il puisse supporter de hautes températures sans éprouver de déformations permanentes. On peut trouver aisément des tubes de porcelaine dont le diamètre intérieur ne dépasse pas 1^{mm} . Un tel tube n'est pas encore assez fin, mais, si l'on y engage sur une longueur d'environ 5^{mm} un fil de platine capable d'y glisser à frottement doux, l'espace compris entre le fil et son enveloppe est assez étroit pour réaliser un obstacle capillaire (1).



L'appareil ainsi constitué a été étudié par comparaison avec un pyromètre thermo-électrique de M. Le Chatelier. Le tube capillaire et le couple ont été placés côte à côte dans un four et portés plusieurs fois à des températures d'environ 1200° . J'ai constaté que les mesures de pression et les indications du galvanomètre demeuraient toujours parfaitement concordantes. Le pyromètre à viscosité reste donc comparable à lui-même. C'était facile à prévoir : le fil de platine est bien maintenu dans une position invariable à l'intérieur de sa gaine de porcelaine. De plus, il s'y trouve constamment baigné dans un courant d'oxygène qui le préserve de toute altération.

La comparaison a conduit en outre à un résultat important. Le rapport $\frac{H}{h}$ variait comme une fonction linéaire de la température. Il résulte de là qu'il suffit de déterminer deux points fixes pour connaître complètement la graduation de l'appareil.

En somme, on a là un pyromètre très commode, précis et sensible, que chaque opérateur peut construire et graduer lui-même. Il semble appelé à rendre des services dans les cas où l'installation d'un galvanomètre et d'un couple fait défaut. Mais il présente en outre un

avantage nouveau : les variations de température étant traduites par des variations de pressions leur inscription est rendue facile. On fera passer dans le voltamètre un courant d'intensité constante, le gaz dégagé sera dirigé d'une façon permanente dans le tube capillaire chaud, et un manomètre enregistreur relié au voltamètre tracera la courbe des températures.

Je me propose de compléter bientôt et d'interpréter ces résultats. Le système capillaire platine-porcelaine, très commode au point de vue pratique, n'est pas assez simple pour l'étude théorique des variations de viscosité. Je la reprends actuellement avec des tubes capillaires, cylindriques et d'une seule matière. »

(1) Il suffit que, pour un débit d'un ampère-oxygène, le tube crée, à la température ordinaire, un excès de pression d'environ 30^{mm} d'eau.

CHIMIE

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS DE LA CHAUX EN FUSION. Note de M. **Henri Moissan** (1).

L'emploi du chalumeau à hydrogène et à oxygène permit à Robert Hare, en 1802, d'obtenir des températures plus élevées que celles des fours industriels les plus puissants. Ce savant a indiqué le premier que la chaux pouvait être fondue au moyen du chalumeau, sans nous donner aucun détail sur la pureté de l'oxyde de calcium qu'il avait employé dans ses recherches (2). Cette expérience n'a pas été répétée, et depuis un siècle la chaux a été regardée comme une des substances les plus réfractaires que nous possédions. Deville et Debray l'ont utilisée très heureusement pour construire le petit four à réverbère dans lequel ils fondaient et affinaient le platine (3).

Nous avons repris cette étude en partant d'une chaux de marbre très pure, préparée au laboratoire, complètement exempte de silicium, et ne renfermant que des traces de fer et d'aluminium. Nous avons démontré antérieurement que la présence de la silice et de l'alumine augmente la fusibilité de la chaux (4).

Lorsque l'on maintient un fragment de chaux pure à l'extrémité du dard bleu du chalumeau alimenté par l'oxygène et le gaz d'éclairage, on n'obtient pas la fusion de la chaux. Cependant, à cause de la tension de vapeur du corps solide à cette température un peu supérieure à 1800°, la partie fortement chauffée se recouvre d'une cristallisation bien nette. Nous avons varié cette expérience en chauffant pendant une heure avec un semblable chalumeau des fragments de chaux dans un petit four à réverbère en chaux vive, et nous n'avons jamais obtenu le phénomène de fusion. Dans la partie cylindrique où s'engageait l'extrémité conique du chalumeau de Deville et Debray, nous avons trouvé parfois de fines aiguilles de chaux cristallisées ; mais, examinée au microscope, aucune ne présentait trace de fusion.

Si l'on répète ces expériences au moyen d'un chalumeau de Deville et Debray alimenté par du gaz oxygène et du gaz hydrogène à peu près secs, on n'obtient pas encore la fusion de la chaux. La cristallisation par volatilisation est plus abondante, ce qui témoigne d'une température plus élevée, mais la chaux ne prend pas nettement l'état liquide. La température doit cependant être très voisine de celle du point de fusion. Une petite quantité d'un oxyde métallique, d'un silicate ou de silice produit un commencement de fusion, mais ce dernier est toujours superficiel.

Au contraire, si le mélange des deux gaz hydrogène et oxygène est intime et si l'on emploie exactement 2 volts d'hydrogène et 1 volt d'oxygène mélangés au préalable, on arrive, en faisant brûler le gaz tonnant à l'extrémité d'un tube, à fondre une petite quantité de chaux vive. Tout autour de la partie fondue qui a pris l'aspect de la cire, on voit qu'il s'est formé une cristallisation bien nette.

Cette dernière expérience démontre bien quelle est l'importance d'un mélange intime des

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 janvier 1902.

(2) ROBERT HARE, *Memoir on the supply and application of the Blow-pipe*, 1802 (*Phil. Mag.*, t. XIV, p. 238-243, 298-306, et *Ann. de Chim.*, t. XLV, 113-138).

(3) H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE et DEBRAY, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3^e série, t. LVI, p. 385-496.

(4) H. MOISSAN, *Le four électrique*, p. 32.

deux gaz lorsque l'on veut obtenir le maximum de température au moyen du chalumeau à oxygène.

Nous avons aussi poursuivi quelques essais avec un chalumeau de forme spéciale, alimenté par l'oxygène et l'acétylène. Nous avons obtenu de même que précédemment un feutrage de cristaux sans trace de fusion. La température produite par la combustion de l'acétylène par l'oxygène n'est donc pas plus élevée que celle du chalumeau de Deville et Debray.

De même avec un chalumeau à oxygène et à oxyde de carbone, nous avons pu fondre du platine, mais il nous a été impossible de produire la fusion de la chaux vive.

Humphry Davy a démontré le premier que la chaux fondait au contact de l'arc électrique. Ainsi que nous l'avons indiqué antérieurement, la fusion de la chaux s'obtient avec une grande facilité dans notre four électrique. Cependant, on n'arrive à une fusion complète, bientôt suivie d'une franche ébullition, qu'avec un arc de 300 ampères sous 50 à 70 volts.

Avec un arc de 1 000 ampères, ce dernier creuse, dans le four en chaux, par fusion et par volatilisation, une cavité ovoïde entourée de chaux fondue. Dans ces conditions, les expériences se font à une température constante, qui est celle de l'ébullition de la chaux vive.

Pour exécuter nos nouvelles expériences, nous prenons un four à cavité assez grande dans lequel nous plaçons plusieurs centaines de grammes de chaux vive et pure à la place du creuset, en ayant bien soin de ne fondre que la partie superficielle de cette chaux pure.

Il est facile, dans ces conditions, d'amener 500 grammes de chaux en fusion, puis en ébullition. Si cette ébullition dure une dizaine de minutes, on retrouve dans toutes les parties moins chaudes du four, sur le pourtour inférieur du couvercle, ou bien entre les morceaux de chaux pure qui n'ont pas été fondus, une abondante cristallisation de chaux vive.

Ces cristaux, dont certains peuvent mesurer de 2 millimètres à 3 millimètres de côté, offrent différents aspects. Quelques-uns se présentent en cubes ou en parallélipèdes rectangles absolument transparents, d'autres en fines aiguilles tantôt opaques, tantôt transparentes.

Si nous examinons ces cristaux au microscope, on reconnaît qu'aucun d'eux n'agit sur la lumière polarisée. Les faces supérieures des cristaux nous ont donné sur la plate-forme du microscope un angle qui a varié entre $89^{\circ} 64'$ et $90^{\circ} 30'$. Les aiguilles sont formées de chapelets de petits cubes superposés. Enfin on rencontre aussi des dendrites dont les pointements sont terminés par des cristaux à apparence cubique. En résumé, cette chaux cristallisée préparée par condensation de la vapeur appartient au système cubique. Nous ajouterons que des cristaux de cette chaux préparés dans le baume de Canada se sont brisés six mois plus tard en fournissant des fragments transparents qui agissaient vivement sur la lumière polarisée. Ce fait semble indiquer que la chaux anhydre est dimorphe.

Un autre phénomène important nous a été présenté par cette chaux cristallisée. La chaux pure qui a servi à ces recherches avait été préparée par calcination, à 1500° dans un four à vent, du marbre dont nous avons parlé plus haut. La densité de cette chaux, prise avec soin dans l'essence de térébenthine, était de 3,29, 3,30, 3, 3,31, soit une moyenne de 3,30.

La densité de la chaux cristallisée est supérieure. Nous avons trouvé les chiffres de 3,39, 3,39, 3,42, soit une moyenne de 3,40. Ce résultat semble donc indiquer une polymérisation de la chaux plus faible, mais analogue à celle qui a été indiquée par M. Ditte pour la magnésie (1).

Nous n'avons jamais rencontré de chaux cristallisée de densité inférieure.

Nous avons alors déterminé les chaleurs de neutralisation de la chaux amorphe et de la chaux cristallisée par l'acide chlorhydrique dans le calorimètre de M. Berthelot, mais nous n'avons pas trouvé de différence sensible pour ces deux variétés. Du reste, la même expérience avait déjà été faite par M. Henri Gautier (2) avec la chaux fondue, et les résultats avaient été les mêmes.

(1) DITTE, *De l'influence qu'exerce la calcination de quelques oxydes métalliques sur la chaleur dégagée pendant leur combustion* (Comptes rendus, t. LXXIII, p. 111 et 191).

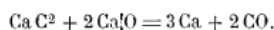
(2) HENRI GAUTIER, *Sur les propriétés thermiques de la chaux préparée à différentes températures* (Comptes rendus, t. CXXVIII, p. 929; 1899).

Comme nous avons eu occasion, dans nos études de la chimie du four électrique, de suivre beaucoup de réactions en présence de la chaux, nous avons cherché à reconnaître comment se comportait cet oxyde à l'état de fusion. Pour étudier ces réactions, on disposait un certain volume de chaux pure dans la cavité du four, puis on fondait, au moyen de l'arc, la partie supérieure de cet oxyde. On laissait ensuite refroidir le four et c'était sur cette surface brillante de chaux fondue qu'était placé le mélange de chaux et du corps à étudier. L'arc était rétabli ensuite suivant un temps variable, mais la quantité de chaleur amenée par le courant devait être insuffisante pour fondre la masse entière de chaux pure. On évitait ainsi le mélange de la chaux du four avec l'oxyde pur mis en réaction.

Action du carbone. — Lorsque l'on dispose un cylindre de graphite au contact de la chaux en fusion, le carbone ne tarde pas à réduire cette chaux, à s'entourer d'une couche de carbure de calcium en même temps qu'il fournit de l'oxyde de carbone



Si la chaux fondue est en excès et si son action se prolonge, le carbure est oxydé à son tour ; il se produit une nouvelle quantité d'oxyde de carbone et des vapeurs de calcium



De telle sorte que, pendant que cette chaux liquide agit comme oxydant, les réactions qu'elle produit maintiennent réductrices les vapeurs du four en dégageant continuellement de l'oxyde de carbone et de la vapeur de calcium.

Silicium. — Nous avons placé des fragments solides de silicium de la grosseur d'une noisette dans un bain de chaux en fusion. En quelques instants, le silicium est oxydé et transformé en silice qui fournit un silicate basique au contact de l'excès de chaux. Si l'expérience dure peu de temps, les sphères de silicium que l'on retire de la chaux après refroidissement possèdent une cassure rayonnée et ont un aspect cristallin très net.

Bore. — Le bore pur aggloméré en cylindres disparaît dans la chaux en fusion en produisant un borate de chaux. Si l'expérience est de courte durée, environ 3 minutes (1 000 ampères, 45 volts), on reconnaît que le bore restant est entouré de petits cristaux noirs du borure de calcium CaB_6 que nous avons décrit précédemment (1). Ces cristaux renferment en effet : Bo p. 100, 61,93 ; Ca p. 100, 38,20. Théorie pour CaBo_6 : Bo p. 100, 62,14 ; Ca p. 100, 47,86. Ils sont recouverts d'un borate basique de calcium, très bien cristallisé, qu'il nous a été impossible de séparer de l'excès de chaux. L'acide borique a été retiré de ce mélange et nettement caractérisé.

Titane. — La chaux en fusion oxyde rapidement la fonte de titane. Dans l'espace de 8 minutes, avec un courant de 600 ampères sous 100 volts, le titane a complètement disparu. La chaux fondue a pris une teinte marron et s'est partiellement transformée en titanate de chaux basique. Ce mélange est soluble dans l'acide acétique étendu.

Chrome. — Nous avons indiqué précédemment que le chrome renfermant peu de carbone se transforme, au contact de la chaux fondue, en oxyde double de calcium et de chrome très bien cristallisé et de formule $\text{Cr}_2\text{O}_3, 4\text{CaO}$. Depuis nos premières recherches, M. Dufau (2) a poursuivi l'étude de quelques-uns de ces oxydes doubles.

Un fragment de chrome en présence d'un excès de chaux fondue est rapidement attaqué. Le mélange de chaux et d'oxyde double est soluble dans l'acide acétique étendu et décomposable par l'eau. Si l'oxygène de l'air intervient pendant le refroidissement du four, il se produit une petite quantité de chromate.

(1) H. MOISSAN et P. WILLIAMS, *Sur la préparation et les propriétés des borures de calcium* (Comptes rendus, t. CXXV, 1897, p. 629).

(2) DUFAY, *Sur quelques oxydes doubles cristallisés obtenus à haute température* (Ann. de Chim. et de Phys., 7^e série, t. XII, 1899, p. 257).

Manganèse. — Le manganèse fondu est attaqué très rapidement par la chaux en fusion. Une notable partie du métal est volatilisée et la masse de couleur foncée qui reste après refroidissement est soluble dans l'eau, dans l'eau sucrée et dans l'acide acétique étendu (1). Cette dernière solution ne tarde pas à se décomposer. En présence de la chaux fondue, le manganèse se trouve à l'état d'oxyde manganoux. Le mélange attaqué par l'acide sulfurique étendu à l'abri de l'air a donné du sulfate de chaux et du sulfate manganoux.

Fer. — Le fer est rapidement attaqué par la chaux en fusion et avant que la réaction soit terminée le métal restant a pris, sur certaines parties, un aspect cristallin bien net. Le fer est oxydé et la chaux prend une teinte foncée.

Nickel et cobalt. — Nous avons chauffé 10 grammes de nickel en présence de 100 grammes de chaux pendant 5 minutes avec un courant de 700 ampères sous 70 volts. Après refroidissement, nous avons retiré du four une masse fondue, brillante, de couleur rouge.

Une surface polie examinée au microscope a permis de reconnaître autour d'un point métallique très brillant une couche brune transparente en petits fragments, riche en oxyde de nickel, puis plus loin une couche beaucoup plus large d'abord d'un rouge brun, puis rose, dans laquelle on distingue de très beaux cristaux groupés en étoile.

Le cobalt est attaqué et oxydé tout aussi rapidement par la chaux fondue qui prend aussitôt une coloration bleue intense.

Dans toutes ces réactions, la chaux fondue possède des propriétés oxydantes aussi énergiques que la potasse ou la soude.

Platine. — A la température de l'arc, le platine est rapidement liquéfié et, mélangé à de la chaux fondue, il entre de suite en ébullition. Après l'expérience, on retrouve en abondance des gouttelettes de platine condensées sur les fragments de chaux et sur la partie inférieure du couvercle. En même temps la vapeur de platine se diffuse dans la chaux fondue, et cette dernière prend une teinte enfumée. Parfois on rencontre sur de grandes lamelles de chaux des cristaux de platine bien nets de plusieurs millimètres de longueur.

Lorsque la chaux est en fusion au contact du platine, si l'on refroidit brusquement le four en arrêtant l'arc et en retirant le couvercle, on voit nettement, au milieu de la masse solidifiée, de petites cheminées cylindriques par lesquelles s'échappaient les vapeurs de platine. En même temps, on reconnaît que la chaux qui a été fondue est colorée en noir marron par suite de la condensation des vapeurs de platine qui pénétraient toute la masse.

Ces tubes cylindriques qui laissaient dégager les vapeurs du métal en ébullition ont été retrouvés dans les expériences faites au moyen du nickel, du cobalt, du fer et surtout du manganèse.

Leur existence nous indique que la chaux liquide passe par l'état pâteux avant de reprendre l'état solide.

Ces expériences nous démontrent aussi que, dans certains cas, en particulier lorsque l'oxydation ne se produit pas, on peut obtenir assez facilement la cristallisation des métaux par simple vaporisation dans un bain de chaux fondue.

Nous ajouterons que, à cette haute température, le platine en ébullition fixe du calcium. Nous avons trouvé dans le métal non volatilisé de 2,54 à 3,01 p. 100 de calcium.

(1) Toutes ces solubilités ont été étudiées à l'abri de l'oxygène de l'air.

NOTES DE MÉCANIQUE

ÉMISSIVITÉ THERMIQUE DANS LES GAZ A HAUTE PRESSION. RECHERCHES DE M. *Petavel* (1)

On sait que le pouvoir émissif ou dissipateur de la chaleur des gaz augmente rapidement avec leur pression, et que cette propriété a une grande importance pour la théorie de moteurs à gaz, en raison du rôle très considérable qu'y joue l'influence des parois. Cette influence refroidissante des parois du cylindre des moteurs à gaz est très considérable en raison de la haute température de l'explosion et de l'obligation de refroidir ces parois par une circulation d'eau qui emporte parfois jusqu'à 40 p. 100 de la chaleur totale de l'explosion.

M. Petavel, dans de remarquables études entreprises sous les auspices de la Société

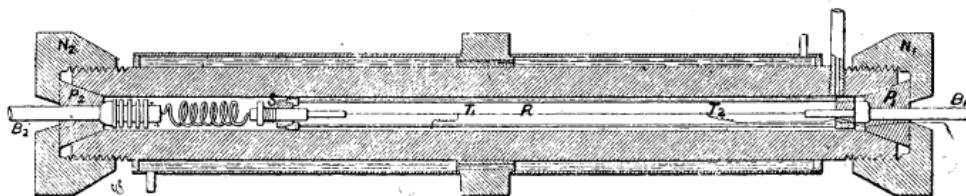


Fig. 1.

royale de Londres, aux laboratoires de Davey-Faraday et de Owens College, à Manchester, a étudié successivement les mélanges explosifs (2), l'émission de la chaleur par des surfaces de platine à très hautes températures et l'émissivité dans les gaz à hautes pressions (3).

L'appareil employé pour l'étude de l'émissivité dans les gaz est représenté par la figure 1; il consiste en un tube d'acier de 450×60 mm de diamètre extérieur et de 20 mm,6 de diamètre intérieur, enveloppé d'une circulation d'eau, fermé par des bouchons d'ébonite P' et P₂, serrés par des écrous en bronze N' et N₂, traversés par les tiges B' et B₂, en cuivre, et d'un centimètre de diamètre, qui amènent le courant au fil radiateur R, soudé à l'argent à B' et relié à B₂ par un ressort S; l'un des pôles était relié en T' au cylindre d'acier et l'autre isolé de ce cylindre en P'. Pour éliminer le refroidissement dû aux bornes, on n'employait à la mesure de la chaleur dissipée que le tiers médian du fil R : 35 mm entre les contacts du potentiomètre électrique; diamètre du fil 1 mm,106, surface rayonnante 3 cc,3, résistance 0,010163 ohms à 0° et 0,013987 à 100°. Tous les joints avec la pompe et les manomètres étaient de métal sur

(1) *Engineering*, 3 janvier 1902, p. 1.

(2) *British Association*, Meeting de Bradford, 1900.

(3) *Philosophical Transactions*, séries A, 1898, vol. CLXLI, p. 501 et 1901, vol. CLXLVII, p. 229.

métal, longtemps étanches et faciles à refaire. Le tube était horizontal, car, avec la disposition verticale, la perte de chaleur par convection était trop forte pour permettre de maintenir une longueur suffisante du tube R à une température uniforme. On renversait le courant à chaque lecture pour éviter tout effet thermo-électrique perturbateur.

La température du tube d'acier était donnée par un thermomètre à bulle logé dans

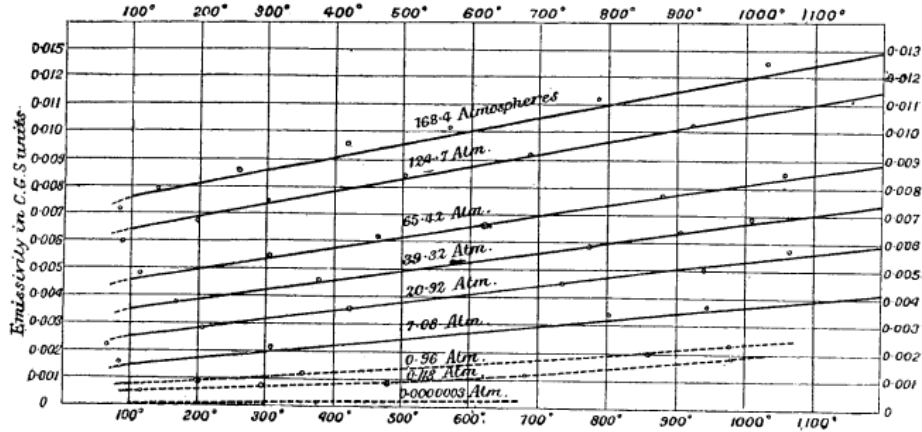


Fig. 2. — Émissivité dans l'air. $E \times 10^6 = 403 p^{0.56} + 1,63 p^{0.215}$.

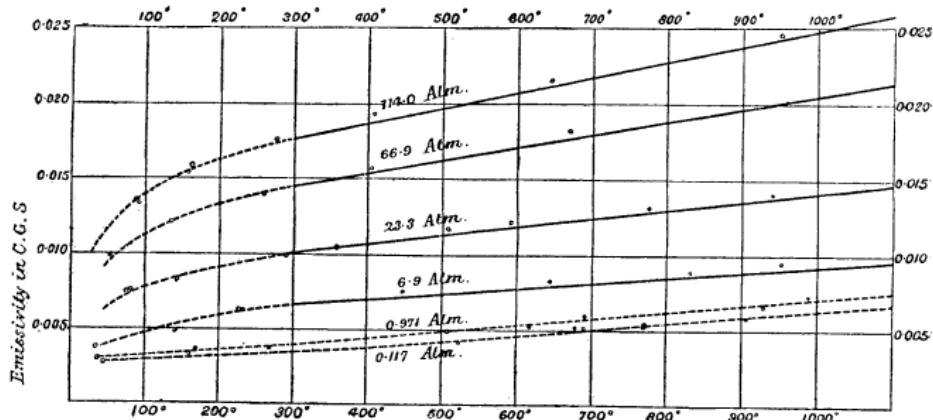


Fig. 3. — Émissivité dans l'hydrogène. $E \times 10^6 = 2750 p^{0.25} + 1.88 p^{0.365}$.

une poche de mercure creusée dans son métal, et comme l'épaisseur de sa paroi était de 2 centimètres, sa surface interne était un peu plus chaude que ne l'indiquait le thermomètre, mais sans occasionner des erreurs d'interprétation de plus de 2/3 p. 100 aux plus fortes pressions et températures.

Les principaux résultats des expériences sont figurés par les diagrammes (fig. 2 à 5), qui montrent que l'émissivité est sensiblement une fonction linéaire des températures pour les pressions supérieures à 10 kil. par centimètre carré.

La chaleur totale dissipée par un corps entouré d'un gaz est la somme de celles dissipées par rayonnement, convection et conductibilité, toutes fonctions de la tempé-

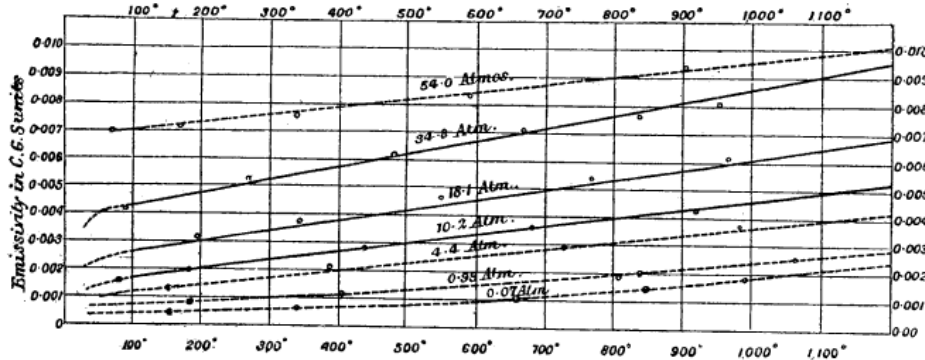


Fig. 4. — Émissivité dans l'acide carbonique. $E \times 10^6 = 207 p^{0.82} + 1.5 p^{0.335}$.

rature, et, la première, fonction en même temps, de la pression p , de sorte que l'on peut écrire, en désignant par E l'émissivité thermique, l'équation

$$E = F_1(pt) + F_2(t) = F_3(t).$$

On ne peut déterminer directement la chaleur emportée par convection, mais on connaît celles de conductibilité et de rayonnement, de sorte que la détermination de l'émissivité totale permet de résoudre cette équation pour toutes les valeurs de t et de p ; et comme, d'autre part, les courbes des figures 2 à 5 sont presque des droites, la perte par rayonnement doit être très faible, ce qui permet de simplifier la formule et de l'écrire.

$$E = m = n \delta.$$

δ étant la différence entre la température du corps rayonnant et celle de l'enceinte, cette dernière maintenue à 18° environ.

Comme m et n augmentent avec la température, cette formule devient

$$E = ap^\alpha + bp^\beta \delta$$

E étant l'émissivité en unités CGS, p la pression en atmosphères, a , b , α et β , ayant les valeurs données au tableau ci-dessous :

Si la température ne varie pas, l'émissivité est donnée par la formule

$$E = ap^\alpha + pb_1\beta$$

les exposants α et β de p variant avec les différents gaz, ce qui s'expli-

que par ce fait que la viscosité des gaz augmente avec la température, ainsi que la conductibilité des gaz.

GAZ.	$a \times 10^6$.	$b \times 10^6$.	α .	β .	LA FORMULE S'APPLIQUE			
					de $\delta =$	à $\delta =$	et de $p =$	à $p =$
Air.	403	1,63	0,56	0,21	100	1 100	7	170
Oxygène	387	1,39	0,58	0,28	100	1 100	15	115
Hydrogène	2 750	1,88	0,35	0,36	300	1 100	7	113
Acide nitreux.	276	1,70	0,74	0,28	100	800	5	40
Acide carbonique.	207	1,50	0,82	0,33	100	1 100	10	35

D'après M. Petavel, la composante E_c de l'émissivité totale due à la convection est donnée par la formule $E_c = K, 0,1647$, K étant la conductibilité du gaz donné. Si la convection est nulle, on a $K = (E - R) 0,1617$, R étant le rayonnement; aux basses tem-

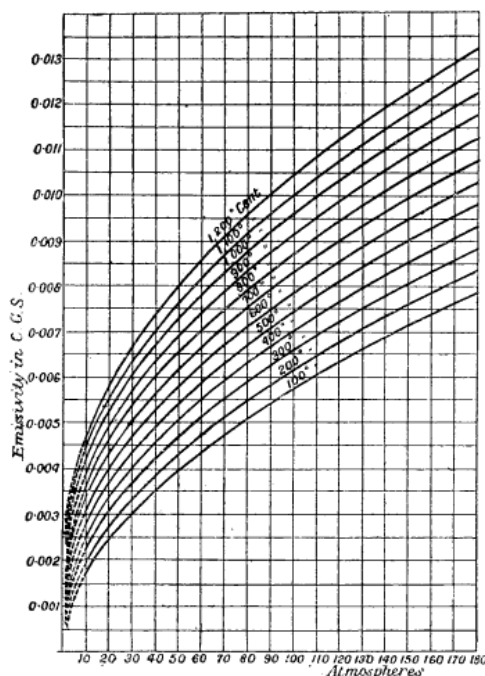


Fig. 5. — Variation de l'émissivité dans l'air avec la pression.

pératures et pressions, on peut presque annuler la convection et déterminer au bolomètre la perte par rayonnement, ce qui donne, pour une température de 100° et une pression de 0,1 atmosphère, les valeurs du tableau ci-dessous, en adoptant pour K les valeurs données, à 100°, par Winkelmann :

	AIR.	OXYGÈNE.	HYDROGÈNE.	ACIDE carbonique.
E	0,00050	0,00052	0,00285	0,00044
$E - R$	47	49	282	11
$0,1617 (E - R)$	0,000076	0,000079	0,000436	0,000066
K_{100}	67	66	455	46
Chaleur perdue par convection $\times 0,1617$.	0,000009	13	0,000001	0,000020

La convection serait donc maxima pour l'acide carbonique et minima pour l'hydrogène, dont le coefficient de viscosité est moitié moindre. Or, la convection peut être considérée comme représentant la flottabilité du gaz chauffé et s'écrire

$$\text{Convection} = \frac{A \rho C}{\gamma}$$

A étant une constante, ρ la densité, γ la viscosité et C la chaleur spécifique du gaz. D'après cette formule, les convections de l'acide carbonique, de l'oxygène, de l'air et

de l'hydrogène seraient représentées respectivement par 20, 8,6, 8,5 et 1,2, chiffres concordant avec les valeurs du tableau.

En calculant les coefficients de conduction, de convection et de rayonnement, dans l'hypothèse que, jusqu'à 100 atmosphères et pour une différence de température δ de 100°, la conductibilité reste invariable, M. Petavel arrive à des conclusions intéressantes : entre autres, que, pour l'air, la perte par convection serait les 12 p. 100 de la perte totale à la pression de 0,1 atmosphère et de 92 p. 100 à 100 atmosphères ; pour l'hydrogène, cette perte par convection serait 500 fois plus grande à 100 qu'à 0,1 atmosphère.

Pour des différences de températures δ de plusieurs centaines de degrés, il est impossible de déterminer expérimentalement les composantes de E, mais on peut diminuer considérablement la convection en bourrant l'appareil de laine de verre, de manière qu'elle en occupe environ 2 p. 100 de son volume ; l'émissivité totale s'abaisse alors de 14 p. 100 à 1 atmosphère et de 30 à 40 p. 100 à 169 atmosphères ; la convection est réduite à la moitié ou au tiers de sa valeur primitive.

Le tableau ci-dessous donne les émissivités dans l'acide carbonique à différentes températures et à des pressions de 20 et de 45,5 atmosphères.

On voit, qu'à 20 atmosphères, un accroissement de 24 p. 100 dans la température absolue augmente de 10 p. 100 l'émissivité ; mais cette augmentation de l'émissivité avec la température cesse dès que la pression atteint celle correspondant à la condensation du gaz.

L'émissivité dans l'air à 160 atmosphères est de $0,006912 + 0,000004732$, ou à peu près la même que celle d'un corps de conductibilité $K = 0,0011$ ($1 + 0,00069 \delta$), c'est-à-dire que cet air dissipe la chaleur aussi vite que le verre ($R = 0,001$) ou le plâtre. L'hydrogène à 120 atmosphères se comporte comme un corps de conductibilité $K = 0,00237$ ($1 - 0,00072 \delta$) ; l'émissivité dans l'acide carbonique liquide est de 0,2, correspondant à une conductibilité de 0,003, plus élevée que celle du mercure.

DIFFÉRENCE de température. δ	PRESSION, 19,9 ATMOSPHÈRES, A 16 DEG.		45,5 ATMOSPHÈRES A 16 DEGRÉS.	
	Enceinte à		Enceinte à	
	18 deg.	100 deg.	18 deg.	100 deg.
200	0,0032	0,0032	0,0058	0,0053
300	36	38	63	58
400	40	44	68	63
500	44	48	74	68
600	48	53	79	75
700	52	57	84	81

APPAREILS POUR L'ÉTUDE DE LA CIRCULATION DANS LES CHAUDIÈRES A TUBES D'EAU
PAR M. BRULL (1)

La circulation de l'eau dans les chaudières multitubulaires, que le Congrès de Mécanique appliquée de 1900 a recommandé d'appeler : chaudières à tubes d'eau, a été, depuis longtemps déjà, l'objet d'études variées.

Plusieurs auteurs ont cherché à montrer la façon dont se produit la circulation dans les tubes, en appliquant à ce cas particulier les principes de la physique mathématique. Cette question a donné lieu à de nombreux mémoires et à de savantes formules. Malgré de remarquables travaux de ce genre, la théorie de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau est restée incertaine.

(1) Extrait des *Comptes rendus mensuels de la Société de l'Industrie minière*. (Novembre-Décembre 1901.)

D'autres chercheurs ont suivi la voie expérimentale : ils ont combiné des modèles réduits des chaudières à étudier, ou ils ont observé un élément séparé de ces chaudières. Ils ont été conduits à supprimer la pression dans ces modèles afin de pouvoir introduire le verre dans leur construction, ce qui permettait de voir ce qui se passait dans l'intérieur des appareils. L'absence de pression facilitait, de plus, le maniement des instruments de mesure employés. Enfin, le chauffage des tubes en expérience se faisait à l'aide de lampes ou de becs faciles à régler et à déplacer.

Les conditions du fonctionnement pratique ne se trouvaient pas ainsi reproduites dans les expériences. Pour ce motif, les résultats obtenus ne pourraient être introduits dans la pratique industrielle qu'avec une extrême prudence.

En fait, la question de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau n'est pas encore clairement résolue.

Seuls, les inventeurs et les constructeurs de chaudières ne semblent éprouver aucune hésitation à expliquer la manière dont se fait la circulation dans leur type de générateur. Tous à l'envi, affirment dans leurs notices que la circulation est certaine, active et méthodique, dans toutes les parties du générateur. Les figures qui accompagnent le texte sont garnies de flèches indiquant de la façon la plus précise comment s'effectue la circulation de l'eau et de la vapeur. D'autres flèches indiquent, non moins nettement, le chemin suivi par les gaz du foyer.

Comme on le comprend, les renseignements de cet ordre ne peuvent pas être acceptés sans une grande réserve. Ils cadrent bien rarement avec les faits observés dans le fonctionnement industriel des appareils.

Ayant eu récemment à apprécier, en vue de les améliorer, l'installation et le fonctionnement d'une usine de 5 000 chevaux des environs de Paris, j'ai dû étudier entre autres choses la batterie de générateurs à tubes d'eau. Il a fallu reconnaître bien vite que ces chaudières, quoique d'un type des plus en faveur, étaient des plus imparfaites.

Sans parler des défauts des fourneaux dont les gaz ne contenaient que de 1 à 3 p. 100 d'acide carbonique, il a été constaté que la vaporisation ne dépassait pas 11 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et que l'utilisation du combustible était des plus médiocres.

Lorsqu'on avait essayé d'activer la production, plusieurs tubes des rangs inférieurs s'étaient courbés. Ces tubes, alimentés avec une eau assez bonne, se chargeaient rapidement de dépôts durs et adhérents sur une partie de leur longueur et dans une portion du faisceau.

Ces constatations montraient clairement que la circulation dans le faisceau tubulaire laissait à désirer.

Le générateur comporte, comme plusieurs autres types, un corps tubulaire incliné. Les nombreux tubes qui composent ce faisceau sont disposés en éléments verticaux, de grande hauteur, placés l'un à côté de l'autre. Les tubes de chaque élément sont emmanchés à l'avant et à l'arrière dans des collecteurs.

D'après les principes de la combinaison adoptée dans ce générateur, la circulation se ferait dans une direction unique pour tous les tubes ; l'eau descendrait du réservoir supérieur par les collecteurs arrière, se diviserait entre les divers éléments et entre les tubes superposés de chaque élément, elle marcherait de l'arrière à l'avant dans les tubes, s'y transformerait en un mélange d'eau et de vapeur qui s'élèverait par les collecteurs avant jusque dans le réservoir supérieur.

Il est aisé de comprendre, *a priori*, que les facteurs de la circulation ne sont pas les mêmes dans tous les tubes et qu'il n'y a aucune raison d'espérer que l'eau descendant à l'arrière se distribue dans tous les tubes.

Dans cette situation, il y avait un certain intérêt à tâcher de saisir sur le vif, en fonctionnement industriel, les phénomènes de la circulation.

La présente communication a pour objet de faire connaître l'appareil très simple qui a permis de le faire, d'exposer les résultats d'une première application et d'indiquer les recherches que cet appareil permettra d'entreprendre.

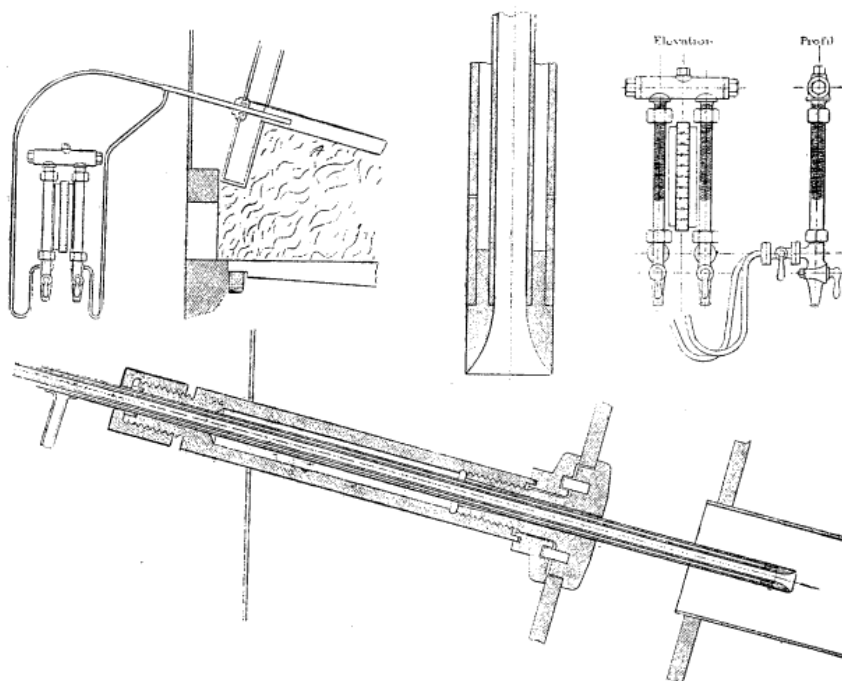
Cet appareil se compose de deux petits tubes concentriques dont une extrémité pénètre par l'avant dans le tube de chaudière à étudier.

La partie annulaire est fermée aux deux bouts.

Du côté de la chaudière, le tube intérieur débouche à quelque distance de l'orifice du tube extérieur, comme le montrent les figures ci-contre.

A 50 millimètres de cet orifice, sont percés deux trous de 2 millimètres de diamètre qui intéressent seulement le tube extérieur.

L'appareil s'introduit dans le tube d'eau à étudier, et suivant son axe, à travers un tampon percé qui remplace le tampon ordinaire du trou de poing du collecteur.



Appareil de M. Brüll pour l'étude de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau.

La sortie du tube indicateur à travers ce bouchon nécessite un joint qui ne peut être fait que de l'extérieur, après la fermeture de la porte de la boîte à fumée. Celle-ci, en effet, formée de deux vantaux tournants, ne pourrait plus se fermer après la pose de l'appareil. De plus ce joint est à une distance variable de cette porte, les collecteurs étant inclinés vers l'avant, tandis que la porte est verticale. Dans ces conditions, et pour pouvoir placer l'instrument dans n'importe quel tube d'eau, le joint du bouchon est obtenu, comme on le voit, à l'aide d'une longue barre forcée en fer à six pans d'assez fort calibre. Cette barre, formant écrou, traverse la porte de la boîte à fumée par un trou spécialement pratiqué dans ce but ; elle se visse du dehors sur une queue taraudée du bouchon.

Le tube indicateur sort de la barre et nécessite un nouveau joint facile à faire au moyen d'un écrou à chapeau.

Dans le cas d'une circulation normale, la veine fluide vient frapper l'orifice du tube indicateur, soit un cercle de 14 millimètres de diamètre dans les essais qui vont être rapportés. Le tube intérieur transmet ainsi au dehors la pression statique de la chaudière augmentée de

la pression qui correspond à la quantité de mouvement de fluide mixte frappant l'orifice. Le tube-enveloppe reçoit seulement, à travers les deux petits trous, la pression statique de la chaudière.

Lorsque la circulation est inverse, le courant de la veine fluide produit à l'orifice du tube indicateur une succion ou non-pression, qui abaisse la pression dans le tube central au-dessous de celle de la chaudière.

A l'extrémité du tube double placée en dehors du fourneau, un petit branchement latéral inséré sur le tube extérieur sert à transmettre la pression statique à l'appareil de mesure. La pression vive est transmise par le tube central prolongé à la demande.

Un manomètre différentiel, constitué par une boîte horizontale de jonction portant deux tubes indicateurs pendentifs en verre, marquait la différence de ces deux pressions, laquelle est proportionnelle à la quantité de mouvement.

Dans les expériences dont il va être parlé, ce manomètre avait été établi avec les ressources disponibles au moyen de deux appareils à tube de niveau. Ces appareils étaient jonctionnés en haut par leurs brides. Ils recevaient à leur extrémité inférieure, au moyen d'un robinet, celui de gauche, la pression statique augmentée de celle due à la circulation, et celui de droite, la pression statique seule.

Les deux tubes d'amenée des pressions étaient fortement incurvés au-dessous de leurs raccords avec le manomètre, afin d'éviter tout entraînement de l'huile dans la chaudière, si, pour une cause quelconque, la colonne d'huile s'était abaissée au-dessous des tubes de niveau.

Le haut du manomètre, soit la boîte de jonction et la moitié de la hauteur visible des tubes de verre, était rempli d'huile minérale d'une densité de 0,909 kilogramme. Le bas des tubes était occupé par l'eau provenant de la chaudière. Le manomètre, assez éloigné de la façade du fourneau, est resté presque froid. La différence entre les niveaux dans les deux branches de l'huile emplissant le haut de l'U renversé permettait à tout instant, et pendant une période quelconque, de constater l'existence et la direction de la circulation et, jusqu'à un certain point, d'en apprécier l'activité, sans donner toutefois la mesure même de la vitesse de circulation, ni celle de la densité du fluide en mouvement.

Les recherches ont porté sur trois tubes situés aussi près que possible de l'axe vertical du faisceau tubulaire. Le premier était sur le second rang à partir du bas; le deuxième, au milieu de la hauteur du faisceau, et le troisième sur le second rang à compter du haut.

De très nombreuses lectures des niveaux de l'huile ont été faites durant plusieurs heures à chaque essai. Il a été pris note des chargements du foyer, des divers incidents dans la conduite du feu et de l'état de celui-ci, en regard des lectures des niveaux.

Avec la circulation normale, le niveau de l'huile dans le tube indicateur de la pression vive était le plus élevé. Quand la circulation était inverse, ce niveau était, au contraire, le plus bas.

Les observations recueillies peuvent se résumer comme suit :

Durant l'essai dans le tube inférieur, au début du fonctionnement de la chaudière, à la pression de $10^{\text{kg}},5$ par centimètre carré, la circulation de l'arrière à l'avant était assez active; la différence des niveaux dans les tubes étant de 183 millimètres. Cette différence s'est abaissée avec l'intensité du feu; en 6 minutes elle s'est réduite à 113 millimètres.

Une charge de combustible, avec l'entrée d'air froid qui l'accompagne et la suppression de la radiation par la couverture de charbon noir, font tomber la différence des niveaux à 95 millimètres. Celle-ci s'élève en moins de 2 minutes à 136 millimètres pendant que le feu se ranime et tombe peu à peu à 34 millimètres en 10 minutes, à mesure que la charge se consume.

Des constatations répétées ont montré nettement que la charge du charbon ralentit la circulation et celle-ci obéit rapidement à l'état du feu, s'accéléralant dès que le charbon chargé est enflammé et allant sans cesse en diminuant quand le charbon s'use jusqu'à la charge suivante.

L'action du crochet pour remuer la charge sur la grille et éclaircir le feu, malgré l'ouverture de la porte qu'elle nécessite, produit instantanément une augmentation de 25 à 30 millimètres dans la différence des niveaux de l'huile.

Les expériences faites sur le tube d'eau de la seconde rangée inférieure du faisceau ont, en résumé, montré une circulation de sens normal très variable, très impressionnable et rapidement influencée par les variations dans l'état du feu.

L'essai du tube d'eau à mi-hauteur du faisceau a permis de constater une circulation constamment anormale de l'avant à l'arrière. L'activité de cette circulation inverse était influencée par l'état du feu dans le même sens que pour le tube inférieur, mais d'une façon beaucoup moins prononcée.

Enfin, le tube supérieur a montré une circulation de même sens que le précédent, mais notablement plus active que cette dernière. Les variations dans l'état du feu n'avaient presque plus d'influence sur la dénivellation des colonnes d'huile.

Pour permettre des déductions précises, il aurait fallu procéder à une série assez longue d'expériences. Il eût été nécessaire de faire varier l'implantation de l'appareil indicateur sur divers tubes de la même rangée horizontale et aussi dans les éléments verticaux. Or, chaque déplacement de l'instrument nécessitait la vidange et le refroidissement de la chaudière, le perçement d'un trou dans la porte de la boîte à fumée, la dépose et la repose de l'instrument et, enfin, le remplissage du générateur et sa mise en pression.

Les circonstances n'ont pas permis de multiplier ces expériences.

Il serait désirable de varier les conditions de ces essais et, notamment, d'expérimenter un générateur propre à l'intérieur et à l'extérieur, puis ce même générateur après un service prolongé. Ces essais donneraient des indications utiles sur la circulation comparative dans les tubes propres et dans les mêmes tubes chargés de suie ou salis par les boues et tapissés d'incrustations.

Des essais entrepris sur divers types permettraient d'en apprécier les dispositions au point de vue de la circulation.

Il semble qu'une pareille étude serait intéressante pour les industriels qui construisent ou emploient des chaudières à tubes d'eau.

Quoi qu'il en soit, les trois séries d'essais qui ont été rapportées plus haut suffisent, dès à présent, à établir que la circulation de l'arrière à l'avant se fait, dans le générateur expérimenté exclusivement dans les tubes placés au bas du faisceau. A partir du milieu de ce faisceau, peut-être même un peu au-dessous, la circulation s'effectue de l'avant vers l'arrière.

Or, ces derniers courants ne peuvent s'alimenter que dans les collecteurs avant où se produit le courant ascendant qui gagne le corps cylindrique supérieur. Ces courants parasites troublent sûrement ce courant ascendant.

D'un autre côté, les courants de l'avant à l'arrière qui entraînent des bulles de vapeur viennent rencontrer le courant ascendant de l'eau à l'arrière et gênent sans doute l'alimentation des tubes actifs.

Il est probable que l'existence de ces circulations inverses réduit la production moyenne de la vapeur par mètre carré de la surface de chauffe totale.

Bien que des conclusions soient prématurées dans l'état d'avancement de l'étude de la circulation, on peut dire que certaines parties du faisceau sont peu efficaces. Peut-être serait-il préférable de diminuer la hauteur du corps tubulaire et de distribuer les tubes, en restreignant leur nombre, sur une plus grande largeur qui serait desservie par la grille.

Cette modification réduirait la surface de chauffe, mais augmenterait par contre l'activité et la régularité de la circulation dans l'ensemble du faisceau tubulaire, sans nuire sensiblement à l'utilisation du combustible. Du reste, si les gaz étaient émis un peu plus chauds, au registre, cette chaleur pourrait être utilisée dans l'économiseur.

MACHINE Ostergren A LIQUÉFIER L'AIR

Le principe de cette machine consiste dans l'utilisation du froid produit par le travail de détente de l'air comprimé, ce travail étant le plus possible récupéré.

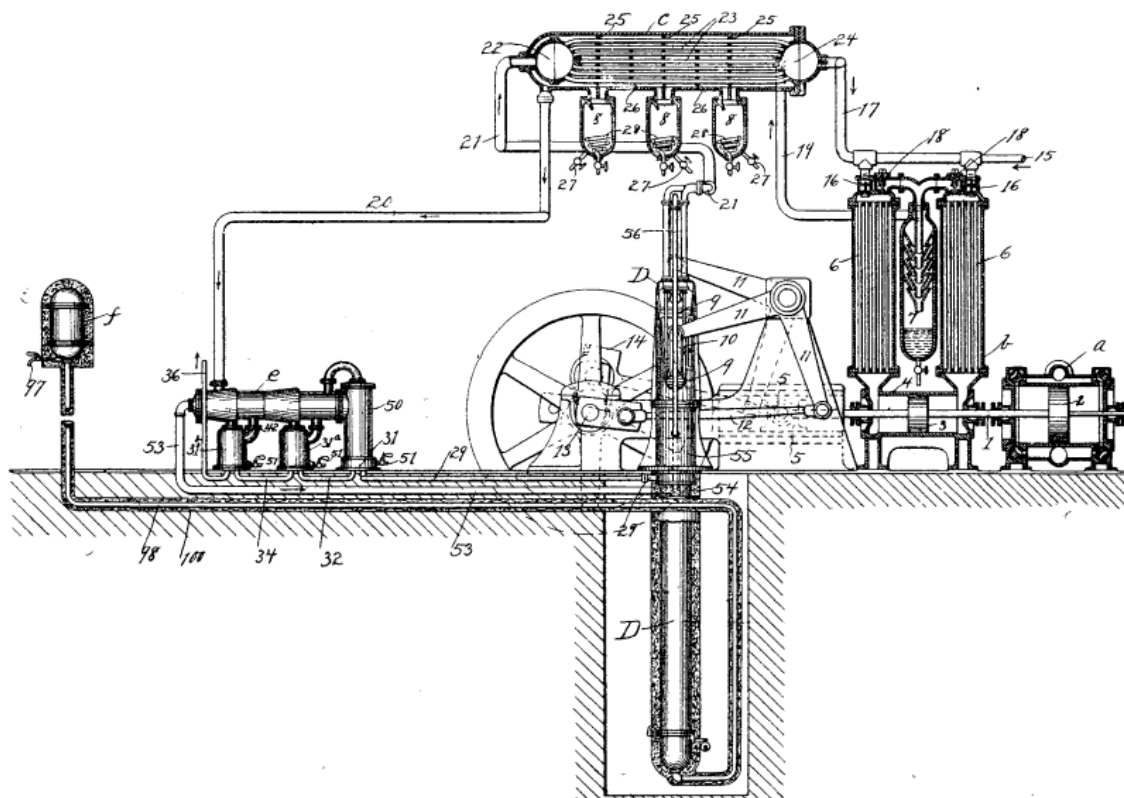


Fig. 1. — Machine Ostergren à liquéfier l'air. Ensemble.

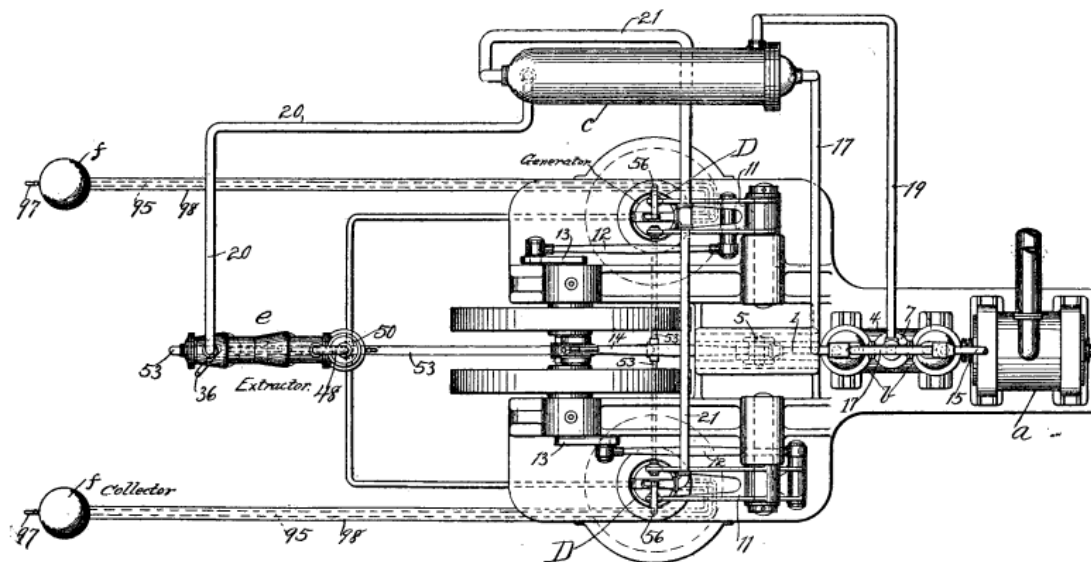


Fig. 2. — Machine Ostergren. Plan.

L'air aspiré de l'atmosphère, par 15 en *b*, se mêle à l'air venant de l'échangeur *c* en 17, et ce mélange, aspiré par les soupapes 16, est refoulé par les soupapes 18, sous

Fig. 5.

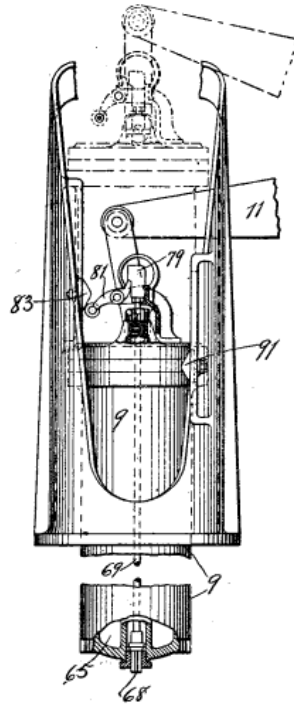


Fig. 6.

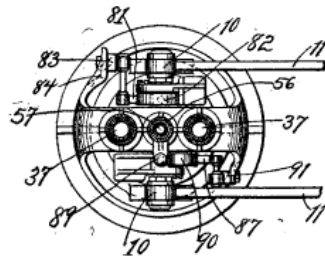
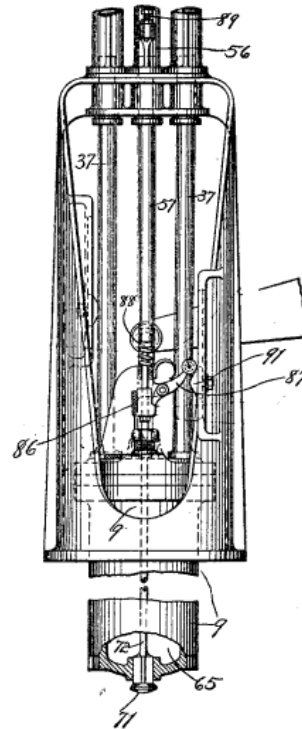


Fig. 7.

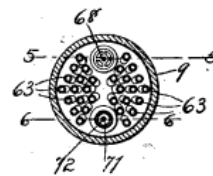


Fig. 8.

Fig. 5 à 8. — Machine Ostergren détail d'un détenteur.

une pression de 20 kilogrammes, au premier séparateur 7, d'où il va, par 19, en *c*, se sèche en 8, et passe, par 20, à l'extracteur *e*.

En D, la différence des températures entre l'air refoulé par 19 et celui qui revient détendu de D ne doit pas dépasser une vingtaine de degrés; ce dernier air, amené par le tuyau 21, entre dans les tubes 23 de *c* par 22, et revient au compresseur *b* par 24 et

17; l'air refoulé de ce compresseur en *c*, par 19, est dévié par le premier déflecteur 25 dans le premier séparateur 8, d'où il passe, autour des tubes 23 au second séparateur 8, puis au troisième; ces séparateurs sont pourvus de purgeurs 27 et de réchauffeurs à vapeur 28, permettant de les dégeler en cas de formation de glace.

L'extracteur *e* a pour but de séparer l'air de ses dernières traces d'humidité et de son acide carbonique, dont la solidification encombrerait les conduites et arrêterait le fonctionnement de la machine. A cet effet, les vapeurs de l'air liquide, prises aux collecteur *f* pour l'isolement de certaines parties du détenteur D, sont amenées à l'extracteur *e* par le tuyau 29 (fig. 9) dans le serpentin 30 de son purgeur 31, à une tempéra-

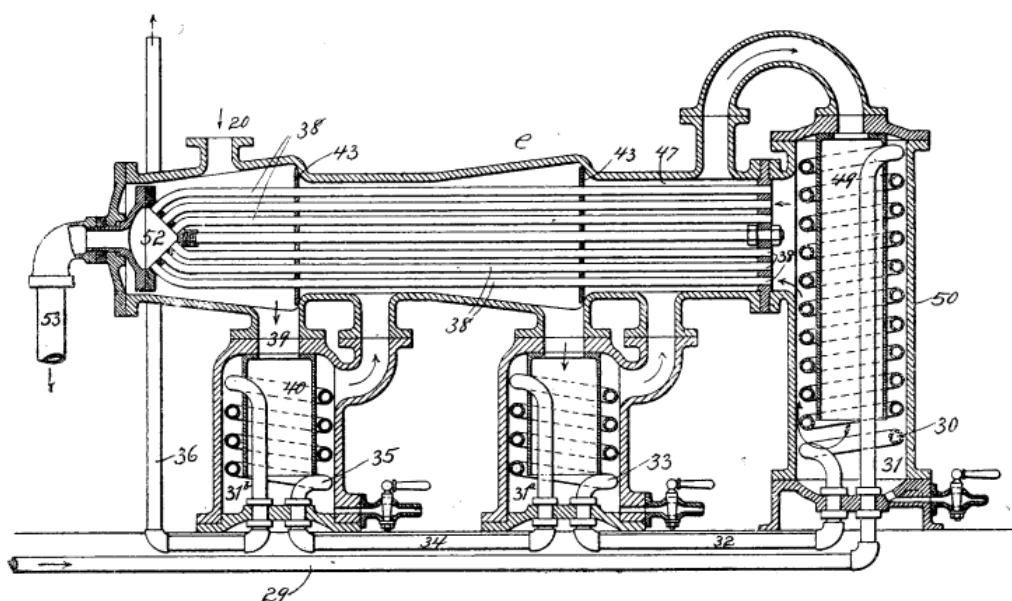


Fig. 9. — Machine Ostergren. Détail de l'extracteur.

ture de 40° environ; de 30, cet air traverse successivement, par 32, 33, 34, 35, les purgeurs 31^a et 31^b, et s'évacue dans l'atmosphère par 36. L'air comprimé qui arrive à l'extracteur par 20 est dévié autour des tubes 38, par les cloisons 43, de manière qu'il traverse successivement les purgeurs 31^b, 31^a et 31, suivant les flèches de la fig. 9, où il dépose les dernières traces de son eau et son acide carbonique sous forme de neige en 31, et d'où il s'échappe par les tubes 38, 52, et le tuyau 53, à l'enveloppe 54 (fig. 3 et 4) du cylindre 55 du détenteur D, où se meut le piston 9.

De l'enveloppe 54, l'air passe, par 56 et la tige creuse 57, dans le long piston 9, autour des tubes 63, puis, au commencement de la montée de 9, dans le cylindre 59, par la soupape 68, que la soupape 74 maintient ouverte un instant; pendant le reste de cette montée, l'air se détend sous le piston 9, puis la soupape d'échappement 71 reste ouverte pendant presque toute la durée de la descente. Cet air, considérablement refroidi par cette détente, traverse le piston 9 par la chambre 65 et ses tubes 63, d'où il va, par les tiges creuses 37 et 21, à l'échangeur *c*. Au bout d'un certain nombre de

descentes accumulatrices de froid, l'air se liquéfie et tombe en 75, par la soupape 74; cette soupape se ferme pendant qu'elle ouvre par son contact la soupape d'admission 68, l'air comprimé qui passe alors en 59 maintient la soupape 74 fermée, malgré son contrepoids 77, jusqu'à son échappement par 71. La soupape 68 a sa tige 69 accrochée par (fig. 5) un déclic 81-79, qui la laisse retomber à son passage sur le toc 83, ce qui permet le réglage de la détente de l'air en 59; la soupape d'échappement 71 est, de même, commandée par sa tige 72, qui l'ouvre en venant heurter (fig. 6) par son taquet élastique 88, le toc 89; cette butée abaisse la tige 72 en ouvrant la soupape 71, et en enclenchant la tête 86 de la tige 72 avec le déclic 87, qui maintient ainsi la soupape ouverte jusqu'à ce que 87 vienne toucher le toc 91, et lâcher la tige 72.

Quand il s'est accumulé en 75 suffisamment d'air liquide, cet air soulève le flotteur 93, qui ouvre la soupape 94, qui l'amène, par 95 et 96 au collecteur *f*. Ce récipient, à la pression atmosphérique, laisse les vapeurs de son air aller, par 98, envelopper le tuyau 95 et le cylindre 59, puis passer, comme nous l'avons vu, par 29 à l'extracteur *e*.

Le plongeur 9 ne touche pas les parois très froides du cylindre 59, et la circulation récupératrice des gaz est des plus logiques, mais on peut craindre des difficultés jusqu'à présent insurmontables aux nombreuses garnitures de l'appareil, ainsi que des frottements en 55, où le piston 9 doit être rigoureusement guidé.

L'ingénieuse machine de M. Ostergren, entreprise par l'*Ostergren Manufacturing Co*, Bedford Park, New-York, méritait d'être, sous ces réserves, signalé à nos lecteurs, à qui nous avons déjà fait connaître un autre appareil de ce même inventeur (1).

EXPÉRIENCES de M. E. C. Murphy SUR LES MOULINS A VENT (2).

Nous avons déjà signalé à nos lecteurs, dans notre *Bulletin* d'avril 1898, p. 509, les remarquables expériences exécutées par M. Murphy, sur les moulins à vent à roue turbines des États-Unis, et reproduit les principaux résultats de ces expériences; M. Murphy vient de publier un complément des plus intéressants de ses travaux, nous en donnons ci-dessous les principaux résultats.

Essais au frein de moulins du type Aermotor (fig 3, 15 et 16, p. 510 et 513 du *Bulletin* d'avril 1898).

Moulin de 3^m,63 de diamètre. — Ce moulin essayé, avec un frein à bande à levier de 0^m,90 et poulie de 0^m,24, montée sur l'arbre *a* (fig. 16 du *Bulletin* d'avril 1898) qui tourne six fois plus vite que la roue, a donné les résultats représentés par les courbes du diagramme (fig. 1). Ces courbes ressemblent à des paraboles d'équation $y^2 = a + bx$, x étant la vitesse du vent en milles à l'heure (0^m,45 par seconde) et y la vitesse de rotation du moulin en tours par minute; on trouve ainsi :

Pour la courbe de marche à vide (0).		$y^2 = -2,187 + 391x$
Pour les courbes au frein avec charges au bout du levier de 2 livres.		$y^2 = -2,728 + 381x$
—	—	4 — $y^2 = -4,384 + 424x$
—	—	6 — $y^2 = -9,400 + 595x$

(1) *Bulletin* de juin 1899 p. 912. A citer aussi les appareils de *Solvay* (brevet anglais 13466 de 1885) et de *Claude* (brevet anglais 12905 de 1900) fondés aussi sur le principe de l'utilisation du travail de détente.

(2) *Water Supply and Irrigation Papers* of the United States Geological Survey. *The Windmill, its Efficiency and Use* (1901). Washington, Government printing office.

En faisant, dans ces formules, $x = 0$, on trouve les vitesses du vent au démarrage du moulin sous les charges de 0, 2, 4, et 6 livres au frein.

Si l'on transporte l'origine des coordonnées au point où la courbe 0, coupe l'axe des x , son équation devient $y^2 = 391 x$, c'est-à-dire que, à charge constante, la vitesse de rotation de la roue augmente proportionnellement à la racine carrée de la vitesse du vent.

La puissance H. P. en chevaux est donnée par la formule $HP = Ky$, K étant la constante du frein correspondant à sa charge. Si l'on porte en ordonnées y les puissances en chevaux correspondant aux vitesses x du vent, en miles à l'heure, on obtient une

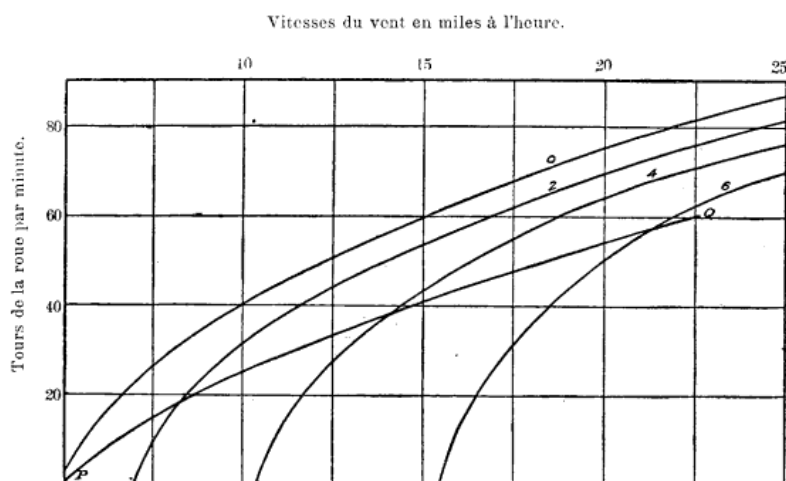


Fig. 1. — Courbe de l'Aermotor, n° 27, de 3m,63 de diamètre.

courbe parabolique de forme $x^2 = a + by$; au cas particulier $x^2 = 25 + 357 y$; pour $x = 3, 10, 15, 20$ et 25 , $y = 0, 0,21, 0,56, 1,05$ et $1,69$.

Pour que le moulin fournisse le travail le plus grand possible, sa charge devrait croître avec la vitesse du vent. La courbe PQ (fig. 1) passe par les points des courbes 2, 4, et 6 correspondant aux vitesses de la roue du moulin pour lesquelles sa puissance est, conformément aux chiffres du tableau ci-dessous, maxima aux charges respectives de 2, 4 et 6 livres du levier du frein :

Charges du frein en livres.	Kilogrammètres par tour du moulin.	Tours du moulin par minute aux vitesses du vent de 8,12..... miles à l'heure.					Puissance de la roue aux vitesses du vent de 8,12..... miles à l'heure.				
		miles.									
		8	12	16	20	25					
0	0	30	49	63	75	87					
2	31	16	43	57	70	87	0,089	0,285	0,386	0,438	0,523
4	61		23	48	63	77		0,302	0,633	0,890	1,02
6	92			12	50	72				1,03	1,45

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Janvier 1902.

8

Le tableau ci-dessous donne les rapports entre les vitesses de la roue et ses charges aux différents points de la courbe de puissance maxima.

Vitesse du vent. miles.	Charge du frein en livres p .	Tours par minute n .	Δp .	Δn .	np .	Δnp .	$\Delta^2 np$.
5	0	0					
10	2,1	25	2,1	25	52,5	52,5	
15	4	41	1,9	16	160,4	107,9	55,4
20	5,9	55	1,9	4	324,5	164,1	56,2

Le tableau suivant donne quelques chiffres intéressants relativement aux vitesses du moulin en charge maxima et à vide.

Vitesse v du vent en miles à l'heure et en mètres par seconde.		Tours par minute à vide N .	Vitesse péri- phérique à vide en miles. V .	Rapport. $\frac{V}{v}$.	Tours par minute en charge maxima. n .	Rapport $\frac{n}{N}$.
miles.	mètres.					
8	3,60	30	12,9	1,61	17	0,57
12	5,50	49	21	1,75	32	0,65
16	7,20	63	27	1,70	44	0,70
20	9	75	32,1	1,60	54	0,72
25	11,25	87	37,3	1,50		

Les principales conclusions à déduire de ces expériences sont les suivantes :

1° La vitesse de la roue varie, à charge constante, comme le carré de la vitesse du vent;

2° Cette vitesse, sous la charge maxima, augmente un peu plus vite que proportionnellement à la vitesse du vent;

3° La puissance de la roue, à charge constante, augmente proportionnellement à la racine carrée de la vitesse du vent;

4° La puissance maxima de la roue augmente proportionnellement au carré de la vitesse du vent;

5° La charge correspondant à la puissance maxima, augmente un peu moins vite que proportionnellement à la vitesse du vent;

6° Le rapport des vitesses de la roue en pleine charge et à vide augmente un peu avec la vitesse du vent.

Moulin Aermotor de 4^m80 de diamètre. — La roue de ce moulin, du même type que le précédent, est à 12^m,60 du sol (hauteur de l'axe), et est composée de dix-huit ailettes de 1^m,50 X 660 et 264 millimètres aux deux extrémités, inclinées de 30° sur le plan de la roue; diamètre de la poulie du frein, 244 millimètres, longueur du levier, 1^m,40; charges, 3, 4, 8 et 11 livres, la poulie du frein tournant six fois plus vite que la roue du moulin.

Les résultats des essais sont figurés par les courbes des diagrammes fig. 2 et 3.

Les courbes de ces diagrammes sont analogues à celles du moulin précédent : Aermotor de 3^m,60; ce sont aussi des paraboles; la courbe de puissance maxima DK (fig. 3) a pour équation $x^2 = 28 + 240y$; pour $x = 0$, $y = 0,125$, de sorte que le sommet de cette courbe est à 0,125 sous l'axe des x ; en y transportant l'origine des coordonnées, l'équation de la courbe devient $x = Ky^2$.

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats correspondants à ceux du tableau de la roue précédente.

Charge du frein en livres.	Kilogrammètres par tour de roue.	Tours du moulin par minute aux vitesses du vent de 8,12... miles à l'heure.					Puissance de la roue aux vitesses du vent de 8,12... miles à l'heure.				
		miles.					miles.				
		8	12	16	20	25	8	12	16	20	25
0		23	38	48	56	64,5					
3			28	41	50	58,5	0 ^{ch} ,45	0,66	0,80	0,94	
5			43	33,5	44	53,5		0,89	1,16	1,43	
8				16	36	47		0,68	1,35	2,01	
11					25	39,5			1,47	2,31	

Vitesse du vent en miles à l'heure.	Tours par minute.	A' vide.			Tours par minute.	En charge maxima		
		Vitesse périphérique en miles.	Rapport	Vitesse périphérique		Rapport	Rapport	
v	N	V	$\frac{V}{v}$	a	V'	$\frac{V'}{v}$	$\frac{a}{N}$	
8	23	13,2	1,67	15	8,6	1,08	0,65	
12	38	21,7	1,81	23	13,2	1,10	0,61	
16	58	27,4	1,71	29	16,6	1,04	0,60	
20	56	32	1,80	34	19,4	0,97	0,60	
25	64	36,6	1,46	38	21,6	0,86	0,60	

et ceux du tableau suivant permettent de comparer la marche des deux moulins.

	Tour du moulin par minute aux vitesses du vent de 8,12... miles à l'heure.					Puissance maxima en chevaux aux vitesses du vent en miles de		
	8	12	16	20	25	10	15	20
Aermotor de 3 ^m ,60 (a).	30	49	63	75	87	0,24	0,58	1,05
Aermotor de 4 ^m ,80 (A).	23	38	48	56	64,5	0,29	0,82	1,55
Rapport des vitesses périphériques $\frac{A}{a}$	1,02	1,03	1,02	0,99	0,99	1,38	1,41	1,48

La figure 4 représente une aile de l'Aermotor, de 4^m,80, presque horizontale, et tournant avec une vitesse périphérique v , sous l'action d'un vent de vitesse w ; les projections JAE (fig. 5) et ol (fig. 6) sont celles des extrémités DC et AB de l'aile, dont les cordes, ou le plan de l'aile, font un angle de 30° avec le plan de la roue. Le point E représente une molécule d'air arrivant sur la roue, en marche à sa puissance maxima, avec une vitesse EF : celle du vent; EH est la vitesse de la roue, et l'on voit que la troisième composante EG du parallélogramme des vitesses n'est pas tangente à l'aile; elle représente la vitesse de l'air à la surface de cette aile; cette vitesse relative est donnée, en marche à vide, par la longueur AC, avec la même vitesse AB du vent et une vitesse plus grande AD de la roue, et l'on voit qu'elle s'écarte plus que EH de la tangente à l'entrée des ailes; ces écarts sont encore plus considérables pour l'entrée en AB (fig. 4), comme le montrent les composantes t' et ab (fig. 6). Il faudrait, pour que ces composantes fussent tangentiellles aux entrées, que les inclinaisons de l'aile fussent, à l'entrée DC, plus grandes que 30°, et aillent en croissant de CD vers AB.

On voit, d'après les données du tableau, que, en marche à vide, la vitesse circonférentielle AD de la roue est toujours beaucoup plus rapide que celle du vent AB, mais diminue proportionnellement, à partir d'une vitesse du vent de 12 miles à

l'heure (5^m,50), tandis qu'en charge maxima, cette vitesse EH est peu différente de celle du vent EF, mais est inférieure de 39 p. 100 environ à la vitesse AB en marche à vide; on aurait donc intérêt à pouvoir faire varier l'inclinaison POJ avec la vitesse du vent et la charge du moulin, mais on compliquerait ainsi la construction de la roue, qui doit être très robuste.

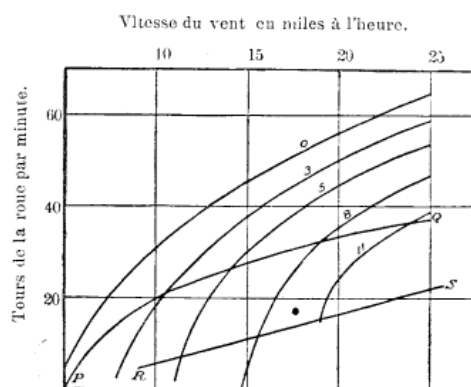


Fig. 2. — Aermotor de 4^m,80.

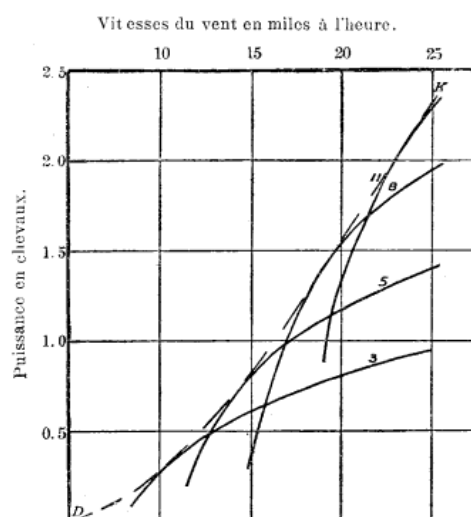


Fig. 3. — Aermotor de 4^m,80.

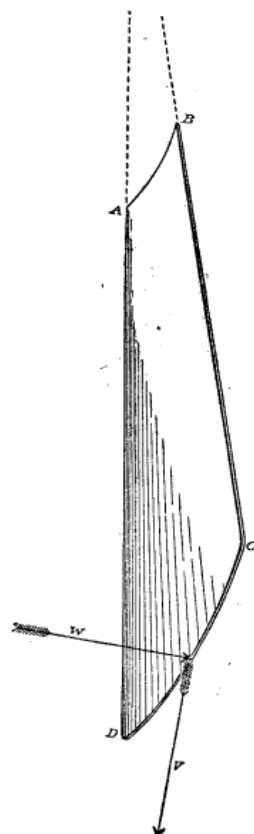


Fig. 4. — Aile de l'Aermotor de 4^m,80.

Le plus ou moins de raideur du ressort qui ramène la roue des moulins dans le vent exerce une grande influence sur leur puissance, comme le montrent les courbes (fig. 77) de la puissance de l'Aermotor de 4^m,80; en marche à vide, les courbes aa' et aa'' avec ressort raide et affaibli, se séparent à partir d'une vitesse du vent d'environ 10 milles; la courbe bb', pour une charge de 3 livres sur le frein, et un ressort affaibli, est presque parallèle à la courbe aa''.

Essai d'un moulin du type Little Giant. — Ce moulin, construit par M. C. Hunt,

Wichita Kansas, est (fig. 8) à axe vertical et ailettes courbes, comme l'indique le tracé (fig. 9), protégées du contrevent par un écran CD, avec vanne DE, que l'on peut ouvrir ou fermer, et que l'on oriente autour de la roue suivant la direction du vent. La corde AH des ailettes AH, BK... fait un angle de 27° avec le rayon AP. Quand

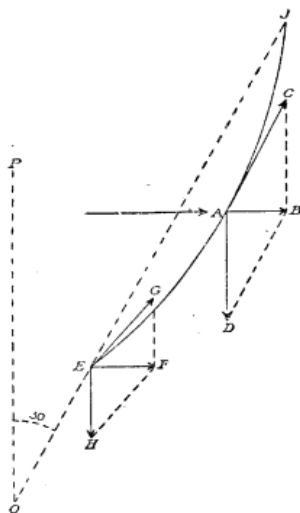


Fig. 5.

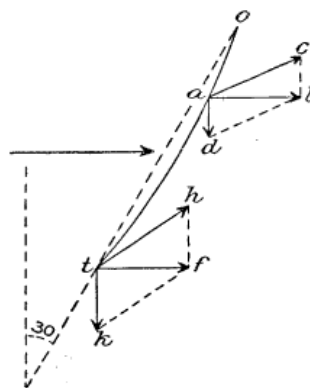


Fig. 6.

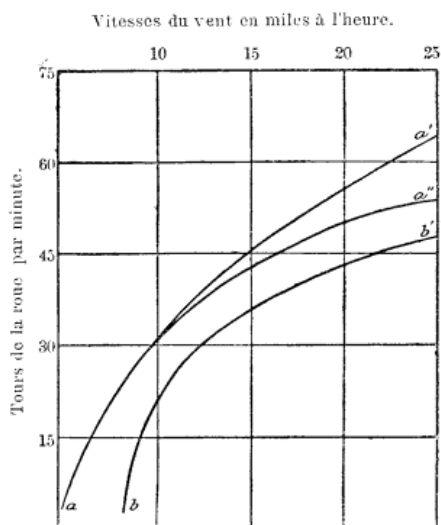


Fig. 7.

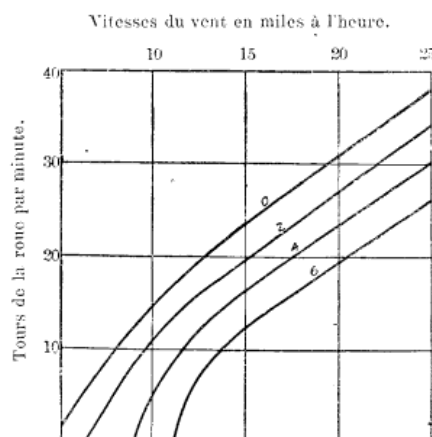


Fig. 10. — Courbes du *Little Giant*.

DE est fermée, comme en pointillés, l'écran se met dans la direction du vent, il ferme à la roue; quand il s'ouvre d'une quantité réglée par un ressort ou un contrepoids, suivant la vitesse du vent ou la charge de la roue, il découvre au vent un nombre plus ou moins grand d'ailettes; cette roue marche ainsi à tous les vents et se règle automatiquement

Le moulin essayé avait 24 ailettes de 1^m,25 sur 165 millimètres de large; rayon de courbure 190 millimètres. Les essais de ce moulin sont résumés par les courbes des

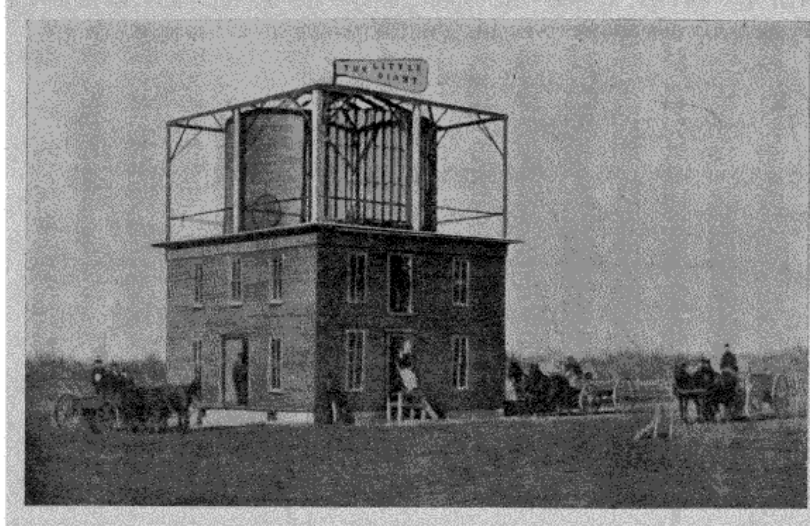


Fig. 8. — Moulin *Little Giant*.

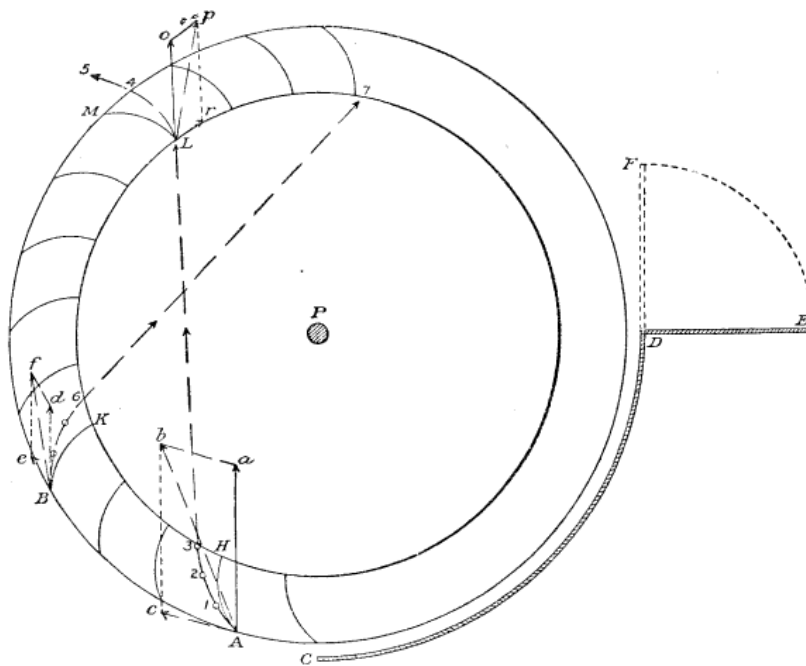


Fig. 9. — Plan de la roue du *Little Giant*.

figures 10 et 11. L'équation de la courbe de puissance maxima est : $x^2 = 496 y + 25$; il démarre à vide sous un faible vent de 3 miles (2^m,25). La charge de puissance

maxima croit à peu près proportionnellement à la vitesse du vent, et la puissance croît moins vite que le carré de la vitesse du vent. Les rapports des vitesses du vent et de la circonférence de la roue sont données par le tableau ci-dessous :

Vitesse du vent en miles à l'heure <i>v</i>	A vide.		Rapport $\frac{V}{v}$	En pleine charge.			
	Tours par minute <i>N</i>	Vitesse périphérique <i>V</i>		Tours par minute <i>n</i>	Vitesse périphérique <i>V'</i>	Rapport $\frac{V'}{V}$	Rapport $\frac{n}{N}$
8	10	5,2	0,63	6	3,1	0,39	0,60
12	19	9,9	0,74	11	5,7	0,47	0,58
16	25	13	0,81	14	7,3	0,46	0,56
20	31	16,1	0,80	16	8,3	0,42	0,52
25	38	19,8	0,79	"	"	"	"

Charge du treuil en livres.	Kilogrammèt. par tour.	Tours par minute aux vitesses du vent de 8,12... miles à l'heure.					Puissance aux vitesses du vent en miles de				
		8	12	16	20	25	8	12	16	20	25
0	0	10	19	25	31	38	"	"	"	"	"
2	4,95	6	16	21	27	34	0,007	0,017	0,023	0,030	0,040
4	9,85	"	11	18	23	30	"	0,024	0,039	0,050	0,065
6	15	"	6	4	19	26	"	0,019	0,045	0,062	0,084

On voit que la vitesse périphérique ne dépasse jamais 81 p. 100 de la vitesse du vent, et 47 p. 100 en travail maximum, tandis qu'il atteint 1,75 p. 100 dans l'Aermotor; c'est le principal défaut de ces roues, qui tournent parallèlement au vent au lieu de perpendiculairement; elles vont trop lentement.

Soit en effet *Aa* (fig. 9), la direction et la vitesse du vent, la vitesse périphérique de la roue étant les 0,47 de celles du vent, si l'on construit le parallélogramme *Aabc* sur *Ac*, tangent à la circonférence de la roue et égale à 0,47 *Aa*, *Ab* représentera la vitesse relative du vent par rapport à l'ailette *AH*. Les courbes *A 1, 3, 2* et *L 4, 5*, sont les trajectoires absolues d'une molécule d'air, cette dernière très inclinée sur la tangente; celle *B 6, 7* de l'air en *B* coupe la trajectoire *3L*, de là, des tourbillons qui empêchent le tracé exact de ces trajectoires dans la roue.

En général, la puissance des moulins augmente à peu près comme le carré de la vitesse du vent et proportionnellement à la puissance 1,25 du diamètre de la roue. Un bon moulin en acier, de 3^m,60 de diamètre, donne une puissance d'un cheval avec un vent de 20 miles (9 mètres) et 1^{ch},4 avec un vent de 25 miles (11^m,25) au lieu de 1^{ch},5 et 2^{ch},3 avec les mêmes vents et une roue de 4^m,80; or, un moulin à roue de 3^m,60 et sa tour de 15 mètres pèsent 910 kilogrammes; la roue de 4^m,80 et sa tour pèsent deux fois plus, pour une puissance de 1,5 fois plus seulement, de sorte qu'il est, dans bien des cas, avantageux de prendre deux moulins de 3^m,60 au lieu d'un seul de 4^m,80.

Les roues en acier, à ailettes larges, sont plus puissantes que celles en bois, avec ailettes lamellaires. La construction des moulins doit être la plus simple possible, mais très soignée; leurs roues doivent être placées à une dizaine de mètres au-dessus des arbres et constructions environnantes; une roue de 2^m,40 sur une tour de 24 mètres aura la même puissance qu'une roue de 3^m,60 sur une tour de 10 mètres; ces tours doivent être très rigides, et, sous ce rapport, celles en bois sont préférables.

Le réglage des roues doit être efficace à partir d'une vitesse du vent de trente

miles (13^m,50) et se faire par un poids plutôt que par un ressort, dont la raideur est sujette à varier. Pour les moulins qui commandent des pompes, il faudrait pouvoir en faire varier la charge automatiquement avec la vitesse du vent. Un bon moulin doit pouvoir partir sous un faible vent de 4 à 5 miles (2 mètres) afin de pouvoir utiliser presque tous les vents et être pourvus d'un dispositif réduisant sa charge à peu près en raison inverse de la vitesse du vent.

Les moulins à pompes sont ordinairement établis de manière que la presque totalité du travail utile soit effectuée pendant la course montante du piston de la

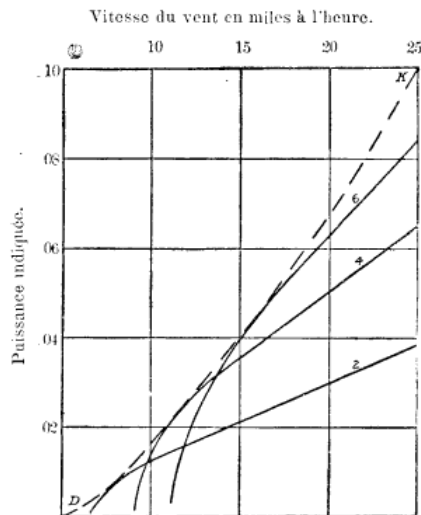


Fig. 11.

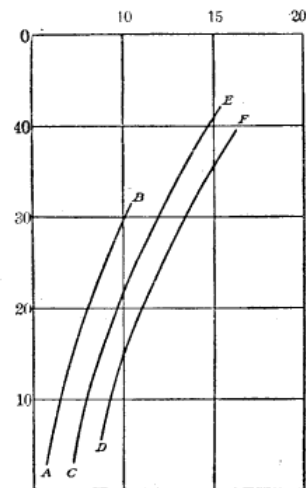


Fig. 12.

pompe, ce qui occasionne des efforts très variables et des chocs sur les mécanismes; on y remédie en partie par l'emploi d'une tige de plongeur très lourde, qui restitue une partie de ce travail de levée au refoulement de l'eau pendant la descente du piston, ou ce qui revient au même, en chargeant cette tige d'un contrepoids à levier, contrepoids qui monte pendant la descente du plongeur. En outre, la pompe ne doit pas être commandée directement par l'arbre de la roue, mais par un contre-arbre, avec réduction de vitesse de 2 pour les grandes et de 3 ou 4 pour les petites, qui ne doivent guère donner plus de 30 courses par minute.

ESSAIS DE ROUES EN FONTE A LA RUPTURE PAR LA FORCE CENTRIFUGE, d'après M. C.-H. Benjamin (1).

Ces essais ont porté sur de petites roues en fonte de 610 millimètres de diamètre; ils consistèrent essentiellement à faire tourner, jusqu'à leurs vitesses d'éclatement, ces roues montées sur un arbre et enfermées dans une solide enveloppe en acier de 915 millimètres de diamètre (fig. 1), avec jante intérieure en bois de 100 × 150,

(1) Mémoire présenté à l'*American Society of mechanical Engineers*, Meeting de New-York, décembre 1901.

facile à remplacer; la vitesse était mesurée par un tachimètre sur renvoi tournant dix fois moins vite que la roue avec une erreur ne dépassant pas 1 p. 100. Les roues

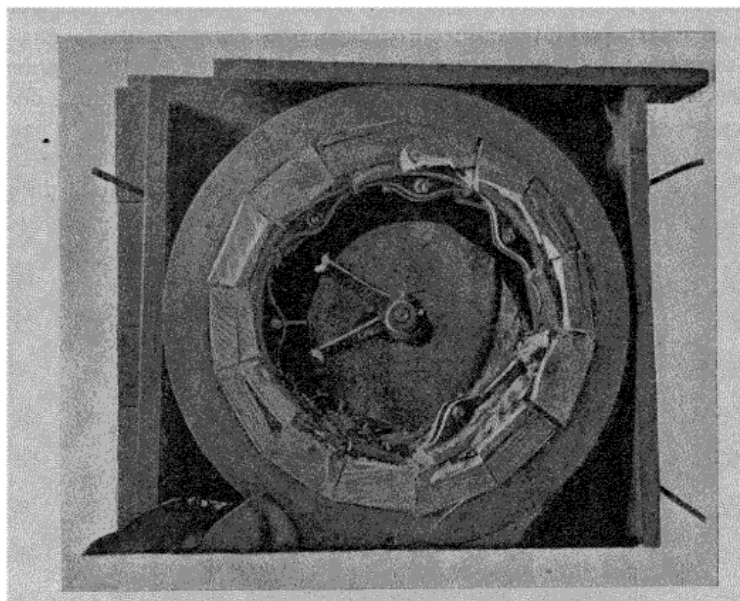


Fig. 1.

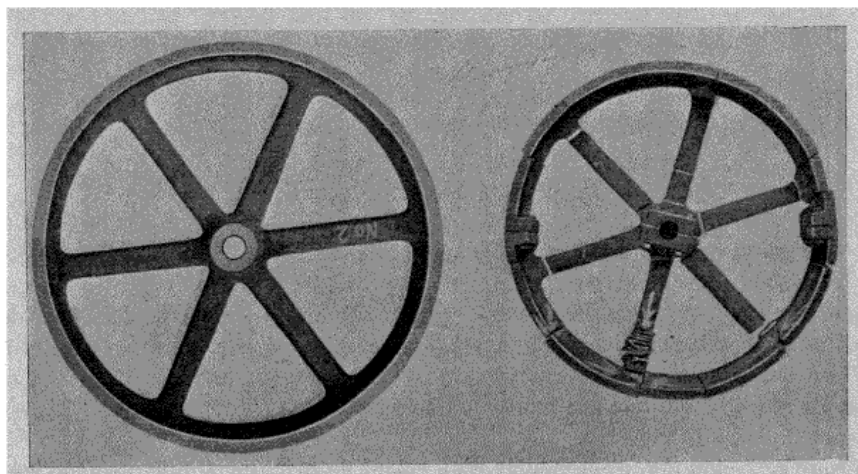


Fig. 2. — Roues n° 1 et 2 du tableau.

Fig. 3. — Roue n° 3.

essayées étaient soigneusement calibrées au moyen de fils de fer enroulés autour des bras, près de la jante, comme en figure

Les roues du tableau n°s 1 et 2, avec jantes d'une seule pièce étaient la réduction d'un volant Allis de 3 mètres de diamètre (fig. 2); elles cédèrent à 3 700 et 3 850 tours par minute, soit à une vitesse périphérique de 120 mètres par seconde, ou sous

une tension centrifuge de 11 kilogrammes par millimètre carré; rupture en fonte de grain uniforme et de bonne qualité.

Les quatre roues n^{os} 3 à 6 étaient en deux pièces boulonnées en des points de la jante situés au quart de l'intervalle entre deux bras correspondants aux moments fléchissants minimas; ces roues se rompirent entre 1 900 et 1 800 tours, à des vitesses périphériques de 60 mètres par seconde, et sous une tension centrifuge de 2 k. 6 par millimètre carré, environ quatre fois moindre que celles des roues à jantes d'une seule pièce n^{os} 1 et 2; en outre, il n'y a aucun avantage à ne pas mettre le joint au milieu de la jante; la rupture se produisait presque toujours au delà du joint, qui restait intact. La figure 4 montre le caractère presque instantané de ces ruptures; les

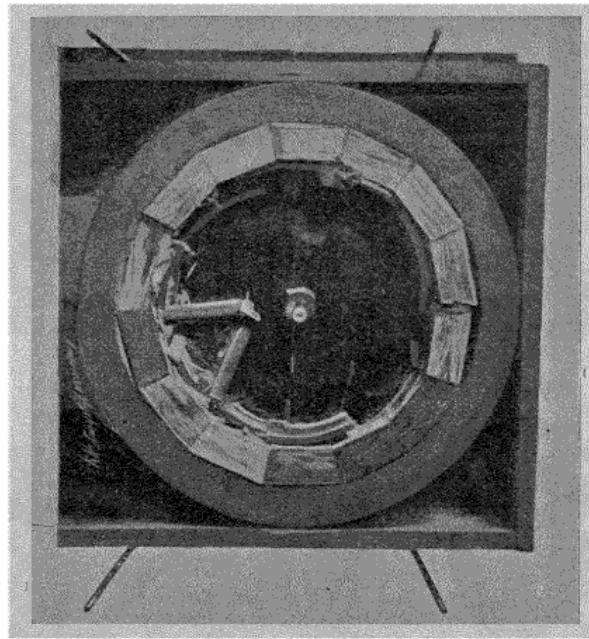


Fig 4. — Rupture de la roue n^o 3.

fragments de la jante implantés dans le garnissage en bois à leur place sans déplacement angulaire indiquaient une explosion simultanée sur tous les points de la jante, et le garnissage en bois était entraîné d'un angle considérable dans son cercle d'acier. La résistance totale des boulons de ces joints était de 9.000 kil. : le tiers de la résistance de la jante massive.

La roue n^o 7 était (fig. 5) le modèle d'un volant de machine soufflante avec jante en 8 pièces et joints par frettes mortaisées; cette roue fit explosion à 2 450 tours, avec une vitesse périphérique de 77 mètres par seconde et une tension centrifuge de 4 k. 60, double de celle de la roue n^o 3. Ainsi que le montre la figure 6, la rupture se produisit toujours aux sections les plus faibles de la jante, les frettes restant intactes; tous les boulons réunissant les bras au moyeu étaient cisailés très nettement.

Les roues 8 et 9, construites comme en figure 7, avec une jante d'une seule pièce, en fonte à grain serré et très résistante, avaient chacune 24 rais en acier; 12 de

chaque côté du plan central ; chaque paire de rais étant constituée par un fil recourbé passé dans une gorge du moyeu et fixé à la jante par des boulons tendeurs qui permettaient de centrer exactement la jante entraînée par le frottement des rais sur le moyeu ; ces deux roues éclatèrent exactement à la même vitesse de 4 050 tours, à la vitesse périphérique de 140 m. par seconde, et sous une tension centrifuge de 12 kil. 6,

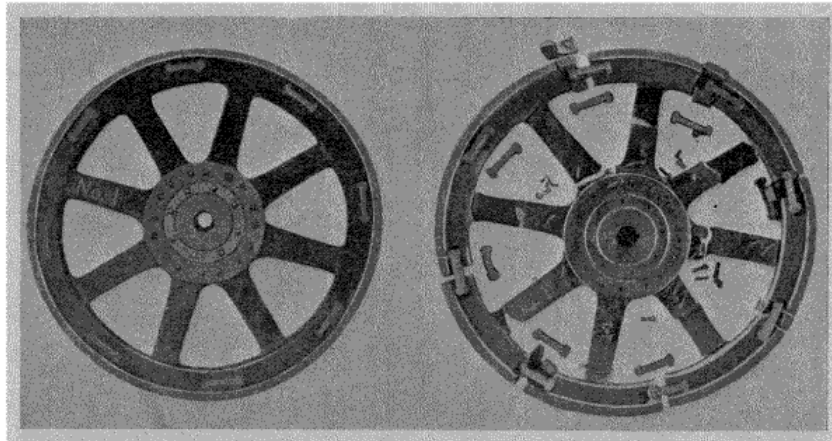


Fig. 5 et 6. — Roue n° 7.

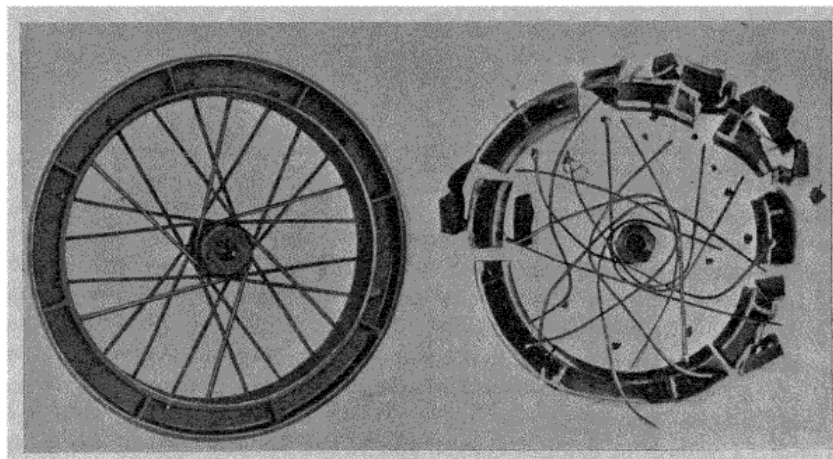


Fig. 7 et 8. — Roue n° 9.

la plus élevée que l'on ait atteint avec des jantes en fonte ; l'aspect de ces ruptures est donné par la figure 8 ; la jante se brisait aux trous d'insertion de rais, et les rais à leur filetage. Ces rais avaient été soigneusement ajustés à la même tension par le son qu'elles rendaient au choc ; leur grand nombre et l'égalité de leurs tensions empêchaient toute flexion de la jante, qui ne céda qu'à la tension directe.

Les roues n° 10, 11 et 12 étaient en deux pièces, avec joint médian à quatre boulons

de 9 mm. 5; ceux des roues 11 et 12 étaient, comme en figure 11, renforcée par des tirants en fils d'acier pouvant supporter chacun environ 2300 kil. de sorte que les deux tirants offraient à peu près les $\frac{2}{3}$ de la résistance d'un bras. La roue n° 10 éclata à 1570 tours, avec une vitesse périphérique de 49 mètres par seconde, les $\frac{5}{6}$ environ de celle ordinairement atteinte par ce genre de roues; la rupture se fit juste au droit du joint, et indiquait une fonte de médiocre qualité. Les roues n° 11 et 12 se rompirent à 2100 et 2208 tours, à la vitesse moyenne de 68 mètres par seconde, supérieure de 30 à 40 p. 100 à la vitesse de rupture de la roue n° 10, de même fonte, et due entièrement aux tirants, qui augmentent ainsi de 100 p. 100 la résistance du joint; comme le montre la figure 12, les tirants se rompirent aux filetages, les boulons restant intacts.

Les roues n° 13 et 14 avaient (fig. 11) des jantes d'une seule pièce, boulonnées par

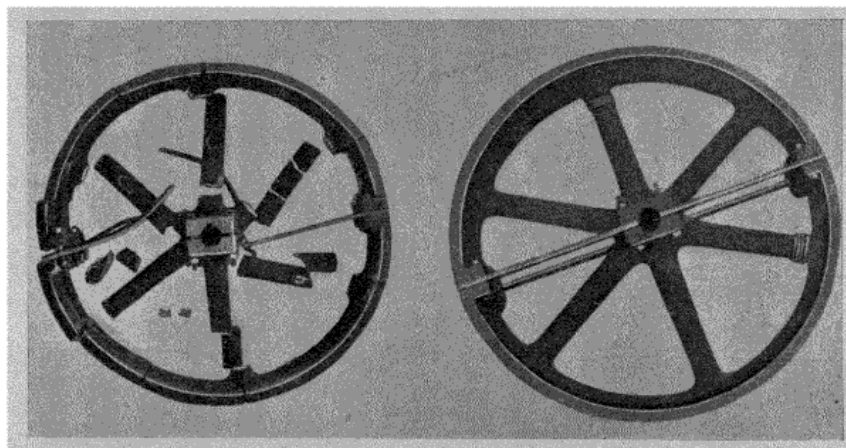


Fig. 9 et 10. — Roue n° 10.

des boulons de 16 mm., laissant un certain jeu afin de réserver plus de liberté à ces jonctions et à concentrer dans le prolongement des bras des masses tirant sur ces bras et diminuant le moment fléchissant sur la jante. Ces roues se sont rompues aux vitesses de 3560 et 3830 tours par minute et vitesses périphériques de 198 mètres par seconde presque la même que pour les roues 1 et 2, de sorte que cette construction ne présente aucun avantage. La roue n° 13 a présenté, après rupture, l'aspect figure 11, avec tous les bras rompus à l'attache de la jante, et la figure 1 donne son aspect aussitôt après l'explosion, avec les débris de la jante enfoncés uniformément dans le bois. La roue n° 14 défonça l'enveloppe de bois réduite en esquilles, en faisant tourner d'un arc de 300 mm. l'enveloppe d'acier, d'un poids de 200 kil.

La roue n° 15, du type figure 12, avait ses bras, venus de fonte avec le moyeu, boulonnés à la jante en deux pièces, avec joints diamétraux et renforcement par des nervures elliptiques; elle se brisa, ainsi que sa pareille, le n° 16, à 2087 et 2175 tours, soit à des vitesses périphériques de 67 mètres par seconde; les bras se rompirent au raccord avec la jante et la jante au milieu des entre-bras; elles étaient aussi fortes que les roues n° 11 et 12, et trois fois plus faibles que les roues à jantes d'une seule pièce.

La conclusion de ces expériences est que, pour des roues de dimensions moyennes et bien proportionnées, la jante d'une seule pièce est de beaucoup la plus sûre, et exige, pour se rompre, une vitesse périphérique de 100 à 120 mètres par seconde.

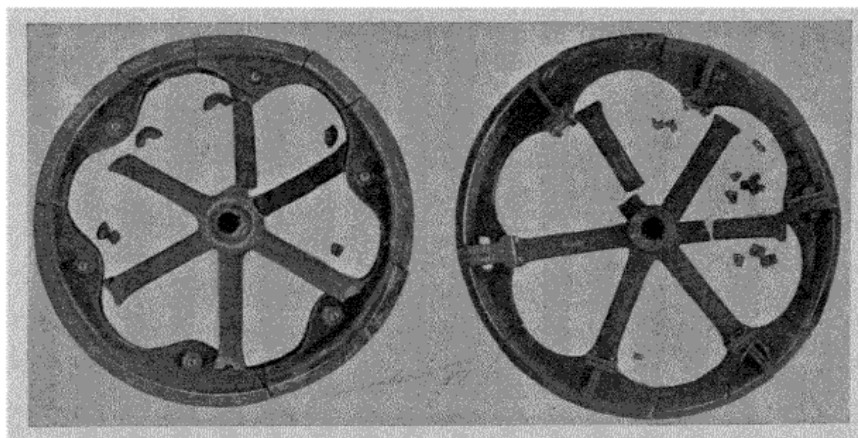


Fig. 11. — Roue n° 13.

Fig. 12. — Roue n° 15.

Les joints ont, tout au plus, le tiers de la résistance de la jante; ceux du type figure 12 sont probablement les meilleurs pour les poulies, et les résultats fournis par les roues fig. 9 et 10 montrent l'avantage de la multiplication des bras.

Jantes de 610 millimètres de diamètre.				Bras.		Poids de la roue. kilogr.
Numéros des roues.	Largeur. millimètres.	Épaisseur. millimètres.	Section. cent. carrés.	Nombre.	Section. cent. carrés.	
1	103	22	23,5	6	6,5	44
2	106	20	24	»	»	43
3	101	21	24,5	»	6,1	42,6
4	»	»	»	»	»	41,6
5	»	»	»	»	»	43
6	»	»	»	»	»	43,5
7	56	56	28,5	8	10,8	55
8	76	63	46	24	0,32	28
9	76	»	»	24	»	28
10	102	20	24	6	6,4	44
11	101	»	23	»	6,3	46
12	»	»	»	»	»	43,5
13	103	21	26	»	»	50
14	»	20	26	»	»	54
15	106	14	19	»	6,4	40
	107	15	19	»	6,4	39,5

Numéros des roues.	Brides des joints.			Boulons.	
	Épaisseur. millimètres.	Largeur. millimètres.	Section. cent. carrés.	Nombre par joint.	Résistance totale à la traction. kilogr.
3	25	61	15,25	4	9 000
4	"	"	"	"	"
5	"	"	"	"	"
6	"	"	"	"	"
10	"	"	"	"	"
11	"	"	"	"	"
12	"	"	"	"	"
15	15	30	4,5	2	8 160
16	"	"	"	"	"

Numéros des roues.	Vitesses de rupture.		Tension centrifuge de la jante.	
	Tours par minute.	Mètres par seconde.	Kilogrammes par millimèt. carré.	Total en kilogrammes.
1	3 700	117	11	26 760
2	3 850	120	11,5	26 760
3	1 800	57	2,6	6 150
4	1 850	58	2,7	6 350
5	1 900	60	2,8	6 750
6	1 850	59	2,7	6 350
7	2 450	76	4,7	13 350
8	4 050	127	12,7	20 000
9	4 050	127	12,7	20 000
10	1 570	49	1,9	4 530
11	2 100	67	3,4	7 800
12	2 200	70	3,7	8 620
13	3 650	115	10,4	27 000
14	3 850	121	12	30 200
15	2 080	66	3,4	6 350
16	2 175	69	3,6	6 900

LES PROGRÈS DE LA MÉCANIQUE AUX ÉTATS-UNIS D'APRÈS *M. S. G. Koon* (1).

Ainsi que le montre le graphique figure 1, le rendement (*Duty*) des pompes à vapeur a, de 1 770 à 1 890, constamment augmenté, mais moins vite vers la fin, la courbe, semblant tendre asymptotiquement vers une limite d'environ 140 000 000 de pieds livres par 100 livres de charbon (420 000 kilogrammètres par kilogramme de charbon), ce qui, avec du charbon d'une puissance calorifique de 8.000 calories, équivalentes à 3.440.000 kilogrammètres, donnerait un rendement thermique total, en eau montée, de 14,40 p. 100, au lieu de 5,05 p. 100 il y a un siècle.

La dépense de charbon par cheval diminue sans cesse, sans ralentissement, en se rapprochant de la dépense d'une livre (0 kil. 450) voisine de la limite.

La courbe des pressions de la vapeur augmente, et très rapidement, dans ces dernières années, entraînant une augmentation corrélative de l'énergie spécifique ou par unité de masse du moteur, puissance qui atteint aujourd'hui facilement 11 chevaux par tonne.

Le diagramme figure 2 donne l'accroissement de la puissance totale des moteurs aux États-Unis, non compris les moteurs hydrauliques; cette courbe et ses compo-

(1) *Sibley Journal of Engineering*, Décembre 1901, p. 113.

santes s'accroissent dans ces dernières années d'une façon très accentuée; cette puissance a passé, en 70 ans, de 1900 000 chevaux à 36 000 000, soit un accroissement de 1800 p. 100, tandis que la population ne s'est accrue que de 493 p. 100; la puissance par tête d'habitant, qui n'était que de 0^{ch},13 en 1830 était de 0^{ch},7 en 1900. En 1830, la puissance totale des machines à vapeur n'était que de 200 000 chevaux environ, contre 20 000 000 en 1900, soit un accroissement de 10 000 p. 100, passant d'un cheval par 64 habitants à un cheval pour moins de 4 habitants. De cette puis-

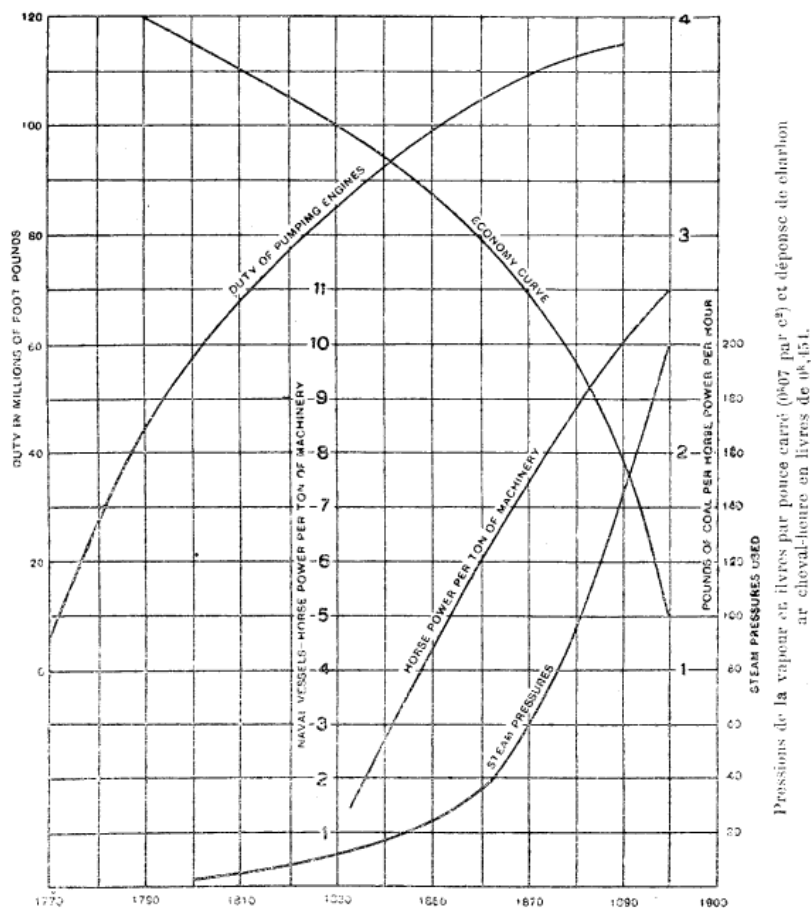


Fig. 1.

sance, il y en a 60 p. 100 de fournis par les locomotives, et ce pourcentage reste presque constant pendant la seconde moitié du dernier siècle; depuis 1880, la puissance des locomotives a augmenté de 128 p. 100, tandis que la population n'a augmenté que de 52 p. 100. Les machines fixes et marines, bien que croissant moins vite que les locomotives, dépassent néanmoins encore la population, ayant augmenté de 100 p. 100 pendant ces 20 dernières années.

En 1830, la puissance manuelle ou de la main-d'œuvre égalait celle des machines

à vapeur, elle n'en est plus aujourd'hui que les 14 p. 100; celle des chevaux augmente un peu plus vite que la population, mais sans accélération notable.

La richesse des États-Unis s'accroît aussi (fig. 3) très rapidement; elle a passé de 9 000 000 000 de dollars, en 1850, à 90 000 000 000 en 1900, soit un accroissement de 900 p. 100, tandis que la population est passée de 27 000 000 à 70 060 000, ou accrue de 230 p. 100, de sorte que le capital par tête d'habitant est passé de 365 à 1 200 dollars,

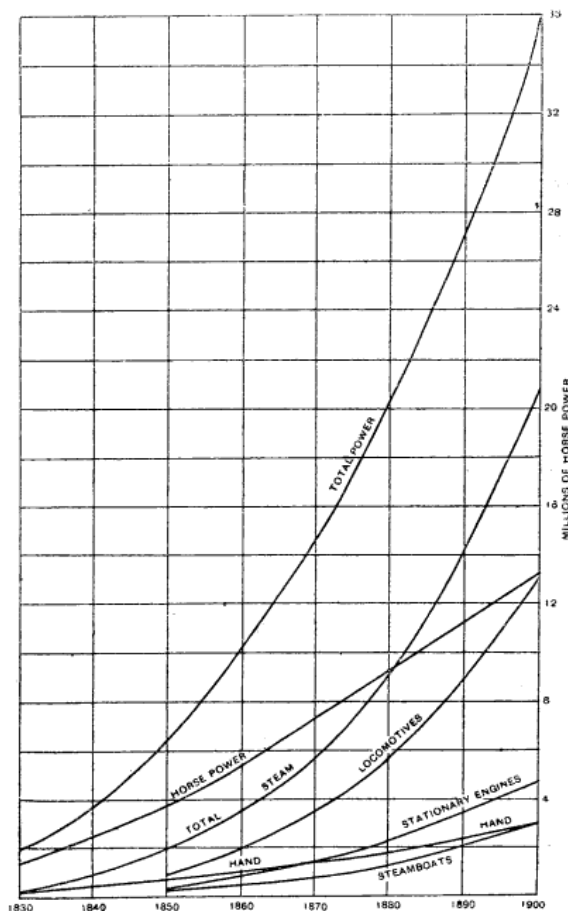


Fig. 2.

soit un accroissement de 230 p. 100; ce dernier progrès faiblit néanmoins, car, tandis que la richesse par habitant a augmenté de 100 p. 100 de 1850 à 1870, elle ne s'est accrue que de 31 p. 100 de 1880 à 1900. On voit que la richesse totale s'est accrue presque de pair avec la puissance des machines à vapeur.

A partir de 1853, la richesse urbaine a très notablement dépassé la richesse rurale; elle constitue aujourd'hui les 75 p. 100 de la richesse totale, et croît d'une façon bien plus accélérée. Les salaires montent aussi très rapidement; ils atteignent aujourd'hui

6 000 000 de dollars par an, ou les 7 p. 100 de la richesse totale, au lieu de 2,5 p. 100 en 1860; les salaires individuels moyens ont passé de 300 dollars par an, en 1860, à 675 dollars en 1900 avec une accélération rapide.

Les courbes de la figure 4 représentent le progrès de la machine à vapeur en

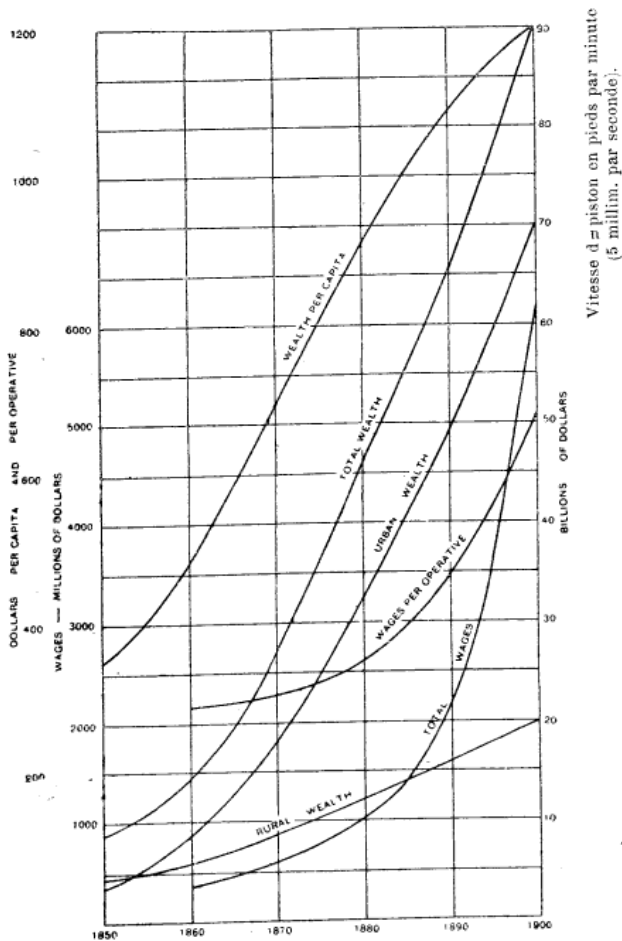


Fig. 3.— (Wealth, richesse. Wages, salaires.)

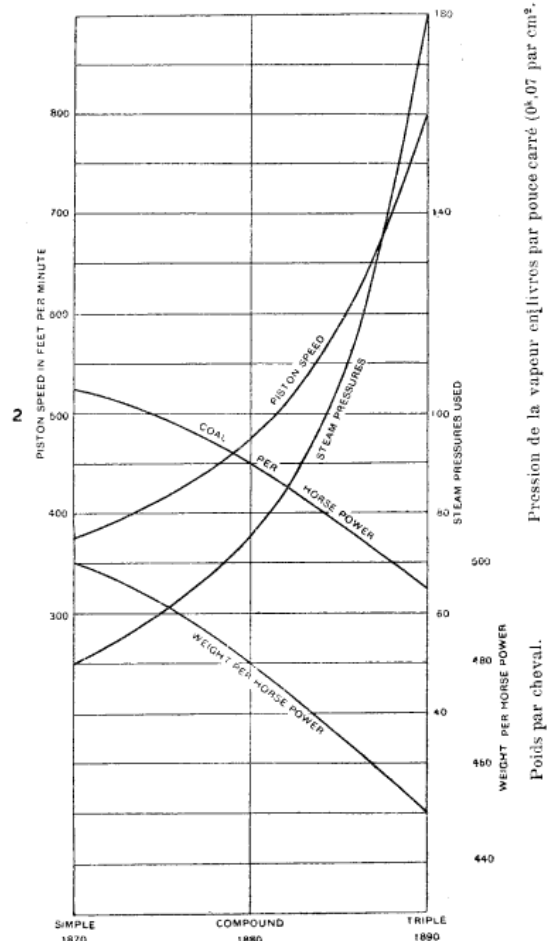


Fig. 4.

passant du type simple au type compound et au type à triple expansion, en 1880 et 1890; à mesure que la pression de la vapeur s'élève, ainsi que la vitesse du piston, la dépense de charbon et le poids des machines par cheval diminuent, ce dernier moins rapidement, en raison de la complication apportée par les détentes multiples.

LE SYSTÈME INTERNATIONAL DE FILETAGE A BASE MÉTRIQUE. COMMUNICATION PRÉSENTÉE
A LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES RÉUNIE A SÈVRES EN OCTOBRE 1901,
par *M. E. Sauvage*.

Les vis sont employées en telle quantité dans l'industrie que l'adoption de types uniformes a une très grande importance, tant pour la facilité du remplacement des pièces que pour l'économie et la rapidité dans la fabrication de ces organes d'assemblage. Aussi, depuis longtemps, de grands efforts ont été faits pour réaliser cette uniformité et de nombreux projets de systèmes de filetage ont été publiés.

Le *Système international*, objet de la présente communication, ne comprend d'ailleurs pas tous les filetages. On peut diviser en cinq catégories principales les vis employées par l'industrie : une première catégorie se compose des vis métalliques servant à l'assemblage des pièces de machines et aux constructions métalliques, dites *vis mécaniques*. On distingue ensuite les vis de petit diamètre, dites *vis horlogères*, la séparation se plaçant au diamètre de 6 millimètres, commun aux deux catégories. Viennent ensuite les *vis tracées sur des tubes*, puis les *vis spéciales*, telles que les vis servant à des transmissions de mouvement, à des mesures micrométriques, ou à divers usages exigeant des dispositions spéciales. En cinquième lieu, les *vis à bois* pratiquent elles-mêmes leur logement dans une matière relativement molle.

La présente communication a trait seulement aux vis mécaniques.

Deux importants systèmes de vis mécaniques existent depuis longtemps : le système Whitworth, qui remonte à l'année 1840, employé en Angleterre et parfois aussi sur le continent européen, et le système Sellers, proposé en 1864 et adopté aux États-Unis. Mais ces systèmes, ayant pour base le pouce anglais, n'ont pu être adoptés généralement dans les pays qui font usage du Système métrique. Un grand nombre de systèmes de filetage, ayant pour base le mètre, ont été proposés dans ces pays; et, jusqu'à ces dernières années, suivant l'exemple donné par l'Angleterre et par les États-Unis, ces études étaient restées confinées dans les pays où elles se produisaient, les difficultés multiples du sujet faisant juger chimérique l'espoir d'une entente internationale.

Parmi les nombreuses propositions relatives aux vis mécaniques, on peut citer, en Allemagne, celles de Reuleaux, de Redtenbacher, de Delisle, et surtout celle de l'*Union des Ingénieurs allemands*, établie à la suite d'une longue enquête et de conférences tenues en 1891 et 1892; en France, les propositions d'Armengaud, de Poulot, de Polonceau, et surtout celle de la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, définitivement arrêtée en 1894, sous le nom de *Système français*, à la suite d'une enquête très étendue et d'une sorte de Congrès des intéressés. Ce *Système français* recut très rapidement des applications nombreuses en France, par suite de son adoption par la Marine nationale, par la plupart des Compagnies de chemins de fer et par de grands industriels.

Cependant l'idée de l'unification se répandait de plus en plus, si bien que l'adoption d'un système international cessa de paraître impossible à espérer. L'*Union des Industriels mécaniciens suisses* entreprit cette tâche dès 1893. Après une longue étude de la question, pour laquelle elle convoqua des représentants de l'*Union des Ingénieurs allemands* et de la *Société d'Encouragement française*, l'*Union suisse* réunit à Zurich, en octobre 1898, un grand Congrès international, auquel furent convoqués des représentants des principales sociétés techniques du monde entier. Parmi les ingénieurs et industriels qui prirent la part la plus active aux travaux de ce Congrès, on peut citer les représentants de l'Allemagne, de l'Autriche, de la France, de la Hollande, de l'Italie, de la Russie et de la Suisse. Ce Congrès arrêta les règles d'un système de filetage pour les vis mécaniques, à base métrique, qui fut dénommé *Système international* (S. I.).

Ce Congrès n'ayant pu fixer d'une manière convenable une partie accessoire du système, les ouvertures des clefs de serrage, confia à une Conférence internationale le soin de compléter son œuvre sur ce point de détail; cette Conférence termina ses travaux en octobre 1900.

Le Système international, ainsi établi, a déjà reçu de nombreuses applications, et notamment en France, où les Compagnies de chemins de fer n'hésitèrent pas à le substituer au Système français, qu'elles avaient déjà adopté. Les deux systèmes ont d'ailleurs beaucoup d'analogies: la seule différence fondamentale existe pour les diamètres de 8 millimètres et 9 millimètres, d'une part, et 12 millimètres et 13 millimètres, d'autre part, qui ont respectivement des pas de 1 millimètre et 1^{mm},5 dans le Système français et de 1^{mm},25 et 1^{mm},75 dans le Système international.

Les règles du Système international de filetage (S. I.) sont données ci-après. Les points principaux sont les suivants: la forme du filet est des plus simples: c'est un triangle équilatéral avec troncatures rectilignes. C'est le profil choisi par Sellers et adopté aux États-Unis; les praticiens les plus éminents ont approuvé cette forme, au point de vue de la convenance et de la précision de l'exécution. Le diamètre des vis est compté sur l'extérieur de la vis pleine ou boulon, après troncature du profil des filets, c'est-à-dire sur le filet théorique réel. Le diamètre est exprimé par un nombre entier de millimètres, depuis la limite inférieure de 6 millimètres jusqu'à la limite supérieure de 88 millimètres: une *série normale* de vingt-neuf diamètres, convenablement graduée, satisfait à presque tous les besoins usuels.

Le système présente un détail intéressant en ce qui concerne la réalisation des profils théoriques prescrits. Il est clair que ce profil, simple conception géométrique, ne peut être réalisé rigoureusement; d'autre part, pour un système destiné à des applications très variées, comportant des degrés de précision très divers, on ne pouvait songer à prescrire des limites supérieures et inférieures des profils. Aussi la forme géométrique de la vis est définie comme un *profil limite*, aussi bien pour la vis pleine que pour la vis creuse correspondante, cette limite étant toujours par excès pour la vis pleine, et par défaut pour la vis creuse; en d'autres termes, la vis pleine doit toujours être à l'intérieur du profil limite, et la vis creuse à l'extérieur de ce même profil.

On voit que cette condition assure le montage de tous les écrous sur toutes les vis pleines de même diamètre; quant au jeu qui existera entre les deux pièces, il variera suivant la destination des vis et la précision de l'outillage de fabrication.

De grands efforts sont faits pour la diffusion du système, notamment en Allemagne, en France, en Hollande, en Italie, en Suisse. En Italie, la *Société des Ingénieurs et Architectes de Turin* a présenté, à un Congrès tenu à Bologne en 1892, un excellent Mémoire sur la question. En Hollande, l'*Institut royal des Ingénieurs néerlandais* a entrepris de continuer la tâche du Congrès de Zurich par l'étude des filetages sur tubes. De nombreux constructeurs livrent les vis du Système international et l'outillage pour les fabriquer. Des calibres de grande précision ont été établis, notamment par MM. Bariquand et Marre, à Paris; L. Lowe et C^{ie}, à Berlin; J.-E. Reinecker, à Chemnitz; la Société anonyme pour la fabrication des outils Reishauer, à Zurich. La question de l'établissement de vis prototypes, construites avec la précision la plus grande actuellement possible, mériterait d'être examinée par le Comité international des Poids et Mesures.

M. Chaney fait la déclaration suivante:

Il serait fort à désirer que la Conférence générale voulût bien exprimer dès maintenant un avis au sujet de la question d'un filet international.

Les différents systèmes de filets actuellement en usage en Europe et en Amérique sont arbitraires et basés partiellement sur des unités de mesure qui n'admettent pas l'interchangeabilité des pièces dans les instruments ou les machines. Il serait donc à désirer qu'il existât un système uniforme et international à l'égard des filets.

En Grande-Bretagne, cette question a récemment été l'objet d'une délibération sérieuse.

Un Comité officiel devra s'occuper de la question des filets principaux. L'Association britannique pour l'avancement des Sciences, de son côté, a récemment proposé certains types de filets, et, quoique ladite Association ne soit pas représentative, elle possède néanmoins une grande importance pour tout ce qui a trait aux recherches scientifiques.

M. Foerster déclare qu'il n'y a pas lieu, pour la Conférence, d'émettre sur ce sujet un vote formel. Le Comité international sera appelé à délibérer sur la question, et il tiendra compte de l'intérêt que la Conférence a pris à cette communication. Il mentionne, à ce propos, qu'à Berlin, dans la *Reichsanstalt*, on a créé des modèles de pas de vis à base métrique. Pour les diamètres de 1 millimètre jusqu'à 10 millimètres, la pratique a fait un usage croissant des vérifications qui, sur cette base, lui ont été offertes par la *Reichsanstalt*. Il incombera au Bureau international de contribuer pour sa part au développement de ces vérifications et unifications si utiles.

M. le Président est d'avis qu'il convient d'encourager cette propagande, et même de l'étendre à tous les genres de pas de vis. Il remercie, au nom de la Conférence, M. Sauvage de son intéressante communication.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 27 décembre 1901

Présidence de M. VOISIN BEY, vice-président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part du décès de deux membres de la Société, MM. P. Hugon, ingénieur, directeur de la Société du gaz de Paris et L. E. Payen, industriel, caissier en chef de la Société l'Aigle.

M. T. Langevine, 1, rue de l'Église, à Saint-Gratien, demande une annuité de brevet pour une *machine à matelasser les selles de cavalerie*. (Agriculture.)

M. Roteau remercie le Conseil de sa nomination comme membre du Comité des Arts mécaniques.

M. Liard, directeur de l'Enseignement supérieur, adresse à la Société la circulaire suivante :

Comme suite à ma circulaire en date du 8 juillet dernier, j'ai l'honneur de vous annoncer que le Congrès des Sociétés savantes s'ouvrira, à la Sorbonne, le mardi 1^{er} avril prochain, à 2 heures précises. Ses travaux se poursuivront durant les journées des mercredi 2, jeudi 3 et vendredi 4 avril.

Le samedi 3 avril, je présiderai la séance générale de clôture, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne.

Je vous serai obligé, Monsieur le Président, de vouloir bien, par un avis spécial et très explicite, communiquer, le plus tôt qu'il vous sera possible, ces dispositions aux membres de votre Société qu'elles peuvent intéresser.

M. Bolens remercie la Société de l'annuité du brevet qui lui a été accordée pour son Robinet verseur.

M. A. M. Bossus, 17, rue des Fermiers, demande une annuité de brevet pour un *appareil automatique à tirelire*. (Arts mécaniques.)

M. A. Crappi, 10, rue Poveriera, Rome, présente pour concourir au *prix des transmissions mécaniques* son mémoire sur les transmissions pour bielles et manivelles.

M. Barillet, 89, rue Turbigo, dépose un pli cacheté sur la *solubilisation de la caséine en vue de la préparation des couleurs à l'eau et d'autres applications*.

M. V. Humbert, rue du Parc, Luxeuil-les-Bains, présente un *ventilateur pour cheminées*. (Arts mécaniques.)

M. Riboulet, à Bicêtre, présente un *moteur hydraulique*. (Arts mécaniques.)

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. E. Rigo, directeur de l'usine de Saint-Marcelle, à Haument. Nord, présenté par *M. Demenge*.

M. E. Sartiaux, ingénieur, chef des services électriques au chemin de fer du Nord, présenté par *MM. Mascart* et *Richard*.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés au *Bulletin* de décembre.

CONFÉRENCE. — *M. Lindet* fait une conférence sur *les lampes et les réchauds à alcool, présentés au concours de 1901*.

M. le Président, s'associant aux applaudissements de l'auditoire, remercie vivement *M. Lindet* de sa conférence à la fois si savante et si claire, qui sera insérée le plus tôt possible au *Bulletin*.

Séance du 10 janvier 1902.

Présidence de *M. LINDER*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part du décès de *M. Thirion*, ingénieur-conseil, membre de la Société d'Encouragement, et de *M. Bonjour*, inventeur mécanicien des plus ingénieux, lauréat et membre de la Société d'Encouragement.

Sont déposés deux plis cachetés, l'un d'un anonyme relatif à des *droits de priorité en faveur de l'industrie française* et l'autre de *M. E. Basse*, fondeur d'antimoine à *La Fage*, relatif à des *procédés de perfectionnement dans le traitement métallurgique de l'antimoine*.

M. L. Faugerre, 6, place de la Liberté, Nice, présente un *alambic*. (Agriculture.)

M. Buisson, ouvrier peaussier, se recommande à la Société. (Bureau.)

M. Rigo remercie le Conseil de sa nomination de membre de la Société d'Encouragement.

M. le Président informe le Conseil qu'il a reçu du Comité de la classe 64 de l'*Exposition de 1900*, une somme de 5 000 francs pour être affectée, par les soins de la Société d'Encouragement, à des recherches intéressant directement la métallurgie. Il se fait, auprès du Comité de la classe 64, l'interprète de la reconnaissance de la Société.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 136 du présent *Bulletin*.

Rapport sur la Ramie, par *M. E. Darcy*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et approuvés les rapports de :

M. H. Fontaine, au nom du Comité des Arts économiques sur le *filtre dégrossisseur Puech*.

M. Brull, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur la *chaudière Lagosse*.

COMMUNICATION. — *M. Bloche* fait une communication sur le *bioxyde de barium et l'eau oxygénée*.

M. le Président remercie M. Bloche de son intéressante communication qui sera renvoyée au comité des Arts chimiques.

ÉLECTIONS. — Sont réélus, à l'unanimité des votants, comme membres du Bureau de la Société :

MM. Linder, président; *Le Chatelier*, *Lindet*, *Violle* et *Voisin Bey*, vice-président; *Collignon*, secrétaire; *Goupil de Prefeln*, trésorier; *Simon* et *Bordet*, censeurs.

Sont nommés membres du Conseil : Au Comité des Arts mécaniques, *M. Rateau*; au Comité du Commerce, *M. A. Legrand*; au Comité d'Agriculture, *MM. Ringelmann*, *Tétard* et *Hitier*.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JANVIER 1902

De la *Société d'Agriculture et de Commerce de Caen*. **Bulletin**. Août, Novembre 1901. Caen, Imprimerie Valin.

Comment on défend son vignoble, par M. G.-F. de Champville. In-18, 70 p. Paris, Édition mutuelle, 29, rue de Seine.

De la *Smithsonian Institution* **Miscellaneous Collections**. Vol. LXII (1901). In-8°, 1044 p. Washington.

De la *Chambre Syndicale des fabricants et des constructeurs de matériel pour chemins de fer et tramways*. **Circulaires**. 1901.

Encyclopédie universelle des industries tinctoriales, par M. J. Gascon, fascicule 54. *Society of Dyers and Colourist of Bradford* ». In-8°, 280 p. Paris, 40 bis, rue Fabert.

International Engineering Congress Glasgow. Section VIII. **Gas**. In-8°, 203 p. **Iron and steel Institute**. Vol. LX.

A travers la matière et l'énergie, par M. le Dr Blaise. In-8°, 337 p., 68 fig. Paris. Delagrave.

Du ministère de l'Instruction publique. **Réunion des Sociétés des Beaux-Arts des départements en 1901**. In-8°, 700 p. Paris, Plon-Nourrit.

Congrès international de physique (Exposition de 1900). Vol. IV. *Procès-verbaux annexés. Liste des membres*. In-8, 170 p. Paris, Gauthier-Villars.

Rapport sur la Ramie, par M. E. Darcy.

Annuaire du commerce et de l'industrie photographique, par M. Mendel. In-8°, 430 p. Paris, aux bureaux de la Photographie, 18, rue d'Assas.

Mémorial du génie maritime, 3^e série, fascicule II.

Donnés par M. E. Simon, **Journal des papetiers, Revue de la Chapellerie et Le Travail national**, années 1901.

La Culture des fraises dans la région de Saint-Geniez (Aveyron), par M. E. Marre. In-8°, 30 p. Montpellier, Coulet et fils.

De l'Australasian Association for the Advancement of Science. **Proceedings**, 1900. In-8°, 400 p. Melbourne.

De la Smithsonian Institution. **Annual Report. 1900**. In-8°, 760 p. Washington, Government printing Office.

Les Syndicats industriels de producteurs en France et à l'étranger, par M. P. de Rousiers. In-8°, 290 p. Paris, Colin.

Boletín de Obras Publicas de la Republica Argentina. Année 1901, 1^{er} semestre.

Sulla trasmissione del Lavoro mediante meccanismo di Biella e Manovella. In-8°, 28p. Roma, Tipolitografia del genio civile.

Réseau général des forces naturelles hydro-électriques. Étude par M. Mahl. In-8°, 6 p. Paris, imprimerie Malherbe.

En Indo-Chine. Du sous-sol. Conférence de M. J.-M. Bell. Extrait du *Bulletin de la Société de Géographie commerciale*.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Décembre 1901 au 15 Janvier 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> . . . Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> . . . Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> . . . Annales de la Construction.	<i>MC.</i> . . . Revue générale des matières colo- rantes.
<i>ACP.</i> . . . Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> . . . Nature (anglais).
<i>AM.</i> . . . Annales des Mines.	<i>PC.</i> . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> . . . American Machinist.	<i>Pm.</i> . . . Portefeuille économ. des machines.
<i>Ap.</i> . . . Journal d'Agriculture pratique.	<i>RCp.</i> . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
<i>APC.</i> . . . Annales des Ponts et Chaussées.	<i>Rgc.</i> . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
<i>Bam.</i> . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	<i>Rgds.</i> . . . Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> . . . Revue industrielle.
<i>CN.</i> . . . Chemical News (London).	<i>RM.</i> . . . Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rmc.</i> . . . Revue maritime et coloniale.
<i>CR.</i> . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Rs.</i> . . . Revue scientifique.
<i>DoL.</i> . . . Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>Rso.</i> . . . Réforme sociale.
<i>Dp.</i> . . . Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>RSL.</i> . . . Royal Society London (Proceedings).
<i>E.</i> . . . Engineering.	<i>Rt.</i> . . . Revue technique.
<i>E'.</i> . . . The Engineer.	<i>Ru.</i> . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
<i>Eam.</i> . . . Engineering and Mining Journal.	<i>SA.</i> . . . Society of Arts (Journal of the).
<i>EE.</i> . . . Eclairage électrique.	<i>SAF.</i> . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
<i>Elé.</i> . . . L'Électricien.	<i>ScP.</i> . . . Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Ef.</i> . . . Économiste français.	<i>Sie.</i> . . . Société internationale des Électri- ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> . . . Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
<i>Es.</i> . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
<i>Fi.</i> . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	<i>SL.</i> . . . Bull. de statistique et de législation.
<i>Gc.</i> . . . Génie civil.	<i>SNA.</i> . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
<i>Gm.</i> . . . Revue du Génie militaire.	<i>SuE.</i> . . . Stahl und Eisen.
<i>IC.</i> . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).	<i>USR.</i> . . . Consular Reports to the United States Government.
<i>Ie.</i> . . . Industrie électrique.	<i>VDI.</i> . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
<i>Im.</i> . . . Industrie minérale de St-Étienne.	<i>ZOI.</i> . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten- Ve- reins.
<i>IME.</i> . . . Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	
<i>IoB.</i> . . . Institution of Brewing (Journal).	
<i>La.</i> . . . La Locomotion automobile.	
<i>Ln.</i> . . . La Nature.	
<i>Lo.</i> . . . Locomotion.	

AGRICULTURE

- Avoine* (Culture de l'). (Grandeau.) *Ap.* 9 Janv., 38.
- Betteraves*. Dosage rapide du sucre (Hultner et Thatcher). *Ms. Janv.*, 64.
- Chevaux*. Emploi du sucre dans leur alimentation à l'armée. *Ag.* 28 Déc., 1017.
- Traitement des vices d'aplomb et d'allures par la gymnastique (Delpérier). *Ap.* 2 Janv., 20.
- Cidre* (Lavage des pommes à). Laveur Simon. *Ag.* 21 Déc., 977.
- Élevage* (Ferme d') dans le Cher (Hitier). *Ap.* 2 Janv., 11.
- Emblavures de printemps*. Orge et avoine (Grandeau). *Ap.* 26 Déc., 813; 2 Janv., 10.
- Engrais**. Fumures pour arbres forestiers. *Ag.* 4 Janv., 18.
- Détermination de l'azote disponible dans les engrais du commerce (Street). *Ms. Janv.*, 54.
- (Taux de nitrification des). *Ms. Janv.*, 58.
- Fourrages* (Analyse complète des) (Brown et Fraps). *Ms. Janv.*, 61.
- Grains*. Conservation dans les greniers (Huart). *Gc.* 4 Janv., 161.
- Platane*. Son utilisation. *Ap.* 9 Janv., 42.
- Prusse*. Récoltes en 1901. *Ap.* 19 Déc., 782.
- Trèfle*. Culture en terrains sans calcaires (De moussy et Dehérain). *CR.* 25 Déc., 1174.
- Vignes**. Greffes-boutures en Champagne. *Ag.* 21 Déc., 987; 4 Janv., 24.
- Fabrication des tonneaux et outres. *Ap.* 19 Déc., 794.
- Soins des vins et outillage moderne des chais. *Ap.* 19 Déc., 796.
- La crise viticole. *Ap.* 26 Déc., 816.
- Désinfection des fûts par l'acide sulfurique à l'état naissant. *Ag.* 28 Déc., 1020.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer**. Transsaharien et la mission Foureaux-Lamy. *Ef.* 21 Déc., 843.
- Anglais. Rapport du Board of Trade. 1899. *Rgc. Janv.*, 44. Récoltes en 1900. *Id.*, 83.

- Chemins de fer**. Métropolitain New-York. *E.*, 27 Déc., 837; 3 Janv., 11, 43.
- — à tubes. *C'*. 10 Janv., 41.
- *Électriques* Bremen-Elberfeld. *Gc.* 28 Déc., 137; *Rgc. Janv.*, 14.
- — de Barnier. *VDI.* 4 Janv., 8.
- — Berthoud à Thoun. *Gc.* 11 Janv., 175.
- Éclairage électrique des trains* (Stone). *Bam.* Déc., 1343.
- Locomotives** américaines en Angleterre. *E'*. 20 Déc., 619.
- à l'Exposition de 1900. *VDI.* 21 Déc., 1809.
- articulées Hagans. *RM.* Déc., 699.
- Compound des chemins hongrois. *E.* 27 Déc., 867. Atcheson-Topeka, *RM.* Déc., 703. Valve de démarrage Worsdell. *RM.* Déc., 706.
- (Équilibrage des). *E'*. 20 Déc., 631.
- Économie de charbon. *Rgc. Janv.*, 88.
- Accumulateur de vapeur Halpin. *RM.* Déc., 703.
- Chaudière à tubes d'eau Drummond. *RM.* Déc., 705.
- — au pétrole des Gulf-Colorado. *Id.* 706.
- — à voie de 760 des mines de Vajda Hunyad. *E.* 3 Janv., 13.
- Résistance des trains*. *E'*. 27 Déc., 654. Nouvelles formules. *Gc.* 11 Janv., 179.
- Signaux*. Appareil à pétard talonnable en voie unique (Louras). *Rgc. Janv.*, 12.
- Block. électrique Cardani-Servator, Siemens et Halske. *Rgc.* 53, 60.
- Station* Victoria à Birmingham. *E.* 20 Déc., 831.
- Vitesses* des express en Amérique et en Europe. *Rt.* 21 Déc., 543.
- Voitures* de la Compagnie des wagons-lits. *Rgc. Janv.*, 3.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles** (Progrès des). *Ef.* 21 Déc., 843.
- Puissance à la jante. *Lo.* 21 Déc., 199.
- Camions militaires. *E.* 21 Déc., 843.
- *électriques* Mildé. *Lo.* 21 Déc., 194.
- — Au Salon du Cycle. *Id.* 23 Déc., 563.
- — (Batteries d'accumulateurs pour). *Élé.* 4 Janv., 6.

Moteur à vapeur « La Locomobile ». *E'*. 20 Déc., 622.

— — Camions Thornycroft. Mann, *RM.* Déc., 709.

— — Condenseur Mac-Laren. *RM.* Déc., 711.

— à pétrole Fouillardon. *Lo.* 21 Déc., 186. Vilain. *Id.*, 190; Wolsclay Mors. *RM.* Déc., 708.

— — Bollée. de Dion. Lepape, Shandel. *Lo.* 28 Déc., 203, 212; 4, 11 Janv., 3-21. Bicyclette Hafelfinger. *Lo.* 9 Janv., 23.

— Freins Deschamps. *Lo.* Rassinier. 24 Déc., 198, 209.

— Transmissions par poulies extensibles Fouillardon. *Lo.* 21 Déc., 187.

Tramways. *Électriques.* Calcul de la puissance des moteurs (Peck). *EE.* 20 Déc., 433.

— — et à câbles. Dépenses et recettes à New-York. *EE.* 11 Janv., 62.

— — Puissance indiquée d'un moteur de tramway. *Élé.* 28 Déc., 404.

— à contacts Barbillon-Griffisch. *RI.* 23 Déc., 553.

— (Cric pour les). (Golightly.) *E.* 27 Déc., 881.

— Emploi des enregistreurs électriques (Jacquin). *EE.* 4 Janv., 17.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acétylène. Lanterne Desponts et Godefroy. *Lo.* 21 Déc., 196.

Air. Pouvoir refroidissant et conductibilité (Compan). *CR.* 23 Déc., 1200.

Acoustique. Phonétique expérimentale. *N.* 26 Déc., 182.

Alcool (Chauffage par l'). *Ap.* 19 Déc., 793.

— (Lampes à). *Lu.* 21 Déc., 36.

Acide nitrique. Fabrication (Volney). *Ms.* Janv., 23; *Cs.* 31 Déc., 1189.

Alumine et oxyde de fer. Action mutuelle à la chaleur blanche (Warth). *CN.* 27 Déc., 303.

— et sulfate d'aluminium, préparation (Bronn). *Ms.* Janv., 27.

Bismuth (Essais du) (Warwick et Kyle). *CN.* 3 Janv., 3.

Brasserie. Maltage au tambour (Briant et Vaux). *IoB.* Déc., 404. Emploi des

eaux souterraines (Lapworth). *Id.*, 443. Divers. *Cs.* 31 Déc., 1226.

Brome. Méthode d'extraction (Anson et Betts). *Ms.* Janv., 23.

Bichromates alcalins. Fabrication (Beltrac). *Rep.* 15 Déc., 658.

Blanchiment. Teintures et apprêts à l'Exposition de 1900. *Ge.* 11 Janv., 176.

Carbures de calcium. Pouvoir réducteur (Kugelgen). *Rcp.* 29 Déc., 690.

Chaux et Ciments. Divers. *Cs.* 31 Déc., 1211.

— Inspection et essais des ciments (Humphrey). *Fi.* Déc., 441.

— Congrès des méthodes d'essai à Budapest. *IC.* Nov., 773.

— Coefficient de dilatation *Le Ciment.* Déc., 183.

— Ciment Portland, perfectionnements à la fabrication. *Le Ciment.* Déc., 369.

Chimie des pâtisseries (Jago). *SA.* 27 Déc., 93; 10 Janv., 118.

— minérale. Revue annuelle (Lebeau). *RCp.* 29 Déc., 677.

Chlore et ammoniac. Réactions (Noyer et Lyon). *CN.* 10 Janv., 14.

— (Hydrate de). Chaleur de formation (de Forcrand). *CR.* 30 Déc., 1304.

Chlorure d'ammonium. Action sur les silicates (Clarke et Stuger). *American Journal of Science.* Janv., 27.

Colloïdes (Remarques sur les). (Uyronboff). *ScP.* 20 Déc., 1016.

Dissolutions salines. Constantes de dilution (Colson). *CR.* 23 Déc., 1207.

Eau oxygénée. Action sur l'oxyde d'argent (Berthelot). *AcP.* Janv., 78.

Enseignement de la chimie en Allemagne. *N.* 26 Déc., 174.

Essences et parfums. *Cs.* 31 Déc., 1231.

Évaporation des jus (Jordan). *E.* 3 Janv., 3.

Explosifs (Analyse des) (Smith). *CN.* 10 Janv., 17.

Fermentation. Théorie chimique (Cohen). *IoB.* Déc., 426.

Goudron de houille. Progrès de l'Industrie en ces 15 dernières années (Green). *MC.* 1 Janv., 4.

Graphite. Préparation, procédé Acheson. *Ms.* Janv., 38.

Hautes températures. Nouveaux procédés d'obtention. Applications à la chimie (Montant). *RCp.* 29 Déc., 683.

- Huiles de commerce.** Chaleur de combustion (Shermann et Snell). *Ms. Janv.*, 46.
 — *de citron.* Son industrie (Burgers et Child). *Cs.* 31 Déc., 1178.
- Hydrogène solide.** (Dewar). *SA.* 20 Déc., 293.
- Hydrocarbures élevés.** Constantes critiques et complexité moléculaire (Guge et Mallet). *CR.* 30 Déc., 1287.
- Hypochlorite de chaux.** Formation et propriétés (Octz). *Ms. Janv.*, 43.
- Hydrate cuivrique.** Action sur les dissolutions des sels métalliques (Mailhe). *CR.* 6 Janv., 42.
- Laboratoire.** Appareil à combustion Schimmer. *Fi. Déc.*, 469.
 — Divers. *Cs.* 31 Déc., 1240.
 — Emploi et sensibilité de la teinture de tournesol (Berthelot). *ACP. Janv.*, 39.
 — Dosage volumétrique de l'alumine pour l'industrie (Cyzander). *CN.* 20, 27 Déc., 206, 306.
 — — des mélanges d'alcools terpéniques et de leurs éthers par l'acide salicylique (Arzens et Armagnat). *ScP.*, 20 Déc., 1033.
 — — quantitatif du cadmium (Miller et Page). *CN.* 27 Déc., 312.
 — — du silicium dans les ferro-siliciums à haute teneur par le peroxyde de sodium (Ramorino). *Ms. Janv.*, 18.
 — — de l'acide tartrique total dans les lies et les tartres (Hubert). *Ms. Janv.*, 19.
 — — de l'acide arsénieux dans le vert de Paris (Avery et Beans). *CN.* 10 Janv., 15.
 — — du manganèse, méthode de Williams, modifiée (Bolling). *CN.* 10 Janv., 16.
 — Titrage, à l'aide des colorants, des acides et des alcalis à fonction complexe (Berthelot). *ACP. Janv.*, 53.
- Mercerisage du coton.** Rôle de la réfrigération (Kurr). *MC.* 1^{re} Janv., 1.
- Molybdène.** Pluralité des oxydes bleus (Bailhache). *CR.* 23 Déc., 1210.
- Oléine du commerce,** détermination des composés non saponifiables (Neff). *Ms. Janv.*, 52.
- Optique.** Pression des rayons lumineux. *E.* 27 Déc., 874.
- Optique.** Dispersion anormale de la vapeur de sodium (Wood). *RSL.* 24 Déc., 137.
 — Mesures des longueurs d'onde en valeurs absolues. Spectre solaire et spectre du fer (Fabry et Pérot). *ACP. Janv.*, 98.
- Oxygène.** Propriétés basiques (Baejer et Villiger). *Ms. Janv.*, 5.
- Peroxyde d'hydrogène.** Action sur l'acide permanganique. *Ms. Janv.*, 16.
- Potassium (Hydruure de).** Préparation (Moissan). *CR.* 6 Janv., 18.
- Photographie.** Progrès et peroxyde d'hydrogène (Milne), *N.* 2 Janv., 200.
- Radiographie.** Emploi de papier sensible aux Rayons X (Wilbert). *Fi. Déc.*, 463.
- Sulfate d'ammoniaque.** *E.* 3 Janv., 19.
- Sucrerie.** Chaleur de fermentation (Brown). *Ms. Janv.*, 67.
 — Divers. *Cs.* 31 Déc., 1224.
 — Acide oxalique dans les écumes de saturation (Andrlick). *Ms. Janv.*, 60.
 — Perte d'alcalinité des jus pendant l'évaporation (Andrlick). *Ms. Janv.*, 70.
- Strontium métallique** et son hydrure (Guntz). *CR.* 23 Déc., 1209.
- Sulfocyanure de cuivre.** Influence de l'acide chlorhydrique sur sa précipitation (Van Name). *American Journal of science, Janv.*, 20.
- Thermomètre à éther** et pétrole (Baudin). *CR.* 23 Déc., 1207.
- Tannage.** Cuirs belges. Composition, influence des eaux de tannage. *Cs.* 31 Déc., 1223.
- Teinture.** A l'Exposition de 1900. *Gc.* 4 Janv., 138.
 — Divers. *Cs.* 31 Déc., 1200.
- Tourmaline.** Constitution (Clarke). *CN.*, 10 Janv., 13.
- Tour de condensation** pour vapeurs nuisibles Climmer. *Cs.* 31 Déc., 1208.
- Vanadium.** Extraction et emploi (Smith). *Cs.* 31 Déc., 1183.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Amérique latine (L').** *Ef.* 11 Janv., 33.
- Assurances** (Lois sur les) en Allemagne. *USR.* Déc., 465.

- Canada.* Situation économique. *Ep.* 28 Déc., 881.
- Commerce* de détail. Organisation à Berlin. Guerre du lait. *Ef.* 4 Janv., 6.
- États-Unis.* Rapport du secrétaire du trésor. *SL.* Déc., 684.
- France.** Le Budget. *Ef.* 21, 28 Déc., 841, 877.
- Dénombrement de 1901. *Ef.* 11 Janv., 42.
- Mouvement des professions de 1866 à 1896. *Ef.* 4 Janv., 8.
- Grève* (Droit à la) et le contrat de travail. *Ef.* 4 Janv., 4.
- Impôt personnel* sur le revenu en Autriche (1898-1900). *SL.* Déc., 657.
- Lois ouvrières.* Codification. *Ef.* 11 Janv. 37.
- Nouvelle route commerciale de Perse*, par Nuskee et Siston (Pinton). *SA.* 20 Déc., 65.
- Puissance* (Prix de la). (Gray.) *Fi.* Déc., 421.
- Retraites ouvrières.* Projet de loi. *Musée social.* Déc.
- Rôle des préoccupations industrielles dans les recherches de science pure.* (Le Châtelier). *Rgds.* 30 Déc., 1098.
- Russie.* Chemins de fer et budget russe pendant les 15 dernières années. *SL.* Déc., 666.
- Socialisme* (Origine du) (des Cileuls). *Rso.* 1^{er} Janv. 88.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

- Ciment armé** (Essai de). Rupture d'une poutre (Tedesco). *Rt.* 21 Déc., 541.
- Applications (Boyer). *EM.* Janv., 559.
- Ponts** en acier. Spécification générale. *E.* 20 Déc., 636.
- du Godavari (Inde). *E.* 31 Janv., 12, 40.
- du Necker à Mannheim. *VDI.* 11 Janv., 43.
- Tournant du Winnington. *E.* 27 Déc., 863.
- Viaduc de Kiuzna. *SuE.* 1^{er} Janv. 22.
- Efforts dans les poutres de (Lea). *E.* 3 Janv., 25.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs** pour automobiles. *EE.* 11 Janv., 66.

- Accumulateurs.** Plaques Geoffroy, Delore, D'Arsonval et Voujois. *EE.* 11 Janv., 68.
- Canalisations aériennes* (Les). (Roux). *ScE.* Déc., 608.
- Commutation* (Chimie de la) (Pichelmayer). *EE.* 11 Janv., 63.
- Décharge électrique.* Divers. *EE.* 11 Janv., 70.
- Distribution.** Marche en parallèle dans les systèmes à courants alternatifs (Meyer). *EE.* 21 Déc., 432.
- Calcul des réseaux de courants continus et alternatifs (Cahen). *EE.* 28, 477.
- Dynamos.** *Moteurs* à courant alternatif simple sans balais et autodémarreur Fisher Hinnen. *EE.* 21 Déc., 431.
- — Applications des moteurs électriques. *Élé.* 28 Déc., 405.
- — Mise en train Luc. Court. pour moteurs asynchrones triphasés. 482; Siemens et Halske pour moteurs à courants continus. *Id.*, 483.
- — Freins pour moteurs shunt. *EE.* 28 Déc., 483.
- Éclairage.** *Arc.* Compagnie générale d'électricité de Creil. *Élé.* 28 Déc., 401.
- — Lampe Bremer. *Rt.* 28 Déc., 514.
- Projecteurs électriques. Emploi à la guerre. *Gm.* Nov. 429.
- *Incandescence.* Enseignes lumineuses. *Élé.* 4 Janv., 1.
- — Variations lumineuses des lampes à courants alternatifs (Janet). *SiE.* Déc., 615.
- Électro-chimie.* Divers. *Cs.* 31 Déc., 1219.
- Loi de Ohm.* Remarques (Stark). *EE.* 28 Déc., 491.
- Mesures.** Dispositif Mershon pour déterminer la tension en un point d'un réseau à courants alternatifs. Boîte de résistance Fleming. Pont de Wheatstone à réglage automatique Darwin. Enregistreur Goddin pour les indications des appareils à faible force directrice. *EE.* 21 Déc., 417.
- Compteur à remontage électro-automatique et à double tarif. Aron. *EE.* 11 Janv., 17.
- (Influence des).
- Relais électro-capillaire.* Armstrong Orling. *EE.* 11 Janv., 23.

Stations centrales de Salford. *E.* 27 Déc., 864.

— aux États-Unis. *Ri.* 28 Déc., 517.

— La Bourboule. *Id.* 25 Déc., 557.

Survolteurs dévolteurs de la C^{ie} l'Industrie électrique de Genève. *EE.* 21 Déc., 440.

Transformateurs. (Essais de grands). Peck. *EE.* 21 Déc., 440. Tournants (Rushmore). *EM. Janv.*, 538.

— Réglage de la tension dans les transformateurs à courants alternatifs système de l'Union Electricitatis. *EE.* 28 Déc., 476.

— Universel. Leblanc. *EE.* 4, 10 Janv., 29, 55.

HYDRAULIQUE

Filtration. Filtres à sable d'Albany. *Ge.* 28 Déc., 4 Janv., 142, 155.

Moteurs hydrauliques. Pitman. *Ri.* 11 Janv., 13.

Pompes. Ashley. *Ri.* 4 Janv., 3.

— à incendie. Exposition de Berlin. *VDI.* 11 Janv., 51. Flottante Merryweather. *E.* 10 Janv., 47.

— Centrifuges. Docks de Wallasey. *E'.* 10 Janv., 35. Râteau. *RM. Déc.*, 717.

Pulsomètre. Emerson. *RM. Déc.*, 719.

Roues. Doble. *RM. Déc.*, 716.

Turbines. A l'Exposition de 1900. *VDI.* 28 Déc., 1837.

— (Théorie des). (Heidebrock). *Dp.* 4, 11 Janv., 1, 21.

— Arrête-feuilles Rosse. *E.* 10 Janv., 59.

— Régulateurs Sturgess, Woodward Escher Wyss. *RM. Déc.*, 712.

MARINE. NAVIGATION

Bateau à fond plat. Simpson Strickland pour la Nouvelle-Zélande. *E.* 20 Déc., 840.

Bouches du Danube. (Kuhl). *E.* 27 Déc., 883.

Cargo Boat. Mercedes. *E.* 20 Déc., 848.

Canal de la mer du Nord. *E.* 10 Janv., 33.

Constructions navales. Théorie hydraulique de la résistance des navires Thrupp. *E.* 20 Déc., 834.

— En Angleterre en 1901. *E.* 3, 10 Janv., 21, 55. *E'.* 10 Janv., 29.

— Navires insubmersibles (Duchesne). *IC.* Nov., 792.

Canot à pétrole. Buchet. *LO.* 11 Janv., 25.

Marines de guerre. Constructions en Angleterre en 1901. *E.* 27 Déc., 844, 876.

— Anglaise. (Budget de la). *Rmc. Déc.*, 2544.

— Allemande, perte du torpilleur Cobra. *Ge.* 28 Déc., 143. *Rmc. Déc.*, 2609. Croiseur König Wilhelm. *E'.* 27 Déc., 656.

— Américaine, contre-torpilleurs. *Rmc. Déc.*, 2611. Nouveaux cuirassés. *E'.* 27 Déc., 656.

— Russe. Budget. *Rmc. Déc.*, 1902.

— Japonaise. Cuirassé Mikasa. *E'.* 11 Janv., Paquebots. Kronprinz Wilhelm. *Rmc. Déc.*, 2639.

— Poste. Neckar. *VDI.* 4 Janv., 1.

Port de Zeebrugge. *E.* 10 Janv., 65.

Vapeurs et voiliers du monde. Statistique. *Rmc. Déc.*, 2645.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aviation (V) (Lanchester). *E'.* 20 Déc., 623.

— Ballons dirigeables. *IC.* Nov., 734, 743.

Chaudières à tubes d'eau. Sinclair. *E.* 20 Déc., 849. Wigzell. *Ri.* 28 Déc., 515.

— Écoulement de l'eau chaude par les tuyères (Râteau). *RM. Déc.*, 660.

— Filtre d'alimentation. Ma. Dougall. *Ri.* 28 Déc., 515.

— Isolants. (Essais d'). Barrus. *Eam.* 14 Déc., 793.

— Injecteur Friedmann. *RM. Déc.*, 696.

— Grilles Arthur. Dieterle. *RM. Déc.*, 695.

— Montage des chaudières (Herre). *Dp.* 4, 11 Janv., 7, 25.

— Réchauffeurs d'alimentation Carruthers. *E.* 20 Déc., 837. Cochrane. *RM. Déc.*, 696.

— Dégraisseur Wright. *E'.* 20 Déc.,

— Surchauffeurs Schwoerer. *RE.* 21 Déc., 531. Mac Phael. *RM. Déc.*, 697.

Cabestan. Clarke. *RM. Déc.*, 719.

Changement de vitesse. Lanchester. *RM. Déc.*, 747.

Crochet à air comprimé. Fanar. *RM. Déc.*, 720.

Drague à suction. Smit et Roon. *Ge.* 4 Janv., 153.

Embrayage. Moon et White. *RM. Déc.*, 744.

Engrenages hélicoïdaux. *AMa.* 21 Déc., 1336.

Essoreuse électrique. Stewart. *E.* 27 Déc., 881.

F reins. Théorie et construction (Douglas). *AMa.* 4, 11 Janv., 1399, 1425.

Froid. Machine à acide carbonique Sharp. Stewart. *E.* 10 Janv., 59.

Graissage des cylindres. (Expériences sur le) *E.* 10 Janv., 46.

Levage. Grue électrique roulante de Cowans. *E.* 27 Déc., 872.

— Grue Wellman-Seaver. *RM.* Déc., 722.

— Grues de quai américaines. *SuE.* 1 Janv., 30.

— Transbordeurs divers (Brisker). *Dp.* 4 Janv., 11.

— Escalier Wheeler. *RM.* Déc., 721.

— Roue levante Leavitt. *RM.* Déc., 723.

Machines à écrire (Les). (Beyerlein). *Dp.* 21 Déc., 809.

Machines-Outils. Ateliers Ransoms. *E.* 20 Déc., 626.

— Vitesse des outils (Littledale). *E.* 27 Déc., 881.

— Étau lim eur Newton. *AMa.* 28 Déc., 1374.

— Forgeage à l'étampe (Horner). *E.* 20 Déc., 845, 10 Janv., 35.

— au-pilon, diagrammes de Lindner. *VD.* 11 Janv., 37; pneumatique Massey. *Rn.* Déc., 691.

— Meules (Protection des). (Mamy). *Gc.* 21 Déc., 126.

— Perceuses électriques Asquith. *E.* 20 Déc., 634.

— Mortaiseuse Morton. *Rn.* Déc., 684.

— Réparation des canons. *E.* 10 Janv., 45.

— Tours à arbres Atlas. *E.* 20 Déc., 836.

— — à manivelle Vogel. *AMa.* 28 Déc., 1372; à revolver Grant. *BM.* Déc., 737; Brophy, *id.* 738.

— — double Hulse. *E.* 27 Déc., 647.

— — vertical Richards. *Ri.* 28 Déc., 513.

— — à fileter Berner. *VDI.* 4 Janv., 22.

— — Harnais Schumacher et Boye. *RM.* Déc., 739.

— Fraiseuse Grant. *RM.* Déc., 729.

Machines à vapeur. Essai d'une compound Weyher et Richmond (Hirsch). *RM.* Déc., 625.

— à l'Exposition (Sauvage). *AM.* Août 1901, 103. En Amérique et en Europe. (Dawson). *EM.* Janv., 519.

Machine à vapeur. Verticale compound Peach. *E.* 27 Déc., 643. Davy Paxman; *id.* 644.

— Réglage des (Korner). *VDI.* 20 Déc., 1842.

— Régularité (Mesure de la). *Sic.* Déc., 584.

— Régularité des machines à vapeur et accouplement des alternateurs en parallèle. *Sic.* Nov., 497.

— Demi-fixe à surchauffe Wolf. *Ri.* 21 Déc., 501.

— Manographe Hospitalier. Carpentier. *Ln.* 4 Janv., 69.

— Turbines. Parsons. *Cic.* 21 Déc., 122.

— à gaz. Letombe à grande vitesse. *Ri.* 21 Déc., 505. Niel. *Ri.* 11 Janv., 13.

— Hamilton. Nash. *RM.* Déc., 749.

— et à vapeur. Comparaison (Witz). *EE.* 4, 11 Janv., 5, 41.

— Allumages dynamo Panhard-Levassor. *Lo.* 3 Janv., 9; électriques divers. *Dp.* 11 Janv., 30.

— Gazogène Crossley. Genty. *RM.* Déc., 751.

— à pétrole. Carburateurs Morwood-Bennett. *E.* 20 Déc., 625. De Dion. *Ri.* 4 Janv., 1. Wolf. Stewart. *RM.* Déc., 752.

— Calcul du volant (Guldner). *RM.* Déc., 666.

— (Allumage des). *Ri.* 4, 11 Janv., 218. Favron. *Bam.* Déc., 1353. Divers. *E.* 10 Janv., 45.

Planimètres (les) (Janmin). *Bam.* Déc., 1269.

Monte-courroies à cames. *E.* 27 Déc., 649.

Monnaies. Machines à monnayer (Church). *Fi.* Déc., 401.

Résistance des matériaux. Méthodes d'essai, réunion du Congrès de Budapest. *IC.* Nov., 756, 776.

— Flexion des poutres. Loi nouvelle (Guy). *AMa.* 28 Déc., 1370, 4, 11 Janv., 1394, 1418.

Ventilateurs Davidson. *Rc.* 10 Déc., 529.

— Wing, essais. *E.* 27 Déc., 649.

MÉTALLURGIE

Alliages. Cuivre et fer (Stead). *E.* 20 Déc., 851. 10 Janv., 62.

— Aluminium-magnésium (Boudouard). *ScP.* 5 Janv., 3.

— Théorie de la dissolution. (Matthews). *Eam.* 21, 28 Déc., 819, 831.

- Étain* et fabrication des capsules (Granja). *Cs.* 31 *Déc.*, 1191.
- Fer et Aciers.** Industrie aux États-Unis. *E.* 27 *Déc.* 473.
- Aciérie de Monbery, Mexique. *E.* 3 *Janv.* 8.
- Fonderie en Amérique. *E.* 20 *Déc.*, 621.
- Hauts fourneaux, pratique moderne (Crockard). *EM. Janv.*, 493.
- MINES**
- Câbles d'extraction* (Fatigue des). (Glaser). *AM.* *Août*, 143.
- Cornudon* du Montana. *Eam.* 14 *Déc.* 787.
- Cuivre* du Japon. *Eam.* 28 *Déc.*, 849.
- Électricité.* Installation des mines de Risbeck-Halle. *EE.* 21 *Déc.*, 423.
- Locomotive Baldwin. *E.* 20 *Déc.*, 829.
- Exposition de Buffalo.* Mines et métallurgie à l'. (Vattier). *IC.* *Nov.*, 804.
- Gisements métallifères.* Détermination par l'électricité. *Élé.* 4 *Janv.*, 9.
- Manganèse.* *IC.* *E.* 10 *Janv.* 52. Dépôts de Gandwallon. Minas Geraes, Brésil. *Eam.* 21 *Déc.* 818.
- Pétrole du Nord des Montagnes Rocheuses.* *Eam.* 14 *Déc.*, 783.
- Sel* en Louisiane. *Eam.* 14 *Déc.* 789.
- Vancouver.* Richesses minérales. *Eam.* 28 *Déc.* 847.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

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

ARTS CHIMIQUES

RAPPORT fait au nom du *Comité des Arts chimiques*, SUR UN PROJET D'ÉTUDES GÉOLOGIQUES DES GISEMENTS D'ARGILE DE LA FRANCE, PAR **M. H. Le Châtelier**, *membre du Conseil*.

L'argile est la matière première indispensable des produits si variés de l'industrie céramique : porcelaine, grès, faïence fine, faïence stannifère, produits réfractaires, terre cuite. Les gisements d'argile de France n'ont jamais été l'objet d'aucune étude systématique, comme cela a eu lieu dans d'autres pays, tels que le Danemark, le Portugal, etc. En fait de documents sur ces gisements, nous n'avons guère que le *Traité de Brongniart*, remontant déjà à plus de cinquante ans et dont la plupart des renseignements sont bien vagues.

Une description méthodique des principaux gisements de France serait très intéressante et sans doute aussi très utile. On sait les services qu'ont rendus à l'industrie minière les descriptions des principaux bassins houillers. On ne peut, pour une semblable étude, compter sur les propriétaires des carrières d'argile, car presque aucun d'eux n'a reçu une instruction scientifique suffisante pour s'en occuper personnellement, et un petit nombre d'entre eux aurait les moyens de faire faire à leurs frais les recherches nécessaires. La Société d'Encouragement est particulièrement désignée pour prendre l'initiative d'études d'un intérêt aussi général.

Le programme de ces recherches pourrait être le suivant : Étudier en premier lieu la succession des différents bancs dans une même carrière et leurs relations avec les terrains encaissants. Là, l'argile se trouve en bancs compacts et homogènes, ailleurs ce sont des alternances d'argile, de sable et de cailloux. Il peut exister une relation entre cette constitution des gisements et leur étage géologique. D'autre part, les relations entre la nature des argiles et celle de leurs roches encaissantes sont parfois très nettes. Les kaolins encaissés dans des roches feldspathiques sont remplis de fragments de feldspath, qui servent de fondants dans la fabrication de la porcelaine. Les argiles de l'étage du gypse sont souvent imprégnées de sulfate de chaux, qui les rend inutilisables pour certaines fabrications. Il n'y aurait rien d'impossible que la proportion du mica, existant dans toutes les argiles, obéisse à quelque loi semblable. La connaissance de cette loi aurait un grand intérêt pour la recherche des gisements d'argile réfractaire.

Un second point de ces études plus important encore se rapporterait à la variation de ces gisements dans le sens de leur étendue. Jusqu'ici on n'exploite guère l'argile qu'au voisinage de ses affleurements, comme on le faisait pour la houille aux siècles passés. Mais il est bien certain que les masses d'argile, existant sous des épaisseurs plus ou moins grandes de terrains morts, sont bien plus considérables que celles que l'on exploite aujourd'hui. Il n'y a guère de chance de retrouver, par des sondages, des argiles en poches isolées ; cela doit, au contraire, être facile dans le cas de couches continues comme celles de l'argile plastique du bassin parisien. On comprend l'intérêt que présenterait, pour de semblables recherches, une connaissance précise de l'allure de leurs différents gisements.

Cette connaissance pourrait encore aider dans la recherche des parties les plus pures d'un gisement, il semble bien invraisemblable que les changements de composition d'un point à l'autre n'obéissent pas à certaines lois.

A côté de l'étude géologique des gisements, l'étude minéralogique des argiles et, en particulier, celle des minéraux adventifs qui peuvent s'y rencontrer, présenterait, dans certains cas, une grande utilité. Les grains de pyrite, de calcaire, de sable ferrugineux, que l'on rencontre dans certaines argiles, en dehors de cela très pures, limitent beaucoup leur emploi. En outre, de très petites quantités de corps étrangers, souvent difficiles à reconnaître et à doser par les méthodes purement chimiques, ont une grande importance dans les applications de l'argile. Les sulfates et les fluorures

donnent des soufflures dans la porcelaine, l'acide titanique communique une coloration jaune et même rouge à des pâtes cependant très peu ferrugineuses. Ces observations minéralogiques seraient d'une grande utilité pour guider les recherches chimiques qu'il pourrait y avoir lieu de faire sur les mêmes argiles.

Sur la proposition de son Comité des Arts chimiques, la Société d'Encouragement décide de confier cette étude de ces principaux gisements d'argile de la France, à *M. Laville*, aide-préparateur aux collections de géologie de l'École des mines. Une somme de 3 000 francs sera mise à sa disposition tant pour le défrayer de ses frais de voyage que pour le rémunérer de son travail. Cette somme sera imputable pour :

800 francs sur l'exercice 1901 ;
1 200 francs sur l'exercice 1902 ;
1 000 francs sur l'exercice 1903.

Signé : H. LE CHATELIER, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 14 février 1901.

ARTS ÉCONOMIQUES

L'ÉCLAIRAGE ET LE CHAUFFAGE PAR L'ALCOOL AU CONCOURS DE 1901 (1)
par **M. Lindet.**

MESDAMES, MESSIEURS,

L'empereur Napoléon I^{er}, à qui nous devons la création de l'industrie sucrière en France, dit un jour, en 1811, à Deyeux, son pharmacien, professeur à l'École de pharmacie, membre de l'Institut : « Monsieur Deyeux, que pensez-vous de la culture de la betterave ? » Deyeux, qui savait que le territoire était souvent exposé à la famine, crut devoir répondre : « Sire ! j'y vois un inconvénient, c'est qu'elle enlève de la terre à la culture du blé. » L'Empereur se retourna avec dédain et dit : « Je ne sais pas prévoir les malheurs de si loin ! »

Aujourd'hui, grâce à la culture intensive, la récolte du froment a doublé sur une même superficie, le blé pousse à côté de la betterave, et l'on voit même le cultivateur assurer sa récolte de blé en semant celui-ci sur des terres qui, l'année précédente, ont porté des betteraves et ont reçu l'engrais. Le prix de revient du blé est par cela même diminué, et nous payerions notre pain plus cher, si la betterave n'existait pas. La betterave est donc devenue indispensable pour l'agriculture comme pour la population qui mange du pain. Voilà le malheur que Napoléon I^{er} se refusait à prévoir.

Eh bien ! cette culture de la betterave est menacée aujourd'hui ; on fait trop de sucre comme on fait trop d'alcool. L'Europe regorge de sucre qu'elle ne peut parvenir à consommer. De ce côté, les débouchés sont limités ; mais il n'en est pas de même des débouchés de l'alcool, qui peut concurrencer le pétrole étranger dans ses emplois à l'éclairage, au chauffage et à la force motrice.

C'est ce qu'ont compris différentes Sociétés (Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, Association pour l'emploi industriel de l'alcool, Société des agriculteurs de France, etc.) ; différentes personnalités politiques, industrielles et scientifiques, MM. Deleune, Dansette, Barbier, Chalmel, Durin, Sorel, Loreau, Aubin, Trillat, Arachequesne, Sidersky, Lindet, etc.

C'est ce qu'a compris M. Jean Dupuy, ministre de l'Agriculture. Ses moyens

(1) Conférence du 27 décembre 1901.

d'action étaient plus étendus que ceux dont nous disposions ; habilement secondé par M. Vassilière, directeur de l'agriculture, par M. Dabat, sous-directeur, et par M. Famechon, commissaire-délégué, M. le Ministre a organisé un concours entre tous les constructeurs d'appareils utilisant de l'alcool dénaturé, concours qui a été suivi d'une exposition que plusieurs d'entre vous ont pu visiter ; et c'est des expériences relatives aux appareils d'éclairage et de chauffage que je viens vous parler aujourd'hui.

I

Les appareils d'éclairage et de chauffage peuvent être ramenés à deux types ; les uns brûlent de l'alcool à l'extrémité d'une mèche, ils brûlent de l'alcool liquide ; les autres gazéifient au préalable l'alcool et le brûlent à l'état gazeux. Quel que soit l'appareil, que ce soit un réchaud ou une lampe, qu'il soit alimenté par de l'alcool dénaturé ou de l'alcool carburé, nous pourrions toujours le cataloguer sous un de ces types : il brûle de l'alcool à l'état liquide, il brûle de l'alcool à l'état gazeux.

I. — Appareils brûlant de l'alcool à l'état liquide.

A. APPAREILS D'ÉCLAIRAGE. — Les appareils d'éclairage vous sont connus ; ce sont les lampes, dont on se sert pour brûler le pétrole, légèrement modifiées. Le liquide, aspiré par une mèche de coton, vient brûler à son extrémité, en présence d'un double courant d'air.

Mais comme l'alcool brûlant à flamme libre n'a aucun pouvoir éclairant, on ajoute à cet alcool de la benzine provenant de la distillation de la houille, à la dose de 25-35 p. 100. Les lampes qui figuraient au concours, nous ont été soumises bien plutôt par des inventeurs soucieux de faire valoir les liquides carburés qu'ils proposent que de faire connaître leurs lampes. (Société l'alkolumine, Chalmel, directeur ; Dusart, Pigeon, etc.)

Les expériences de M. Couderchon, inspecteur du gaz de la ville de Paris, membre du jury, ont montré que les meilleures dépensent de 5 à 7 centimètres cubes d'alcool carburé par bougie-heure. Nous verrons tout à l'heure, quand nous les comparerons aux lampes fonctionnant par gazéification, que cette dépense est forte.

B. APPAREILS DE CHAUFFAGE. — Les réchauds qui appartiennent à cette catégorie vous sont connus également ; ce sont les anciens réchauds dont nous faisons depuis longtemps usage, ce sont les lampes à esprit-de-vin ; ils sont alimentés par des mèches rondes plongeant dans un réservoir. Vous verrez tout à l'heure, quand j'appellerai votre attention sur le tableau suivant, que ces appa-

reils utilisent bien l'alcool et qu'ils ne brûlent pas beaucoup plus, pour un même travail, que les réchauds à gazéification. Ils ont été présentés au concours par MM. Dusart, Sénéchal, Pigeon, Fouillen et Drouart, Malen, etc. Le réservoir du réchaud inventé par M. Pigeon est rempli de feutre imbibé d'alcool, en sorte qu'il peut être renversé sans qu'une goutte d'alcool s'échappe. Quelquefois le réservoir contient une éponge d'amiante, que l'on imbibe d'alcool au moment d'y mettre le feu (réchauds de M. Chapuis, de M. Lefèvre, etc.), ou une pierre poreuse (réchaud de M. Lebrun).

Nous devons rattacher à ces appareils ceux qui sont destinés à brûler de l'alcool dit « solidifié », c'est-à-dire de l'alcool emprisonné soit dans du coton poudre (Émeraudine, Société des alcools solidifiés, etc.), soit dans un savon (Compagnie générale de l'alcool).

II. — Appareils brûlant l'alcool à l'état gazeux.

Les réchauds et les lampes qui brûlent l'alcool préalablement gazéifié sont construits et fonctionnent d'après les mêmes principes.

L'alcool est gazéifié dans une petite chaudière, qui, en certains cas, se réduit à un simple tube.

Il faut amener l'alcool dans cette chaudière. En général, c'est *per ascensum* que l'on obtient cette alimentation. L'alcool est aspiré par la capillarité de mèches de coton; ou bien il est poussé vers la chaudière par une pression intérieure, et dans ce cas, cette pression peut être donnée soit par l'échauffement des parties métalliques de la lampe, et par conséquent la dilatation de l'air contenu dans le réservoir, soit par une pompe placée sur la lampe ou sur un réservoir extérieur relié à la lampe par une tuyauterie métallique. L'alimentation de la chaudière peut être obtenue également par l'écoulement de l'alcool, placé en charge à quelques centimètres au-dessus de la chaudière; l'alimentation, dans ce cas, a lieu *per descensum*.

Voici donc l'alcool dans la chaudière; il s'agit de l'y vaporiser; pour cela on peut, pendant toute la durée de l'allumage, chauffer la chaudière par une veilleuse permanente; on peut la chauffer par une flamme dérivée de la flamme générale, la chauffer encore par la flamme même, la chauffer enfin par une tige métallique récupératrice de la chaleur. Nous trouverons ces différents modes de chauffage dans les réchauds et les lampes qui nous ont été soumises.

L'alcool volatilisé, gazéifié, en pression dans la chaudière, va sortir avec violence par un injecteur, et va entrer dans un bec Bunsen, entraînant avec lui l'air nécessaire à sa combustion.

Il va brûler avec une flamme bleue, une flamme extrêmement chaude, qu'il suffit de surmonter d'un manchon Auer, pour la transformer en flamme éclairante.

Les lampes et les réchauds sont donc un seul et même appareil; interposez un manchon, vous avez une lampe; supprimez le manchon, vous avez un réchaud.

La meilleure preuve de ce que j'avance, c'est que nous avons eu à examiner des réchauds et des poêles dans lesquels la chaleur était produite par un bec de lampe sans manchon; il en est ainsi des poêles alimentés par les Bees Préférés, ou les Bees 1900, construits par la Société la Continentale nouvelle, les becs Denayrouse, etc.

Nous nous occuperons d'abord des lampes qui sont les plus simples à comprendre, et nous les classerons d'après le procédé employé pour gazéifier l'alcool dans la chaudière.

A. — APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

a. *Lampes où l'alcool est gazéifié par une veilleuse permanente.* — Les becs présentés par la *Société la Continentale nouvelle* (M. Le Marquant, directeur à Bruxelles et Paris), sous le nom de *Bees Préférés*, sont construits d'après le brevet de Girardet (1889) (fig. 1). Les mèches M, enfermées dans deux douilles méplates, dont la coupe représente assez exactement la coupe longitudinale d'un haricot, débouchent dans la chaudière C et y amènent l'alcool dénaturé; ces mèches doivent comme d'ailleurs celles qui, dans les lampes suivantes, ont la même destination être très serrées, surtout à leur partie supérieure de façon à éviter les effets fâcheux de la contre-pression. Au-dessous de la chaudière est une petite mèche m, à veilleuse qui ne cesse de brûler, mais qui, mobile dans sa douille de laiton, peut s'approcher plus ou moins de la chaudière; cette veilleuse permanente facilite, du fait de l'échauffement de la chaudière, l'ascension de l'alcool et en assure la gazéification. Le gaz sort violemment par l'injecteur I, entraîne l'air nécessaire à sa combustion et vient brûler à l'extrémité B du bec, au contact d'un manchon Auer. L'allumage s'exécute en deux fois; on allume tout d'abord la veilleuse; une minute après on présente l'allumette à la partie supérieure du verre qui entoure le bec, et l'on enflamme le gaz d'alcool comme on enflammerait du gaz ordinaire.

Le bec de la *Société des Lampes Regina* (fig. 2) est établi d'une façon analogue et comporte une chaudière C, un injecteur I et un bec Bunsen B; les mèches M sont enfermées dans des douilles cylindriques. Une légère déformation dans la douille de la veilleuse m, permet aux gaz qui se formeraient dans la lampe de s'échapper, et remplit le rôle d'une soupape de sûreté. Le bec est séparé de la lampe par un isolateur G.

La lampe *Hauwet*, à Paris, présentée au concours, les lampes *Mosmann*, l'*Aiglon* (M. Parmentier), *Auer* (MM. Lagèze et Cazes, etc.), présentées à l'Expo-

sition, sont également munies de veilleuses permanentes et fonctionnent à l'alcool dénaturé.

b. *Lampes où l'alcool est gazéifié par une flamme dérivée.* — Aucune lampe de ce type n'a été apportée au jury ; nous ne conservons que pour mémoire ce

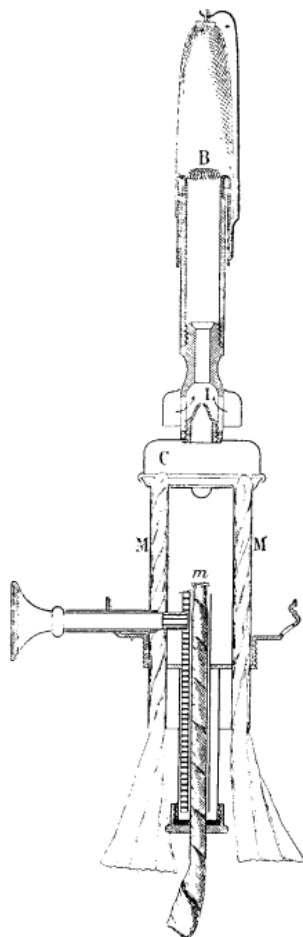


Fig. 1. — Bec Préféré de la Société la Continentale nouvelle.

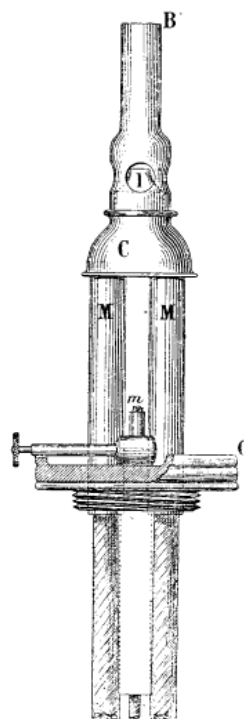


Fig. 2. — Bec de la Société des Lampes Regina.

titre qui figurera plus justement dans l'énumération que nous ferons plus loin des réchauds.

c. *Lampes où l'alcool est gazéifié par la flamme même du bec Bunsen.* — Ces lampes sont en général destinées à produire des foyers lumineux très intenses. La gazéification peut se faire en obligeant l'alcool soit à traverser la flamme même, soit à circuler au-dessus du manchon.

Nous avons un exemple du premier dispositif dans le Bec 1900, établi par la *Société la Continentale nouvelle* (fig. 3). L'alcool dénaturé, poussé par une pression artificielle de 0^m,80 à 1^m,20 d'eau, se divise en traversant le tube A, rempli par un balai métallique, se vaporise dans la partie supérieure C de ce tube, formant chaudière, se surchauffe en S, et descend, vaporisé, par le tube D, jus-

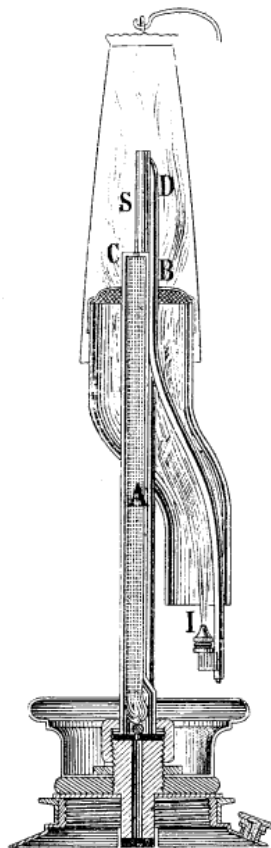


Fig. 3. — Bec 1900 de la *Société la Continentale Nouvelle*.

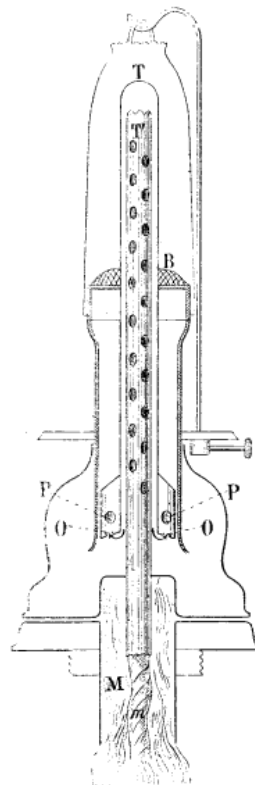


Fig. 4. — Bec *Simplex* construit par MM. Pomeyrol et Soupiron.

qu'à l'injecteur I, dont l'ouverture est de 0^{mm},8; là, il entre dans le mélangeur d'air, et brûle à l'extrémité B du bec Bunsen. Ce bec s'allume en brûlant au-dessous du Bunsen une petite quantité d'alcool.

Il convient de citer encore parmi les appareils où l'alcool dénaturé se gazéifie dans la flamme même, le bec *Simplex* présenté par MM. Pomeyrol et Soupiron, à Nantes (fig. 4). Dans l'intérieur du bec Bunsen B, se trouve un tube de cuivre T, saillant également au-dessus du brûleur B; celui-ci contient un tube T',

percé de trous, et dans lequel est comprimée une mèche d'amiante *m*, qu'alimente

une grosse mèche *M*, de coton. La gazéification se produit sur l'extrémité de la mèche d'amiante *m*, et le gaz, s'échappant dans l'espace annulaire des deux tubes, sort par de petits orifices à la base du tube extérieur, *O*, *O*. Il se mélange à l'air arrivant par les trous *P*, et brûle à l'extrémité *B* du Bunsen.

En général, on préfère, pour éviter une surchauffe de l'alcool et sa décomposition en charbon de cornue, demander à la chaleur extérieure du manchon de volatiliser l'alcool.

Les lampes à grande intensité, que la *Société de chauffage et d'éclairage par l'alcool*, *Denayrouse*, à Paris, a fait fonctionner devant le jury, sont conçues dans cette forme : l'alcool carburé est poussé vers le bec par une pression de 6 dixièmes de kilogramme, exercée soit sur la lampe elle-même, soit sur un réservoir indépendant. Le liquide débité par un robinet pointeau s'élève dans un tube fin qui contourne, suivant un plan vertical, le manchon Auer. En passant au-dessus de celui-ci, il se gazéifie et, gazeux, il redescend alimenter par injection le bec Bunsen de la lampe. L'allumage se fait en brûlant au-dessous du bec une petite quantité d'alcool contenu dans une coupelle.

C'est encore le bec Bunsen, par l'intermédiaire de son manchon, qui produit la volatilisation de l'alcool

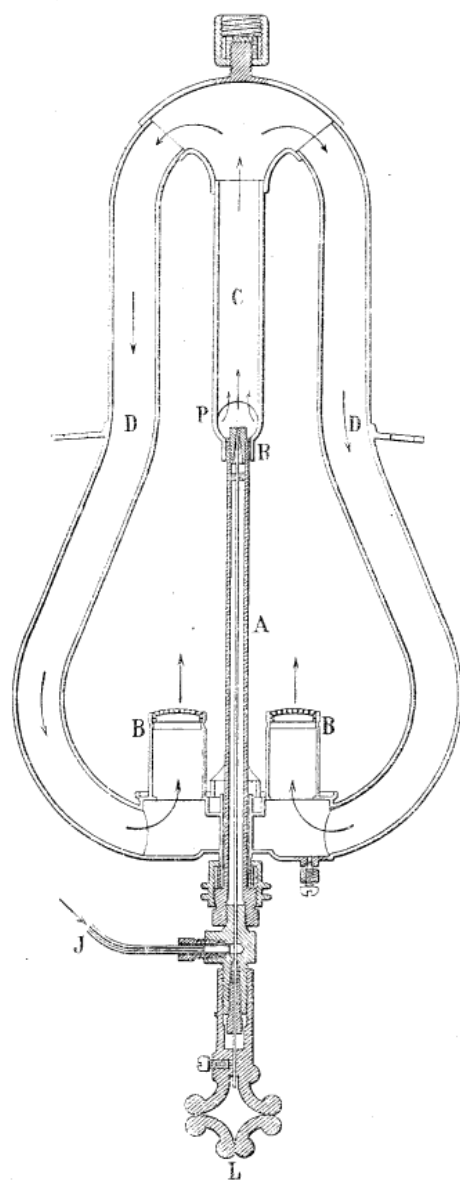


Fig. 5. — Bec *Washington*.

dans les lampes de la Société *la Washington* à Paris.

L'une de ces lampes est la *Washington* proprement dite (fig. 5). C'est une lampe de grande intensité : elle comporte soit deux, soit trois becs Bunsen.

Elle est construite en vue de servir à l'éclairage public et peut être aisément suspendue. La Société a adopté, d'une façon générale, l'emploi de réservoirs indépendants des lampes. Ces récipients sont reliés à celles-ci au moyen de tubes capillaires de cuivre qui offrent toute sécurité en cas d'incendie. L'alcool ou l'alcool carburé, arrive sous une pression de 2 kilogrammes environ dans la partie basse de la lampe en J, monte dans le tube A, et sort par le robinet pointeau R, qui est commandé par une clé L; il s'échauffe d'abord sous l'influence de la flamme fournie par une coupelle d'alcool, puis sous l'influence de la chaleur dégagée par les manchons des becs B, B, et après s'être mélangé d'air

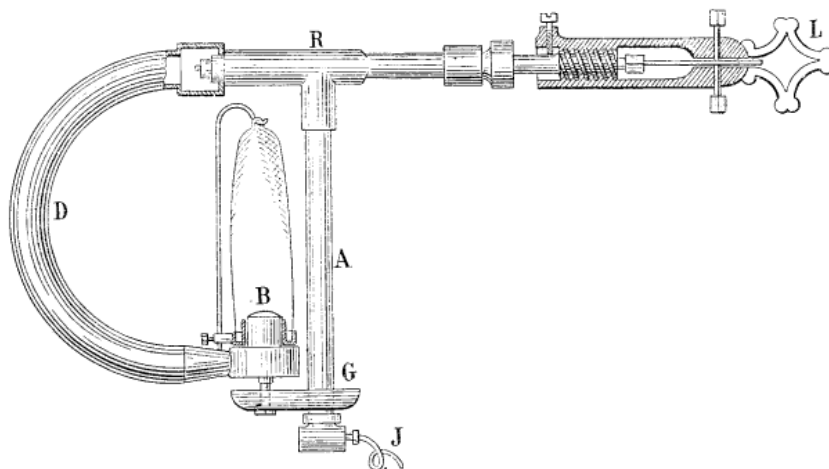


Fig. 6. — Bec Kornfeld construit par la Société la Washington.

par deux prises, P, perpendiculaires au dessin, circule, gazeux, dans le tube vertical C et les tubes D, et vient brûler sur les becs Bunsen.

L'autre est la *lampe Kornfeld* ou *lampe Impériale russe* (fig. 6) qui ne porte qu'un bec, mais de grande puissance. L'alcool ou l'alcool carburé pénètre en J par un tube capillaire, s'élève dans la tige A, que l'on chauffe au début par la combustion d'une coupelle d'alcool G; à l'extrémité supérieure de la tige, le liquide traverse un robinet pointeau R que règle la clé L, se gazéfie au-dessus du bec Auer, rencontre une tubulure par laquelle arrive de l'air, en quantité réglable, descend le tube coudé D, et se présente à la combustion en B.

M. Delamotte, à Paris et à Quessy (Aisne), est concessionnaire de la lampe allemande *Monopol*, système Helft (fig. 7), qui est elle-même une modification de la lampe Schuchardt, de Berlin. C'est une lampe à grande puissance, destinée également à l'éclairage de la voie publique, des cours, ateliers, etc., et qui est, comme les précédentes, disposée pour être suspendue. Contrairement aux

lampes décrites plus haut, elle fonctionne sans pression. L'alcool dénaturé est contenu dans deux réservoirs lenticulaires qui contournent la lanterne; V contient la réserve d'alcool, *v* qui communique avec V, au moyen du tube U, est le réservoir d'alimentation des mèches; ces mèches, enfermées dans une douille de laiton, sont en amiante. Elles sont constamment, par simple équilibre hydrosta-

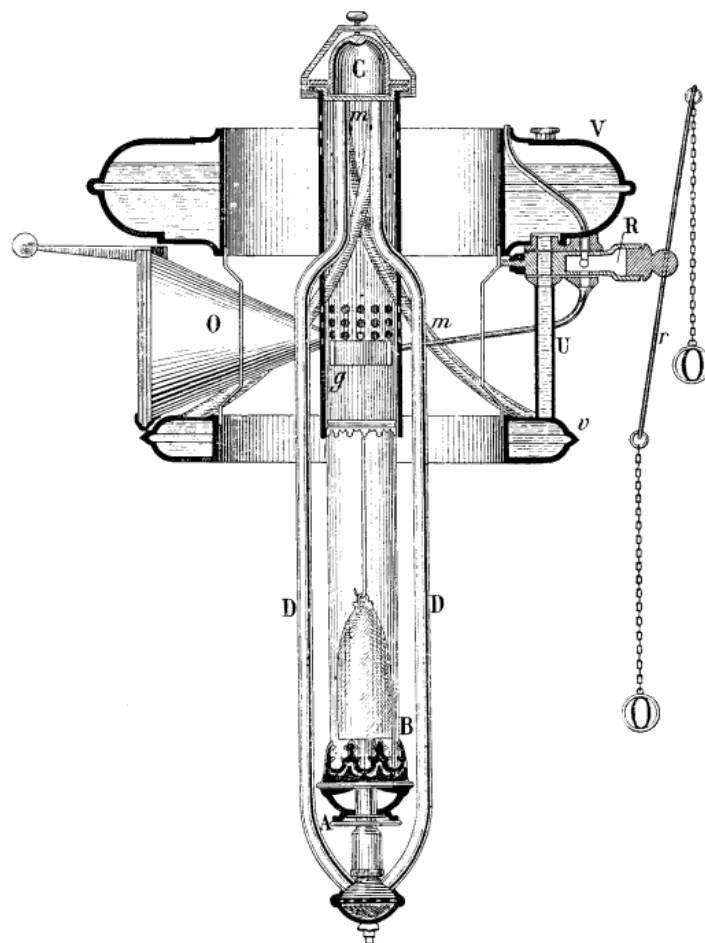


Fig. 7. — Bec *Monopol* construit par M. Delamotte.

tique, baignées d'alcool, et elles amènent celui-ci dans la chaudière C. Au début, il faut échauffer cette chaudière; pour cela, au-dessous du réservoir V, le constructeur a placé un robinet à cavité R qui, au moment où on le fait, au moyen du levier *r*, tourner sur lui-même, prend dans le réservoir la quantité d'alcool nécessaire à l'allumage, et la déverse dans une coupelle *g*; au moyen d'une

topette d'alcool ou d'une allumette que l'on engage dans l'entonnoir, on met le feu à cet alcool ; les mèches M, ainsi que la chaudière C, s'échauffent ; l'alcool gazeux redescend par les tiges D, et mélangé d'air, s'enflamme spontanément. A ce moment la coupelle, épuisée d'alcool, s'éteint, et la température du bec Auer suffit à entretenir la chaleur de gazéification. Ces lanternes étant spécialement réservées à l'éclairage de la voie publique, il peut être avantageux, pour éviter au préposé un déplacement nocturne, de laisser la flamme s'éteindre

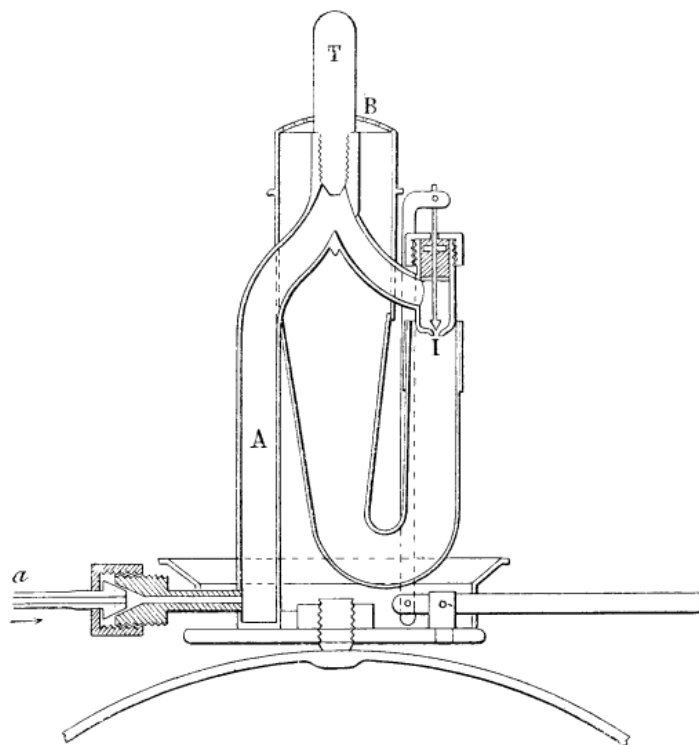


Fig. 8. — Bec Hantz.

spontanément ; il suffit pour cela de ne mettre dans le réservoir qu'une quantité d'alcool calculée d'avance, et variable suivant la durée de la nuit, et par conséquent de la saison.

d. *Lampes où l'alcool est gazéifié par récupération de chaleur.* — La *Compagnie générale de l'alcool* (M. Ménessier, directeur) a soumis à l'examen du Jury le bec *Hélios*, tel qu'il est construit à Dresde par la Société *Phœbus*. Au-dessus de la chaudière où aboutissent les mèches conductrices d'alcool dénaturé, se dresse le bec Bunsen, et c'est à l'intérieur de celui-ci qu'est établie la tige de récupération ; cette tige qui est enfermée dans le manchon Auer, et qui même

le tient suspendu, entre dans le bec Bunsen et en touche les parois au moyen de quatre ailerons. La chaleur récupérée descend à la chaudière et assure la gazéification continue de l'alcool. Pour allumer la lampe, les constructeurs ont ménagé une petite veilleuse, dans laquelle on envoie, au moyen d'une poire de caoutchouc, la quantité d'alcool nécessaire pour échauffer une galerie de cuivre, en contact avec la masselotte qui contient la chaudière; l'alcool de la veilleuse se trouve entraîné dans le tube, s'enflamme spontanément à son extrémité et met le feu aux vapeurs qui s'échappent déjà de la chaudière et sortent du bec Bunsen. Pour éteindre la lampe, il suffit de tourner un robinet pointeau pour que la pression tombe immédiatement dans la chaudière.

Dans le même ordre d'idées, le jury a dû étudier les becs à grande puissance que M. Hantz et C^{ie}, à Paris (fig. 8), a construite, depuis plusieurs années, pour la combustion du pétrole lampant sur manchon, et qui se prêtent plus avantageusement à la combustion de l'alcool dénaturé, en ce sens que celui-ci donne moins facilement de dépôt de charbon de cornue. L'alcool doit y être brûlé, sous pression, comme y était brûlé le pétrole; aussi la lampe comporte-t-elle dans le pied un réservoir indépendant, où l'on comprime l'air à une pression bien supérieure à celle qui est jugée nécessaire; ce réservoir communique, par l'intermédiaire d'un régulateur variable, avec la partie supérieure de la lampe où on laisse s'établir une pression de 1 ou 2 kilogrammes. L'alcool pénétrant par le tube *a* monte verticalement dans le tube A qui est en partie logé dans l'intérieur du mélangeur d'air du bec Bunsen et s'y gazéfie, en ressort pour passer à travers un robinet pointeau I, muni d'une aiguille; celle-ci peut être manœuvrée de l'extérieur, de façon à déboucher l'orifice du robinet, quand il s'emplit de charbon; ce dispositif a été établi pour le pétrole; il est presque inutile quand on emploie de l'alcool. De là, le gaz pénètre dans le mélangeur d'air; celui-ci a la forme d'un U, dont les branches seraient inégales; dans la plus petite pénètre l'injecteur; à l'extrémité de la grande est le brûleur B proprement dit. La récupération est assurée par une pièce métallique T, qui est vissée sur la partie supérieure du tube de gazéification.

Les becs construits par la *Société de chauffage et d'éclairage par l'alcool, Denayrouse* (fig. 9), comportent une double récupération de chaleur, d'une part au moyen d'une tige intérieure au manchon T, d'autre part au moyen d'une tige extérieure à ce manchon T' formant potence. Ces deux tiges aboutissent à la masselotte qui renferme la chaudière C. Pour assurer une meilleure utilisation de l'alcool, et surtout quand il veut donner à la lampe une grande intensité, M. Denayrouse place cette masselotte en contact direct avec les parties métalliques du réservoir, de façon que l'alcool se présente à la chaudière et à l'injecteur avec une pression plus considérable que dans les modèles ordinaires. Cette pression ne dépasse pas 1 kilogramme. Pour allumer, on brûle de l'alcool

répandu dans une coupelle circulaire G, qui échauffe la chaudière et commence à dilater l'air du récipient.

M. Denayrouse a créé un autre modèle de lampes, dites *alvéolaires* fonctionnant à l'alcool carburé, où la chaudière est des plus réduites; elle n'a plus qu'un diamètre très légèrement supérieur à celui du tube qui apporte la mèche

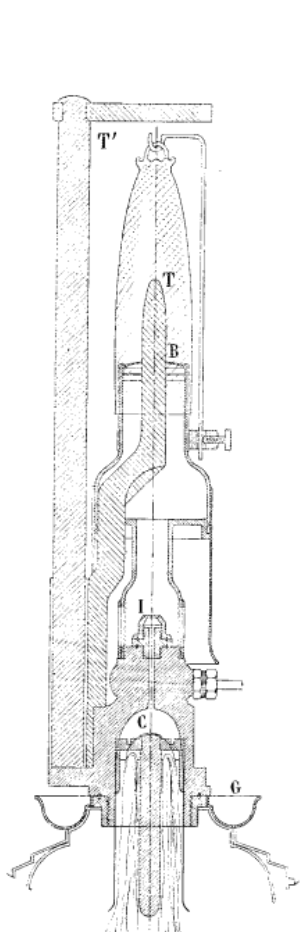


Fig. 9. — Bec Denayrouse.

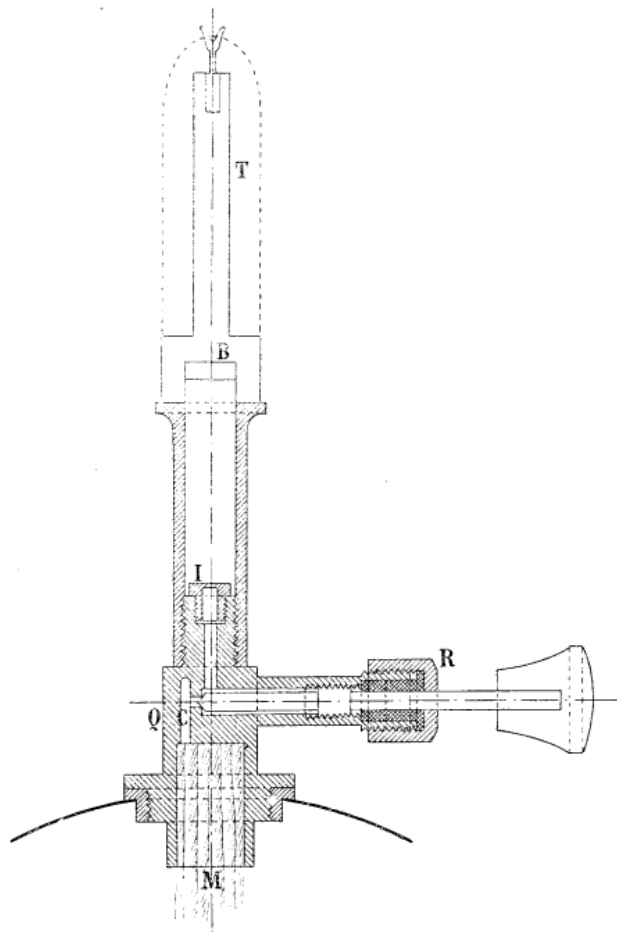


Fig. 10. — Bec Landi.

d'amiante. C'est, en quelque sorte, le renflement cylindrique du porte-mèche, et c'est sur ce renflement qu'est soudée la tige de récupération. L'alcool est donc gazéifié à l'extrémité de la mèche. De ce renflement part un petit tube qui entraîne le gaz d'alcool vers le Bunsen. Ce dispositif nouveau permet, suivant la puissance que l'on veut donner à la lampe, d'alimenter le bec Bunsen avec une, deux, trois... sept chaudières alvéolaires, dont les produits gazeux amenés

par autant de tubes, se réunissent en un même point. L'allumage a lieu en présentant contre les alvéoles une topette à alcool comportant autant de branches qu'il y a d'alvéoles à échauffer. Quand le gaz d'alcool sort du bec Bunsen, on l'allume en présentant la topette enflammée au-dessus de la cheminée de verre.

La *Société pour l'exploitation des brevets Landi* (M. Boutitié, directeur) a fait figurer au concours une lampe brûlant de l'alcool carburé à 25 p. 100

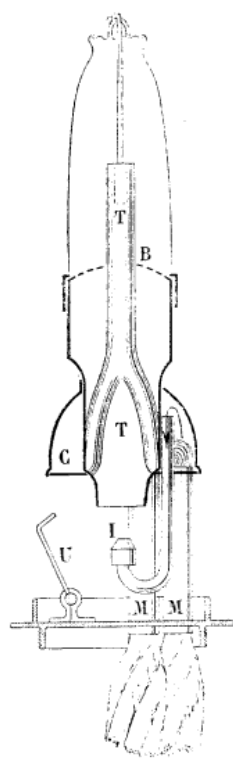


Fig. 11. — Bec *Decamps* (Brevet *Lecomte*).

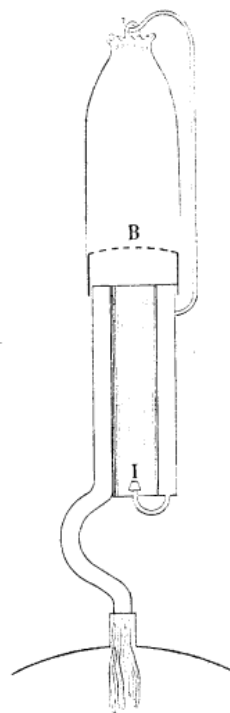


Fig. 12. — Bec *Alinot*.

(fig. 10). La masselotte Q, où se gazéifie l'alcool carburé, est chauffée par une récupération T intérieure au manchon. Cette chaleur se transmet même au réservoir de la lampe, et produit l'ascension du liquide dans la mèche M, puis dans la chaudière C de la masselotte Q, d'où il sort à travers le robinet à pointeau R, pour gagner l'injecteur I et le bec Bunsen B.

La lampe de *M. Decamps*, à Paris (brevet *Lecomte*), est nouvelle, et elle se faisait connaître pour la première fois au concours. Elle brûle de l'alcool dénaturé ou de l'alcool carburé. La partie essentielle est une chaudière en cuivre rouge soudé à l'argent C (fig. 11), où aboutissent les mèches de coton absor-

bantes M. Cette chaudière est percée verticalement d'un large tube T. De la partie inférieure de la chaudière se sépare un tube fin qui se recourbe et se termine par un injecteur I. Celui-ci projette le gaz d'alcool dans le tube T, aspire l'air nécessaire à sa combustion, et le gaz mélangé d'air brûle au-dessus du bec Bunsen, en B, en contact du manchon. A l'intérieur de ce manchon est une tige de récupération qui ramène la chaleur à la chaudière. On allume en présentant une topette d'alcool enflammé au-dessous de la chaudière, au voisinage de l'injecteur. On éteint la lampe en faisant tomber, au moyen d'une tige à bouton, une petite plaquette de cuivre U sur l'injecteur I. Depuis le concours, M. Le-comte a perfectionné cette lampe et l'a munie d'un robinet pointeau qui permet de régler la flamme.

Dans la lampe *Alinot*, à Paris (fig. 12), la chaudière de gazéification est un bec Bunsen même à double paroi. L'alcool carburé, poussé par une sorte de soufflet placé dans la lampe, et dont on tend le ressort, monte dans la double enveloppe du bec Bunsen, s'y volatilise au contact des parois chaudes, et sort par un injecteur I, pour venir brûler à l'extrémité B.

B. — APPAREILS DE CHAUFFAGE

Nous allons retrouver dans la description des appareils de chauffage la même division que dans la discussion qui précède; mais, en outre, ces appareils de chauffage se groupent d'après la façon dont la chaudière de gazéification est alimentée. Nous ferons donc de ces appareils deux groupes, suivant qu'ils reçoivent l'alcool *per ascensum* ou *per descensum* et, dans chacun de ces groupes, nous nous occuperons de rechercher la façon dont la gazéification est entretenue.

A. — Réchauds alimentés « *per ascensum* ».

a. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par une veilleuse permanente.* — Nous retrouvons tout d'abord dans cette classe le *bec Préféré*, construit par la *Société la Continentale nouvelle*. Le bec Préféré brûlant de l'alcool dénaturé peut être disposé au centre d'un réchaud, comme il peut être également enveloppé d'une carcasse cylindrique en tôle ou en fonte ajourée, formant poêle, plus ou moins recouvert d'ornements de cuivre ou de cuivre nickelé.

A l'Exposition des appareils à alcool qui a suivi le concours, *M. Delamotte* et la *Compagnie générale de l'alcool* montraient des fourneaux allemands où l'alcool dénaturé est aspiré et réparti, par des mèches d'amiante, dans une couronne percée de trous. Là, cet alcool est gazéifié au moyen d'une mèche formant veilleuse permanente.

b. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par une flamme dérivée.* — La Société des fourneaux-calorifères *Polo* (M. Posno, administrateur) a imaginé un réchaud qui peut également servir comme réchaud ou comme poêle. L'appareil se com-

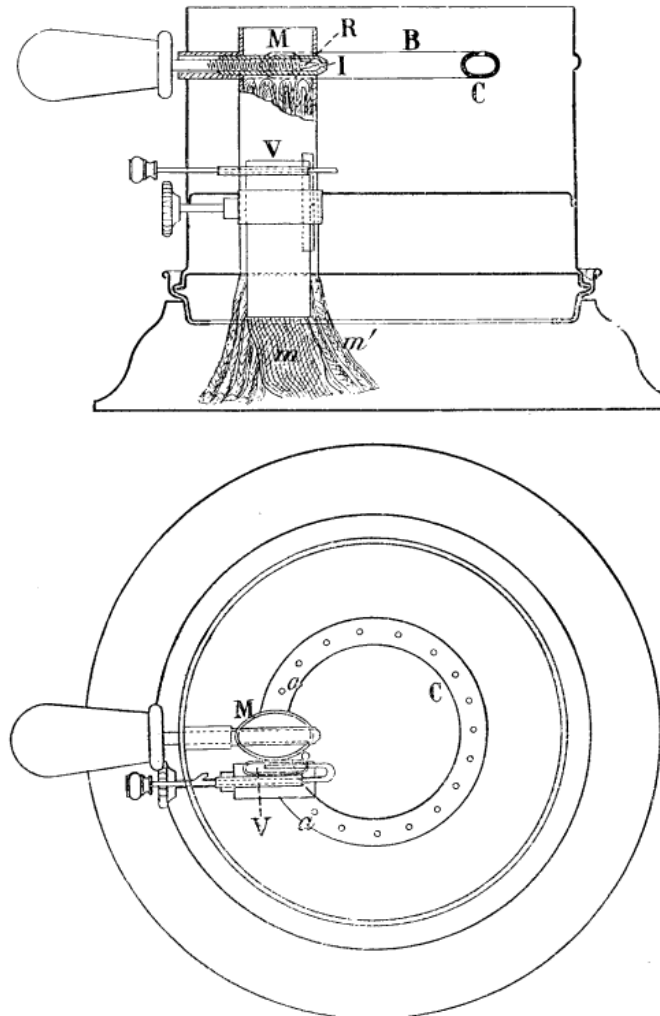


Fig. 13. — Réchaud le *Polo*.

pose d'un réservoir cylindrique à alcool, vers la périphérie duquel se dresse une douille méplate de laiton **M** (fig. 13). Celle-ci contient une mèche d'amiante *m*, alimentée par une mèche de coton *m'* et qui porte à sa partie supérieure et dirigée vers le centre du fourneau un injecteur **I** réglé par un pointeau **R**. Si

l'on vient à échauffer la partie supérieure de la mèche, l'alcool se volatilise et s'échappe par l'injecteur sous forme de jet de gaz. Ce jet est recueilli dans un tube de laiton disposé presque horizontalement, et formant Bunsen, B; celui-ci alimente une couronne percée de trous C, qui vient toucher sur ses deux côtés méplats, la douille M dont il a été parlé plus haut. Pour allumer ce fourneau, on échauffe, au moyen d'une petite veilleuse V placée contre la douille, l'extrémité de la mèche M; on éteint cette veilleuse dès que la couronne circulaire est en feu. La chaleur nécessaire à la gazéification se maintient grâce à deux jets de flamme *a* pris sur la couronne même, et dirigés contre la douille méplate.

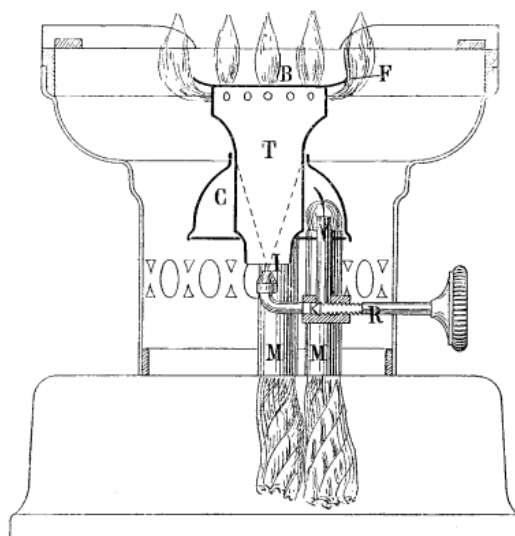


Fig. 14. — Réchaud *Decamps* (Brevet Leromte).

c. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par la flamme même du Bunsen.* — La Société la *Continental nouvelle* a adapté le bec 1900 au chauffage des poêles à combustible artificiel. Le modèle qui a été expérimenté par le Jury comporte quatre becs dont les flammes sont dirigées sur du coke artificiel et rendent celui-ci incandescent. Les becs 1900 doivent être, ainsi qu'il a été dit plus haut, alimentés par de l'alcool dénaturé sous pression. A cet effet, on établit en avant du foyer un entablement de fonte imitant cendrier. Le réservoir d'alcool, logé au-dessous de cet entablement, est en communication avec une petite pompe extérieure; une pression de 130 grammes suffit pour assurer la marche du poêle pendant plusieurs heures. Ce poêle n'est pas muni de tuyaux pour l'évacuation de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau; c'est un défaut que nous avons d'ailleurs constaté sur tous les poêles qui figuraient au concours et auquel il serait facile de remédier.

d. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par récupération de chaleur.* — Les réchauds de *M. Decamps* (brevet Lecomte) (fig. 14) sont construits sur le

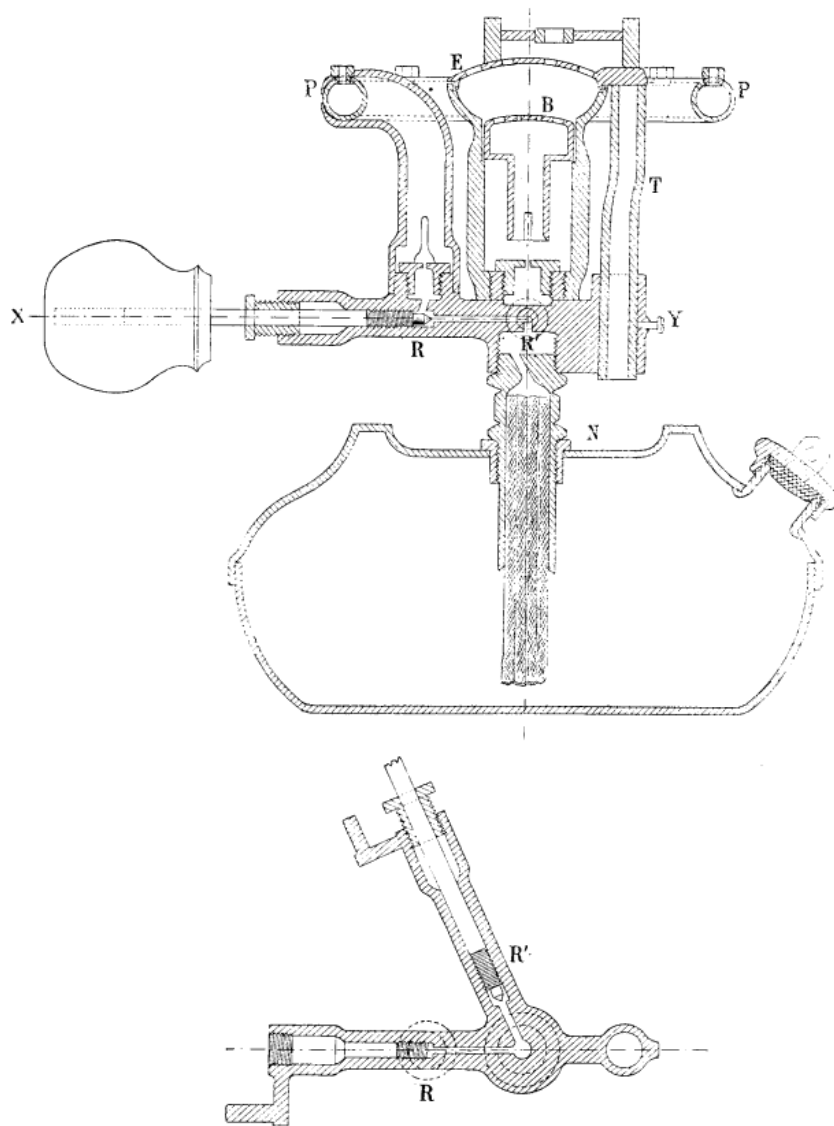


Fig. 15. — Réchaud *Le Bluet* construit par *M. Fouilloud*.

même principe que les lampes dont il a été parlé plus haut. L'alcool dénaturé, aspiré par les mèches *M*, arrive dans la chaudière *C*, s'y gazéifie, sort par l'injecteur, après avoir été réglé par le robinet pointeau *R*, se mélange à l'air en *T*,

et brûle en B. La récupération se fait cependant d'une façon différente ; la flamme du Bunsen s'échappe par une série de trous disposés en couronne au-dessous d'un disque de bronze F ; celui-ci, continuellement échauffé, communique sa chaleur à la chaudière de gazéification.

M. Denayrouse a appliqué à ses réchauds le principe d'après lequel sont construites les lampes dites alvéolaires. Le gaz d'alcool carburé, mélangé d'air, vient brûler au sommet d'un bec fortement évasé et garni d'une toile métallique.

Les appareils de *M. Fouilloud*, à Paris, fonctionnent à l'alcool carburé et sous pression. Ils comportent, suivant les besoins auxquels on les destine, un ou plusieurs becs Bunsen à récupération. Ceux-ci sont garnis ou bien d'une virole de cuivre placée un peu en dessous de l'endroit où jaillit le gaz enflammé, ou bien d'un capuchon de cuivre E, percé de trous que traversent les flammes du Bunsen (fig. 15). La virole, comme le capuchon sont, au moyen d'une tige métallique de récupération, en communication avec la pièce à l'intérieur de laquelle pénètre, par l'intermédiaire d'un robinet à pointeau, l'alcool carburé, avant d'être distribuée au bec Bunsen. Lorsque le réchaud ne porte qu'un bec (fig. 15), celui-ci est placé au-dessus du réservoir ; on l'allume en brûlant de l'alcool dans une coupelle N, dont le creux est ménagé sur la surface même de ce réservoir ; celui-ci s'échauffe en même temps que les pièces métalliques du bec Bunsen, et reste chaud, du fait de la récupération. La température à laquelle se maintient ainsi le réservoir suffit pour donner la pression nécessaire à l'injection du liquide. L'appareil figuré ci-contre et désigné sous le nom de *Bluet*, délivre le liquide d'une part dans un Bunsen muni de la récupération E. T, placé au centre, d'autre part, dans une couronne à flamme forcée P ; deux robinets pointeaux R, R' indépendants commandent l'un et l'autre. Quand l'appareil porte plusieurs becs, le réservoir est muni d'une pompe envoyant le liquide sous une pression de 1 kilogr. Enfin, quand l'appareil, destiné alors au chauffage d'une serre, d'une salle de bains, etc. porte un grand nombre de branches, 8 à 12 par exemple, le réservoir est placé en dehors et relié avec lui au moyen de tubes de cuivre.

Enfin, *M. Pierre*, à Paris, a fait fonctionner devant nous un réchaud dans lequel la récupération se fait par les parties métalliques de la lampe.

B. — Réchauds alimentés per descensum.

Les réchauds de ce genre sont munis d'un réservoir d'alcool qui est en charge de 10 à 15 centimètres sur le tube où l'alcool se gazéfie. Tous s'allument en faisant écouler, par un robinet pointeau placé à l'extrémité du tube de gazéification, une certaine quantité d'alcool dans une coupelle au-dessous de l'ap-

pareil. Le robinet est refermé, et quand on juge que le tube de gazéification est assez chaud, on ouvre de nouveau le robinet: c'est par ce robinet que s'échappe alors le gaz d'alcool, c'est lui qui fait office d'injecteur. Il convient de remarquer, qu'à partir de ce moment le jet de gaz fait contrepression sur le réservoir et empêche l'alcool liquide de s'écouler par ce robinet pointeau. L'injecteur dirige le gaz dans un bec Bunsen, terminé par une rampe en général circulaire. Cette rampe continue à échauffer soit par une flamme dérivée, soit directement, le tube de gazéification. Ces appareils ont un défaut commun; s'ils viennent à s'éteindre, par le débordement du liquide chauffé ou par l'approche d'un courant d'air, le tube de gazéification se refroidit et cesse de fonctionner; le gaz ne repousse plus l'alcool dans le réservoir, et comme le robinet pointeau est ouvert, l'alcool s'écoule et se perd. Néanmoins ces appareils ont l'avantage de ressembler fort aux fourneaux à gaz, dont les ménagères ont l'habitude, d'être d'une grande stabilité et de se régler facilement. Tous brûlent de l'alcool dénaturé.

a. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par une veilleuse permanente.* — Il n'a pas été présenté de fourneaux de ce type.

b. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par une flamme dérivée.* — Le réchaud de M. PrévotEAU, à Paris, comporte deux tubes en cuivre, placés l'un au-dessus de l'autre; l'un, le supérieur, amène l'alcool du réservoir en charge, le divise au moyen d'un pinceau métallique, et le gazéifie; l'autre, l'inférieur, est le bec Bunsen, ou plutôt le mélangeur d'air; il reçoit à son extrémité l'injecteur qui amène le gaz du tube supérieur, et communique à son extrémité opposée, d'une part, avec une rampe circulaire, d'autre part, avec deux petites rampes parallèles qui ont pour mission d'échauffer constamment le tube de gazéification.

Le réchaud de la Société la Continentale nouvelle est construit sur un principe très analogue; le tube inférieur aboutit au centre du fourneau, à une boîte cylindrique; de la partie supérieure de celle-ci, s'échappe une couronne de gaz et de la partie médiane sortent deux jets, qui, dirigés sur le tube supérieur, y assurent la gazéification. Ce réchaud est entièrement en cuivre au lieu d'être en fonte, comme les réchauds similaires; il est muni, à la partie inférieure, d'une cuvette, destinée à recevoir l'alcool dans le cas où le fourneau s'éteindrait spontanément, et où l'alcool viendrait, comme il a été dit plus haut, à s'écouler par le robinet pointeau ouvert.

Le réchaud soumis au Jury par la Compagnie générale de l'alcool diffère des précédents, en ce sens que l'alcool, placé toujours en charge, arrive dans le tube de gazéification, non pas par écoulement le long des fils d'un pinceau métallique, mais par une mèche de coton verticale, sur laquelle l'alcool même est gazéifié, au moyen de flammes dérivées. M. Grandjean, ingénieur à cette Société, a placé entre le fourneau et le réservoir un isolateur en bois, et apporté

quelques perfectionnements de détails à cet appareil qui est de construction allemande.

c. *Réchauds où l'alcool est gazéifié par la flamme même.* — Certains appareils répondant à cette définition, n'ont pu, parce qu'ils étaient entièrement construits en Allemagne, être admis au concours; ils figuraient à l'Exposition; c'étaient par exemple les réchauds *Schöne* et le *Brillant*, exposés par M. *Delamotte*. Le premier comporte deux tubes, l'un au-dessus de l'autre, comme le réchaud *Pré-*

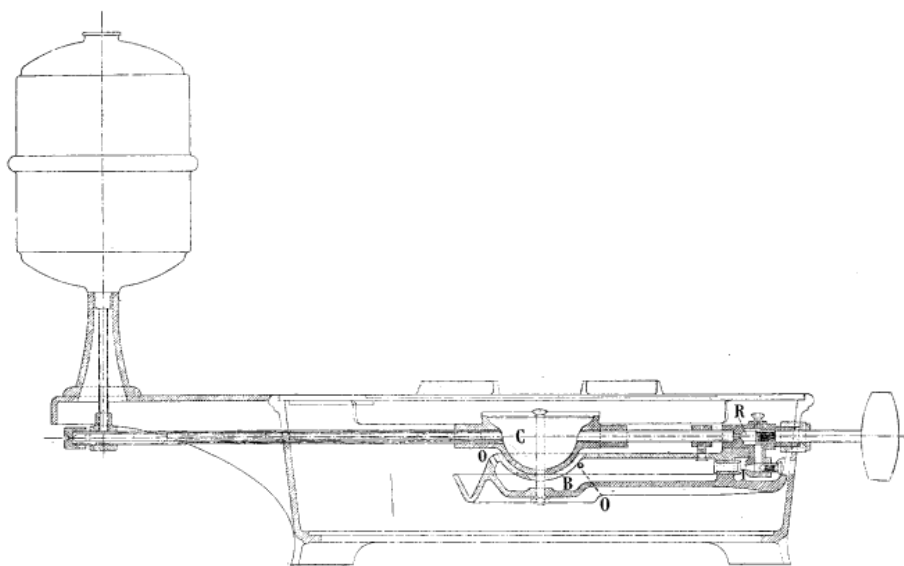


Fig. 16. — Réchaud *Le Réglable* construit par M. *Barbier*.

voteau; mais au lieu d'être dans l'axe par rapport au réservoir, ces deux tubes sont dans une position perpendiculaire à celui-ci; ces deux tubes sont superposés; le tube inférieur est percé de trous et laisse échapper un mélange de gaz d'alcool et d'air. Il chauffe le tube supérieur, où l'alcool se gazéifie; le gaz s'en échappe et entre par un bec Bunsen perpendiculaire, dans le tube inférieur. Le second réchaud, le *Brillant* est construit de la même façon, mais la combustion et la gazéification, au lieu de se faire dans deux tubes droits parallèles, se fait dans deux tubes circulaires à couronnes superposées.

M. *Sénéchal*, à Paris, a disposé, pour alimenter un poêle d'appartement, du système *Sirius* dont il a été parlé plus haut, un réchaud, où l'alcool se gazéifie dans un tube droit, en prolongement du tube par lequel arrive l'alcool, et où il se brûle, dans une couronne circulaire.

M. *Paul Barbier*, à Paris, construit un réchaud, *le Réglable*; celui-ci ne gazéifie pas l'alcool dans un tube, mais bien dans une chaudière C, chauffée par

les flammes mêmes du réchaud (fig. 16). L'alcool en charge dans un réservoir, pénètre, par un tube garni d'un pinceau métallique à l'intérieur d'une cuvette fermée C, formant chaudière, s'y volatilise, et en sort pour entrer, en traversant le robinet R et l'injecteur I, dans un Bunsen B; celui-ci alimente une couronne de fonte percée de trous, placée immédiatement en dessous de la chaudière de gazéification.

III. — Appareils divers.

La multiplicité des appareils qui permettent de consommer de l'alcool, est telle que l'on a dû, sous le nom d'*appareils divers*, réunir des instruments qui sont réservés à des usages très différents.

CHALUMEAUX A BRASER. — Ces appareils construits par *M. Fouilloud*, à Paris, fonctionnent à l'alcool carburé à 50 p. 100 et sous pression; ce sont des chalumeaux destinés à de gros travaux. Le chalumeau peut être fixé sur le réservoir même d'alcool carburé; il peut être également indépendant de ce réservoir et relié à lui par un tuyau de caoutchouc. Quel que soit le réservoir, on y comprime de l'air à une pression variant de 2 à 4 kilogrammes suivant la taille de l'appareil employé et suivant l'importance du travail à exécuter. Le liquide carburé (fig. 17) se gazéifie en cheminant à travers deux tubes concentriques T, chauffés par une flamme d'alcool au moment de l'allumage et par une virole de récupération de chaleur S pendant la marche. Le gaz traverse un robinet pinceau R, s'échappe avec violence par l'injecteur I, dans un bec Bunsen et brûle avec une flamme extrêmement chaude. L'un de ces appareils, d'une ouverture de 50 millimètres, a pu, devant le Jury, en 5 ou 6 minutes, braser un tube d'acier de 48 millimètres sur une bague de 54 millimètres.

M. Fouilloud a fait également fonctionner devant nous un autre chalumeau, d'une ouverture de 25 millimètres seulement, réservé aux petites brasures (cadres de bicyclettes, etc.). Le jet de flamme sortant de ces chalumeaux s'étend sur une longueur de 15 à 20 centimètres.

FER A SOUDER. — C'est sur le même principe qu'est construit le fer à souder de *M. Fouilloud*; un réservoir indépendant envoie de l'alcool carburé à un bec Bunsen, qui chauffe un fer biseauté. L'appareil, grâce à une garniture isolante, peut être aisément tenu à la main.

LAMPES A SOUDER. — *M. Fouilloud* nous a fait connaître une lampe à souder établie comme le chalumeau à braser, et brûlant de l'alcool carburé. Le bec Bunsen est placé sur la lampe même; il y est, au moment de l'allumage, chauffé par de l'alcool brûlant dans une cavité pratiquée sur la partie supérieure du réservoir; la récupération chauffe celui-ci et produit la pression qu'une pompe détermine dans les appareils de plus grande puissance. La longueur du jet de flamme est de 14 centimètres.

Les lampes soudeuses de *M. Pierre*, à Paris, fonctionnent également avec l'alcool carburé; elles sont formées d'un réservoir dans lequel plonge un tube de laiton, garni intérieurement d'une mèche d'amiante; entre le col du réservoir et le tube de laiton, on ménage un espace suffisant pour loger une mèche circulaire de coton. Le tube de laiton est fermé à sa partie supérieure et porte un chalumeau. La mèche circulaire chauffe le tube de laiton et gazéifie l'alcool carburé à l'extrémité de la mèche d'amiante, le gaz sort avec violence du cha-

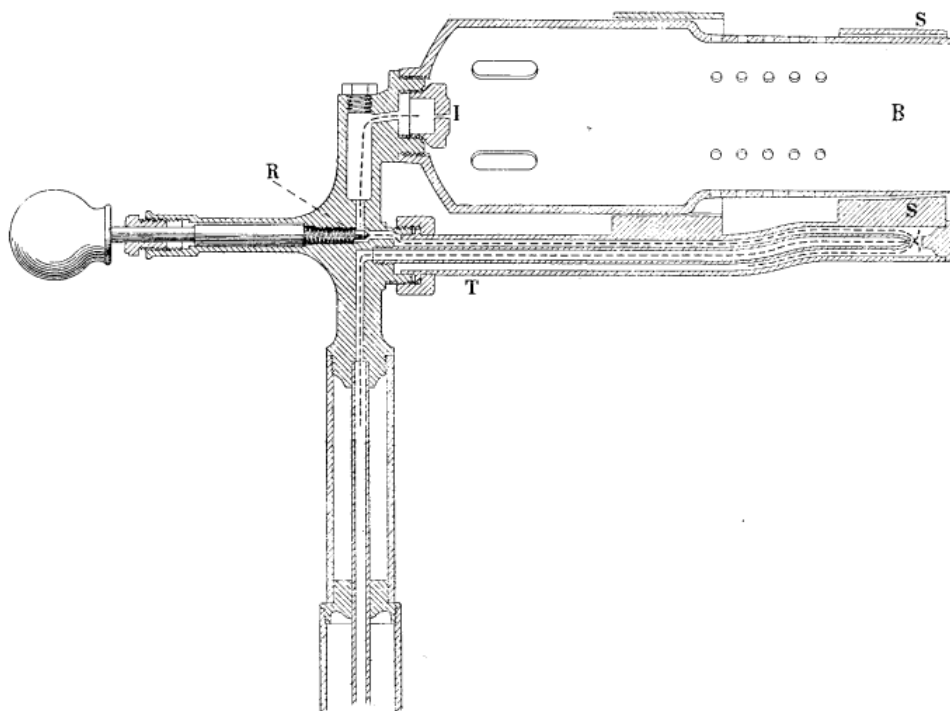


Fig. 17. — Chalumeau à braser construit par *M. Fouilloud*.

lumeau et s'enflamme immédiatement. Le col, dans lequel s'engage le tube porte-mèche est légèrement conique, en sorte que l'on peut, en enfonçant plus ou moins le tube, comprimer la mèche circulaire, diminuer ou augmenter la flamme qu'elle émet, et par conséquent régler grossièrement le jet du gaz.

M. Pierre construit encore de petits chalumeaux pour joailliers, horlogers, etc. Ce sont des tubes porte-mèches, soudés d'un côté à un réservoir d'alcool et terminés du côté opposé par un tube d'injecteur. Le chalumeau est fixe, placé au-dessus d'une lampe à alcool qui gazéifie constamment l'alcool carburé absorbé par la mèche.

M^{me} Longuemare, à Paris, a apporté au jury une série d'éolipyles, petites

chaudières remplies d'alcool dénaturé, chauffées par une lampe à alcool et débilitant le gaz d'alcool à travers un chalumeau.

FERS A REPASSER. — L'idée d'introduire dans le fer à repasser un réchaud à alcool gazéifié est certainement originale; elle est venue d'Allemagne, et les fers présentés au concours par *MM. Wintenberger*, à Viviers-au-Court (Ardennes) (fig. 18), sont construits d'après un modèle allemand, dont ils sont concessionnaires. Le fer est creux, et l'on peut y introduire aisément une petite rampe double R à gaz d'alcool, alimenté par un réservoir en charge, qui est placé au-dessus du fer à repasser. On commence par échauffer, au moyen d'une coupelle d'alcool, la masselotte M dans laquelle s'écoule l'alcool du réservoir; l'alcool

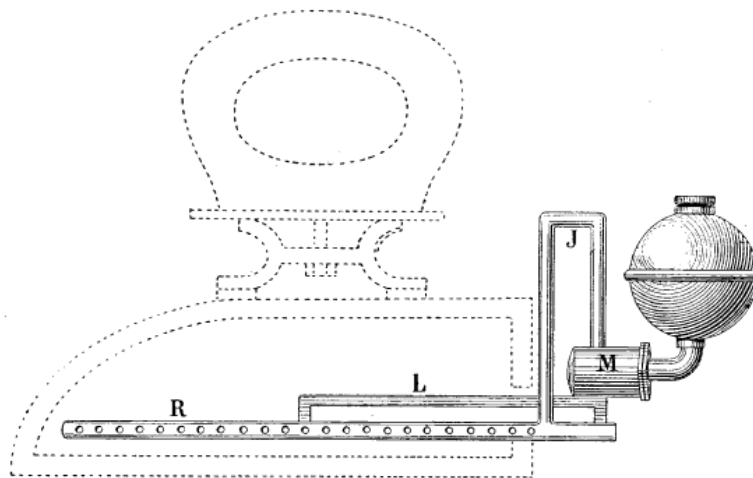


Fig. 18. — Fer à repasser construit par *M. Wintenberger*.

s'y gazéifie, chemine, à l'état gazeux, à travers une sorte de jeu d'orgue, J, dans lequel il abandonne les parties liquides entraînées, et va traverser en brûlant les trous de la rampe à gaz. Une pièce métallique L reliant la rampe et la masselotte assure la récupération de la chaleur. La rampe à gaz n'est pas réglable, et si l'opérateur trouve que la chaleur du fer s'élève trop, il enlève l'appareil de chauffe et l'introduit dans un autre fer plus froid. Elle ne comporte pas non plus de robinet; quand on éteint, le tube J ne permet pas à l'alcool de descendre du réservoir vers la rampe.

M. Delamotte, à Quessy (Aisne), montrait à l'Exposition un fer à repasser, de fabrication allemande; celui-ci est creux, mais il ne porte pas en lui-même son réchaud; il peut, à l'intérieur même, être chauffé par un réchaud indépendant et fixe. L'addition d'un trépied transforme aisément celui-ci en réchaud de cuisine.

CHAUFFERETTES, CHAUFFE-PLATS, etc. — La *Société de chauffage hygiénique* (M. Brillouin, directeur) a adapté à des chaufferettes d'appartement et de voiture, à des chauffe-plats, le chauffage à l'alcool. C'est au moyen d'une petite lampe à mèche, suspendue à la Cardan, que la chaleur est entretenue dans l'appareil. La Compagnie munit ses chaufferettes, chauffe-plats, d'un couvercle à double paroi, garni à l'intérieur d'une substance spéciale, qui régularise et conserve la chaleur.

FERS À FRISER, À ONDULER, etc. — Ces petits appareils ont été présentés par la *Société des alcools solidifiés* (M. Guillemain, directeur); ils peuvent être chauffés soit par de l'alcool brûlant sur mèche, soit par de l'alcool solidifié.

M. Lefèvre, à Paris, a apporté également un réchaud à éponge d'amiante disposé pour chauffer les fers à friser.

II

Tous ces appareils ont été essayés par le jury. Les lampes ont été étudiées par M. Couderchon, inspecteur de l'éclairage de la ville de Paris, assisté de M. Caffard, piqueur à ce service; les réchauds, par M. Villard, professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers; les poêles, par M. Grouvelle, professeur à l'École centrale, et les appareils divers, par M. Lindet, professeur à l'Institut national agronomique.

Les lampes étaient remplies, pesées et photométrées; on les maintenait allumées quatre heures, on les pesait et on les photométrait de nouveau; la différence de poids et la moyenne des deux résultats photométriques établissaient la consommation par bougie-heure.

Les réchauds étaient étudiés au point de vue de leur consommation spécifique, et on mesurait le temps et la dépense nécessaire de liquide pour porter un litre d'eau à l'ébullition.

Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous; l'alcool et l'alcool carburé sont comptés au prix de 0 fr. 50 le litre.

L'examen des chiffres relatifs aux lampes conduit à des remarques fort intéressantes :

Tout d'abord, on est surpris de voir combien l'intervention d'un manchon Auer augmente l'intensité lumineuse. M. Sorel a montré que l'alcool brûlant à flamme libre est si peu éclairant qu'il en faut consommer près de 150 centimètres cubes pour avoir une bougie-heure. Si l'on interpose un manchon sur l'alcool gazéifié, la consommation tombe à 2 ou 3 grammes. Une lampe à flamme libre dépense par bougie-heure environ 6 grammes d'alcool carburé, et à peine 1 gramme quand l'alcool carburé est, à l'état de gaz, brûlé sur manchon.

Consommation des Lampes.

(Essais de M. Couderchon)

		PAR HEURE				
		Intensité du bec en bougies.	Consommation du bec en cent. cubes.	Dépenses du bec en centimes.	Consommation par bougie-heure, en cent. cubes.	
Lampes sans gazéification.	alcool carburé.	Soc. alkolumine .	9,6	69,1	3,5	7,2
		Soc. Continentale Préféré, n° 1. .	36,4	109,2	5,5	3,3
		Soc. Continentale Préféré, n° 2. .	23,3	65,2	3,3	2,8
		Soc. Continentale, 1900	78,4	148,9	7,5	1,9
		Soc. Regina . . .	23,9	88,4	4,4	3,7
		Pomeyrol et Sou- piron	25,1	100,4	5,0	4,0
		Decamps, n° 1 . .	18,9	90,7	4,5	4,8
		— n° 2	32,5	96,5	4,8	3,0
		Denayrouse (pres- sion).	346,2	380,6	19,0	1,1
		Denayrouse (sans pression). . . .	22,8	52,4	2,6	2,3
		Hantz n° 1. . . .	85,5	205,2	10,2	2,4
		— n° 2.	123,2	234,1	11,7	1,9
		Washington n° 1 .	149,6	403,9	20,2	2,7
		— n° 2	354,0	674,1	33,7	1,9
		Lampes avec gazéification.	alcool dénaturé.	Kornfeld	257,0	298,4
Decamps, n° 2 . .	38,0			79,8	4,0	2,1
Denayrouse (pres- sion).	485,0			339,5	17,0	0,7
Denayrouse (sans pression) n° 3. .	76,3			106,8	5,3	1,4
Denayrouse (sans pression), n° 4 . .	185,5			129,8	6,5	0,7
Denayrouse (al- véolaire) n° 1. .	3,6			11,9	0,6	3,1
Denayrouse (al- véolaire), n° 2 . .	9,7			18,4	0,9	1,9
Denayrouse (al- véolaire), n° 5 . .	82,3			131,7	6,6	1,6
Denayrouse (al- véolaire), n° 6 . .	140,0			182,0	9,1	1,3
Kornfeld	610,0			303,0	15,2	0,5

Le mode de chauffage de la chaudière semble influencer bien peu sur le rendement (Bec Préférée n° 1 et bec Decamps n° 2 ; intensité 36^b,4 et 32^b,5 ; consom-

mation 3^{cc},3 et 3 centimètres cubes. — Bec Préféré n° 2 et bec Denayrouse, sans pression; intensité 23^b,3 et 22^b,8; consommation 2^{cc},8 et 2^{cc},3). Cette analogie dans les chiffres de consommation est naturelle; que les calories nécessaires à la gazéification soient prises à l'alcool brûlant sur mèche, ou à l'alcool ayant brûlé sur manchon, cela revient au même; si l'on place une tige de récupération dans la flamme, celle-ci prend une certaine quantité de chaleur qui ne se convertit pas en lumière.

On remarque également que l'alcool carburé à 50 p. 100, comparé à l'alcool dénaturé, toutes conditions égales d'ailleurs, donne plus d'intensité, et conduit, pour une même intensité, à une consommation moindre d'un tiers ou d'une moitié; cela résulte de la composition même des liquides. Un bec Denayrouse à brûlé, pour produire une bougie-heure, 1^{cc},4 d'alcool dénaturé ou 0^{cc},7 d'alcool carburé à 50 p. 100. Une même lampe Kornfeld brûlant de l'alcool dénaturé, puis de l'alcool carburé a doublé sa puissance lumineuse (257 et 610 bougies), et a consommé par bougie-heure, dans le premier cas, 1^{cc},2. et dans le second, 0^{cc},5 de liquide.

Un éclairage est, en général, d'autant plus économique qu'il est plus intense. La bougie-heure coûte moins cher dans une lampe de grande puissance que dans une lampe domestique. Cette loi se retrouve dans l'étude des chiffres fournis plus haut : deux becs Hantz, de 85 et de 123 bougies, ont consommé, l'un, 2^{cc},4, l'autre, 1^{cc},9 par bougie-heure. Les chiffres fournis par les becs Decamps, par les becs Washington, etc., par les becs Denayrouse ordinaires ou alvéolaires, confirment également cette loi à laquelle je viens de faire allusion.

Enfin, on constate que la pression avec laquelle l'alcool arrive à l'injecteur, augmente l'intensité du foyer, et diminue par conséquent la dépense par unité de lumière. Toutes les lampes, munies de réservoirs à pression, ont donné une consommation faible. Il suffit, en effet, pour s'en convaincre, de remarquer les chiffres fournis par le bec 1900, les becs Denayrouse (à pression), les becs Washington, Kornfeld, Hantz, etc., comparativement aux chiffres fournis par les becs Préférés, les becs Regina, les becs Decamps, les becs Pomeyrol et Soupiron. Ce fait tient à ce que le jet de gaz d'alcool est projeté plus nettement, entraîne dans un espace plus restreint la quantité d'air qui doit le brûler, fait un cône de flamme analogue à celui que fournit le chalumeau, et si la forme du manchon est convenablement choisie, s'il emboîte exactement la flamme, celle-ci est complètement utilisée et le manchon prend son maximum de pouvoir éclairant.

De ces trois dernières observations, il résulte que, pour les grands éclairages, ceux qui se chiffrent administrativement par un industriel ou par un Conseil municipal, il convient d'employer l'alcool carburé, qui, au cours actuel de la benzine, est économique; il convient de prendre des lampes intenses, puisque la bougie-heure se traduit par une dépense plus minime; il convient enfin de

choisir les lampes à pression, parce que, munies de manchons bien adaptés, elles produisent un excès d'intensité.

Mais, dans les ménages, où l'on ne saurait brûler d'alcool carburé sans risquer d'avoir une flamme fuligineuse, où l'on ne saurait dépasser une intensité de 25 à 30 bougies, où l'on ne saurait avoir un réservoir de pression, il convient, quitte à dépenser quelques centimes de plus par soirée, d'employer l'alcool dénaturé.

Consommation des réchauds.

Essais de M. Villard.

			Pour élever 1 litre d'eau à l'ébullition, il a fallu			
			Consommation à l'heure en cent. cubes.	Temps.	Alcool en cent. cubes.	Dépense en centimes.
Réchauds sans gazéification.	Alcool dénaturé.	Dusart	200	17'	56	2,8
		Hauvet	158	20'	52	2,6
		Chapuis	357	11'	62	3,1
		Lefevre	259	16'	69	3,4
	Alcool solidifié.	Cie alcools solidifiés..	120	22'	44	2,2
		Cie générale alcools. .	139	9'	32	2,6
Réchauds à gazéification.	Alcool dénaturé.	Polo	259	11'	50	2,5
		Decamps.	166	15'	42	2,1
		Prevoteau.	328	8'	44	2,2
		Barbier	259	9'	42	2,1
	Alcool carburé.	Denayrouse	210	9'	33	1,6
		Fouilloud	243	8'	34	1,7

Consommation des poêles.

Essais de M. Grouvelle.

			Consommation à l'heure en cent. cubes.
Calorifères à gazéification.	Alcool dénaturé.	Bec Préféré, par bec.	238
		Bec 1900, par bec	202
		Calorifère Polo.	250
	Alcool carburé. .	Fouilloud	2 040

Consommation des appareils divers.

Essais de M. Lindet.

			Consommation à l'heure en cent. cubes.
Éolipyles.	Alcool dénaturé.	Longuemare.	195
Fer à repasser.	—	Wintenberger	107
Chauferette.	—	Société générale de chauffage.	6
Lampes soudeuses.	Alcool carburé.	Pierre.	238
Fer à souder.	—	Fouilloud	178
Fer à souder.	—	—	203
Fer à souder.	—	—	893
Chalumeau à braser.	—	—	3 000

L'examen des chiffres relatifs aux réchauds, poêles et appareils divers est également d'un grand intérêt.

Les réchauds brûlent des quantités variables d'alcool carburé; mais ce qu'il importe de connaître, c'est la consommation en fonction du travail produit. Dans cet ordre d'idées, et en faisant abstraction du temps qui a été nécessaire, nous voyons qu'avec les réchauds à mèches, on a brûlé, pour porter un litre d'eau à l'ébullition, de 52 à 69 centimètres cubes d'alcool dénaturé, et de 42 à 50 centimètres cubes, avec les réchauds à gazéification. Les premiers, ainsi que nous l'avons dit plus haut, utilisent donc bien l'alcool.

Il est évident aussi que l'on ne peut prendre en considération les dépenses des poêles et des appareils divers, qu'en raison des résultats obtenus; si le chalumeau à braser de M. Fouilloud a dépensé 3 litres d'alcool carburé à l'heure, si le fer à repasser de M. Wintenberger a dépensé 107 centimètres cubes d'alcool dénaturé, ces appareils ont exécuté un travail dont les résultats pécuniaires peuvent être considérés comme proportionnels.

III

Cette conférence serait terminée si vous n'attendiez pas de moi que je compare, au point de vue de la dépense, l'éclairage et le chauffage à l'alcool avec les procédés d'éclairage et de chauffage auxquels nous sommes déjà habitués. Je ne parle jamais de l'emploi de l'alcool, sans que l'on me pose cette question : « Est-ce plus cher que le pétrole ? »

Généralement, je ne réponds pas; je trouve en effet que, surtout pour l'éclairage domestique, on ne doit pas se préoccuper outre mesure, à quelques centimes près, de la dépense à faire. Aucun de nous n'a mesuré ce que, à son bureau, dans son salon, il dépense par bougie-heure avec l'électricité, avec le gaz, avec le pétrole, etc.; quand on adopte un procédé d'éclairage, on achète non seulement sa lumière, mais aussi la commodité, le bien-être, l'élégance qu'il nous apporte.

Cependant, comme quelques-uns d'entre vous s'en iraient mécontents de cette salle si je ne faisais pas cette comparaison, et comme je ne veux pas que l'on m'accuse de me soustraire, je m'exécute.

J'éviterai tout d'abord la comparaison avec l'huile. Une lampe brûle 42 grammes d'huile par carcel ou 9 bougies, 62, c'est-à-dire 6 centimes; cela représente une dépense cinq fois plus élevée que la dépense entraînée par l'emploi de l'alcool. De plus, on ne peut demander à l'huile un éclairage intensif.

Convient-il de comparer l'alcool à l'électricité et au gaz ?

L'électricité est, surtout dans certains pays où il y a une force motrice naturelle, produite à très bon compte, quelquefois même à un prix dérisoire. Il n'en

est pas de même à Paris. Une lampe de 25 bougies, consommant 75 watts, brûle pour 9 centimes d'électricité : un bec Préféré de 23 bougies brûle pour 3^c,3 d'alcool. L'éclairage à arc est plus économique : Une lampe de 250 bougies, consommant 225 watts, dépense 5 à 6 centimes, tandis qu'une lampe à alcool de même puissance (Kornfeld) en brûle pour 15 centimes. Quant au gaz, même en le payant 30 centimes le mètre cube, il est moins cher que l'alcool. Un bec de 7 à 8 carrels, soit 70 à 80 bougies par incandescence (bec de la ville de Paris), brûle de 100 à 120 litres l'heure, soit une dépense de 3 c. à 3^c,4. Cherchons dans notre tableau un éclairage d'intensité analogue : nous trouvons le bec 1900 qui pour 78 bougies brûle 7^c,5 d'alcool dénaluré, soit le double; le bec Denayrouse, sans pression, qui pour 76 bougies, brûle 5^c,3 d'alcool carburé. La conclusion est qu'à cause de leur faible dépense, de leur facilité d'allumage et de leur propreté, il faut préférer comme sources de lumière l'électricité et le gaz à l'alcool. Mais combien de villages, de maisons de campagne, de châteaux, qui n'ont ni gaz ni électricité ; combien de personnes qui ne veulent pas le gaz dans leur salon ou leur chambre à coucher.

Il faut, dans ce cas, choisir entre l'alcool et le pétrole.

La comparaison est difficile ; car nous n'avons pas affaire à la même lumière. Sans doute nous pouvons comparer le pétrole et l'alcool carburé brûlant sur mèches. Mais le pétrole ne peut que difficilement fournir une lumière à incandescence. Il bout vers 250 à 300°, et à cette température, il se décompose, laisse du charbon de cornue qui encrasse les injecteurs. Le pétrole ne brûle donc que sur une mèche ; et si l'on se propose d'obtenir pratiquement le maximum de lumière dans l'un et l'autre mode d'éclairage, il faut comparer deux lumières qui n'ont pas d'analogie. Comparons quand même.

Je prends dans le rapport que M. Ringelmann a fait à la Société nationale d'Agriculture les chiffres suivants :

	Intensité en bougies.	Consommation de pétrole en centim. cubes.
1 ^o	41,8	73
2 ^o	23,8	133
3 ^o	52,3	241

Comparons la lampe de 41^b,8 avec la lampe Alkolumine de 9^b,6, brûlant 69 centimètres cubes d'alcool carburé ; c'est le même chiffre, c'est-à-dire la même dépense. Brûlant sur mèche, l'alcool carburé à 35 p. 100 et le pétrole se valent.

Mais l'avantage reste à l'alcool si l'on compare les résultats de la lampe n° 2, brûlant du pétrole sur mèches, et ceux des lampes de même intensité (bec Préféré, bec Regina, bec Decamps) brûlant l'alcool gazéifié sur manchons : la dépense est moitié moindre. Nous n'avons pas, dans le tableau de la commission, de lampes à alcool de 52 bougies (lampe n° 3). Mais nous avons la lampe de Hantz qui consomme autant (234^{cc}) et qui possède une intensité double.

Si au lieu de considérer l'alcool nous considérons l'alcool carburé, l'avantage s'accroît encore en faveur de l'alcool.

Mais dans le choix d'une lumière, il ne convient pas seulement de s'occuper de son économie, il faut prendre en considération d'autres avantages. L'alcool présente sur le pétrole des avantages et des inconvénients.

En bon avocat, je commencerai par les inconvénients.

L'allumage est lent, je ne doute pas qu'un jour on arrive à le rendre plus rapide.

L'alcool est plus inflammable que le pétrole. Cependant, il faut considérer que les dangers d'inflammation sont extrêmement réduits, et la meilleure preuve, c'est que nous avons manié au Jury des centaines de lampes, dans un local étroit et inconfortable, qu'à l'Exposition il y a eu des centaines de lampes allumées, en présence d'un public nombreux et quelquefois imprudent, et qu'il n'y a eu aucun accident, même pas une goutte d'alcool qui ait pris feu sans l'autorisation du Jury ou des exposants. Les « lampes à esprit-de-vin » sont construites dans des conditions bien moins parfaites.

Mais à côté de ces inconvénients quels avantages ! l'alcool en brûlant ne répand aucune odeur, ne donne pas de fumée et surtout la lampe qui le contient ne suinte pas ; vous pouvez prendre la lampe sans exposer vos doigts à être souillés.

Vous allez me demander maintenant de comparer les réchauds entre eux.

M. Helshofer, directeur de la *Centrale für spiritus*, de Berlin, a montré que l'alcool dénaturé brûlant dans un réchaud à gazéification donne la même quantité de chaleur que 1 mètre cube de gaz. À dépense égale, le gaz est plus pratique.

Mais nous sommes à la campagne et nous n'avons pas de gaz.

Devons-nous prendre un réchaud à pétrole ou un réchaud à alcool ? Nous devons prendre le premier si nous voulons faire des économies de centimes ; car le pétrole fournit près de deux fois plus de chaleur que l'alcool ; mais nous devons prendre le réchaud à alcool, si nous nous préoccupons de n'avoir ni odeur ni fumée, ni suintement. Là encore, nous achetons, en même temps que la chaleur, notre bien-être.

Tel est, Mesdames et Messieurs, l'état actuel de la question de l'éclairage et du chauffage par l'alcool. Tout n'est pas encore au mieux dans le meilleur des mondes ; il reste des progrès à faire, surtout au point de vue de la rapidité d'allumage. Mais de très gros efforts ont été faits et je suis persuadé que le concours international qui va s'ouvrir au mois de mai prochain, sous les auspices du ministère de l'Agriculture, fera faire à la question un nouveau pas en avant.

ARTS CHIMIQUES

ÉTAT ACTUEL DE LA QUESTION DES ORDURES MÉNAGÈRES DANS LES DIVERS PAYS,
par **M. Ach. Livache**, *membre du Conseil*.

En 1897 et en 1900, nous avons publié, dans le *Bulletin* de la Société (1), des études sur les divers modes de traitement des ordures ménagères. Dans ces derniers temps, cette question des ordures ménagères a pris une grande extension et beaucoup de villes ont été conduites à procéder à une installation susceptible de les débarrasser, dans les meilleures conditions d'hygiène et d'économie, de ces résidus si encombrants, si incommodes et si dangereux. Nous avons pensé qu'il y avait un intérêt à chercher à mettre la question au point et à montrer, d'une part, les divers procédés adoptés et, d'autre part, les raisons qui les ont fait adopter.

Cette étude nous a été rendue facile grâce aux nombreux articles que les journaux étrangers consacrent à cette question, et grâce, surtout, à une publication récente due à M. W. Francis Goodrich, dans laquelle il examine les divers procédés de traitement appliqués dans le monde entier (*The economic disposal of Town's refuse*, by W. Francis Goodrich A. I. Mech. E. London, 1901). La lecture de cet ouvrage peut être considérée comme indispensable à toute personne qui veut connaître les conditions dont on doit se préoccuper pour résoudre le problème aussi avantageusement que possible; aussi, lui avons-nous fait les plus larges emprunts, surtout quand il s'agissait du traitement par incinération, qui a toute la faveur de l'auteur.

Dans nos études précédentes, nous avons fait voir les graves inconvénients que présente, tant au point de vue de l'hygiène qu'à celui de l'incommodité, le dépôt, sur les champs, d'ordures ménagères telles qu'elles proviennent de chez les habitants. On a bien cherché à obtenir un départ plus facile et plus prompt de ces matières si rapidement fermentescibles en les amenant à occuper un volume plus faible, en particulier par le broyage et la compression, mais, au point de vue de l'hygiène, une telle manière de faire ne donne aucune satisfaction et il semble définitivement jugé que les villes, à moins d'être dans des conditions toutes spéciales, doivent appliquer des modes de traitement plus scientifiques.

(1) Février et mai.

Ces modes de traitement sont au nombre de deux : le *traitement par incinération* appliqué surtout en Angleterre et qui tend à se répandre de plus en plus, et le *traitement par réduction* qui n'a encore été appliqué qu'aux États-Unis.

TRAITEMENT PAR INCINÉRATION

C'est dans le Nord de l'Angleterre que l'on essaya pour la première fois, il y a environ trente ans, de détruire les ordures ménagères par la combustion dans un four; mais la disposition très primitive du four employé donnait plutôt une carbonisation plus ou moins grande de la matière au lieu d'en provoquer la destruction complète. Les ordures, en effet, étaient simplement placées sur une grille et les gaz dégagés étaient dirigés dans une cheminée, ce qui causait une incommodité grave pour le voisinage, tant au point de vue de la fumée que des mauvaises odeurs.

Quelques années plus tard, Fryer améliora le type du four employé, mais il ne parvint pas encore à supprimer les odeurs désagréables, car la destruction restait incomplète.

On a reconnu, en effet, après les études du professeur Wanklyn et d'autres savants, que, pour transformer les ordures ménagères en une scorie inoffensive et pour détruire aussi complètement que possible les gaz produits, il était nécessaire de maintenir constamment une température qui ne fût pas inférieure à 676° C., au lieu de se borner à une température qui, dans les essais précédents, n'était comprise qu'entre 260 et 467° C.

Le premier pas dans cette voie est dû à M. Chas.-Jones, de Ealing, qui annexa au four destructeur des ordures un appareil connu sous le nom de « Jones' Fume Cremator », constitué par un foyer, chargé de coke incandescent, dans lequel on faisait passer les gaz incomplètement brûlés provenant du destructeur.

On avait obtenu ainsi une grande amélioration; mais, au lieu de poursuivre dans cette voie, on préféra modifier la cellule du destructeur dans lequel on brûlait les ordures de manière à y obtenir immédiatement une haute température suffisante pour détruire les fumées produites, au moment même de leur production. On parvint au résultat désiré en provoquant un tirage forcé qui aidait, en outre, la combustion et permettait d'atteindre une température plus élevée, pouvant aller, dans les premières expériences exécutées, jusqu'à 760° C. et, par suite, rendant superflue l'adjonction d'un crémateur.

Enfin on obtint un second résultat avantageux; c'était de pouvoir profiter de cette haute température en l'utilisant pour obtenir une production de vapeur. Dans les essais exécutés en 1888, on avait déjà fait des tentatives en vue de cette production de vapeur; mais, avec une cellule qui marchait à basse température, ne parvenant à brûler que 5 tonnes d'ordures par jour, il était difficile de

produire une quantité de vapeur supérieure à celle nécessaire pour une force de 6 chevaux. Avec la cellule à tirage forcé, au contraire, qui brûlait une quantité journalière d'ordures beaucoup plus considérable, à une température bien supérieure, on put obtenir une quantité de vapeur suffisante pour une force atteignant jusqu'à 30 chevaux. Enfin, autre avantage appréciable, le résidu de l'incinération qui, auparavant, était friable, quelquefois incomplètement carbonisé, souvent odorant, était transformé en une scorie dure, inodore, inoffensive et susceptible de trouver une utilisation pratique.

C'est en se basant sur ces résultats qu'aujourd'hui on pratique l'incinération, au moyen de destructeurs caractérisés par le maintien d'une température très haute dans la chambre de combustion, dépassant souvent 1 100° C. et pouvant atteindre jusqu'à 1 538° C., ce qui a naturellement amené à adjoindre au destructeur un générateur de vapeur.

Valeur des ordures ménagères des villes pour la production de vapeur.

Le problème de l'incinération étant posé comme nous venons de l'indiquer : obtention d'une haute température qui donnera une destruction complète des matières putrescibles et qui pourra permettre d'obtenir une production de vapeur, on doit commencer par déterminer la valeur des ordures à brûler au point de vue de leur valeur comme combustible. C'est qu'en effet leur valeur varie suivant la région, le mode de collecte, la composition de la population, la nature du combustible ordinairement employé par les habitants, etc.

M. Goodrich cite, à ce sujet, un exemple intéressant qui montre bien la nécessité d'une étude préliminaire.

Les ordures examinées avaient la composition suivante :

	Poids.
Braise et escarbilles.	50,0
Papier, paille, matières fibreuses et détritiques organiques.	13,0
Charbon.	0,7
Os et débris animaux.	0,6
Chiffons.	0,4
Coke.	0,3
Cendres	12,0
Poussière et boue.	20,0
Bouteilles 4 p. 100, étain 7 p. 100, métaux 2 p. 100, faïence 6 p. 100, verre cassé 3 p. 100	3,0
	100,0

Le pouvoir calorifique moyen de la partie combustible est le suivant, d'après Dawson :

Ces ordures donnaient une moyenne de 25 à 35 p. 100 de scories et de cendres.

	Valeur calorifique ou unités de chaleur développées par livre anglaise (453 ^{gr} ,59) de combustible	
	à l'état sec.	à la teneur moyenne d'humidité.
Charbon.	14 000	9 334
Coke.	12 000	8 000
Os et débris animaux.	8 000	5 334
Braise et fraïsil.	6 000	4 000
Chiffons.	5 000	3 334
Papier, paille, matières fibreuses et débris organiques	3 800	2 334

Or, dans la pratique, on a obtenu le pouvoir moyen d'évaporation suivant :

	Poids de l'eau évaporée à 100° C. par livre d'ordures servant de combustible en livres anglaises.
Ordures criblées, les meilleures.	2,00
— — les moyennes.	1,50
Ordures non criblées, les meilleures.	1,25
— — les moyennes.	1,00
— — celles de qualité inférieure.	0,75
Ordures non criblées (2 parties en poids mêlées à 1 partie de balayures des rues).	0,75
Ordures non criblées (2 parties mêlées à 1 partie de boue des rues).	0,50

On voit ainsi très nettement quels résultats très différents on peut obtenir et avec quel soin on doit tenir compte des variations de composition des ordures soumises à l'incinération.

Types des divers destructeurs actuellement employés.

L'ouvrage de M. Goodrich contient un grand nombre de types de destructeurs auxquels sont annexés des générateurs de vapeur; nous nous bornerons à indiquer rapidement les principaux types les plus usités aujourd'hui en ne signalant que les points les plus importants, car les figures, empruntées à l'ouvrage anglais, permettent suffisamment de se rendre compte des dispositions essentielles et des différences qui les caractérisent.

Destructeur Fryer, modifié par MM. Bulnois, Wood et Brodie. — Le chargement se fait (fig. 4) par la partie supérieure, au moyen d'un récipient divisé en compartiments et disposé de façon à se mouvoir sur rails au-dessus des fours. Chaque compartiment contient les ordures en quantité suffisante pour une charge, avec ouverture de déchargement manœuvrée mécaniquement.

Les barreaux du cendrier ont une forme courbe qui facilite le chargement.

On emploie des ventilateurs Sturtevant, mus à la vapeur ou électriquement.

Une chaudière Babcock et Wilcox est placée entre deux cellules et chauffée par les gaz de droite et de gauche. Un foyer spécial est disposé pour permettre, en cas de nécessité, de chauffer au charbon à la manière ordinaire.

Destructeur Horsfall. — Ce destructeur, qui a véritablement été le premier travaillant à haute température, a été et est encore très répandu, d'autant plus que beaucoup de cellules à basse température furent converties en cellules du

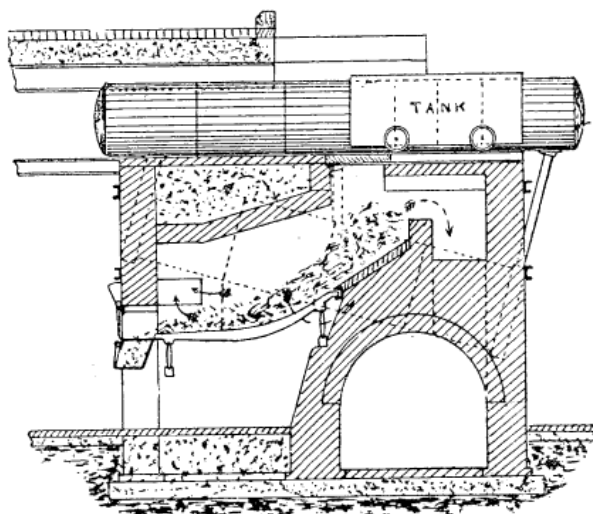


Fig. 1. — Destructeur Fryer.

type Horsfall, à une époque où les destructeurs étaient rien moins que populaires à cause de leur inefficacité au point de vue des fumées et des vapeurs inconfortables. Ce type, dans ses grandes lignes, ressemble (fig. 2) au type Fryer quoiqu'il en diffère dans les détails. Cela se voit spécialement pour les conduits de départ des gaz de la combustion, ainsi que dans la disposition des conduits d'air, qui amènent cet air sur les côtés ce qui empêche les scories d'adhérer aux parois de la cellule. Enfin, il y a un captage de poussière, permettant de recueillir celles-ci dans des poches, à certains points convenables, d'où on peut les enlever facilement.

La disposition dos à dos des cellules forme un bloc avec trou de chargement commun aux deux cellules.

Destructeur Warner-Perfectus. — En principe, la cellule est, (fig. 4) à certains égards, semblable à celle du Fryer, mais une différence essentielle consiste dans la disposition du chargement qui se fait au moyen d'une trémie à fond

mobile, manœuvrée par un levier. La trémie ayant été chargée, une plaque se place au-dessus de la charge pour empêcher tout dégagement de fumée; le levier étant alors manœuvré, les ordures tombent.

Dans le Warner-Perfectus est une disposition de registres assez inusitée, au moyen de laquelle le conduit de chaque cellule peut être complètement clos

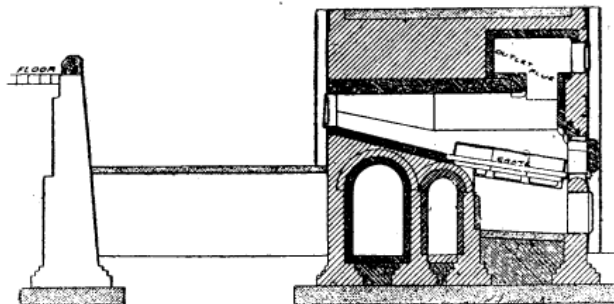


Fig. 2. — Destructeur *Horsfall*.

pendant l'enlèvement des scories, ce qui aide à maintenir une température plus constante.

Il y a des chambres à poussière spéciales. Généralement on a une chau-

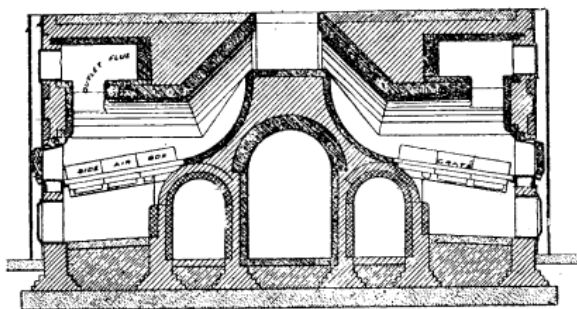


Fig. 3. — Destructeur *Horsfall*.

dière pour deux fours munis, dans certaines installations, de grilles à barreaux tournants.

Destructeur Beaman et Deas. — Ce type est (fig. 5) très répandu; il est un bon exemple du destructeur moderne à température élevée.

Il se compose de deux cellules ayant chacune une aire de dessiccation sur laquelle tombent, par une trémie, les ordures amenées dans la chambre de chargement. Placée entre chacune des cellules est une chambre commune de combustion dans laquelle se réunissent les gaz pour se rendre ensuite à une chaudière du type Babcock et Wilcox.

Les chariots contenant les ordures circulent sur une plate-forme et sont déchargés dans des trémies munies d'un grillage empêchant les objets d'un certain volume d'aller dans la chambre de chargement. Quand cette chambre est

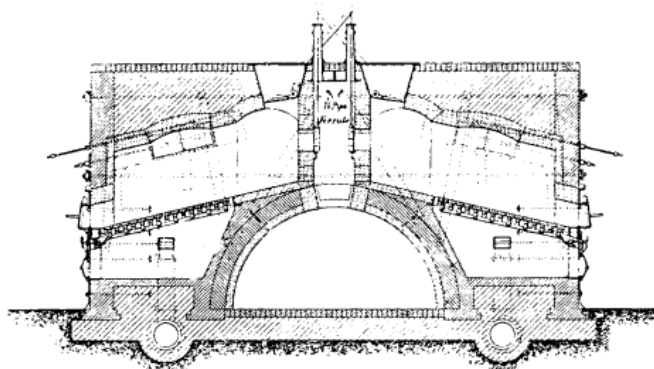


Fig. 4. — Destructeur Warner.

pleine, on en fait tomber le contenu, au moyen d'une porte à chaîne, sur l'aire de dessiccation. Cette manœuvre très simple diminue et le travail de chargement et la dépense. L'ouvrier amène ensuite la matière sur la grille de la cellule où elle est brûlée par injection d'air sous la grille.

L'installation se compose d'une série de cellules, avec chambre de combus-

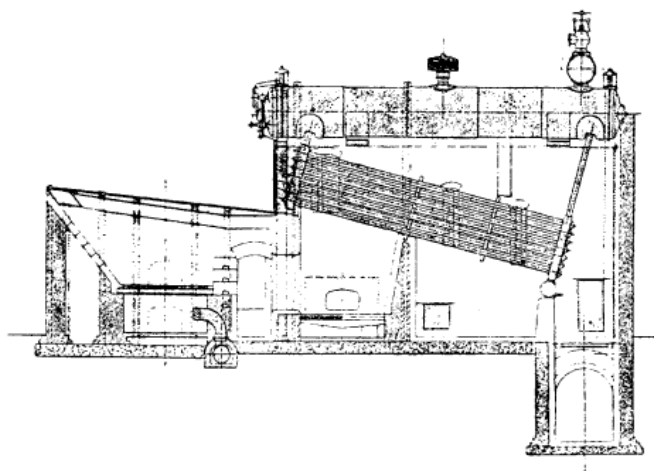


Fig. 5. — Destructeur Beaman et Deas.

tion commune placée entre chaque paire; les gaz vont en ligne droite dans la chambre de combustion, ce qui assure un mélange plus complet et donne une combustion plus parfaite.

On construit les cellules en batteries qui peuvent être étendues indéfiniment en une rangée ou en plusieurs rangées parallèles, avec une chaudière pour chaque paire de cellules qui peut en être isolée au moyen d'un registre vertical. Grâce à cette disposition, les produits de la combustion passent directement de la chambre de combustion dans la chaudière et ne sont pas soumis aux pertes par radiation comme dans le cas d'un conduit précédant la chaudière; par suite de cette nouvelle disposition, la valeur calorifique des ordures est utilisée autant qu'il se peut.

On doit encore signaler que les cellules sont construites de telle sorte que les produits gazeux de l'aire de dessiccation sont forcés de passer sur la partie la plus chaude du foyer et ensuite dans la chambre de combustion; de cette manière

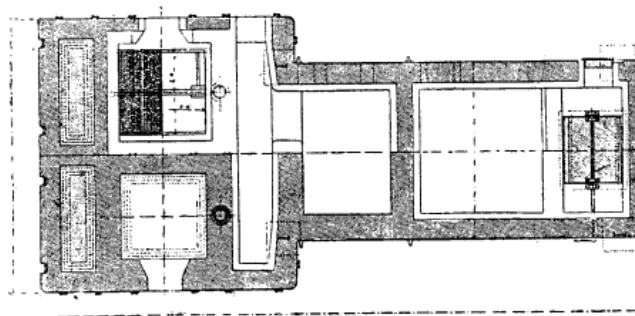


Fig. 6. — Destructeur *Beaman et Deas*. Plan-coupe.

chaque cellule agit pour l'autre comme un crémateur de fumée, car on a adopté pour l'incinération la méthode suivante. Les cellules sont mises en feu alternativement, de telle sorte que, quand une cellule est au rouge blanc, le second foyer s'allume; les fumées noires se mélangent alors, dans la chambre commune de combustion, avec les gaz de la première cellule qui est en pleine marche, ce qui donne les meilleurs résultats au point de vue de la combustion.

Un registre spécial est disposé au-dessus de chaque autel, que l'on ferme quand les ordures fraîches sont chargées dans l'une des cellules, ce qui permet de n'envoyer qu'une très petite quantité de gaz humides dans la chambre de combustion. De cette manière, on a une pression plus uniforme dans la chaudière, ce qui est un point important à considérer.

Dans l'autel, on a également un conduit qui permet d'envoyer au besoin de l'air dans les gaz de la chambre de combustion, ce qui peut être très utile pour avoir une combustion parfaite.

Destructeur Meldrum. — Le destructeur Simplex et Meldrum, ou destructeur régénérateur, fut introduit il y a environ huit ans, pour la première fois, à Rochdale. Depuis cette époque, son adoption a pris une grande extension et,

partout, les résultats ont été excellents, plus particulièrement au point de vue de la haute température obtenue et de la quantité de vapeur produite. Il y a peu d'années, on regardait comme impossible de produire de la vapeur à haute pression avec des chaudières chauffées au moyen des gaz d'un destructeur.

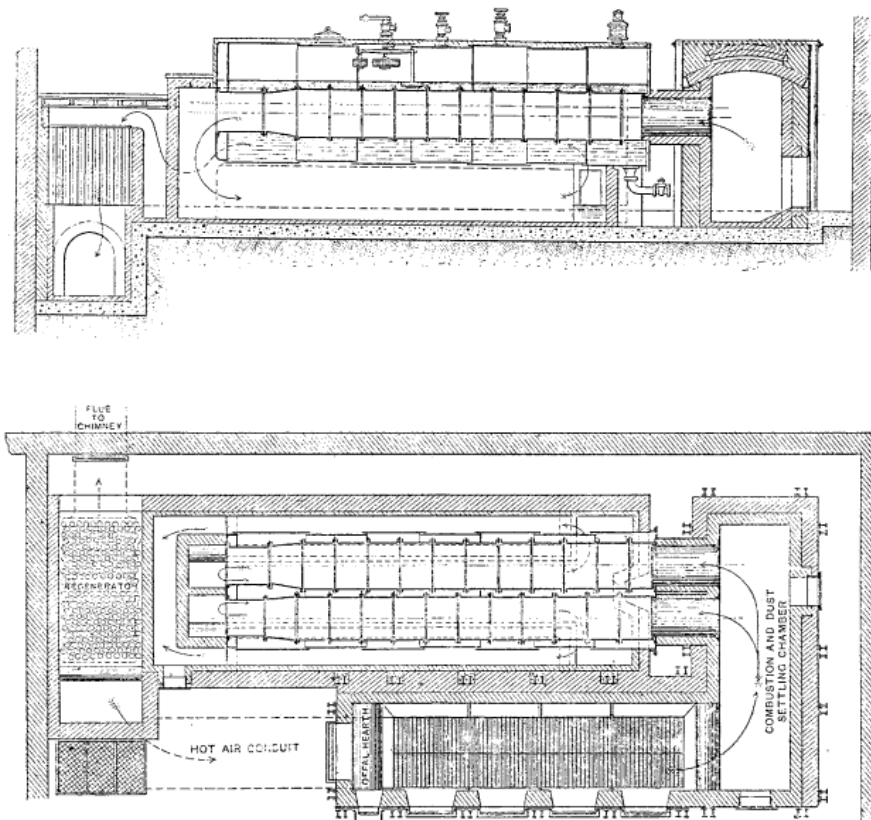


Fig. 7. — Destructeur Meldrum.

Mais, en septembre 1897, à Darwen, on put produire, pour la première fois, de la vapeur à une pression de 200 livres au pouce carré (14 atmosphères), cette vapeur étant utilisée pour fournir l'électricité nécessaire à l'éclairage et à la traction d'un tramway.

Autant qu'il est à la connaissance de M. Goodrich, c'est encore le seul exemple de la production d'une si haute pression avec les gaz d'un destructeur.

Le plan du destructeur Meldrum diffère complètement des types précédents : au lieu de deux, trois ou quatre petites cellules, mesurant chacune 25 ou 30 pieds carrés de grille ($0^m2,30$), on n'a qu'une grande cellule unique, avec une longue

grille continue ayant plusieurs cendriers distincts. On a ainsi la facilité de travailler sur toute la grille ou seulement sur des sections. Les cendriers sont indépendants l'un de l'autre, chacun recevant, au moyen d'un injecteur à vapeur Meldrum, un courant d'air forcé.

Au-dessus de la grille est une chambre continue, de telle sorte que, pendant le nettoyage ou le chargement d'une section, il y a toujours une zone incandescente, les autres sections étant en plein travail; on peut ainsi maintenir facilement une haute température avec des fluctuations très faibles dans la pression de la vapeur.

Avec la disposition ordinaire de cette forme de grille, tous les gaz passent ensemble sur l'autel et dans la chambre de combustion, puis autour de la chaudière. En quittant celle-ci, les gaz traversent un régénérateur formé de tubes en fonte autour desquels circule de l'air froid; cet air, ainsi chauffé, est envoyé aux souffleurs placés sous la grille, où il arrive à une température d'environ 150°C. Des récipients mobiles, roulant à galets sur rails placés à la partie supérieure de l'atelier, permettent d'amener les ordures très facilement en face de chaque porte de chargement ou de décharger rapidement les scories.

M. Goodrich examine encore divers destructeurs moins répandus.

Le *destructeur Willoughby*, caractérisé par un tube en acier ou en fer, de 26 pieds de longueur, 7 de diamètre à l'entrée et 5 à la sortie, revêtu de briques réfractaires; le chauffage se fait non avec les ordures, mais par addition de charbon ou de coke. A Lewisham, une installation de ce système détruit 72 tonnes par 24 heures.

Le *gazéificateur Mason*, convenant plutôt pour brûler du fraïsil, des escarbilles que le produit si complexe constitué par les ordures ménagères.

Le *destructeur Heenen « Twin Cell »*, le *destructeur Acme*, le *destructeur Pneuma*, etc.

Mode de chargement des cellules.

On a souvent discuté sur les avantages comparatifs du chargement des cellules à la main ou au moyen d'engins mécaniques.

Chargement à la main. — Il présente les avantages suivants :

1° Il est d'une extrême simplicité avec un minimum de travail; chaque pelletée d'ordures peut être placée là où s'en fait sentir le besoin et on peut ainsi combler un vide dès qu'il vient à se produire dans le feu, ce qui prévient les abaissements de température qui sont dus surtout à des points de moindre résistance dans la couche de combustible.

2° Toute l'attention du chauffeur peut être concentrée sur la conduite du feu, au lieu de se disséminer sur la manœuvre des engins mécaniques.

3° Enfin il semble constaté que le chargement à la main assure une combustion plus complète.

Chargement au moyen d'une trémie placée au-dessus du foyer ou de l'aire de dessiccation. — L'obligation de faire passer la masse séchée de l'aire de dessiccation sur la grille du foyer, et de l'y égaliser entraîne un travail très dur et très laborieux.

Chargement au moyen d'engins mécaniques. — On peut faire le chargement au moyen de trémies placées en arrière des cellules, en s'aidant de chariots mobiles ou de récipients à fond automatique. Quoique le système ait ses partisans, on doit reconnaître que la présence constante des poussières et des saletés a une action désastreuse sur les mécanismes; aussi, si un premier examen semble indiquer une économie, on peut cependant être conduit à une opinion contraire lorsque l'on approfondit la question.

Le tableau suivant montre les différences qui peuvent se rencontrer :

Ville.	Type de cellule.	Méthode de chargement.	Quantité d'ordures passant par cellule, en 24 heures. (tonnes françaises).	Prix actuel par 1000 k. d'ordures détruites, pour la main-d'œuvre seule.
Liverpool. .	Manlove.	Appareil breveté Boulnois et Brodie.	12,700	0,79
Shoreditch. .	—	Appareil breveté Boulnois et Brodie.	10,160	2,06
Cambridge. .	—	Appareil breveté Boulnois et Brodie.	6,096	1,41
Oldham. . .	Hor-fall	Chargement ordinaire par le haut.	8,128	0,90
Warrington.	Beaman et Deas.	Chargement ordinaire par le haut.	13,241	0,89
Rochdale. .	Meldrum.	Chargement à la main dans le foyer.	23,369	0,69
Torquay. . .	Warner.	Chargement Warner par le haut.	8,128	0,83
Héreford. . .	Meldrum.	Chargement à la main dans le foyer.	20,320	0,83

Régularité dans le chargement des cellules.

Quel que soit le mode de chargement employé, il faut qu'il soit très régulier.

En premier lieu, cette régularité conduit à un maintien facile d'une bonne température, tandis que la négligence dans le chargement peut avoir pour conséquence l'abaissement de plusieurs centaines de degrés. Si le destructeur est combiné avec une chaudière, les variations brusques de température rendent cette combinaison inutile.

En second lieu, un travail irrégulier est l'inverse d'un travail économique ;

tantôt, à certains moments, le matériel se brûle; tantôt, au contraire, on est conduit à brûler du charbon dans le foyer des chaudières, ce qui constitue une dépense supplémentaire qu'on pourrait éviter.

Cheminées.

La cheminée étant un organe essentiel de tout destructeur, mérite une étude attentive, quoique sa fonction ait changé graduellement depuis le jour où elle était chargée de produire un courant d'air, jusqu'à celui où son rôle s'est borné à évacuer au dehors les produits de la combustion.

En principe, d'après M. Goodrich, la cheminée d'un destructeur doit répondre aux deux desiderata suivants :

1^o Produire un courant d'air ou un tirage suffisant au travers du foyer pour consommer le combustible avec la perte minimum de chaleur;

2^o Décharger à une hauteur raisonnable les gaz chauds et les produits nuisibles qui constitueraient un danger ou une incommodité si on les rejetait à trop faible altitude.

Or, au début, quand la destruction, marchant à basse température, était la cause d'une incommodité réelle et de plaintes constantes, on donnait à la cheminée une grande hauteur, sans pouvoir, néanmoins, réussir à éviter toute incommodité.

M. Brierley a noté les hauteurs des cheminées desservant, dans 49 villes, des destructeurs du type à basse température quoique, pour certains, on eût adopté un tirage forcé; il a trouvé les hauteurs suivantes :

Hauteur de 180 pieds.	52 p. 100
— 160 —	13 —
— 150 —	18 —
— 120 —	12 —
— 105 —	5 —

Par contre, dans les installations récentes, on voit prédominer les basses cheminées :

A Aldershot.	70 pieds pour 10 tonnes d'ordures par jour.	
A Hereford.	45 — — 10 — — —	
A Plumstead Vestry.	45 pieds pour 60 tonnes	{ avec réception supplémentaire dans la cheminée des gaz des chaudières spéciales servant à produire la lumière électrique.

En résumé, la tendance des idées actuelles est en faveur d'une cheminée peu élevée et de large section, ce qui n'est possible que si les destructeurs ne fournissent pas de fumées inconfortables ou nuisibles, ce qui c'est le cas lorsque

l'on remplace le tirage naturel par un tirage forcé; c'est, du reste, ce qui fit le succès des destructeurs Horsfall et Meldrum avec injection de vapeur, et des destructeurs Young et Deas avec ventilateur.

Notons en passant qu'on admet qu'un injecteur de vapeur bien établi est largement aussi économique qu'un ventilateur, et qu'il demande des frais moindres de premier établissement et d'entretien. En pratique, un injecteur bien établi doit être garanti pour une consommation de vapeur de 15 p. 100, au maximum, de la vapeur totale produite par les cellules, avec une pression de vapeur garantie à la sortie pour une consommation donnée des ordures brûlées par cellule et par vingt-quatre heures.

Quand la chaleur utilisable d'un destructeur est complètement utilisée, il est possible de réduire considérablement la hauteur des briques réfractaires, et même d'arriver à les supprimer complètement. La raison en est qu'avec une destruction bien comprise et une production de vapeur, quoique la température de la chambre de combustion puisse dépasser 1 100° C., la température des gaz, avec des chaudières de grande surface, des récupérateurs, etc., peut être largement réduite à la base de la cheminée, tout en restant suffisante pour l'évacuation des produits de la combustion. Le fait que l'emploi d'un courant d'air forcé rende possible le dégagement des gaz à une basse température est en lui-même un puissant argument en faveur de la ventilation artificielle, car si une centaine de degrés peut être encore prise aux gaz et absorbée par une surface, qui est ainsi chauffée effectivement, il y a là une réelle économie.

Il y a peu d'années, M. Goodrich a fait des expériences nombreuses et soignées dans cette direction, en vue de déterminer exactement de combien la température des gaz pouvait être réduite à la base de la cheminée, sans porter atteinte à la marche générale du travail. Des résultats excellents furent obtenus avec une température à la base de la cheminée réduite à 121° C.; à ce moment, les gaz furent analysés, et plusieurs essais donnèrent 16,75 p. 100 d'acide carbonique.

La nature du combustible employé, cependant, ne permettrait pas de maintenir facilement cette basse température et ce haut pourcentage d'acide carbonique sans une vigilante attention. Il fut néanmoins clairement démontré qu'on pouvait maintenir une température de 150° C. à la base de la cheminée avec une teneur constante de 15 p. 100 d'acide carbonique.

*Tableau de la force théorique du tirage, l'air extérieur étant à 15°,5 C.,
et l'air chaud intérieur à 305° C.*

Hauteur de la cheminée en pieds anglais. (0 ^m ,305)	Tirage en pouces d'eau.	Vitesse théorique en pieds par seconde.	
		Air froid entrant.	Air chaud à la sortie.
50	0,367	40	80,8
60	0,440	43,8	87,6
70	0,514	47,3	94,6
80	0,587	50,6	101,2
90	0,660	53,7	107,4
100	0,734	56,6	113,1
120	0,880	62,0	123,9
150	1,101	69,3	138,6
175	1,285	74,8	149,6
200	1,468	80,0	160,0
225	1,652	84,8	169,7
250	1,836	89,4	178,9
275	2,020	93,8	187,6
300	2,203	98,0	196,0

Quantités d'ordures brûlées par combustion lente ou rapide.

Comme nous l'avons dit précédemment, la quantité d'ordures consommée par vingt-quatre heures dans les cellules des destructeurs varie notablement suivant la température. C'est ainsi qu'il est possible de brûler de 22 à 27 kilogrammes par pied carré de grille et par heure, avec une température de combustion excessivement haute et un très faible excès d'air sur la quantité théorique. Récemment, avec un destructeur Beaman et Deas, à Saint-Helens, on a pu brûler, dans d'excellentes conditions, 47 kilogrammes par pied carré de grille et par heure.

Le tableau suivant montre bien ces variations :

Villes.	Quantités brûlées par cellule et par 24 heures (en tonnes anglaises de 1 016 kil.).	Type du destructeur.
Bath	5,3	Warner.
Batley	3,5	Fryer.
Bixkenhead	7	Warner et Fryer.
Birmingham	6	Fryer.
Blackburn	6	Fryer.
Blackpool	8,5	Fryer.
Bolton	6	Fryer.
Bournemouth	4,5	Warner.
Bradford	6,5	Horsfall.
Bristol	7,3	Fryer.
Burnley	13	Beaman et Deas.
Burslem	6	Fryer.

Villes.	Quantités brûlées par cellule et par 24 heures (en tonnes anglaises de 1016 kil.).	Type du destructeur.
Burton.	8,5	Fryer.
Bury.	6,5	Warner.
Cheltenham.	4 à 5	Fryer.
Darwen.	20	Meldrum.
Dawsburg.	15	Beaman et Deas.
Eastbourne.	5	Fryer.
Hereford.	20	Meldrum.
Hornsay.	7	Warner.
Huddershold.	6	Fryer.
Hult.	6	Fryer.
Hyde.	5,5	Warner.
Leyton.	15	Beaman et Deas.
Leeds.	5,5	Fryer.
Leicester.	6	Fryer.
Liverpool.	7,5	Fryer.
Longton.	6,5	Warner et Fryer.
Manchester.	7	Whiley.
Newcastle-on-Tyne.	7	Warner et Fryer.
Oldham.	8	Horsfall.
Preston.	6	Fryer.
Rochdale.	23	Meldrum.
Rotherham.	6	Meldrum.
Safford.	8	Plan particulier.
Stafford.	8	Fryer.
Torquay.	8	Warner.
Warrington.	15	Beaman et Deas.
Southampton.	10	Fryer.
Shoreditch.	10	Fryer.
Ealing (vidanges et ordures).	4,5	Fryer.
Bradford.	10	Horsfall (dern. install.).
Rotherhitte.	18	Beaman et Deas.
Hamburg.	6	Horsfall.
Canterbury.	18	Beaman et Deas.
Saint-Helens.	15	Beaman et Deas.

Dans les destructeurs qui marchent à très haute température, on constate des formations de stalactites sur les briques des cellules, dont la composition, due à M. Carter Bell, est :

Silice.	55,4 p. 100.
Oxyde de fer.	15,7 —
Alumine.	11,4 —
Chaux.	5,4 —
Magnésie, potasse, soude.	6,2 —

Cette curieuse formation préserve très efficacement la brique ; elle s'accumule très rapidement, mais peut être facilement détachée, sans aucune détérioration.

Valeur comparée des différents types de chaudières pouvant être annexés aux destructeurs.

La première condition que doit remplir un destructeur, c'est de détruire *complètement et sans aucune incommodité* pour le voisinage les ordures ménagères que l'on y fait passer; mais puisque ce but est surtout atteint par la production d'une très haute température, on cherche naturellement à utiliser la chaleur en vue de produire de la vapeur qui pourra ensuite être employée pour donner de la force ou de la lumière. On comprend donc que le choix du type de chaudière à annexer à un destructeur ait une grande importance.

Pendant longtemps, la chaudière multitubulaire eut la préférence, mais elle convenait surtout à l'ancien type de cellule qui ne donnait que peu de vapeur. Au contraire, avec les destructeurs à haute température, on préfère les chaudières du type Babcock et Wilcox ou du type Lancashire. L'ouvrage de M. Goodrich contient de nombreux exemples de rendement de semblables installations; le tableau suivant permettra de se rendre compte des résultats très différents que l'on peut obtenir :

Villes.	Chaudières.	Livres d'eau évaporées par livre d'ordures.
Torquay. . . .	Multitubulaire.	0,334
Warrington. . .	à bouilleur; type Babcock et Wilcox. .	1,14
Salford.	Type Lancashire à feu intérieur. . . .	1,90
Hereford. . . .	Type Lancashire à feu intérieur (les cellules sont sur l'avant du bouilleur). .	1,38, 1,60 et 1,82

Suppression des poussières.

Si l'emploi des destructeurs à haute température a supprimé les fumées et les mauvaises odeurs pour le voisinage, il a exagéré, par contre, l'entraînement de poussières très fines, ce qui a souvent produit des plaintes légitimes.

On a obtenu de bons résultats en réduisant la vitesse de cheminement des gaz par un élargissement des carneaux ou en soumettant les gaz et les poussières à une action centrifuge; dans la plupart des cas, on a obtenu une solution satisfaisante. On trouvera, décrite avec détails, dans l'ouvrage de M. Goodrich, la disposition employée dans le four Horsfall.

D'après M. Adam, inspecteur principal des établissements classés, envoyé en mission en Angleterre par la Ville de Paris, en avril 1901, il peut aussi sortir une quantité notable de poussière au moment de l'escarbillage, surtout lorsque la scorie est déchargée trop tôt et qu'elle flambe encore; il se dégage des poussières très odorantes, d'où la nécessité de placer des hottes, avec aspiration

puissante, au-dessus des portes de déchargement, et de les relier à un collecteur de poussière.

*Nomenclature des principales villes dans lesquelles on pratique
l'incinération des ordures ménagères.*

Une des parties les plus frappantes de l'ouvrage de M. Goodrich est celle qui donne la nomenclature des villes où l'on fait subir un traitement aux ordures ménagères. Au risque d'allonger beaucoup ce travail, nous estimons qu'il y a lieu de faire de larges extraits de cette liste, lorsque l'auteur indique le type de destructeur employé ou le prix de revient; on pourra se faire ainsi une idée de l'extension qu'a prise cette question, ce dont on ne semble pas avoir une notion suffisante. L'indication du prix de revient du traitement d'une tonne d'ordures nous montrera, en outre, quelles larges variations celui-ci peut subir.

EUROPE

Angleterre et pays de Galles.

Districts sanitaires de Londres.

Battersea. — Destructeur Manlove, Alliot et C^{ie} de 12 cellules; chaque cellule brûle six tonnes par vingt-quatre heures; elles sont reliées à une chaudière multitubulaire de 60 chevaux. Les frais d'incinération, comprenant les réparations et l'amortissement, pour l'année finissant en mars, étaient 2^{sh}, 10^d par tonne anglaise (1 shelling = 12^d = 1 fr. 15 et 1 tonne anglaise = 1 016 kil.).

City. — Destructeur Fryer, type Manlove, Alliot et C^{ie}, construit en 1884; 10 cellules consommant 8^t, 6 par vingt-quatre heures, reliées à une chaudière multitubulaire. On détruit 22 481 charges d'ordures en 282 jours, ce qui produit un résidu de 5 194 charges de cendres et de scories, plus ou moins utilisables, pour l'enlèvement duquel la corporation de la Cité doit payer.

Hampstead. — Destructeur Fryer; 8 cellules, consommant chacune 5 à 6 tonnes par vingt-quatre heures.

Lewisham et Penge. — Destructeur Willoughby, construit à l'essai et coûtant 75 000 francs. D'après un rapport relatif aux trois premiers mois, il travaillait 2^t, 5 d'ordures par heure, avec un résidu de 36 p. 100. La dépense de combustible était de 2^{sh}, 11^d que la vente du résidu réduisait à 2^{sh}, 6^d par tonne.

Rotherhilde. — Destructeur Beaman et Deas à 2 cellules en relation avec deux chaudières Babcock et Wilcox de 64 chevaux. Chaque cellule détruit facilement 15 tonnes par vingt-quatre heures.

Shoreditch. — Installation bien souvent citée et à propos de laquelle se sont élevées de nombreuses critiques. Il est intéressant, cependant, de citer la comparaison suivante entre les ordures et le charbon consommé simultanément dans d'autres parties de l'usine pendant l'année finissant en mars 1899.

1° 4 344 tonnes, correspondant à 3 010 560 livres anglaises, de charbon (Welsh Coat), dans de bonnes conditions, évaporent 10 livres d'eau par livre de combustible, ce qui correspond à 30 405 600 livres d'eau évaporée ;

2° Si nous prenons les ordures consommées pendant la même période, 26 201 tonnes = 58 690 240 livres, et si, pour la discussion, nous acceptons une évaporation d'une livre d'eau par livre d'ordures, nous avons les résultats suivants :

26 201 tonnes d'ordures.	58 690 240 livres d'eau évaporée.
1 344 tonnes de charbon.	30 405 600 — — —

On en conclut que la consommation du charbon d'une année, brûlé dans de bonnes conditions, ne donnait que la moitié de la vapeur produite par les ordures, même en ne prenant qu'une évaporation d'une livre d'eau par livre d'ordures.

Wandsworth. — Destructeur à 4 cellules de Beaman et Deas, avec chaudière de Babcock et Wilcox, de 150 chevaux, chaque cellule consommant 18 tonnes par vingt-quatre heures.

Grandes villes ayant une population supérieure à 100 000 habitants.

<i>Birmingham.</i>	110 631 hab.	50 cellules du type Manlove, Alliot et C ^{ie} .	6 tonnes par cellule et par 24 heures.
<i>Blackburn.</i>	133 000 hab.	8 cellules du type Manlove, Alliot et C ^{ie} .	Les frais d'incinération sont de 10 ^d par tonne.
On a ajouté un crémateur de fumée à coke, ce qui augmente les frais de 2 ^d ,5 par tonne.			
<i>Bradford.</i>	225 000 hab.	Type Horsfall.	9 ^d ,13 par cellule et par jour.
<i>Leicester.</i>	208 662 —	Système de l'ingénieur de la ville.	8 ^d ,2 par tonne.
<i>Liverpool.</i>	668 645 —	Type Fryer.	7 tonnes par 24 heures.
<i>Manchester.</i>	539 079 —	7 000 tonnes par an.	
<i>Newcastle-on-Tyne.</i> .	223 024 —	Type établi par MM. Goddard, Massey et Warner.	4 shelling par tonne.
<i>Oldham.</i>	148 288 —	Type Horsfall.	10 cellules. 8 tonnes par jour et par cellule, 9 ^d 3/4 par tonne.
<i>Preston.</i>	116 358 —	Type Fryer.	28 cellules. 6 tonnes par jour et par cellule. 10 ^d .

Sur 28 villes, il y en a 20 qui font l'incinération.

Villes de comtés (Countyboroughs) dont la population varie de 40 000 à 100 000 habitants.

<i>Bath.</i>	52 600 hab.	Types Goddard, Massey et Warner et Perfectus Warner ont provoqué des plaintes.
<i>Bootle.</i>	535 44 —	Type Leed. 10 ^d ,6 par tonnes.

Sur 31 villes, 12 pratiquent l'incinération.

Villes incorporées de 2 000 à 40 000 habitants.

<i>Bournemouth</i>	38 000 hab.	Type Warner.	8 ^d par tonne.
<i>Burslem</i>	34 480 —	Type Fryer.	4 ^{sh} , 5 ^d .
<i>Burton-on-Trent</i>	51 650 —	Type Fryer.	1 ^{sh} , 7 ^d 1/4.
<i>Cambridge</i>	37 000 —	Type Fryer.	1 ^{sh} , 3 ^d .
<i>Cheltenham</i>	48 944 —	Type Fryer.	7 ^d , 6.
<i>Colne</i>	25 000 —	Type Beaman et Deas.	10 ^d 1/2.
<i>Dewsbury</i>	29 847 —	Type Beaman et Deas.	13 ^d , 83.
<i>Eastbourne</i>	44 000 —	Type Manlove, Alliot et C ^{ie} .	1 ^{sh} , 4 ^d .
<i>Longborough</i>	22 000 —	Type Coltmen et fils.	1 ^{sh} , 2 ^d .
<i>Rotherham</i>	52 000 —	Type Fryer.	1 ^{sh} , 1 ^d à 1 ^{sh} , 4 ^d .
<i>Stafford</i>	20 070 —	Type Fryer.	9 ^d .

Sur 222 villes, 39 pratiquent l'incinération.

Districts urbains ayant une population supérieure à 2 000 habitants.

<i>Aston Maner, Warwickshire</i>	68 639 hab.	Type Manlove, Alliot et C ^{ie} .	7 ^d par tonne.
<i>Buxton, Derbyshire</i>	8 900 —	Type Fryer.	8 ^d .
<i>Ealing, Middlesex</i>	32 000 —	Type Fryer avec brûleur de fumée de Jones.	1 ^{sh} , 6 ^d .
<i>Hornsey, Middlesex</i>	72 500 —	Type Goddard, Massey et Warner.	1 ^{sh} , 8 ^d à 1 ^{sh} , 10 ^d .
<i>Leyton, Essex</i>	90 000 —	Type Beaman et Deas.	1 ^{sh} , 7 ^d .
<i>Royton, Lancashire</i>	15 000 —	Type Goddard, Massey et Warner.	9 ^d , 3.
<i>Wittington, Lancashire</i>	33 410 —	Gazéificateur Mason.	8 ^d .

Sur 166 villes, il y en a 27 qui pratiquent l'incinération et 90 qui l'installent ou qui étudient la question.

Écosse.

On a relativement peu fait, en Écosse, malgré l'existence des villes populeuses et industrielles de l'Ouest, et quoique les autorités locales aient montré une tendance louable à améliorer le bien-être de la communauté.

Glasgow : 724 349 habitants. — Dans cette ville, le traitement des ordures relève du département de la salubrité qui est directement sous le contrôle de la municipalité. Le département possède 1 000 wagons et les produits directement utilisables trouvent une vente facile parmi les fermiers des environs.

Comme Glasgow a été et est encore un exemple remarquable du succès d'une entreprise municipale, M. Goodrich donne une rapide description des méthodes de destruction des ordures.

Il y a quatre destructeurs, dans la ville, à Saint-Rollox, qui fut ouvert le premier en 1884, Kelvinghaugh, Dalmarnock et Haghill.

A Saint-Rollox, 4 cellules à injection d'air ; la vapeur produite sert à actionner la machinerie de l'établissement.

A Kelvinghaugh, 4 cellules à injecteur d'air.

A Dalmarnock, même disposition, mais on a ajouté 8 cellules à haute température de MM. Weldrum, en vue de produire de la vapeur.

A Haghill, ouvert en 1897, 5 cellules Horsfall ; on a installé une chaudière pour desservir les machines de manipulation des ordures, l'éclairage électrique de l'établissement et la fourniture de la vapeur des injecteurs.

Édimbourg : 295 628 habitants. — En 1893, on avait installé un destructeur Fryer de 10 cellules, mais il y eut de nombreuses plaintes à cause de la fumée et de la poussière ; à la suite d'un procès, la Compagnie Horsfall a été chargée de faire une installation exempte de ces inconvénients.

Il y a encore une installation de destructeurs à Govan.

En résumé, sur 148 villes d'Écosse ayant une population supérieure à 2 000 habitants, il n'y a que trois villes ayant des destructeurs en marche, trois autres ayant définitivement décidé d'en installer, et neuf étudiant la question.

Irlande.

On ne peut indiquer que peu de progrès dans ce pauvre pays, *the distressful Country* ; il n'y a qu'à Dublin, Pembroke et Belfast que l'on se soit occupé de l'incinération.

Dublin : 245 000 habitants. — On a installé 4 cellules du type Fryer et 3 du type Perfectus Warner ; mais elles sont tout à fait insuffisantes ; c'est qu'il est plus économique de déposer les ordures sur le sol ou de les jeter à la mer.

Pembroke. — On a récemment monté 2 cellules Horsfall.

Belfast : 255 950 habitants. — 12 cellules Goddard, Massey et Warner en installation.

En résumé, sur 100 villes dont la population dépasse 2 000 habitants, il y en a deux ayant des destructeurs en fonctionnement, et une ayant un destructeur en construction.

Paris.

M. Goodrich cite le seul essai fait en France, à Paris, à l'usine de Javel, en 1896, dont les expériences, ayant duré huit mois, ne furent pas satisfaisantes, ni avec un premier destructeur rappelant le type Fryer, ni avec un four modifié par M. l'ingénieur Lauriol. Les résultats obtenus amenèrent cependant à la conclusion que, malgré leur composition toute spéciale, les ordures ménagères de Paris contiennent une quantité suffisante de combustible pour être autocombustibles.

En ce moment, on commence de nouveau à se préoccuper de la question, et la Ville de Paris semble prête à provoquer de nouvelles tentatives d'incinération.

Berlin.

On a installé à Fontvieille, au bord de la mer, assez loin de tout groupe important d'habitations, une usine d'incinération des ordures ménagères.

D'après une communication du Dr Vivant, de Monaco, au Congrès de Paris de 1900, cette usine comprend quatre cellules, placées dos à dos, du système Horsfall et Leeds; elles peuvent incinérer 56 mètres cubes d'ordures ménagères en vingt-quatre heures. La température obtenue dépasse 900° C et pourrait être plus élevée si on séparait les produits terreux provenant du balayage des chaussées; on aurait alors une destruction plus complète des fumées.

Vienne.

On ne fait rien; tous les résidus qui, après triage des chiffons, sont invendables, sont utilisés pour combler les dépressions existant sur l'ancien cours du Danube.

Pesth.

Toutes les ordures sont enlevées, par rail, par un adjudicataire qui les transporte à six milles de la ville, au Kehrichtring, où 200 hommes et 50 enfants sont occupés au triage. La partie invendable est utilisée comme combustible pour produire la force nécessaire à l'établissement.

Monaco.

Après discussion, le Conseil municipal décida de faire des essais avec trois cellules Horsfall et deux cellules Goddart, Massey et Warner; les essais ne semblent pas avoir été satisfaisants, car on ne les poursuivit pas.

On a attribué cet insuccès à ce que, à Berlin, on emploie des poêles chauffés avec des briquettes, d'où les ordures ménagères, contenant beaucoup de poussière très fine, ne sont pas combustibles et encrassent les grilles. La couche incombustible constitue 37 p. 100 en poids et 47 p. 100 en volume des ordures d'hiver; or, la combustion des ordures ordinaires produit déjà 36 p. 100 de scories et 14 p. 100 de cendres.

On a récemment essayé un nouveau type de destructeur, dû à l'ingénieur Wegener, qui produit une véritable fusion des cendres contenues en si forte quantité dans les ordures et les transforme en une sorte de lave. Ce four est haut d'environ 18 pieds; les ordures sont d'abord déchargées dans de grands tambours tournants et séchées à l'air chaud; de là, elles tombent dans le four, et le résidu est envoyé dans une caisse à eau. Le four peut consommer 50 tonnes d'ordures par vingt-quatre heures; la quantité totale, pour Berlin, est estimée supérieure à 1 300 tonnes par jour. La température très haute, qui est nécessaire pour cette fusion, est obtenue par la combustion accessoire de poussier de charbon.

D'après un rapport de M. le professeur Weyl, de Charlottenburg (*Congrès d'hygiène de Paris*, 1900), on a cherché à transformer les produits de la fusion en une pierre artificielle qui donne d'excellent résultats pour le pavage des rues.

Des essais ont montré les résultats suivants : en 31 jours, on a fait fondre 597754 kilogrammes d'ordures avec 3 101 283 kilogrammes de poussier de charbon ; il est resté 282 193 kilogrammes de scories ; cela fait, par jour, 19282 kilogrammes de scories, avec 9103 kilogrammes de résidu pour 50 p. 100 de poussier de charbon.

Après quelques modifications apportées au four, on a fait fondre 154 470 kilogrammes d'ordures avec 37 p. 100 de poussier de charbon, ce qui fait, par jour, 22067 kilogrammes d'ordures. La température, dans le four, a été estimée à 1630° ; il n'y avait ni odeur, ni poussière.

La dépense s'élève à 17 marks par tonne d'ordures ; on ne tient pas compte, dans ce chiffre, du bénéfice pouvant résulter de l'utilisation des produits de la fusion ni de la chaleur dégagée.

L'*Allgemeine Gesellschaft* de Berlin s'est offerte à acheter toute l'électricité que pourra produire l'usine de fusion des ordures, moyennant un prix à fixer ultérieurement ; il paraît possible d'amener ainsi un abaissement de 30 p. 100 dans le prix de l'électricité.

Depuis les premiers essais, on construit 20 nouveaux fours ; mais il faut bien remarquer que cette méthode de traitement très coûteuse ne peut convenir que dans le cas d'ordures ayant une composition aussi particulière que les ordures de Berlin.

Hambourg.

D'après un rapport de M. Andreas F. Meyer, ingénieur de la ville, les ordures sont composées des ordures de ménage, de la ville, des docks et des balayures des rues. La population est estimée à 300 000 habitants et on a installé 36 cellules ayant chacune 27,5 pieds carrés de surface de grille. L'usine est située au centre de la ville, et, en cas d'épidémie, toutes les matières suspectes y seraient brûlées.

Au début, on essaya l'incinération avec 4 cellules Horsfall et 2 cellules Warner et Wilely ; ces dernières furent ensuite changées pour le système Horsfall. Enfin, après un essai de six mois, la Compagnie Horsfall fut chargée d'installer 30 cellules supplémentaires.

On consomme environ 6,5 tonnes par cellule et par vingt-quatre heures ; il y a un chauffeur par trois cellules et on travaille en trois périodes de huit heures. L'air forcé est fourni par deux ventilateurs centrifuges, menés chacun par un moteur électrique de 16 chevaux. On a deux chaudières pour utiliser les gaz chauds ; la pression de la vapeur dans les chaudières est de 6 atmosphères et

cette vapeur est employée pour actionner deux dynamos de 40 chevaux et une de 180 chevaux, comme on pouvait le voir dans le modèle exposé à l'Exposition universelle de 1900, qui servent pour les grues électriques, les ventilateurs, les broyeurs de scories, pour fournir le courant à 14 lampes à arc de 8 ampères et à 62 lampes à incandescence destinées à l'éclairage des ateliers, et enfin pour le chargement d'une batterie d'accumulateurs de 20 chevaux.

Cologne, Wiesbaden, Trieste, Munich.

Les municipalités sont en train de solliciter des soumissions pour des destructeurs.

Genève.

MM. Horsfall ont une commande de la municipalité pour un four de 12 cellules.

Bruxelles.

En 1887, une députation visita l'Angleterre, et fit un rapport très favorable; il en résulta qu'en 1891 l'administration de la ville autorisa la construction d'un four d'essai sur le quai de la voirie à Molenbeck Saint-Jean. Les résultats furent très satisfaisants et l'on termine la construction d'une usine capable d'incinérer les 80 000 tonnes annuelles d'ordures ménagères que produit la ville.

L'installation comportera quatre massifs de six cellules de combustion, munies d'un appareil à tirage forcé; ces massifs seront groupés autour des rameaux centraux de prise d'air et d'évacuation des gaz de la combustion. Ceux-ci seront utilisés pour le chauffage de deux groupes de deux chaudières, ayant chacune 90 mètres carrés de surface de chauffe et devant fournir la force motrice nécessaires au service des fours et à la marche de l'outillage mécanique de l'usine. Les gaz de la combustion seront rejetés au dehors par une cheminée de 35 mètres de hauteur, après s'être débarrassés, en traversant deux collecteurs spéciaux, des matières solides entraînées. La combustion s'effectuera sans addition de combustible à une température de 600 à 800°; le volume des scories est évalué devoir être d'environ 25 p. 100 du volume des matières incinérées. Ce résidu sera concassé et réduit en poudre pour entrer dans la confection des mortiers pour laquelle il peut être employé avec succès.

Naples.

Rien de fait encore. Le professeur Paolo Boubac semble partisan du procédé de réduction, système Arnold-Le Blanc; on dit que les ordures de Naples sont

trop chargées en humidité pour être détruites par l'incinération, d'une manière satisfaisante, sans addition de charbon. En ce moment, les résidus, accumulés en tas destinés à servir d'engrais, donnent des effluves dangereux pour la santé publique.

Citons encore les villes suivantes :

Turin : on étudie la question.

Rome : on se propose d'y construire un destructeur.

Rotterdam, Copenhague, Lisbonne : on va installer des destructeurs de type anglais.

Gibraltar : il y a un destructeur Fryer, à 2 cellules, consommant 7,5 tonnes par vingt-quatre heures.

AMÉRIQUE DU NORD.

On applique, au traitement des ordures ménagères, soit le procédé d'incinération, soit celui de réduction; pour le moment, nous ne nous occuperons que du traitement par incinération.

Dans une introduction spéciale, le colonel W. F. Morse, ingénieur consultant à New-York, dit que 75 villes environ, en dix ans, ont appliqué des méthodes variées pour améliorer le traitement des ordures ménagères, et, en ce moment, près de 100 autres villes s'informent et attendent des résultats plus satisfaisants pour prendre une décision. C'est que, jusqu'ici, les dépenses de l'incinération ont été trop fortes parce que, sauf dans un cas, on n'a pas cherché à utiliser la chaleur produite et que, au contraire, on aidait l'incinération en ajoutant du charbon.

Les principaux types de destructeurs qui ont été employés sont les suivants :

Le *crémateur Engle* appliqué à Des Moines, Iowa, en 1886, et à Savannah, Géorgie, en 1892; un rapport officiel dit qu'il y aurait lieu de lui annexer un crémateur de fumée.

L'*incinérateur Smith-Siemens*, à Atlantic City et à Philadelphie, donnait des buées odorantes et a dû être abandonné.

Le *crémateur Rider*, le *crémateur Dixon*, mais, comme pour les précédents, il était nécessaire de dépenser beaucoup de combustible pour brûler les gaz avant de les évacuer dans la cheminée.

L'*incinérateur Thackeray*. Ce type est, à beaucoup de points de vue, un des meilleurs destructeurs américains; il fonctionne sans addition de combustible.

Le premier fut établi à Montréal, en 1895, pour 150 tonnes par jour; le prix moyen par tonne brûlée était de 0 fr. 74. En 1897, on en a établi un à San Francisco, qui est le plus grand destructeur du monde, car il a une capacité de 700 tonnes par jour.

Il y a deux chambres d'incinération de 16 cellules chacune ; chaque cellule a une capacité de 20 tonnes par vingt-quatre heures. On a annexé 4 crémateurs de fumée, mais on ne dit pas ce qu'en marche normale on use de combustible pour les crémateurs.

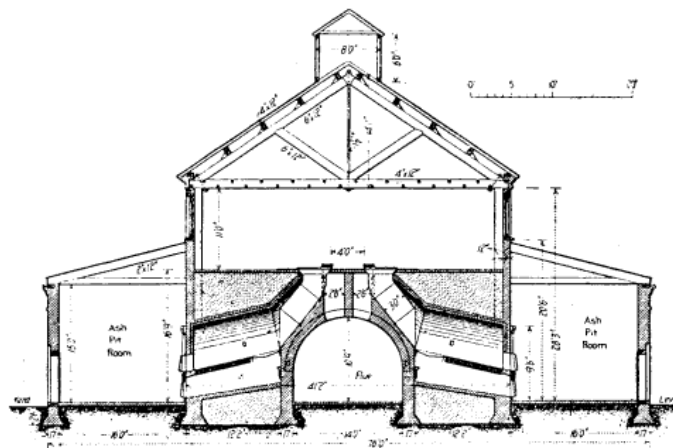


Fig. 8. — Incinérateur *Thackeray*.

La cheminée a 265 pieds de hauteur ; on dit qu'il n'y a pas de gaz, de fumée, d'odeurs ou de vapeurs incommodes, ni dans l'établissement, ni au dehors.

Les feux auraient marché sans interruption, pendant 18 mois, et les foyers n'auraient montré ni détérioration, ni besoin de réparation.

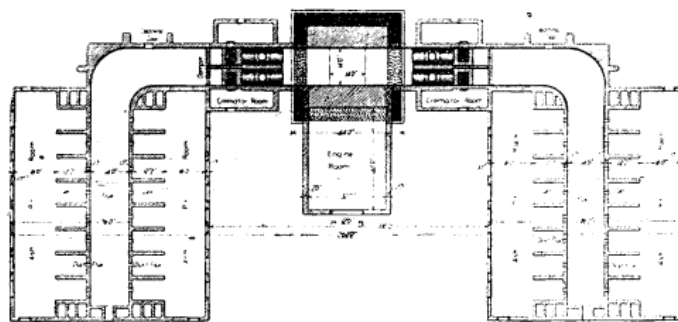


Fig. 9. — Incinérateur *Thackeray*, plan-coupe.

L'*incinérateur Decarie*, à Westmount, près Montréal, marche sans combustible auxiliaire.

L'*incinérateur Makey*, à Yonkers, N.-Y., qui a deux étages ; par une manœuvre de la grille supérieure, les ordures tombent sur la grille inférieure ; les gaz de la grille supérieure se mélangent avec ceux provenant de la combustion sur

la grille inférieure, en passant entre les deux grilles. L'inconvénient est le peu de durée des grilles.

L'incinérateur *Smith-Vivarthas*, à Scranton, Pens. et Plainfeld. N.-Jersey, d'une capacité de 35 tonnes. Le travail y est peu économique, par suite d'une fourniture irrégulière d'ordures.

L'incinérateur *Anderson*, à Chicago, n'a fonctionné que peu de temps.

L'incinérateur de la *Philadelphie incinerating Co*, que nous avons vu marcher à Philadelphie et qui donnait de très bons résultats pour 400 tonnes par jour (*Bulletin de la Société*, 1897).

Enfin, M. Goodrich cite d'autres incinérateurs de petites dimensions, pour des services particuliers, qui ne présentent pas d'intérêt général.

AFRIQUE DU SUD.

Durban. Installation de 4 cellules du type Goddard, Massey et Warner.

Port-Elisabeth. Les ordures sont simplement incinérées en énormes tas.

East-London. Installation de 4 cellules du type Goddard, Massey et Warner.

Pernambuco (Brésil). Destructeur Horsfall à 12 cellules, avec chaudière multitubulaire.

AMÉRIQUE DU SUD.

Para (Brésil). — Destructeur Horsfall à 4 cellules.

Manaos (Amazones). — Destructeur Colwell, comprenant 3 cellules de 10 tonnes par vingt-quatre heures, desservant deux chaudières Hornsby de 105 chevaux chaque et produisant de la vapeur pour l'éclairage électrique.

Georgetown (Guyane anglaise). — Petit destructeur Fryer.

AUSTRALIE.

Melbourne (Partie Sud). — Destructeur Fryer à 12 cellules; 2^{sh}, 6^d 1/2 par tonne détruite. A l'occasion, on fait usage d'un crémateur de fumée.

Melbourne (Victoria). — Destructeur Cracknell à 2 cellules, ayant chacune une capacité de 20 tonnes par vingt-quatre heures, 1^{sh}, 7^d par tonne.

Wellington (Nouvelle-Zélande). — Type Fryer; 6 cellules.

Christchurch. — On va installer un destructeur à 4 cellules.

ASIE.

Calcutta. — Destructeur Horsfall à 4 cellules, construit en 1891.

Madras. — Destructeur Goddard, Massey et Warner, de 12 cellules.

Karachi. — Deux destructeurs Perfectus Warner en installation.

Colombo (Ceylan). — Incinérateur Silcher, type d'invention militaire employé dans la campagne des Afridis en 1898.

Prix de revient de l'incinération.

En plus de l'intérêt que présente, au point de vue du développement croissant du traitement des ordures ménagères, la nomenclature que nous venons de donner, nous y trouvons l'avantage de pouvoir fixer dans quelles limites varie le prix de revient du procédé d'incinération. En relevant, en effet, les chiffres donnés pour le coût d'incinération d'une tonne d'ordures ménagères, nous avons trouvé, pour les différents types de destructeurs, les prix suivants :

Destructeurs.	Frais pour l'incinération de 1000 kilogr. d'ordures ménagères.
Type Fryer.	de 1 fr. 83 à Burton-on-Trent à 0 fr. 72 à Chaltenham.
Type Fryer, modifié par MM. Manlove, Alliot et C ^{ie}	de 1 fr. 53 à Eastbourne à 0 fr. 66 à Aston-Manor.
Type Horsfall.	0 fr. 925 à Oldham.
Type Warner.	0 fr. 760 à Bournemouth.
Type Goddard, Massey et Warner.	de 1 fr. 91 à Hornsay à 0 fr. 895 à Royton.
Type Beaman et Deas.	de 1 fr. 81 à Leyton à 0 fr. 995 à Colne.

Les frais d'incinération sont donc des plus variables pour un même type de destructeur. De plus, ces variations sont indépendantes de l'importance des villes au point de vue de la population, mais doivent être attribuées à la composition très diverse des ordures dans les différentes villes.

En résumé, les frais d'incinération d'une tonne d'ordures ménagères peuvent osciller de 1 fr. 91 à 0 fr. 66.

Production de vapeur au moyen de la chaleur de l'incinération.

Actuellement, un grand nombre de destructeurs récupèrent une partie de la chaleur provenant de l'incinération et l'utilisent pour produire de la vapeur qui sert pour l'éclairage électrique ou des stations de force motrice.

M. Goodrich a publié de nombreux bulletins d'essais que nous avons résumés dans le tableau ci-contre.

Il semble que l'on puisse conclure de ces chiffres que :

Avec le destructeur du type Horsfall.	1 kil. d'ordures peut évaporer.	kilogr.	0,835 d'eau
— — — — — Beaman et Deas.	—	—	1,180 —
— — — — — Meldrum.	—	—	1,480 —

VILLES.	TYPE des DESTRUCTEURS.	NOMBRE de CELLULES	DURÉE de l'ESSAI.	QUANTITÉ D'ORDURES MÉNAGÈRES EN LIVRES ANGLAISES de 453 ^g , 59.		EAU ÉVAPORÉE EN LIVRES ANGLAISES			SCORIES PRODUITES.	TEMPÉRATURE DES GAZ	
				O-dures totales.	par cellule et par heure.	totale.	par heure.	par livre d'ordures.		dans le carneau principal.	au bas de la cheminée.
Bradford	Horsfall.	6	14 h.	721 240	852,6	523 000	3 709	0,725	p. 100, 30,3	degrés C. 982	482
Oldham	Id.	10	48 —	178 301	»	157 000	3 271	1,060	32,9	»	290
Sheffield	Goddard, Malley & Warner.	6	1 an.	37 520 000	444,8	»	»	»	25,5	»	»
Bury	Perfectus Warner.	6	4 h.	2 688	412,0	2 700	»	0,332	»	732	»
Canterbury	Beaman & Deas.	2	8 h. 3/4	29 400	1 680,0	41 280	4 717	4,400	28,6	1 093	»
Rochdale	Meldrum.	»	6 —	25 336	»	42 072	7 012	4,640	»	1 093 à 699	»
Saint-Helens	Beaman & Deas.	2	7 h. 20	37 912	2 584,5	48 216	6 375	4,270	31,36	1 093	»
Ashtondun Lyne	Horsfall.	6	24 h.	434 044	1 625,0	97 843	4 077	0,720	46,17	744	170
Darwen	Meldrum's Simplex.	»	48 —	143 091	»	»	»	»	30,6	1 093 à 677	»
Hereford City	Meldrum.	»	10 —	19 768	1 976,0	26 254	2 265	1,320	34,8	plus de 1 093	»
Fleetwood. Lanc.	Beaman & Deas.	2	8 —	32 220	2 014,0	34 952	3 994	4,191	32,4	1 093	480
Leyton. Essex.	Id. (f)	4	12 —	74 956	1 559,0	31 920	2 660	0,426	29,4	»	»
Moss-Side. Lanc.	Gazéificateur Mason.	»	24 —	13 552	»	»	»	»	25,0	»	»
Wimbledon. Lanc.	Beaman & Deas.	2	8 h. 1/4	31 794	3 833,0	27 287	3 307	0,858	33,6	»	»

(1) On brûlait un mélange d'ordures ménagères et de la partie solide du sewage à 64,86 p. 100 d'humidité.

Par suite, si les variations du prix de revient d'incinération d'une tonne d'ordures dépendent, non du type du destructeur employé, mais de la qualité de ces ordures, on voit que, au contraire, la proportion de vapeur produite semble résulter surtout du type du destructeur et du genre de chaudière qui y est annexée.

Utilisation des scories.

Enfin, on peut encore abaisser le prix de revient de l'incinération, en cherchant une utilisation des scories qui représentent de 25 à 35 p. 100 du poids des ordures incinérées. Dans quelques usines, on les emploie comme balast, comme gravier, ou à la fabrication de béton ou de briques.

A Bradford, M. John Mc. Taggart a étudié spécialement cette question.

Deux échantillons ont donné à l'analyse :

	Scorie fine.	Scorie moyenne.
Matière siliceuse	61,08	67,10
Oxyde de fer et alumine.	21,50	19,30
Carbonate de chaux.	7,80	6,00
Magnésie	traces	traces
Matières organiques et volatiles . .	4,12	1,80
Humidité	5,50	5,80
	100,00	100,00

Il a fait des témoins cubiques ou en éprouvettes de béton ou de briques fabriqués avec ces scories, par addition de ciment de Portland, de chaux hydraulique ou de plâtre de Paris, et les a soumis à des essais d'écrasement ou de traction.

Des tableaux très complets donnent, dans l'ouvrage de M. Goodrich, les chiffres obtenus qui pourront être utilement consultés.

La fabrication des briques, en particulier, serait très satisfaisante, après une expérience prolongée. Elles sont obtenues par un mélange, à 10 pour cent, de chaux hydraulique et de scories, et on dit que, quand elles sont convenablement séchées, elles sont 50 p. 100 plus résistantes que les briques fabriquées habituellement à Bradford; elles peuvent être manufacturées au prix de 16 fr. 10 le mille. Il semble qu'il y ait là un débouché important pour les scories.

Jusqu'en 1894, les frais annuels, à Bradford, pour envoyer les scories à la décharge, dépassaient 25 000 francs, ce qui était un sérieux appoint aux frais d'incinération; mais il semble que le problème y soit aujourd'hui résolu.

Combinaison de destructeurs d'ordures et de stations électriques.

Nous avons vu que l'on récupérerait une notable partie de la chaleur produite par l'évaporation, et qu'on s'en servait pour obtenir de la vapeur; on a alors songé à utiliser cette vapeur pour la production d'électricité.

Dans beaucoup d'usines d'incinération, on produit assez facilement l'électricité nécessaire pour l'éclairage de l'usine ou la manœuvre des divers engins mécaniques; mais ce n'est là qu'une utilisation restreinte, quoique contribuant à faire baisser le prix de revient dans une certaine mesure.

On a cherché des applications plus importantes et l'on peut citer au premier rang l'installation de Darwen où l'on emploie des destructeurs Meldrum; en parlant de ce type de destructeur, nous avons dit qu'il était combiné avec des chaudières du type Lancashire et qu'on pouvait obtenir de la vapeur à haute pression.

Le journal *l'Éclairage électrique*, dans son supplément du 14 décembre 1901, a résumé un article du *Tramway and Railway World*, 7 décembre 1901, qui étudie l'application que l'on a faite en vue d'actionner les tramways de Darwen.

L'usine d'incinération comprend 2 fours Meldrum, traitant 32 à 38 tonnes d'ordures ménagères par jour et pouvant en traiter jusqu'à 70 tonnes; ces destructeurs, comme nous venons de le dire, chauffent des chaudières du type Lancashire. Le pouvoir calorifique des ordures utilisées est égal au cinquième de celui du charbon ordinairement employé; celui-ci ayant valu en moyenne 17 fr. 25 en 1900, la valeur des ordures serait de 3 fr. 45, et comme leur destruction coûte environ 2 fr. 30 (tous frais compris), le bénéfice est de 1 fr. 15 par tonne d'ordures livrée à l'usine.

On produit ainsi, sans frais supplémentaires, 400 chevaux d'une façon continue pendant douze heures par jour ou 260 chevaux pendant les dix-huit heures journalières du service des tramways, ce qui équivaut à une production annuelle de 900 000 kilowatts. L'usine électrique comprend actuellement trois groupes électrogènes à accouplement direct, dont deux sont composés de machines Bellis et de génératrices bipolaires Siemens ayant une pression de 150 kilowatts, tandis que celles des machines à vapeur est de 250 chevaux. Le troisième groupe est constitué par une machine Bellis de 450 chevaux et d'une génératrice multipolaire Aldther et Platt de 300 kilowatts. La longueur totale de la ligne est de 4 530 mètres; la voie a un écartement de 1^m,25, et il y circule dix voitures automobiles à impériale, comprenant 60 places.

A côté de cet exemple intéressant, on peut citer l'installation de Saint-Helens pour l'éclairage de la ville, sur laquelle l'ingénieur électricien qui la dirige, M. J. S. Highfield, a publié un mémoire dont des extraits ont été donnés par *The Engineering Record*, 26 octobre 1901, p. 397.

L'usine comprend deux destructeurs Beaman et Deas, à deux cellules chaque. Chaque destructeur peut mettre en pleine vapeur une chaudière Babcock ayant 1 470 pieds carrés de surface de chauffe. Le tirage forcé est produit par un ventilateur conduit par un moteur de 18 chevaux ; la pression moyenne au cendrier fermé correspond à trois pouces d'eau.

L'usine de la station de force consiste en cinq génératrices d'un total de 1 000 kilowatts. En addition à la vapeur des chaudières des destructeurs, de la vapeur est fournie par une batterie de quatre chaudières Lancashire de 30 pieds sur 8. Les batteries sont disposées de telle sorte que deux séries, chacune d'une capacité de 125 kilowatts, peuvent marcher avec les destructeurs indépendants des autres chaudières, ou que toutes les chaudières réunies peuvent approvisionner une des rangées parallèles ; chaque machine est reliée à chaque générateur. Le résultat pratique est de conduire une ou deux séries de 125 kilowatts avec les destructeurs seuls pour une partie de la journée, et, plus tard, quand on réclame plus de l'usine, d'employer simultanément les deux séries de chaudières.

On a trouvé que la valeur calorifique des ordures était nettement meilleure en été qu'en hiver. De plus, les ordures varient un peu d'un jour à un autre et, par suite, si l'on n'avait pas d'autre chaudière, il serait nécessaire parfois d'employer du charbon dans les chaudières du destructeur, ou d'avoir une provision de cendres ou d'escarbilles quand le pouvoir calorifique s'appauvrit.

Le travail des deux fours a donné les résultats suivants pour une période allant du 31 mars 1900 au 31 mars 1901 :

	Total par an.	Moyenne par semaine.
Poids des ordures brûlées, en tonnes anglaises (1 016 kilogr.).	9 778	188
Énergie électrique employée pour conduire le ventilateur et les autres moteurs, en unités.	70 000	1 346
Unités produites par la vapeur.	365 000	7 019
Frais pour l'incinération, en francs.	18 265	351,10
Frais pour les réparations —	2 095	40,05
Poids de scories produites, en tonnes	3 900	75,0
Valeur du mortier vendu, en francs.	5 395	103,60
Valeur des unités électriques produites à 0 fr. 03, par unité.	10 960	210,50

Moyenne par tonne d'ordure brûlée.

Unités produites.	37,3
Unités consommées par les matières.	7,1
Frais d'incinération (salaires, lumière et force compris).	2,21
Frais de réparations (salaires et matériaux).	0,30
Frais d'enlèvement des scories n'ayant pas d'autre emploi.	0,55

D'après ces chiffres, on voit que l'économie nette pour le département du destructeur, due à la combinaison de l'incinération et de l'électricité, est de 10 960 francs, dont il faut défalquer 1 220 francs pour les réparations des chau-

dières et l'intérêt, ainsi que les charges d'amortissement de 36 525 francs qui représentent l'excédent de frais sur les chaudières correspondant à ce qui aurait été nécessaire pour une plus petite usine destinée à mouvoir les moulins à mortier, le ventilateur, etc., ce qui peut être estimé à 2 190 francs, laissant ainsi 7 330 francs, ou 2 fr. 05 p. 100 du capital engagé. Les frais de l'incinération et de l'enlèvement des scories sont donc réduits de 3 fr. 05 à 2 fr. 30 par tonne.

On doit noter que, en plus de la vapeur employée pour les travaux électriques, le destructeur fournit aussi la vapeur pour mener deux moulins à mortier et un treuil à vapeur.

Des précautions très grandes étaient prises pour empêcher la poussière du destructeur de pénétrer dans la station électrique ; il est presque impossible d'y remédier complètement, mais le peu qui entra ne causa pas de dommages sérieux.

En résumé, on voit que la production d'électricité a procuré, dans le cas de l'usine de Darwen, un bénéfice de 1 fr. 25 par tonne d'ordures incinérées, et, dans le cas de l'usine de Saint-Helens, un bénéfice de 0 fr. 75.

Néanmoins, nous rappellerons les réserves que nous avons faites dans l'article que nous avons publié dans le *Bulletin de la Société*, mai 1900, et M. Highfield semble adopter une manière de voir se rapprochant beaucoup de la nôtre, malgré le succès de l'installation remarquable qu'il dirige, car il termine son rapport en disant : « Dans certains cas, où il existe un endroit convenable pour un destructeur et des travaux électriques, et où ceux-ci ne sont pas très grands, la combinaison peut être faite avec succès, quand il existe une traction ou d'autres exigences d'une durée d'une journée. Pour un très grand établissement ou pour une station qui conduit seulement une station d'éclairage, il n'y a pas beaucoup de cas où cette combinaison ait une valeur économique. Sans désirer généraliser, l'auteur pense que, dans ces cas, il est meilleur d'employer les destructeurs à conduire les moulins à mortier ou autres engins mécaniques dont les demandes ne sont pas aussi exigeantes que celles d'une station électrique. »

Résumé.

1° Sauf dans des conditions toutes spéciales, telles que celles que nous avons indiquées pour Berlin, les ordures ménagères peuvent être incinérées sans addition de combustible ;

2° Quel que soit le type de destructeur employé, les frais d'incinération varient dans des limites très larges, de 1 fr. 91 à 0 fr. 66 la tonne, par suite des variations de composition des ordures ;

3° Avec les destructeurs actuels, marchant à haute température, on peut utiliser la chaleur résultant de l'incinération pour produire de la vapeur ; il

semble résulter des expériences faites que la quantité de vapeur produite, pour un même poids d'ordures, est notablement plus élevée avec certains types de destructeurs et de chaudières ;

4° L'utilisation des scories peut être tentée avantageusement, mais, dans la plupart des cas, elle sera limitée par le manque de débouchés immédiats ;

5° La combinaison de destructeurs et de stations électriques ne semble être avantageuse que lorsque les exigences électriques ne durent qu'un temps limité, ainsi que c'est le cas pour la conduite des engins mécaniques de l'usine même ; au contraire, elle cesse d'être recommandable lorsque l'on se trouve en présence de modifications brusques de la consommation électrique, comme c'est le cas pour les stations d'éclairage.

TRAITEMENT PAR RÉDUCTION

Tandis qu'en Angleterre les ingénieurs traitent uniquement les ordures ménagères par l'incinération, en Amérique, au contraire, ils préfèrent les soumettre à un traitement dit *par réduction*, qui a pour but d'enlever à ces ordures ménagères, ou *garbage*, la graisse qu'elles contiennent et à utiliser, après dessiccation, la matière ainsi réduite comme matière fertilisante (*tankage*).

D'après un travail du colonel Morse, de New-York, inséré dans l'ouvrage de M. Goodrich, la raison qui aurait conduit les villes américaines à préférer le traitement par réduction au traitement par incinération, serait que pour ce dernier on n'employait que des fours marchant à basse température, donnant par suite des fumées et des odeurs incommodes et ne permettant pas de produire de la vapeur.

Il semble cependant que, encore aujourd'hui, malgré l'exemple des nombreuses installations travaillant en Angleterre par la méthode d'incinération à haute température, les ingénieurs américains persistent à pratiquer le traitement par réduction qui, bien mené, donne des produits directement utilisables et rémunérateurs : la graisse et la matière fertilisante.

Dans le traitement par réduction, les différents systèmes employés sont les suivants :

- 1° *Système Merz* : emploi du naphte comme solvant de la matière grasse.
- 2° — *Simonin* : emploi de la benzine —
- 3° — *The Consolidated american reduction Co* : traitement par voie humide.
- 4° — *Holtaus* : traitement à la vapeur.
- 5° — *Arnold* : —
- 6° — *Hogel* : —

D'après M. Goodrich, dont toutes les préférences sont manifestement en fa-

veur du traitement par incinération, la situation actuelle de ces procédés serait la suivante :

Le procédé Merz marche à Buffalo, à Détroit, à Saint-Louis, est en expérience à Chicago et a été abandonné à Milwaukee;

Le procédé Simonin qui a été appliqué à la Nouvelle-Orléans, à Cincinnati, à Paterson et à Providence, a été abandonné.

Le procédé C. A. Réduction C^o marche à Pittsburg et est expérimenté à Philadelphie;

Le procédé Holthaus marche à Bridgeport (Connecticut) et a été abandonné à Brooklyn;

Le procédé Arnold marche à Philadelphie et à New-York, a été abandonné à Boston et à Washington;

Le procédé Hogel, adopté à Rochester et à New-York, a été abandonné.

Il ne nous semble pas, cependant, que les Américains soient conduits à abandonner le traitement par réduction autant que le dit M. Goodrich. C'est ainsi que le traitement par le procédé Holthaus, qui marchait à Bridgeport, a été monté également à Syracuse, N.-Y.; de même le traitement par le procédé Arnold, qui marchait à Philadelphie, parallèlement avec un excellent destructeur à gazogène, est aujourd'hui appliqué au traitement de l'ensemble des 800 tonnes d'ordures ménagères produites chaque jour par cette ville; de même encore, la ville de New-York vient de renouveler le traité qui la liait à la Compagnie qui traite, par le même procédé Arnold, les ordures de New-York et de Brooklyn; de même enfin, la ville de Chicago, qui avait abandonné le traitement par le système Merz, vient de monter un traitement par réduction du système Turner.

Ce qui paraît résulter de la lecture des journaux américains, c'est que l'on a une tendance à abandonner le traitement par les solvants (naphte ou benzine) pour adapter le traitement direct par la vapeur sous pression.

Système Merz.

C'est à Saint-Louis que fonctionne l'usine la plus importante appliquant ce système. D'après l'*American Architect*, les voitures amenant les ordures gravissent un plan incliné et viennent jeter leur contenu dans d'immenses cylindres verticaux entourés d'une enveloppe dans laquelle circule un courant de vapeur surchauffée, de manière à débarrasser les ordures de l'humidité qu'elles contiennent. L'eau produite par cette évaporation est condensée et rejetée dans les égouts.

Après une dessiccation suffisante, on remplit les cylindres de naphte qui y séjourne de 30 à 40 heures et dissout toutes les matières grasses. Le pétrole est ensuite pompé et distillé à la vapeur; les vapeurs sont condensées pour être

utilisées à nouveau, tandis que le résidu brunâtre, formé de graisse impure, est mis en barrique pour, après blanchiment et épuration, être utilisé dans les savonneries.

Le résidu du traitement par le naphte est encore soumis à une nouvelle dessiccation et extrait des cylindres sous forme d'une masse brune, sans odeur déplaisante, et ne contenant plus que 5 à 6 p. 100 d'eau. Cette masse, n'ayant pas été soumise à une température suffisante pour détruire la matière organique, renferme l'azote et les phosphates, qui en font un excellent engrais. On la broie grossièrement et le produit du broyage est vendu aux agriculteurs; il paraît même que cet engrais a rencontré une faveur telle que la demande excède la production.

Système Arnold.

Nous avons décrit dans le *Bulletin de la Société* (février 1897 et mai 1900) le traitement par réduction d'après le système Arnold; nous renverrons donc à ces deux articles.

Système Holthaus.

Nous donnerons ici la description, d'après l'*Engineering News*, 11 oct. 1900, du traitement par réduction effectué à Syracuse d'après le système perfectionné Holthaus; on pourra se faire une idée très nette du traitement général par réduction à l'aide de la vapeur sous pression, d'autant plus que le système Holthaus ne diffère du procédé Arnold que par des dispositions d'appareils.

Cette usine, mise en marche en 1898, a été augmentée en 1899 d'un atelier de fabrication d'engrais composés. Des rapports publiés sur l'usine, pendant l'été de 1899, montrent qu'elle payait bien; il fut établi, en septembre 1899, que la moyenne de garbage vert traité chaque jour était de 30 tonnes, la capacité pouvant être de 50 tonnes par 24 heures.

L'usine est située à environ trois milles de l'Hôtel de Ville. Le garbage y est transporté par voitures, dont la caisse mobile est montée sur le plancher supérieur, ce qui permet de les décharger directement dans les trémies des digesteurs.

Il y a 4 digesteurs (*Boiling Tanks*) (fig. 10) mesurant 5 pieds sur 14, munis à l'intérieur de plaques perforées, servant de drains, pour empêcher toute obstruction; ils sont construits en acier de 3/4 de pouce, de très bonne qualité à cause de la corrosion due aux acides et à l'humidité; la fonte résisterait mieux à cette action que l'acier, mais, sous d'autres rapports, elle est moins convenable. Quand les digesteurs sont remplis, le garbage est cuit à la vapeur sous une pression de 60 livres. Après coction, l'eau et la graisse sont évacuées, et le garbage cuit est envoyé dans une presse hydraulique (*Hydraulic Press et Press*

Curb), et soumis à une pression de 2 000 livres par pouce carré (140 atmosphères). En ouvrant un faux fond de la presse, le garbage tombe dans un dessiccateur (*drier*) tournant, à enveloppe de vapeur, de 7 pieds sur 14; quand la dessiccation est obtenue, un élévateur conduit le garbage sec à un tamis rotatif (*Screen*) qui rejette les substances stériles et donne ce qu'on appelle le *Tankage*.

L'eau et la graisse des digesteurs et de la presse sont conduites à trois réceptifs diviseurs (*Separating Tank*) permettant de séparer la graisse.

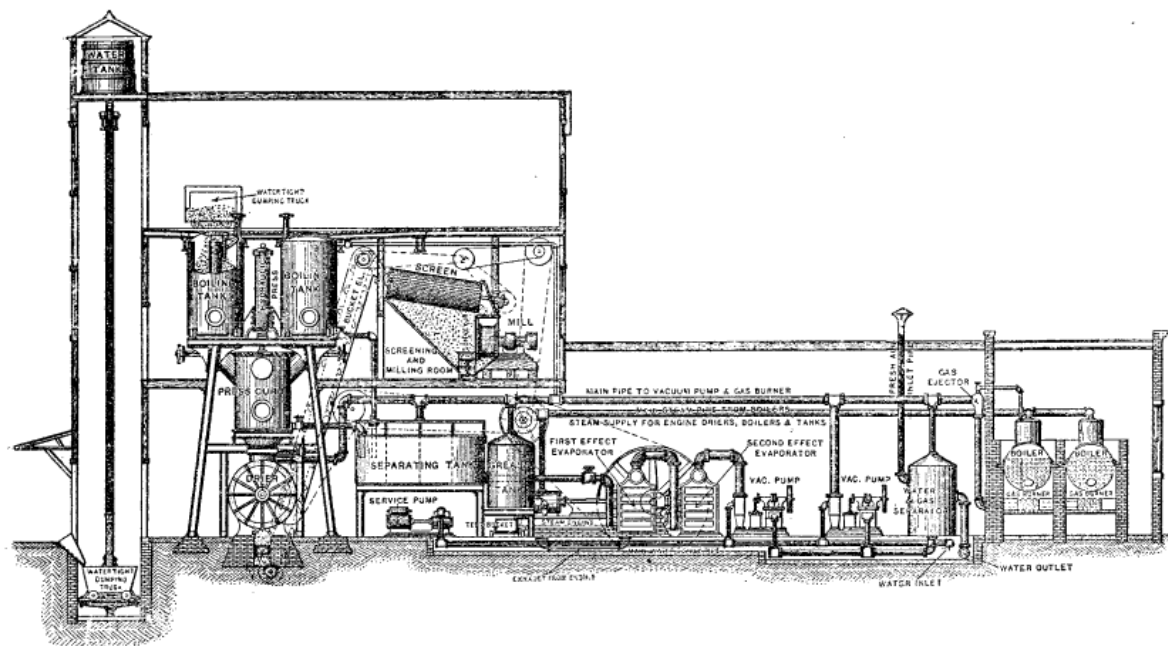


Fig. 10. — Réducteur Holthaus.

L'eau va à un appareil d'évaporation à double effet (*Evaporator*) et le résidu sirupeux ou *Stick* est mélangé dans un dessiccateur avec le tankage.

Les gaz et vapeurs des digesteurs, dessiccateurs et évaporateurs sont enlevés au moyen d'un éjecteur et envoyés dans un condenseur (*Water and Gas Separator*). Quant aux produits non condensés, ils sont envoyés dans la chaudière où ils sont brûlés (*gas burner*).

Cette usine marche avec dix-huit brevets pris au nom de Cyrus C. Currier; elle est un perfectionnement du système installé il y a quelques années à Bridgeport (Connecticut).

Transformation du Tankage en coke, avec récupération de l'ammoniaque.

Une tentative très intéressante, interrompue malheureusement par l'incendie de l'usine, a été faite à Boston où marchait le traitement par réduction d'après le système Arnold; elle est décrite en détail dans *The Engineering Record* (14 septembre 1901, p. 250). Le principe consistait à faire passer le garbage, débarrassé de la matière grasse et pressé, dans un véritable four à coke et à récupérer l'ammoniaque dégagée.

Le Dr Bruno Terme, chimiste de l'établissement, fit une étude spéciale du sujet et vit, dans le procédé de transformation en coke, une manière d'utiliser les résidus liquides et solides aussi avantageusement que possible en obtenant une large part de leur azote sous la forme la plus rémunératrice d'ammoniaque à l'état de sulfate ou en dissolution.

Le projet fut porté à la connaissance de la Compagnie Semet-Solvay, à Syracuse, N.-Y., qui fit des expériences sur 20 tonnes de tankage pressé dans ses fours à coke de Syracuse. Ces essais montrèrent que, avec une tonne de tankage contenant 40 p. 100 d'eau, on obtenait approximativement 163 livres d'ammoniaque calculée en sulfate et 4 000 pieds cubes de gaz d'environ 300 unités calorifiques anglaises, avec une petite quantité de goudron. D'après ces résultats, on entreprit la construction d'une usine de fours à coke réunie avec l'usine de réduction du garbage de Boston.

L'usine de réduction, établie auprès de Old Harbor Point, dans la baie de Dorchester, comprenait un bâtiment de 120 pieds sur 120 et d'une hauteur de 35 pieds. Un mur en briques la divisait dans le sens de la longueur, en deux parties égales; l'une contient les digesteurs et les presses, l'autre, à un étage, avait un rez-de-chaussée divisé en chambres pour loger les évaporateurs, les chaudières et les machines.

Dans une construction métallique était le massif des fours à coke, avec condenseur et laveur; une trémie à la partie supérieure permettait l'introduction du tankage pressé.

Le bâtiment des machines renfermait 4 chaudières tubulaires supportant une pression d'environ 80 livres de vapeur et d'une force de 600 chevaux-vapeur avec deux machines Corliss de 125 chevaux marchant à condensation, l'excès de la vapeur étant nécessaire pour les digesteurs. Il y avait aussi une dynamo fournissant le courant pour l'éclairage de l'usine et pour la marche d'un certain nombre d'appareils.

Le garbage était amené par un élévateur dans 32 digesteurs de 6 pieds de diamètre et 15 de hauteur; 6 presses, construites par la *Link Belt Engineering Co* sur les dessins de M. Edgerton, servaient pour le garbage cuit, qui, après avoir

été pressé, arrivait aux appareils de fabrication du coke ; il contenait environ 50 p. 100 d'eau. Les liquides obtenus étaient conduits dans le bassin de dépôt où l'on séparait la graisse, et le liquide dégraissé était conduit, comme nous l'avons déjà vu, dans un appareil à triple effet, où il était amené à l'état de produit sirupeux constituant le *Stick*.

Le tankage pressé, à 50 p. 100 d'eau, était séché dans un transporteur rotatif, cylindre de 40 pouces de diamètre et plus de 100 pieds de longueur, à hélice intérieure, parcouru par les chaleurs perdues des fours à coke et des chaudières ; enfin un ventilateur conduisait les gaz dans une chambre à eau, avant de les envoyer dans l'atmosphère, pour arrêter toute mauvaise odeur.

Les fours étaient du type Semet-Solvay, au nombre de sept, construits côte à côte et mesurant 18 pouces de largeur, 7 pieds de haut et 30 pieds de long à l'intérieur. La caractéristique de ces fours est que chacun consiste (fig. 11) en une chambre voûtée en briques, les murs et la voûte étant garnis de matériaux réfractaires indépendants des murs médians pour permettre la dilatation. Le garnissage réfractaire latéral est creux, formant au moins trois conduits horizontaux superposés, communiquant à leurs extrémités de manière que la flamme circule de l'un à l'autre pour finalement laisser dégager, par un conduit commun, les gaz dans la cheminée. Les fours étaient de 20 pouces plus hauts que ceux généralement en usage quand on traite du charbon, parce que le tankage brûlé se contractait de plus de 50 p. 100 pendant l'opération, aussi est-il nécessaire d'augmenter la hauteur pour avoir le bénéfice de conserver les murs chauds pendant la dernière période de transformation en coke. L'air nécessaire pour brûler les gaz était chauffé en passant dans les étroits carreaux construits dans la fondation dont il absorbait la chaleur.

Les gaz produits dans le traitement, à Syracuse, avaient un pouvoir calorifique à peu près suffisant pour chauffer les fours ; mais, afin d'éviter des irrégularités, on installa deux appareils producteurs de gaz, dont les gaz, traversant d'abord une chambre à poussière, se rendaient dans les carreaux de chauffage.

Le résidu de la carbonisation ou de la transformation en coke était une substance légèrement granulée, ressemblant un peu à du café torréfié, mais plus foncée ; il était retiré mécaniquement de la cornue. Ce tankage carbonisé était

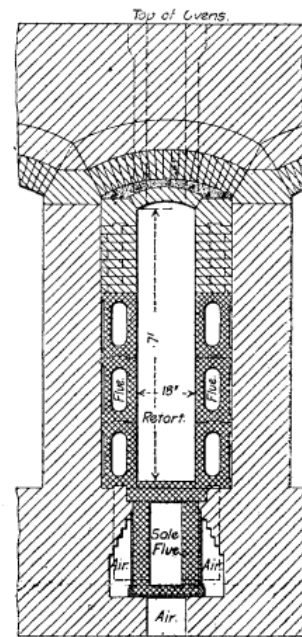


Fig. 11. — Four Semet-Solvay.

ensuite broyé, mélangé avec la proportion voulue de la matière sirupeuse de l'appareil d'évaporation, passait dans un dessiccateur à vapeur Anderson et sortait dans sa forme définitive de produit fertilisant.

Les gaz des cornues étaient conduits dans un appareil à fermeture hydraulique, placé au-dessus des fours, puis au travers du condenseur tubulaire, vers un exhausteur qui les forçait à passer dans une caisse à eau où l'ammoniaque était absorbée. Le gaz sortant était conduit directement aux carneaux de combustion, et la liqueur ammoniacale, après avoir passé par un condenseur de goudron basé sur la densité, était réunie, dans un récipient, avec l'eau des condenseurs et envoyée dans un appareil de concentration à plateaux. Les expériences ont montré que les eaux usées de cette colonne retenaient si peu d'ammoniaque à l'état de sels fixes, qu'on ne jugea pas nécessaire de les redistiller après addition de chaux.

L'usine comprenait enfin les appareils ordinaires pour obtenir du sulfate d'ammoniaque.

L'établissement, mis en marche en novembre 1898, marcha jusqu'à sa destruction partielle, en février 1899. M. Terme dit, en terminant, que les difficultés, inévitables dans la mise en marche d'un nouveau procédé, empêchèrent la réalisation immédiate des résultats obtenus dans les expériences préliminaires; mais il n'y a pas à douter qu'ils auraient été complètement atteints si le désastre n'était pas intervenu.

Situation actuelle du procédé Arnold à New-York et à Philadelphie.

Si l'on se reporte au travail que nous avons publié en mai 1900 (*Bulletin de la Société*), on verra que les ordures ménagères de Brooklyn et de New-York étaient traitées dans une usine établie à Barren Island, par le procédé Arnold et qu'on avait l'intention de prendre les dispositions nécessaires pour traiter 12 à 1 500 tonnes par jour.

Le contrat de la ville de New-York devait expirer le 1^{er} août 1901, et il était intéressant de savoir la décision prise à cette date par la municipalité. Grâce à l'obligeance de M. Riche, à la haute autorité de qui le Comité consultatif des arts et manufactures s'était adressé pour déterminer le classement des usines de traitement des ordures ménagères(1), nous avons pu avoir connaissance des

(1) Par décret du 23 décembre 1901, est intervenu un classement des usines de traitement des ordures ménagères par le procédé d'incinération, pour cause de poussières, fumées et odeurs.

Ces usines sont classées :

En 1^{re} Classe : quels que soient l'état et la quantité des ordures ménagères traités journellement

En 2^e Classe : quand les ordures sont à l'état vert, s'il en est traité au plus 150 tonnes par

renseignements qui lui avaient été envoyés par le distingué consul général de France à New-York, M. Bruwaert, et nous le remercions très vivement d'avoir bien voulu nous autoriser à en faire usage.

Le traité passé avec la *Sanitary Utilization Company* a été renouvelé le 1^{er} août 1901, après annonces et soumissions; mais le prix qui, pour les cinq dernières années, était de 445 000 francs a été porté à 1 160 000 francs pour les cinq prochains exercices.

D'après les renseignements fournis à M. Bruwaert, il n'y a jamais eu de plaintes sérieuses contre la compagnie; le mouvement de presse, qui s'est élevé à la suite de l'adjudication, fut sans doute motivé par des raisons particulières, au nombre desquelles il faut mettre la forte augmentation de la somme payée. Les usines peuvent traiter tous les détritiques qu'on y apporte et la réduction se fait dans les vingt-quatre heures, sans dépôt ni encombrement. Enfin le chef de la salubrité de New-York n'est pas opposé au système Arnold puisque le traité a été renouvelé.

Ce que l'on peut encore ajouter, c'est que, avec l'ancien traité, la ville de New-York payait 445 000 francs pour le traitement de 150 000 tonnes (petite tonne = 906 kilogrammes); avec le nouveau traité, elle paie 1 160 000 francs pour 260 000 tonnes, car c'est à ce taux que s'est élevé le tonnage actuel. Si l'ancien traité avait été fait aux mêmes conditions pour le chiffre de 260 000 tonnes au lieu de 150 000, la somme due par la ville aurait été de 771 333 francs au lieu de 445 000. L'augmentation de prix, avec le nouveau traité, ne correspond donc qu'à $1\,160\,000 - 771\,333 = 388\,667$ francs; or, elle n'a rien d'exagéré si l'on réfléchit que le système de réduction a bien marché pendant cinq ans, et que, en 1901, la Compagnie n'avait pas de concurrents sérieux, tandis qu'en 1896, l'adjudication réunissait plusieurs concurrents; de plus, en 1901, la ville de New-York n'était pas prête à exploiter différemment.

Du reste, le second traité qui réglait le traitement des ordures de Brooklyn a dû expirer le 1^{er} janvier 1902, et il sera intéressant de savoir si la ville de Brooklyn l'a renouvelé et à quelles conditions; nous n'avons pas encore de renseignements à ce sujet. Mais il y a lieu, cependant, de faire remarquer que le traité du 1^{er} janvier 1897 pour Brooklyn était de 605 000 francs pour le traitement de 250 tonnes pendant trois cent soixante-cinq jours par an, ce qui faisait 6 fr. 25 par tonne; or, le nouveau traité de 1901, pour la ville de New-York, ne met le coût du traitement de la tonne qu'à 4 fr. 46.

A Philadelphie, deux Compagnies se partageaient chaque jour les 800 tonnes d'ordures ménagères (*Bulletin de la Société*, 1897); 400 tonnes étaient traitées

jour, et si leur traitement est opéré sans triage et exécuté dans les 24 heures de leur apport.

Il n'a pas encore été pris de décision relative aux usines traitant les ordures ménagères par le procédé de réduction.

par incinération par *The Philadelphia Incinerating Co*, et 400 tonnes, d'après le procédé Arnold, par *The America Incinerating Co*. Nous avons pu constater que l'usine, qui pratiquait l'incinération, marchait sans donner aucune incommodité pour le voisinage, et, cependant, par un nouveau traité, la ville de Philadelphie vient d'adjuger à une Compagnie unique, *The American Product Co*, le traitement des 800 tonnes par le procédé de réduction Arnold.

En résumé, il semble bien résulter de ces deux exemples que le procédé par réduction Arnold ne donne pas de mauvais résultats au point de vue de l'hygiène et de la commodité, puisque les directeurs de la salubrité de New-York et de Philadelphie ont admis le renouvellement des adjudications, d'autant plus que, à Philadelphie en particulier, on avait pu voir marcher dans d'excellentes conditions le système d'incinération pendant cinq ans ; d'autre part, le procédé de réduction Arnold ne doit pas être désavantageux puisque deux Compagnies, éclairées par des expériences de plusieurs années, ont jugé à propos de continuer leur exploitation.

Résumé.

1° Le traitement par réduction est préféré, en Amérique, au traitement par incinération employé en Angleterre.

2° Cette préférence peut se justifier par une composition différente des ordures ménagères et par la séparation, faite chez les habitants, entre les parties riches comme combustible (escarbilles, fraisil, etc.) et les parties riches en matières organiques (graisse ou matières fertilisantes).

3° Le procédé par réduction, conduit avec soin, ne peut être la cause d'aucune incommodité pour le voisinage.

4° Le procédé par réduction, appliqué à des ordures ménagères de composition convenable, est certainement plus rémunérateur que le procédé d'incinération, même lorsque ce dernier comprend des appareils accessoires de production de vapeur ou d'électricité.

COMPARAISON DES TRAITEMENTS PAR INCINÉRATION ET PAR RÉDUCTION

D'après ce que nous avons vu, en étudiant le traitement par incinération, il y a une dépense très variable suivant la nature même des ordures ménagères mises en œuvre ; il en est évidemment de même pour le traitement par réduction. Tandis que le premier ne peut réussir qu'avec des ordures contenant une quantité suffisante de matières combustibles, de même, le second exigera des ordures riches en matières organiques, fournissant des quantités suffisantes de graisse et de matières fertilisantes. On ne peut donc se décider en faveur de

l'un ou l'autre système qu'après avoir fait une étude très complète des ordures ménagères d'une ville, non seulement aux diverses époques de l'année, mais aussi dans les divers quartiers de la ville.

Dans le cas où on adoptera le *traitement par incinération*, on peut se demander si on améliorera notablement les conditions d'exploitation en annexant au destructeur un appareil générateur de vapeur devant servir à produire de l'électricité ou de la force.

Il est bien difficile, avec des chiffres donnés par des compagnies différentes et, par suite, n'ayant aucun caractère officiel, d'établir une comparaison rigoureuse entre les deux systèmes. Cependant, en s'appuyant sur quelques exemples assez précis, l'*Engineering News* (16 mars 1901, p. 191) a tiré quelques conclusions intéressantes.

C'est ainsi que M. Allen Frost, contrôleur sanitaire de Chicago, a pu examiner un extrait des comptes de l'usine de Shoreditch, qui avait été établi après qu'on eut fait le départ des services alimentés directement au moyen de charbon, ce qui empêchait jusque-là toute déduction utile. Les chiffres fournis étaient les suivants :

La construction du destructeur d'ordures avait coûté . . .	594 725 francs.
Le prix total de l'incinération et de l'entretien pendant l'année terminée au 23 mars 1900, représentait	143 775 —

Les recettes s'étaient élevées à :

Destruction de résidus industriels et comptes divers. . . .	4 300 francs.
Vapeur fournie aux bains publics et à la bibliothèque publique.	23 375 —
	27 675 —

Il faut ajouter la somme payée par le département soumissionnaire.	62 500 —
Ce qui donne pour l'ensemble des recettes.	90 175 —

On voit donc que cette usine est loin de couvrir ses frais d'incinération ; en somme, la production de vapeur a diminué de $\frac{1}{5,2}$ les frais d'incinération. La différence devait être payée par la ville.

Prenons encore l'exemple de la ville de Darwen qui a un établissement agencé de manière à produire l'électricité nécessaire pour la marche d'un tramway public.

Le prix de destruction d'une tonne d'ordures est de.	2 fr. 30
Le bénéfice calculé d'après le charbon que les ordures ont remplacé, est de	1 fr. 25

La production de vapeur et d'électricité a donc diminué le coût de l'opération d'incinération de $\frac{1}{1,84}$.

Enfin il y a l'exemple de l'usine de Saint-Helens, dont nous avons parlé avec détails et où l'on produit l'électricité nécessaire pour l'éclairage de l'usine et la marche de divers engins mécaniques, avec fabrication de béton et de briques au moyen des scories.

Le prix de destruction d'une tonne d'ordures est de	3 fr. 05
Le bénéfice calculé d'après la production d'électricité et les recettes de l'utilisation des scories, est de.	0 fr. 75

Le coût de l'opération de l'incinération a donc été diminué de $\frac{1}{4,06}$.

En résumé, il semble évident qu'une usine d'incinération ne paiera jamais ses frais et qu'elle aura toujours besoin d'une forte subvention, les exemples assez précis que nous venons de donner montrent que les frais d'incinération ne sont diminués que dans des limites comprises entre $\frac{1}{5,2}$ et $\frac{1}{1,84}$.

Pour le *traitement par réduction*, quoique l'on manque également de documents officiels et que l'on soit obligé de s'en rapporter aux dires plus ou moins intéressés des industriels, il semble certain que les frais de l'opération seront largement abaissés par la vente de la graisse et des matières fertilisantes.

M. Arthur R. Reynolds, commissaire sanitaire de Chicago, cite, à ce sujet, les comptes fournis par la Compagnie Turner qui avait construit en 1898, à Chicago, une usine d'essai pour appliquer le procédé de réduction, dans des conditions très primitives, par simple extraction de la graisse dans des récipients chauffés à faible température, avec vente du résidu comme engrais.

Cette usine avait coûté 250 000 francs, et M. Turner estime qu'elle aurait pu ensuite être doublée à un prix bien inférieur; elle était disposée pour traiter 100 tonnes d'ordures ménagères par jour. Or, pendant l'année 1900, on traita 10 698 tonnes et on retira de la vente des produits commerciaux la somme de 147 120 francs, ce qui a payé toutes les dépenses et laissait une petite marge pour l'intérêt de l'argent engagé. Si, au lieu de traiter 35 tonnes par jour, on avait pu traiter 100 tonnes, les résultats de l'entreprise auraient, toujours au dire de M. Turner, été certainement très rémunérateurs.

En résumé, le choix à faire d'un des deux modes de traitement résulte surtout de conditions locales, et ne peut être déterminé qu'après une étude approfondie. Mais, dans des cas bien déterminés, lorsqu'il s'agit d'ordures ménagères riches en débris organiques, le traitement par réduction semble tout indiqué.

CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXPLOITATION

D'après M. S. Highfield, ingénieur électricien à Saint Helens (*Engineering Record*, 1901, p. 397), l'emplacement d'une usine de destruction d'ordures ménagères doit être choisi de manière que le transport soit fait par des rues autres que les rues principales ou très peuplées, et, en même temps, que la distance moyenne à parcourir soit aussi courte que possible.

Dans les villes ayant 100 000 habitants ou plus, il sera généralement plus économique d'avoir deux emplacements, car, à partir de 50 000 habitants, la production journalière d'ordures ménagères est largement suffisante pour alimenter une usine présentant déjà une importance relative. Dans les villes très importantes, il sera avantageux de multiplier les usines, car les économies possibles de l'incinération de la totalité des ordures dans un large destructeur sont plus que contre-balancées par les frais supplémentaires de transport.

A Saint Helens, il y a deux usines de destruction; le prix par tonne transportée est de 3 fr. 05. Si toutes les ordures étaient convoyées à une seule usine, le prix par tonne serait de 3 fr. 50.

Lorsque deux ou un plus grand nombre d'usines sont nécessaires, et lorsqu'il n'existe pas encore de station de force, il est convenable de donner une importance plus grande à celle que l'on prévoira pouvoir être ultérieurement utilisée comme productrice de force et de choisir son emplacement de sorte que l'on n'ait pas à faire un transport trop pénible pour amener les ordures des districts où l'on a reconnu qu'elles ont la meilleure composition comme combustible.

Il est évident que les mêmes principes sont à suivre lorsqu'il s'agit d'usines de réduction.

CONCLUSION

1° Les deux seuls modes de traitement des ordures ménagères qui donnent toute satisfaction au point de vue de l'hygiène, sont l'incinération et la réduction.

2° Toute ville qui se propose de traiter ses ordures ménagères devra commencer par faire une étude très complète pour déterminer leur teneur en matière combustible et leur richesse en matières grasses et fertilisantes. Ce n'est qu'après cette étude que l'on pourra choisir utilement le meilleur mode de traitement.

3° Il est préférable, dans une ville importante, au point de vue économique, d'établir plusieurs usines de traitement au lieu d'une station centrale unique.

4° Dans le cas où les ordures ménagères auraient montré de grandes varia-

tions de composition d'après leur provenance, il pourra être très avantageux de profiter de la dissémination des usines pour traiter, dans les unes, par l'incinération, les ordures riches au point de vue de la valeur calorifique, et, dans les autres, par la réduction, les ordures riches en graisse et en matières fertilisantes (ordures de quartiers riches, détritux de marchés, etc.).

5° Les frais de traitement par incinération peuvent être diminués par la production accessoire d'électricité et par l'utilisation des scories.

6° La production d'électricité ne semble avantageuse que lorsqu'elle est faite en vue des besoins restreints de l'usine de traitement ou dans des cas particuliers, lorsque la consommation électrique n'a pas de variations brusques ou n'exige pas une continuité absolue.

7° L'utilisation des scories, de même ordre que l'utilisation des laitiers de hauts fourneaux, ne constituera jamais qu'une source exceptionnelle et aléatoire de profits.

CHIMIE

ÉTUDE SUR LA FUSIBILITÉ DES CENDRES DES COMBUSTIBLES, PAR **M. H. Le Chatelier**,
membre du Conseil et **M. Chantepie**, *aide-préparateur à l'école des Mines.*

La fusibilité des cendres est une source de graves difficultés dans l'emploi des combustibles. Par leur fusion pâteuse, elles apportent un obstacle à la descente du combustible et sont une cause d'encrassement des grilles. Les mâche-fers qu'elles donnent forment des agglomérations adhérentes après les parois des foyers et les barreaux des grilles. Cet inconvénient ne disparaît que dans certains cas particuliers. Par exemple le refroidissement extérieur, dans les appareils de petits diamètres et à marche très lente, tels que certains poêles d'appartement, pourra empêcher la température de la zone la plus chaude de s'élever jusqu'au point de ramollissement des cendres. Celles-ci restent alors pulvérulentes et ne gênent que très peu la combustion. Ou bien, au contraire, on pourra arriver à fondre les cendres et à les écouler au dehors à l'état liquide. Mais elles ne sont jamais assez fusibles pour que l'on puisse les évacuer ainsi à elles seules, on n'y arrive qu'en leur ajoutant de la chaux, comme dans le haut fourneau pour faire des laitiers plus fusibles. Ces laitiers ne sont pas encore très fusibles et l'on n'arrive à les évacuer facilement que dans les appareils brûlant de grandes masses de combustibles. C'est là un cas tout à fait exceptionnel, réalisé seulement dans un petit nombre d'opérations métallurgiques.

Dans la majeure partie des cas, c'est-à-dire dans les foyers à chauffage par la flamme, comme ceux des fours à réverbère, des chaudières à vapeur et des gazogènes, l'inconvénient de la demi-fusion des cendres se manifeste dans toute son ampleur. On n'arrive à faire fonctionner ces appareils qu'avec une dépense de main-d'œuvre considérable pour le piquage du feu, le décrassage des mâche-fers et les réparations des foyers.

Pour tout ces motifs la détermination de la fusibilité des cendres est, au même titre que la détermination de leur proportion pondérale, un des éléments d'appréciation essentiels de la valeur industrielle des combustibles.

Nous nous sommes proposé d'étudier la marche à suivre pour mesurer cette fusibilité et de chercher à nous rendre compte si cette opération pouvait

être rendue assez simple pour figurer au nombre des conditions à insérer dans les cahiers des charges pour fourniture de combustibles.

Méthode expérimentale. — Les cendres ne fondent pas brusquement, comme le font les composés chimiques définis, ce sont en effet des mélanges à proportion variable, et l'on sait que ces mélanges ont leur fusion étalée sur un certain intervalle de température. Quand il s'agit de matières siliceuses, comme les cendres, ce ramollissement progressif est encore plus prolongé. Il n'y a donc pas un point de fusion déterminé à mesurer. Tout ce que l'on peut se proposer de définir est une température, ou bien une série de températures, auxquelles différentes cendres comparées entre elles sont à un même point de ramollissement.

On sait qu'il existe un procédé de mesure des températures reposant sur l'observation de la fusibilité de mélanges à base d'argile, connus sous le nom de *Montres de Seger*, dont la composition est tout à fait semblable à celle des cendres. On observe le moment où, sous l'action de la pesanteur, elles se sont, du fait de leur ramollissement, affaissées d'une quantité déterminée, par exemple le moment où leur pointe s'est infléchie de façon à avoir baissé de moitié environ de sa hauteur primitive. Il était assez naturel d'appliquer la même méthode, qui a déjà fait ses preuves, à l'étude des cendres, c'est-à-dire de mouler ces cendres en pyramides triangulaires de dimensions identiques à celles des montres de Seger et de les comparer à ces dernières pour l'évaluation des températures de fusion. Les erreurs personnelles sur l'estimation du point d'affaissement qui sert à caractériser la fusion, sont ainsi réduites au minimum, puisque, des deux côtés, sur les cendres et sur les montres témoins, le phénomène observé est identique.

Pour confectionner avec des cendres qui ne sont pas plastiques comme l'argile, les petites pyramides qui constituent les montres, quelques précautions sont indispensables. Il faut d'abord que la finesse des cendres soit très grande. On peut obtenir directement la finesse voulue en brûlant le charbon dans un moule à basse température, au-dessous de 1 000° par exemple. Mais si on les prend sous la grille d'un foyer où elles se sont toujours partiellement agglomérées par la chaleur dégagée dans la combustion, il est indispensable de leur faire subir un broyage préalable. On peut se servir d'un mortier ordinaire, mais si l'on a pas mal d'essais semblables, il est préférable d'avoir pour ce broyage une installation mécanique. Le plus commode est de se servir des broyeurs à billes qui rendent aujourd'hui de si grands services dans l'industrie. Il faut, bien entendu, prendre un appareil de toute petite dimension, comme les broyeurs qui servent dans les usines céramiques au broyage des émaux et des couleurs. Mais ces appareils sont encore très coûteux et il est possible de faire soi-même l'installation à peu de frais. Au lieu des vases en porcelaine fabriqués

spécialement pour cet usage, on achète un pot de grès avec couvercle plat et rodé de la capacité de 1 litre, du modèle de ceux que les marchands de produits chimiques emploient pour livrer un grand nombre de leurs produits. Le prix en est de 2 francs. On y introduit des billes en porcelaine, servant pour les jeux des enfants, de façon à remplir exactement la moitié du vase. On a ainsi pour quinze à vingt francs un broyeur, qui reviendrait autrement à une centaine de francs au moins.

Pour lui communiquer le mouvement de rotation on le fixe dans une boîte en bois portée sur deux axes; un des côtés de la boîte porte une poulie ayant l'un des axes pour centre. Dans les ateliers, où l'on dispose de force mécanique, on installe une petite transmission pour faire tourner le broyeur ainsi monté. Dans le cas habituel des laboratoires, où l'on ne dispose pas de force mécanique, on peut avec beaucoup d'avantage se servir d'un petit moteur à air chaud, qui peut d'ailleurs rendre de nombreux autres services. Les petits moteurs semblables chauffés au gaz d'une force de $1/50$ à $1/10$ de cheval marchent indéfiniment sans aucune surveillance et avec une dépense de gaz très minime. On est surpris de ne pas voir employer plus souvent ces petits moteurs, soit dans les petits ateliers où ils peuvent servir à faire marcher des machines à coudre, des tours d'horloger, des machines à polir, soit dans les laboratoires où ils peuvent être employés au broyage des minerais, à l'agitation des dissolutions, etc., soit même chez les particuliers où ils pourraient très utilement servir à obtenir la suppression du gaz et en favoriser ainsi l'utilisation pour l'éclairage et le chauffage.

Le dessin ci-contre (fig. 1) représente l'installation qui a servi à nos expériences.

Une fois la poudre obtenue, il faut l'agglomérer. On pourrait y arriver par une forte pression exercée sur une pâte légèrement humectée. Mais cela n'est pas très commode à réaliser quand on emploie la forme allongée en pyramide des montres de Seger. Il est plus simple d'ajouter, à l'eau employée pour délayer les cendres, une matière organique exempte de cendre, qui par dessiccation donne aux briquettes une dureté suffisante pour permettre leur manipulation. Elle doit disparaître ensuite complètement au feu, sans donner lieu à des boursofflements qui pourraient amener la désagrégation des éprouvettes, très peu consistantes, tant qu'elles n'ont point atteint leur point de ramollissement. On a employé avec succès l'empois d'amidon.

Le moule était composé d'une gouttière avec un angle dièdre de 60° , creusé dans un corps dur, bois, métal, ciment ou plâtre. Sa profondeur nulle du côté de la pointe est de 1 centimètre du côté de la grande base qui affleure une des faces latérales du bloc solide. C'est donc un moule ouvert à une de ses extrémités et sur la partie supérieure. Pour confectionner une éprouvette on commence par appliquer une feuille de papier sec dans la gouttière et avec des ciseaux ou un canif, on l'arase de façon qu'elle ne dépasse pas la surface du

moule. Ceci fait, on introduit la pâte formée des cendres et de l'empois d'amidon, prise un peu ferme, mais cependant plastique, en lui faisant remplir le moule. Enfin on affine soigneusement avec un couteau la base de la pyramide de façon qu'elle soit bien plane. En soulevant avec une pointe de canif la feuille de papier, on enlève sans difficulté la petite briquette qui, sans l'emploi du papier, adhérerait au moule. Cette feuille de papier reste collée sur la pyramide et contribue à en accroître la solidité après dessiccation.

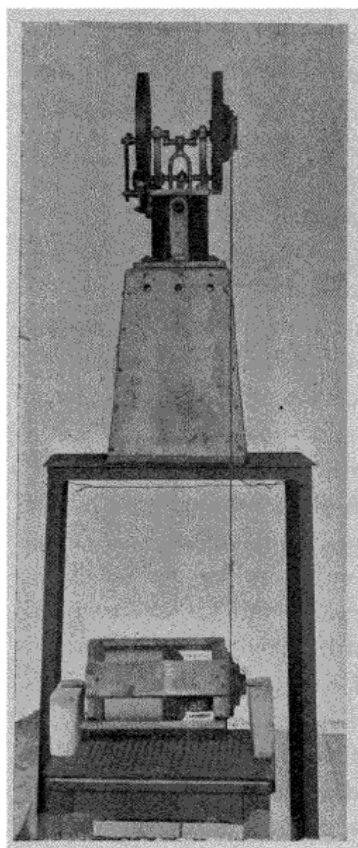


Fig. 1.

La fusion a été effectuée dans un four à gaz à récupération de Seger. Les pyramides de cendres et les montres Seger étaient disposées alternativement à la suite l'une de l'autre sur toute la circonférence d'un couvercle de creuset. Le diamètre du couvercle était inférieur de 5 centimètres à celui de la capacité intérieure du four pour éviter d'obstruer les passages de flammes. Toutes les pyramides fixées avec un peu de coulis réfractaires étaient inclinées vers le centre de façon qu'en fondant elles ne viennent pas tomber sur la paroi du four et l'endommager.

Les deux photographies ci-contre (fig. 2) montrent l'installation faite sur le support avant la fusion et le résultat obtenu après l'expérience. On voit la dernière montre Seger à demi courbée et quelques pyramides de cendres ayant complètement résisté et restées droites.

Résultats des expériences. — Les expériences ont porté le plus souvent sur des cendres de prises d'essais de houilles tout venant, mais quelquefois aussi sur des cendres d'échantillons de houilles, triées pour les séparer de leurs pierres

Enfin dans le cas du charbon de Blanzv, on a étudié séparément la fusibilité des cendres de morceaux de houilles triés, de fragments de schistes triés dans le même tas de charbons et de pierres noires compactes, de même provenance, qui étaient composées de carbonate de fer et de pyrite de fer mélangés intimement. On remarquera que les cendres du tout-venant de cet échantillon ont une fusibilité inférieure à celle de la moyenne des trois éléments qui entrent dans leur composition. Il n'y a rien là du reste de surprenant, car on sait que les silicates de fer fondent bien plus bas que leurs deux constituants : silice et oxyde de fer.

<i>Cendres de houille triée.</i>		
Provenance des houilles.	Proportion des cendres p. 100.	Fusion °
H. grasse de la Grand'Combe.	4,5	1178
H. anthraciteuse de Kebao.	13,5	1178
H. 1/2 grasse de la Grand'Combe.	5,75	1197
H. grasse de Saint-Étienne.	5,2	1200
H. maigre d'Anzin.	2	1252
H. grasse de Montrambert.	1,6	1370
H. grasse de Ronchamp.	5,5	1440
H. grasse d'Aniche.	2,2	1500
H. maigre de Blanzky tout-venant.	20,5	1263
H. triée de Blanzky.	8	1220
Pierre ferrugineuse de Blanzky.	60	1395
Schiste de Blanzky.	64	1470

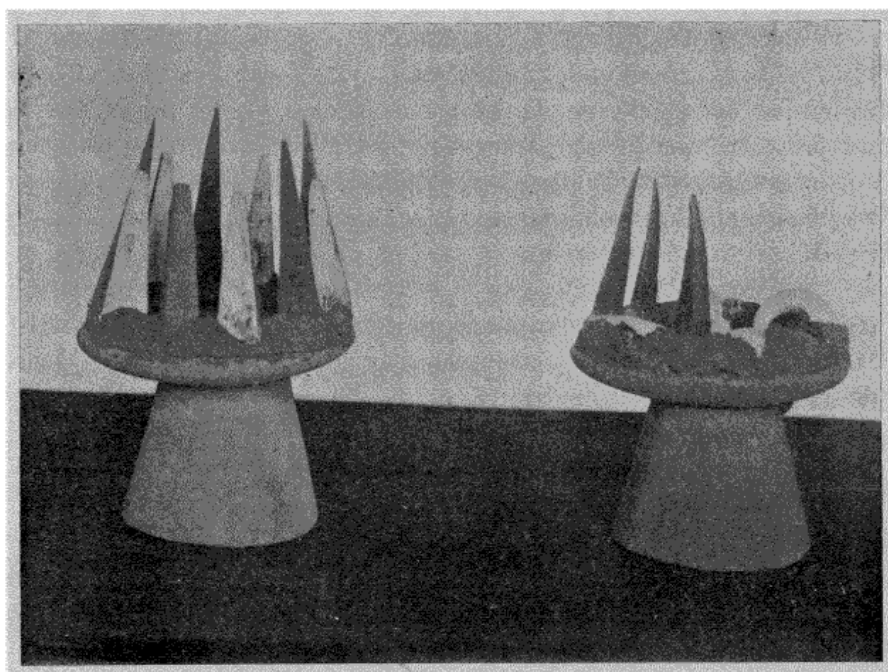


Fig. 2.

Comme composition chimique ces cendres renferment de 50 à 60 p. 100 de silice et de 20 à 30 p. 100 d'alumine, la cendre infusible d'Aniche renfermait plus de 40 p. 100 d'alumine. La proportion d'oxyde de fer extrêmement variable peut aller de 2 à 20 p. 100. C'est un des éléments principaux de la fusibilité des cendres; on sait en effet que les cendres très foncées sont aussi très fusibles, mais ce n'est pas là une règle absolue. Certaines cendres très claires sont également très fusibles à cause de la présence d'autres bases dont la chaux, la magnésie et les alcalis. La proportion de ces derniers peut atteindre 3 p. 100.

Cendres de combustibles tout-venant.

Provenance des charbons.	Teneur en cendres p. 100.	Fusion "
Coke de gaz de Paris.	12	1 178
Coke de gaz de Marseille.	6	1 230
Lignite de Valdonne.	3,9	1 265
Charbon anglais.	4,6	1 370
Cessous.	5,1	1 160
Trescol.	12,5	1 165
La Levande.	18	1 220
Prades.	"	1 280
Menu-Pontil.	"	1 030
Id.	"	1 150
Id.	"	1 290
Id.	12	1 500

Ce dernier exemple montre combien les charbons d'une même mine peuvent présenter de différence au point de vue de la fusibilité de leurs cendres.

Voici la composition chimique de quelques-unes des cendres de cette première série :

Charbons.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Total
Cessous.	46,7	26,3	21,6	2,5	1,5	1,3	0,2	100,1
Trescol.	59,0	20,1	13,4	1,9	2,1	0,7	2,0	99,2
La Levade.	61,3	21,1	10,2	2,0	1,7	0,7	2,2	99,2
Blanzv.	52,6	36,1	3,6	2,0	1,5	1,3	2,1	99,2
Montrambert.	59,6	24,1	9,5	2,9	1,0	1,6	1,6	99,3
Menu-Pontil.	59,8	28,0	6,5	2,8	0,7	0,6	0,6	99,0
Aniche.	50,5	42,7	4,3	0,9	0,3	0,9	0,8	100,4

On voit d'après ces chiffres que les teneurs en chaux et magnésie varient peu. Ce sont donc surtout les proportions de fer et d'alcalis qui déterminent les variations de la fusibilité.

Le tableau suivant se rapporte à des houilles du nord de la France :

Mines d'Anzin.	Proportion des cendres p. 100.	Fusion "
Tout-venant. Demi-gras. Saint-Louis.	9,9	1 300
Tout-venant. Demi-gras. Saint-Marek.	14,0	1 500
Criblé gras. Renard.	5,0	1 370
Fines grasses. Renard.	16,9	> 1 500
Anthracite.	7,7	> 1 500
Boulets ovoïdes.	10,8	1 340
Mine de Douchy. Criblé gras.	2,0	1 330
Mines de Dourges. Fines grasses.	12,4	1 330

Ces expériences ont montré que la détermination de la fusibilité des cendres de combustibles est une opération très simple à exécuter, pourvu que l'on ait à sa disposition un appareil de chauffage convenable, c'est-à-dire produisant des températures suffisamment élevées, de 1400° au moins, donnant dans toute son enceinte une répartition bien uniforme de la température, et enfin dont l'intérieur soit facilement accessible à la vue.

Sauf quelques rares exceptions, les températures de fusion des cendres de houilles sont comprises entre 1400° et 1500°. La fusion visée ici est le ramollissement tel qu'un prisme étroit de quelques centimètres de hauteur s'affaisse notablement sous son poids. Bien entendu, le premier ramollissement et par suite le commencement de l'agglomération des cendres se produisent plus bas ; l'écart peut être de 50° au moins.

Il ne faudrait pas, en se servant des chiffres donnés ici, chercher à établir une comparaison entre la qualité à ce point de vue des houilles de différents bassins miniers. On voit en effet que, dans une même mine, à Menu-Pontil par exemple, il y a des écarts de fusibilité aussi grands qu'entre des mines très éloignées l'une de l'autre. On peut cependant supposer *a priori* que la répartition des cendres fusibles n'a pas lieu au hasard, variant irrégulièrement d'un point à un autre. Pour étudier cette question, il ne suffit pas d'étudier des charbons tout-venant, tels qu'ils sont livrés au commerce. Il faudrait opérer sur des charbons recueillis en des points bien déterminés de la mine, en séparant celui qui provient de chacune des petites couches de houille exploitées ensemble.

MARINE

LES MARINES DE GUERRE MODERNES

Par M. L. de Chasseloup-Laubat (1).

RUSSIE

MONOGRAPHIES

Cuirassés : Sinope. — Empereur-Nicolas-I^{er}. — Trois-Saints. — Sissoï-Veliky. — Petropavlosk
— Peresviet. — Retvizan. — Tsarevitch. — Empereur-Alexandre-III.

Gardes-côtes : General-Amiral-Apraxine.

Croiseurs cuirassés : Amiral-Nahimof. — Rurik. — Gromoboï. — Bayan.

Croiseurs protégés : Svieltana. — Waryag. — Novik.

CUIRASSÉS

SINOPE

Lancé le 1^{er} juin 1887 ; appartient à la flotte de la mer Noire, ainsi que les navires similaires *Catherine-II*, lancé le 21 mai 1886, à Nicolaïeff, et *Tschesma* lancé à Sébastopol, le 18 mai 1886.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur.	103 ^m ,48
Largeur	21 mètres.
Tirant d'eau	7 ^m ,60
Déplacement	10 200 tonnes.

Coque. — Coque en fer et acier ; cloisons étanches : la cloison du milieu s'élève sur toute la hauteur du navire ; quilles latérales. Éperon.

Un mât militaire ; deux cheminées à l'arrière du mât.

Protection. — Ceinture compound sur 34 mètres de long au droit des machines, de 457 millimètres au milieu, 250 millimètres à l'avant, et 230 millimètres à l'arrière ; hauteur : 2^m,45.

Des traverses blindées ferment le flotteur central.

Citadelle en forme d'un triangle isocèle, avec angles arrondis, la pointe étant vers l'arrière ; cette citadelle n'a qu'une très faible saillie au-dessous du pont envi-

(1) Voir le *Bulletin* de mars, avril, septembre, octobre, décembre 1900 ; février, juin, octobre, novembre 1901.

ronnant; elle est blindée à 300 et 356 millimètres, avec plaques compound. Sur la longueur de la citadelle (40 mètres environ), la ceinture est prolongée jus-

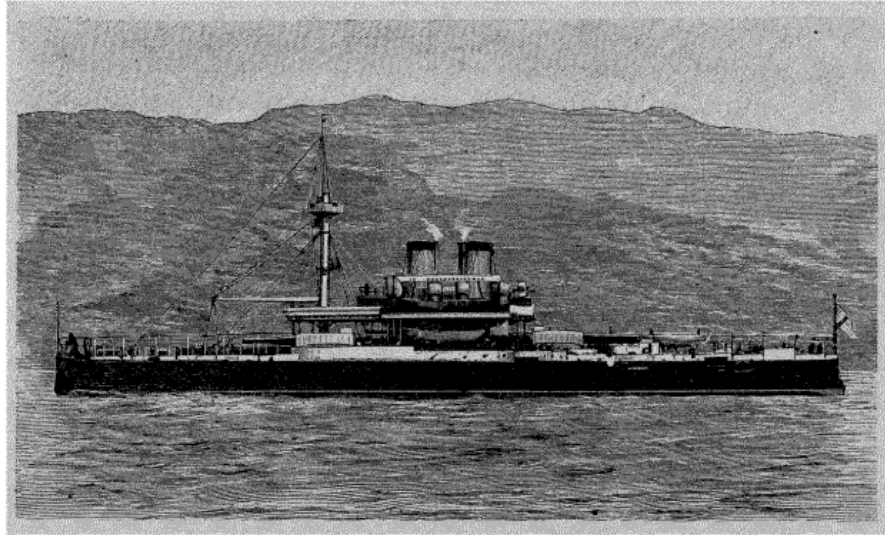


Fig. 191. — *Sinope*.

qu'au pont principal, à 305 millimètres d'épaisseur; ce réduit supérieur est fermé par des traverses blindées.

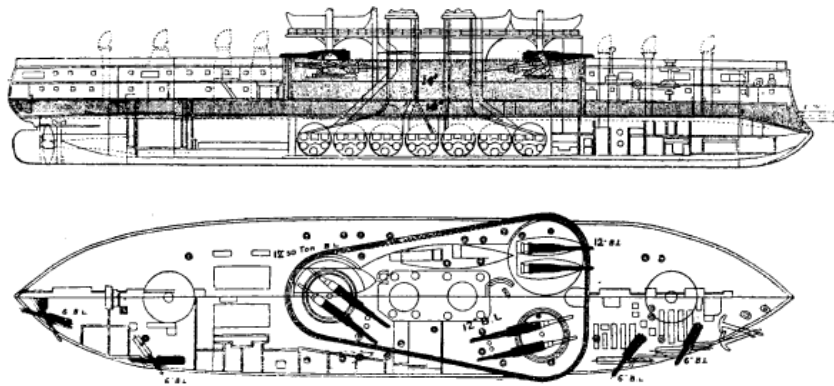


Fig. 192. — *Sinope*.

Pont blindé à 76 millimètres au niveau supérieur de la ceinture, sous-marin aux extrémités.

Machines. — Deux machines à triple expansion; deux hélices.

Puissance : 13 000 chevaux.

12 chaudières cylindriques (1). Vitesse : 16,8.

Approvisionnement de charbon, 800 tonnes.

Armement. — 6 canons de 305 millimètres (Oboukhoff), de 30 calibres, par paires sur trois plates-formes tournantes aménagées dans la citadelle, savoir : deux de chaque côté à l'avant, une dans l'axe à l'arrière. 4 des pièces peuvent tirer en chasse et 2 en retraite. Ces pièces sont montées sur affûts à éclipse, leur manœuvre est assurée par des appareils hydrauliques (2);

7 canons de 152 millimètres dans la batterie, 4 à l'avant, tirant en chasse par des sabords à pans coupés; 2 à l'arrière, en retraite, par des sabords à pans coupés; 4 dans l'axe, à l'arrière;

8 canons de 47 millimètres, à tir rapide;

4 canons de 37 millimètres, à tir rapide;

6 mitrailleuses;

Il y a 7 tubes lance-torpilles, tous aériens.

639 hommes d'équipage.

EMPEREUR-NICOLAS-1^{er}

De la flotte de la Baltique.

Lancé en 1889, à Saint-Pétersbourg. Le cuirassé *Empereur-Alexandre-II*, lancé en 1887, est un bateau similaire.

Dimensions :

Longueur	101 mètres.
Largeur	20 ^m ,40
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,70
Déplacement	8 440 tonnes.

Coque. — Coque en acier; 150 compartiments étanches. Doublage en cuivre. Deux mâts militaires; deux cheminées.

Protection. — Cuirassement en métal compound. Ceinture de 356 millimètres au milieu, s'amincissant jusqu'à 127 millimètres aux extrémités. Cette ceinture a 2^m,60 de hauteur, dont 1^m,60 au-dessous de l'eau.

Tourelle fermée à l'avant, blindée à 254 millimètres (3).

Blockhaus blindé à 204 millimètres.

Pont blindé à 76 millimètres.

Machines. — Deux machines verticales, à triple expansion. Deux hélices.

Seize chaudières Belleville.

(1) Va recevoir des chaudières Belleville avec économiseurs.

(2) Le *Catherine-II* et le *Tschesma* ont des canons de 305 millimètres Krupp de 33 calibres.

(3) L'*Empereur-Alexandre-II* a des barbottes blindées à 300 millimètres avec toit de 50 millimètres.

Puissance de 8 000 chevaux ; vitesse : 14ⁿ,8.

Approvisionnement maximum de charbon de 1 200 tonnes.

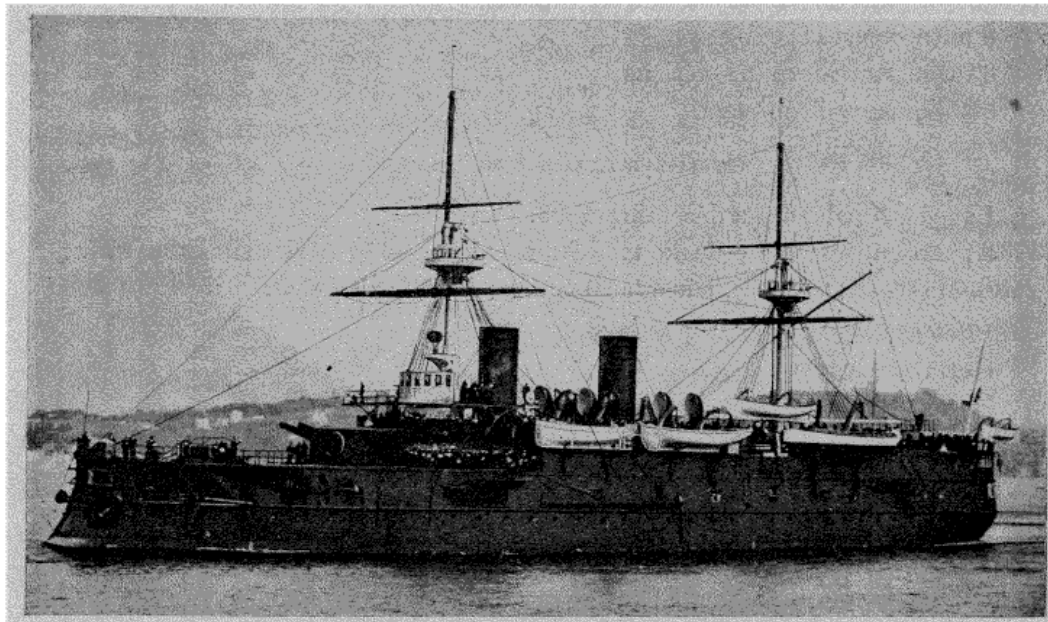


Fig. 194. — *Nicolas-I^{er}*.

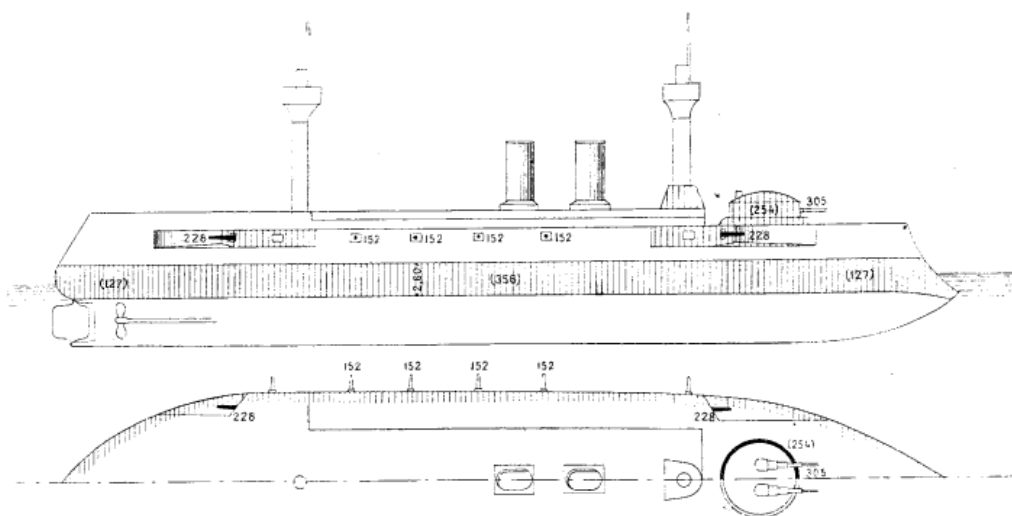


Fig. 193. — *Nicolas-I^{er}*.

Armement. — 2 canons de 305 millimètres (30 calibres) dans la tourelle ;
4 canons de 228 millimètres à tir rapide, dans la batterie, dans des sabords
d'angle blindés à 152 millimètres ;

navire. Épaisseur, 400 à 450 millimètres (1). Les extrémités sont reliées, à l'avant et à l'arrière, par des traverses blindées à 300 millimètres.

Deux tourelles fermées, dans l'axe, à chaque extrémité; ces tourelles sont blindées à 300 millimètres à l'avant, et à 250 millimètres à l'arrière. La base des tourelles est au niveau du can supérieur de la ceinture.

Au centre, la batterie des pièces de 150 millimètres est protégée par un léger blindage de 125 millimètres, se retournant à l'avant et à l'arrière, suivant un profil trapézoïdal dont les petites bases se trouvent respectivement derrière la tourelle avant et devant la tourelle arrière.

Pont blindé à 76 millimètres, en acier nickel, au niveau du can inférieur de la ceinture.

Blockhaus à l'avant, blindé à 250 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion, donnant 8 000 chevaux au tirage naturel, avec 16 nœuds. Vitesse maxima : 17ⁿ,5 avec 10 600 chevaux.

Chaudières cylindriques avec 48 foyers (2).

Approvisionnement normal de charbon de 750 tonnes, peut être porté à 1 000 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 305 millimètres (40 calibres), par paires dans les tourelles, avec champ de tir de 270°;

8 canons de 150 millimètres dans le réduit (4 de chaque côté), avec champ de tir de 100° (3);

4 canons de 120 millimètres, tirant dans l'axe et par le travers aux quatre angles du réduit central;

20 canons de 37 millimètres à tir rapide;

6 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins (4).

580 hommes d'équipage.

SISSOÏ-VELIKY

Lancé le 16 juin 1894, par les chantiers de l'Amirauté, à Saint-Petersbourg; appartient à l'escadre de la mer Baltique.

Deux autres navires similaires sont destinés à la flotte de la mer Noire, le *Rostislav*, lancé le 2 septembre 1896, à Nicolaïeff, et N., en chantier dans la Baltique.

(1) Sur le *Tavristchfsky*, la ceinture n'aurait que 229 millimètres, et le blindage des tourelles que 254, mais ce seraient des blindages à surface durcie.

(2) 14 chaudières Belleville sur le *Potemkin*, avec usage de combustion liquide.

(3) Le *Potemkin* n'a pas de canon de 120 millimètres, mais il dispose en revanche de 16 canons de 150 millimètres (45 calibres), à tir rapide, placés par paires dans le réduit blindé à 125 millimètres et de 10 canons de 47 millimètres à tir rapide.

(4) Sur le *Potemkin*, 5 tubes lance-torpilles, tous sous-marins.

Dimensions :

Longueur	105 mètres.
Largeur	20 ^m ,70
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,70
— arrière	7 mètres.
Déplacement	8 880 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond; cloisons transversales et longitudinales. Éperon peu saillant. Deux mâts militaires en acier; deux hautes cheminées entre les mâts.

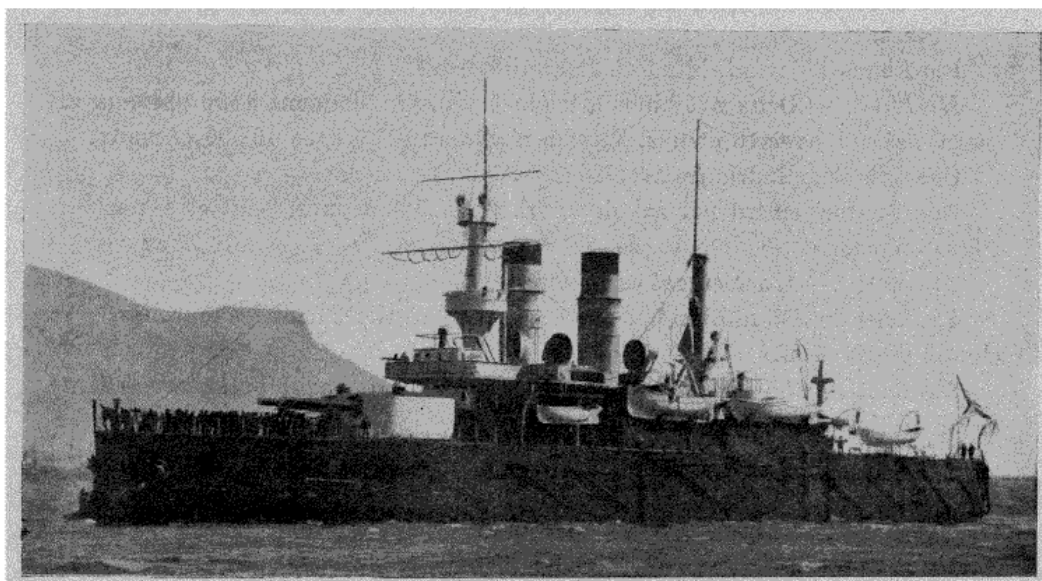


Fig. 196. — *Sissoi-Veliky*.

Protection. — Ceinture de 2^m,13 de hauteur, dont 1^m,50 au-dessous de l'eau, régnant au centre du navire sur les quatre cinquièmes de la longueur, avec épaisseur de 405 millimètres au milieu, se réduisant à 300 millimètres aux extrémités, où la ceinture est complétée par des traverses blindées à 300 millimètres.

Pont blindé à 76 millimètres, s'élevant dans sa partie centrale à 0^m,60 au-dessus de la flottaison, et dont les pentes aboutissent au can inférieur de la ceinture.

En dehors du caisson central, ce pont part du can supérieur de la traverse.

Deux tourelles à manœuvre hydraulique de 10^m,50 de diamètre et 3^m,25 de hauteur, sont disposées dans l'axe aux extrémités; celle d'avant est blindée à

450 millimètres pour la partie mobile, et à 300 millimètres pour la partie fixe; le blindage est uniformément de 250 millimètres pour la tourelle arrière.

Batterie centrale au-dessus de la ceinture, entre les tourelles, sur 60 mètres de long, blindée à 127 millimètres, et fermée en bouts par des traverses de même épaisseur joignant les tourelles.

Blockhaus cuirassé à l'avant du mât avant.

Machines. — Deux machines à triple expansion, pouvant fournir 9 500 chevaux indiqués, alimentées en vapeur par 12 chaudières Belleville, réparties en trois compartiments séparés (1).

Aux essais, on a obtenu une vitesse de 16 nœuds avec 9 500 chevaux.

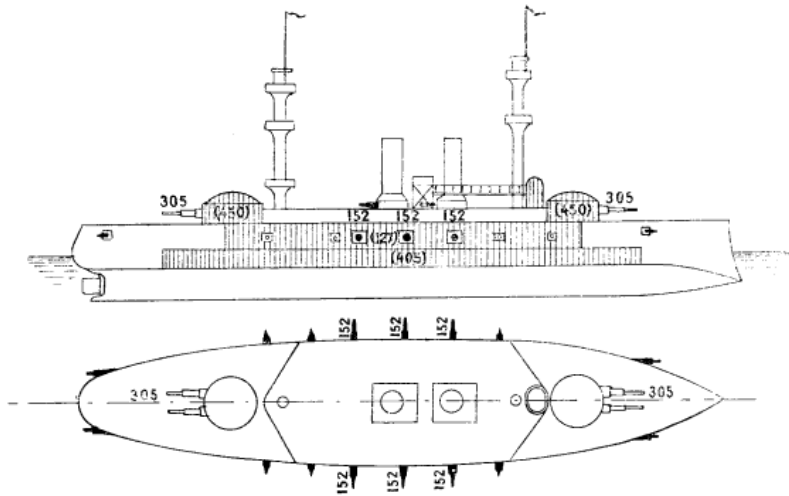


Fig. 197. — *Sissoï-Veliky*.

L'approvisionnement de charbon est de 550 tonnes, il peut être porté à 900 tonnes.

Armement. — 4 canons de 305 millimètres (40 calibres), du type *Oboukhoff*, accouplés deux à deux dans les tourelles, avec commandement de 7^m,50 et champ de tir de 230° (2);

6 canons Canet de 152 millimètres, tir rapide, répartis trois de chaque bord, dans la batterie centrale, sur le pont de batterie;

4 canons de 75 millimètres à tir rapide;

12 canons de 47 millimètres à tir rapide;

6 canons de 37 millimètres à tir rapide;

(1) Les navires destinés à la flotte de la mer Noire recevront des chaudières cylindriques avec foyers à pétrole.

(2) Sur le *Rostilav*, l'armement sera de 4 canons de 250 millimètres dans les deux tourelles, et 8 de 152 millimètres, à tir rapide, dans la batterie centrale.

6 tubes lance-torpilles aériens.
580 hommes d'équipage.

PETROPAVLOSK

Construit aux docks impériaux de Saint-Pétersbourg. Mis en chantier en 1892, lancé en novembre 1894. Fait partie de la flotte de la Baltique.

Un navire semblable, *Poltawa*, a été également construit aux docks impériaux, et lancé en novembre 1894; un troisième, *Sevastopol*, a été construit à Nicolaïeff, et lancé le 1^{er} juin 1895.

Dimensions :

Longueur	112 ^m ,30
Largeur	21 ^m ,30
Tirant d'eau arrière	7 ^m ,92
Déplacement (avec 960 tonnes de charbon)	10 960 tonnes.

Coque. — Coque acier; compartiments étanches. Deux mâts militaires; deux cheminées entre les mâts.

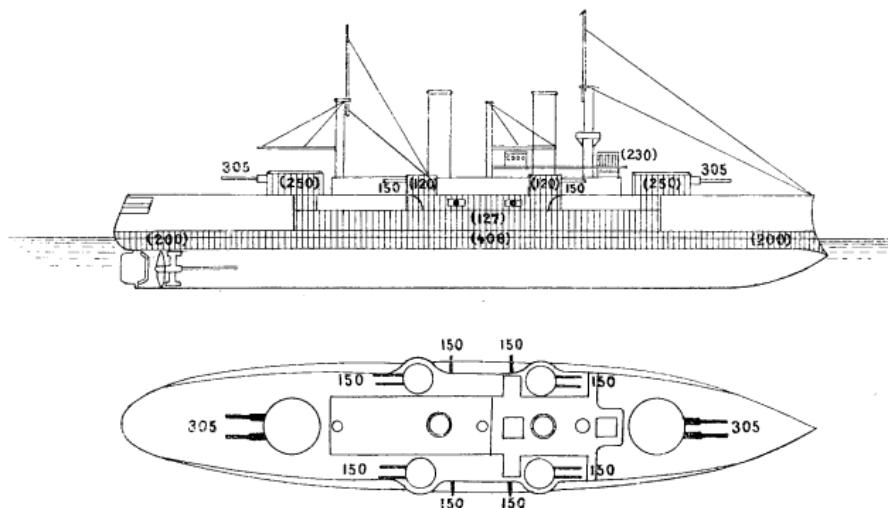


Fig. 198. — *Petropavlosk*.

Protection. — Ceinture totale en acier nickel harveyé; épaisseur de 406 millimètres au milieu et 200 millimètres aux extrémités.

Pont blindé à 63 millimètres, plat, au niveau du can supérieur de la ceinture; en avant et en arrière, ce pont s'incurve, et prend 88 millimètres aux pentes.

Au-dessus de la ceinture, caisson avec blindage léger de 127 millimètres entre les tourelles principales dont il protège les bases, le caisson est surmonté d'un réduit blindé pour canons de 152 millimètres.

Deux barbettes axiales blindées à 250 millimètres, à l'avant et à l'arrière.

Quatre tourelles blindées à 120 millimètres sur les flancs, aux angles extérieurs du réduit.

Blockhaus blindé à 230 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion, construites en Angleterre, et devant donner 10 600 chevaux au tirage réduit. Quatorze chaudières cylindriques à simple façade, de 4^m,42 de diamètre et 3^m,20 de longueur, avec surface de chauffe de 1 858 mètres carrés, et surface de grille de 96^m²,6; pression de la vapeur : 8^{kg},8.

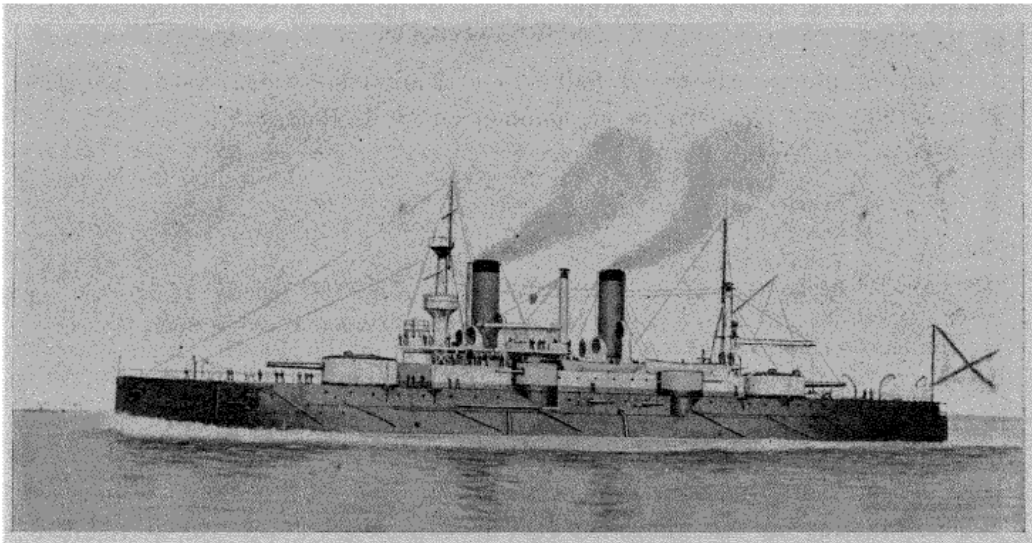


Fig. 199. — *Poltava*.

Aux essais, la moyenne de quatre courses sur le mille mesuré a donné une vitesse de 16ⁿ,8 avec 84 tours et 10 399 chevaux.

Le *Poltava* a donné 16ⁿ,3 à 87 tours avec 11 000 chevaux, et un tirant d'eau arrière de 7^m,92 (15 septembre 1890).

Approvisionnement de charbon de 900 tonnes, pouvant être porté à 1 000 tonnes.

Armement. — 4 canons de 305 millimètres, par paires dans chacune des tourelles axiales, avec champ de tir de 135°.

12 canons de 150 millimètres, à tir rapide, dont 8 par paires dans les quatre tourelles de flanc, avec champ de tir de 135°, et 4 en batterie au centre du navire dans le réduit blindé, entre les tourelles secondaires et à l'étage au-dessous;

10 canons de 47 millimètres à tir rapide;

26 canons de 37 millimètres à tir rapide;

7 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins.
633 hommes d'équipage.

PERESVIET

De la flotte de la Baltique.

Mis en chantier le 21 novembre 1896, aux ateliers de la Baltique (Saint-Petersbourg), lancé le 19 mai 1898, mis en service en juillet 1901.

Navires du même type :

Oslabya, mis en chantier aussi le 21 novembre 1893, lancé le 8 novembre 1898, aux chantiers de l'Amirauté, à Saint-Petersbourg ; a fait ses essais à la fin de 1901 ;

Pobieda, mis en chantier à Saint-Petersbourg, le 1^{er} août 1898, lancé le 24 mai 1900 ; doit être terminé au commencement de 1902.

Dimensions. — Les dimensions sont :

Longueur	132 ^m ,40
Largeur	21 ^m ,80
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,95
Déplacement	12 900 tonnes.

Coque. — Coque acier avec quilles latérales et double fond. Compartiments étanches. Doublage en cuivre. Deux mâts militaires ; trois cheminées.

Protection. — Ceinture totale en acier harveyé, s'élevant jusqu'à 1 mètre environ au-dessus de la flottaison. Au centre du navire, l'épaisseur de la ceinture est de 180 millimètres au can supérieur, 230 millimètres au milieu, et 102 millimètres au can inférieur ; vers les extrémités, l'épaisseur se réduit à 132 millimètres à l'avant et 179 millimètres à l'arrière. Au-dessus, blindage de 132 à 127 millimètres, formant réduit central, terminé par des traverses de 230 millimètres, qui descendent jusqu'au can inférieur de la ceinture.

Pont blindé à 52 millimètres aux parties planes, et à 70 millimètres aux parties inclinées qui aboutissent au can inférieur de la ceinture.

Tourelles à l'avant et à l'arrière, blindées à 254 millimètres.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion, d'une puissance totale de 44 500 chevaux, avec vitesse de 18 nœuds à 150 tours. Trois hélices.

33 chaudières Belleville en six groupes, avec surface de chauffe de 4 033 mètres carrés.

Approvisionnement de charbon de 1 050 tonnes, pouvant être porté à 2 050 tonnes

Combustible liquide dans le double fond.

Armement. — 4 canons de 254 millimètres (43 calibres), par paires dans les tourelles ;

11 canons de 152 millimètres, à tir rapide, en casemates blindées à 152 millimètres sur le pont supérieur;
 20 canons de 75 millimètres, à tir rapide;
 16 canons de 47 millimètres, à tir rapide;
 6 canons de 37 millimètres, à tir rapide.
 5 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins.
 Équipage de 732 hommes.

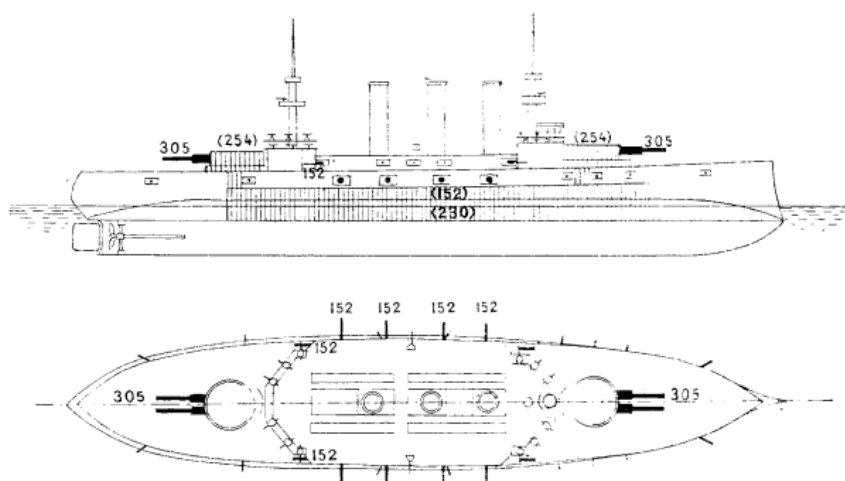
RETVIZAN

Ce cuirassé construit à Philadelphie, dans les chantiers Cramp, a été commencé en décembre 1898 et lancé le 23 octobre 1900; il a fait ses essais à la fin de 1901.

Dimensions :

	Metres.
Longueur totale	117,00
Largeur	22
Tirant d'eau	7,90
Déplacement	12 700 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond sur la plus grande partie de la longueur, utilisé pour l'emmagasinement du combustible liquide; quilles latérales.

Fig. 200. — *Retvizan*.

Franc bord élevé, peu de superstructures.

Protection. — Ceinture partielle sur les deux tiers environ de la longueur du navire, au milieu (1). Cette ceinture a 2^m,30 de hauteur totale dont 1^m,30 au-

(1) Certaines descriptions prolongent la ceinture jusqu'à l'avant; l'épaisseur à l'extrême-avant ne serait plus que de 51 millimètres.

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Février 1902.

16

dessous de l'eau ; elle est en acier Krupp et a 280 millimètres d'épaisseur maximum. Le caisson central est fermé par des traverses de 230 millimètres d'épaisseur.

Au-dessus, blindage léger de 152 millimètres avec traverses continuant les traverses du caisson central.

Pont en dos de tortue, blindé à 52 millimètres au centre et à 102 millimètres en abord ; les parties inclinées descendent jusqu'au can inférieur de la ceinture.

Tourelles elliptiques dans l'axe, à l'avant et à l'arrière, blindées à 254 millimètres avec carapace de 127 millimètres au-dessus. Manœuvre électrique.

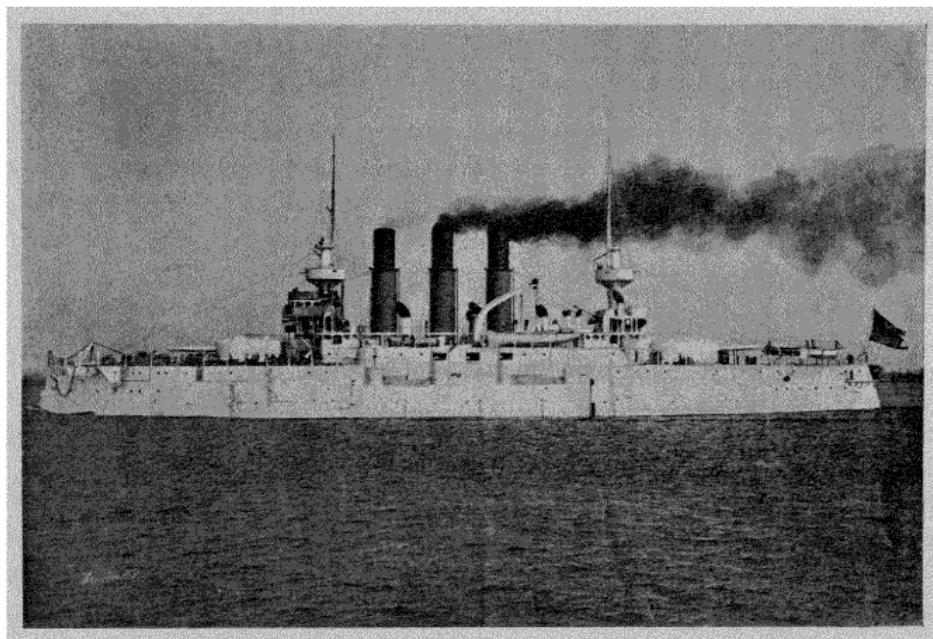


Fig. 201. — *Retvizan*

Machines. — Deux machines à triple expansion à trois cylindres dont les diamètres sont 962, 1 475 et 2 300 millimètres, avec course de 1 050 millimètres. Puissance : 17 000 chevaux. Deux hélices.

24 chaudières Niclausse réparties en quatre compartiments étanches et travaillant à la pression de 17,5.

Vitesse prévue : 18 nœuds avec 126 tours à la minute.

Approvisionnement de charbon de 1 200 tonnes, pouvant être porté à 2 000, indépendamment du combustible liquide logé dans le double fond.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 305 millimètres (40 calibres), par paires dans les tourelles, avec champ de tir de 340°, manœuvre électrique ;

12 canons de 152 millimètres, à tir rapide, savoir : 8 dans la batterie, en casemates blindées à 127 millimètres, avec champ de tir de 180° ; et 4 aux angles d'une superstructure légère au centre du navire, sur le pont supérieur, avec masques de 127 millimètres et champ de tir de 120° ;

20 canons de 76 millimètres à tir rapide dont 12 sur le pont de la batterie, à l'avant et à l'arrière des canons de 152 millimètres, 6 sur le pont principal entre les 4 pièces de 152 millimètres et 2 sur la superstructure.

20 canons de 47 millimètres, à tir rapide ;

6 canons de 37 millimètres, à tir rapide.

Le *Retvizan* doit avoir 6 tubes lance-torpilles dont 5 sous-marins.

TSAREVITCH

Cuirassé construit à la Seyne, aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, sur les plans de M. Lagane ; mis en chantier le 24 mai 1899, lancé le 23 février 1901 ; doit être achevé pour septembre 1902.

Dimensions :

Longueur entre perpendiculaires	118 ^m ,50
Largeur.	23 ^m ,20
Tirant d'eau.	8 mètres.
Déplacement	13 400 tonnes.

Coque. — Coque en acier, avec double fond. Quilles latérales.

Deux mâts militaires, deux cheminées.

Protection. — Ceinture totale de 2 mètres de hauteur, dont 0^m,50 au-dessus de la flottaison ; épaisseur maximum de 250 millimètres, réduite du tiers environ aux extrémités.

Au-dessus, blindage de 224 millimètres d'épaisseur maximum, régnant également de bout en bout avec amincissement aux extrémités.

Pont blindé horizontal, en acier nickel, de 63 millimètres, à la partie supérieure du blindage supérieur ; au niveau du can inférieur de ce même blindage, pont blindé supérieur agencé suivant un dispositif indiqué dès 1891 par M. Bertin : le pont horizontal s'arrête à 2 mètres environ des murailles du navire et s'infléchit à angle droit pour venir se souder à la partie basse de la coque, au niveau des fausses quilles, c'est-à-dire à 7 mètres environ au-dessous de la flottaison. Ce blindage est formé de 2 tôles de 20 millimètres ; il laisse un couloir de 2 mètres environ de large de chaque côté.

Deux tourelles barbettes, dans l'axe, à l'avant et à l'arrière, blindées à 279 et 254 millimètres.

Six tourelles secondaires blindées à 170 et 152 millimètres et placées : 2 en

avant, en côté et un peu en arrière de la tourelle principale avant, 2 en arrière dans une portion similaire par rapport à la tourelle arrière, enfin 2 en flancs en encorbellement.

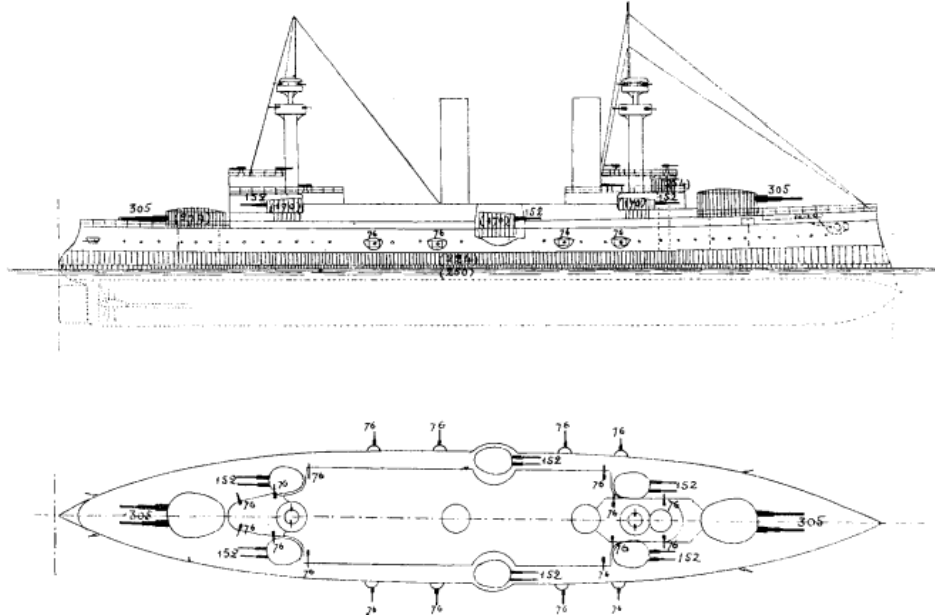


Fig. 202. — Tsarevitch.

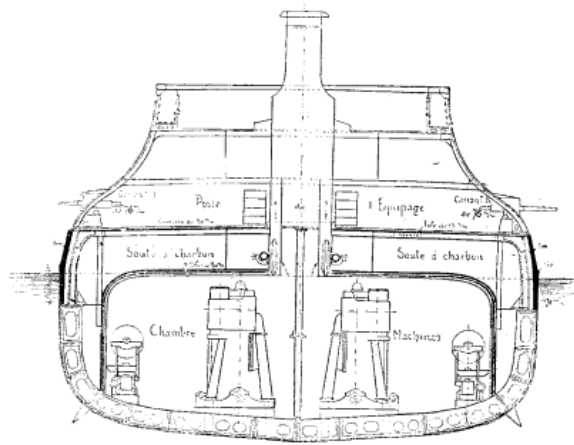


Fig. 203. — Tsarevitch.

Blokhaus blindé à 254 millimètres avec tube blindé à 120 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion d'une puissance de 16 300 chevaux. Deux hélices.

Vingt chaudières Belleville réparties en deux groupes.

Vitesse prévue de 18 nœuds.

Approvisionnement normal de charbon de 900 tonnes, pouvant être porté à 1 300.

Armement. — L'artillerie comprend :

4 canons de 305 millimètres Canet, par paires dans les tourelles principales (tirant 1 coup par minute);

12 canons de 152 millimètres, tir rapide, par paires dans les six tourelles secondaires;

20 canons de 76 millimètres, tir rapide;

20 canons de 47 millimètres, tir rapide;

6 canons de 37 millimètres, tir rapide.

Il y aura 6 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins.

EMPEREUR ALEXANDRE III

Cuirassé de 1^{re} classe, mis en chantier le 5 septembre 1899, lancé le 3 août 1901, aux Chantiers de la Baltique; doit être terminé en 1904.

De la même classe :

Borodino, mis en chantier le 26 mai 1899 à Saint-Petersbourg, (nouveaux chantiers de l'amirauté), lancé le 8 septembre 1901; doit être terminé en 1904.

Knias Souwaroff, mis en chantier en 1901 à Saint-Petersbourg (chantiers de la Baltique); doit être terminé en 1905.

Orel, mis en chantier en octobre 1899 à l'île Gaberny; doit être terminé en 1904.

Slava, mis en chantier en 1901 aux chantiers de la Baltique, à Saint-Petersbourg; doit être terminé en 1905.

Dimensions :

Longueur totale.	121 mètres.
Longueur entre perpendiculaires.	114 ^m ,50
Largeur.	23 ^m ,16
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,92
Déplacement.	13 600 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec double fond.

Deux mâts, deux cheminées dans l'axe.

Protection. — Ceinture totale, de 254 millimètres d'épaisseur au milieu, 203 millimètres jusqu'au delà des tourelles et s'amincissant jusqu'à 101 millimètres aux extrémités. Au-dessus, blindage de 229 millimètres d'épaisseur maximum, depuis l'avant jusqu'à l'arrière de la tourelle barbette d'arrière. Traverses de 230 millimètres à l'avant et à l'arrière.

Au-dessous de la ceinture, depuis l'avant jusqu'à 15 mètres de l'arrière, cloison intérieure contre les torpilles, descendant jusqu'au double fond, en acier

nickel de 37 millimètres (1), suivant le dispositif adopté déjà pour le *Tsarevitch*.

Au centre du navire, réduit blindé à 150 millimètres pour canons de 76 millimètres.

Deux tourelles barbettes elliptiques blindées à 254 millimètres, sur l'axe, à l'avant et à l'arrière.

Six tourelles secondaires, en flancs, blindées à 127 millimètres et descendant jusqu'au pont blindé.

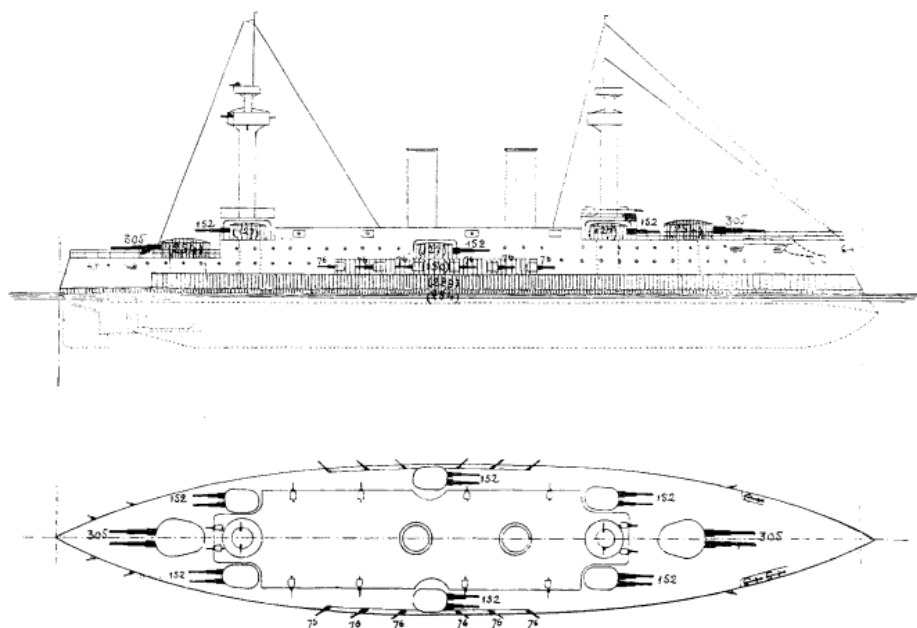


Fig. 204. — *Borodino*.

Pont blindé supérieur plat, de 50 millimètres; pont blindé inférieur de 50 millimètres à la partie horizontale et 75 millimètres aux pentes.

Blockhaus blindé à 280 millimètres entre les deux tourelles secondaires d'avant.

Machines. — Deux machines à triple expansion avec trois cylindres; puissance, 16 000 chevaux indiqués.

24 chaudières Niclausse (20 chaudières Belleville sur le *Borodino*).

Vitesse prévue : 18ⁿ,5.

Approvisionnement normal de charbon : 800 tonnes; peut être porté à 1 250 tonnes. Les foyers sont agencés pour le chauffage au pétrole.

Armement. — L'artillerie comprend :

(1) Certaines descriptions attribuent une épaisseur de 100 millimètres à cette protection.

4 canons de 305 millimètres (40 calibres) dans les deux tourelles principales, avec commandement de 9^m,60 pour ceux d'avant et de 7 mètres pour ceux de l'arrière ;

12 canons de 152 millimètres, tir rapide, dans les six tourelles circulaires du flanc (1) ;

20 canons de 76 millimètres, tir rapide, dont 12 dans la batterie, 4 à l'avant sur le pont supérieur et 4 à l'arrière sur le pont principal ;

20 canons de 47 millimètres, tir rapide ;

8 canons de 37 millimètres, tir rapide.

Il y aura 6 tubes lance-torpilles, dont 2 sous-marins.

Équipage prévu de 750 hommes.

GARDES-CÔTES

AMIRAL APRAXINE

De la flotte de la Baltique.

Lancé le 12 mai 1896 à Saint-Petersbourg.

Du même type : *Amiral Oushakoff*, mis en chantier le 16 juin 1882, lancé le 27 octobre 1893 ; *Amiral Senyavin*, lancé en 1894, tous deux également à Saint-Petersbourg ; un quatrième, l'*Amiral Boutakoff*, est en chantier à Saint-Petersbourg, son déplacement sera de 6 000 tonnes.

Dimensions :

Longueur	85 mètres.
Largeur	16 —
Tirant d'eau moyen	5 ^m ,19
Déplacement	4 120 tonnes.

Coque. — Coque en acier ; double fond. Éperon. Compartiments étanches. Un mât militaire à l'avant ; un mât à signaux à l'arrière. Deux grandes et hautes cheminées au centre, sur l'axe.

Protection. — Ceinture en acier harveyé de 54 mètres de long au centre du navire, de 2 mètres de hauteur totale, avec peu de saillie au-dessus de l'eau ; épaisseur 254 millimètres au milieu, 225 millimètres à l'avant et 200 millimètres à l'arrière ; aux extrémités cloisons légèrement courbes, de 200 millimètres pour l'avant et de 150 millimètres pour l'arrière.

Deux tourelles cuirassées fermées, blindées à 380 et 254 millimètres ; tubes à munitions blindés à 204 et 102 millimètres.

(1) Certaines descriptions placent les canons de toutes ces tourelles au niveau des canons de 305 d'avant. Le schéma reproduit est emprunté à l'ouvrage de M. Bertin sur les marines de guerre à l'Exposition de 1900.

Pont blindé sur toute la longueur, de 76 aux pentes et 67 au milieu ; aux extrémités, ce pont est courbé ; il s'aplatit au niveau de la ceinture dans la partie centrale du navire.

Blockhaus près de la tourelle avant, blindé à 200 millimètres.

Machines. — Deux machines verticales à triple expansion avec trois cylindres, faites en Russie (1).

Huit chaudières en deux compartiments.

Approvisionnement de charbon de 260 tonnes, pouvant être porté à 600 tonnes.

Vitesse de 14 nœuds au tirage naturel.

Aux essais (1^{er} novembre 1898), a donné une vitesse de 15 nœuds avec 5757 chevaux et 123 tours et demi.

Armement. — 4 canons de 228 millimètres (2) par paires, dans les tourelles tournantes, avec champ de tir de 270° ;

4 canons de 152 millimètres Canet, à tir rapide, avec champ de tir de 110°, aux quatre angles d'un réduit central non protégé (3) ;

6 canons de 47 millimètres, à tir rapide ;

10 canons de 37 millimètres, à tir rapide ;

4 tubes lance-torpilles aériens ;

318 hommes d'équipage.

CROISEURS CUIRASSÉS

AMIRAL NAHIMOFF

Fait partie de la flotte de la Baltique ; lancé en 1885 ; présente les dispositions générales de notre *Marceau*. A été remanié en 1899.

Dimensions :

Longueur.	101 ^m ,50.
Largeur.	18 ^m ,60
Tirant d'eau moyen.	7 ^m ,85
Déplacement.	7 780 tonnes (4).

Coque. — Coque fer et acier ; double fond ; compartiments étanches ; doublage en cuivre. Deux mâts à voiles ; cheminée unique au centre. Éperon.

(1) Les machines du *Ushakov* ont été construites par Maudslay ; celles de *Senyavin* par Humphrys et Tenant.

(2) D'après l'*Annuaire Weyer*, l'*Amiral Apraxine* n'aurait que 3 canons de 25 millim. ; les 4 canons de 228 millimètres n'existeraient que sur les autres navires de cette classe.

(3) Les annuaires allemand et autrichien indiquent des canons de 120 au lieu de 152. Ils donnent également 418 hommes d'équipage au lieu de 318, chiffre donné par *Brassey* et par *Durassier*.

(4) L'annuaire de Pola donne 8^m,40 de tirant d'eau moyen et 8 500 tonnes de déplacement.

Protection. — Ceinture cuirassée totale compound, de 254 millimètres au milieu, de 2^m,40 de hauteur, dont 1^m,50 au-dessous de la flottaison.

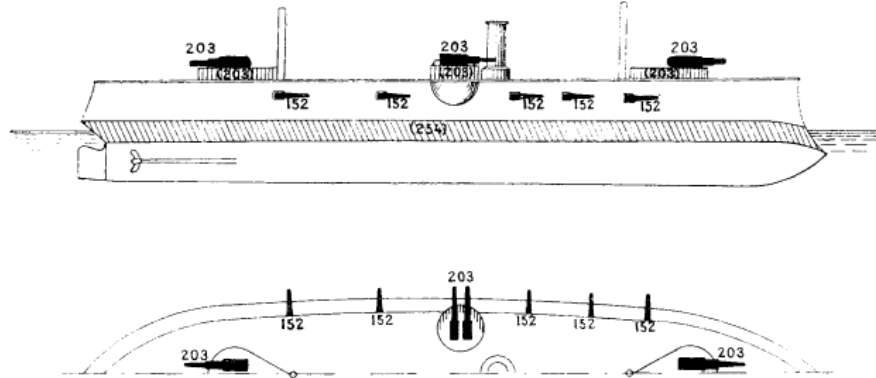


Fig. 205. — *Nahimoff*.

Pont blindé à 76 millimètres, en dos de tortue, sous-marin aux extrémités.

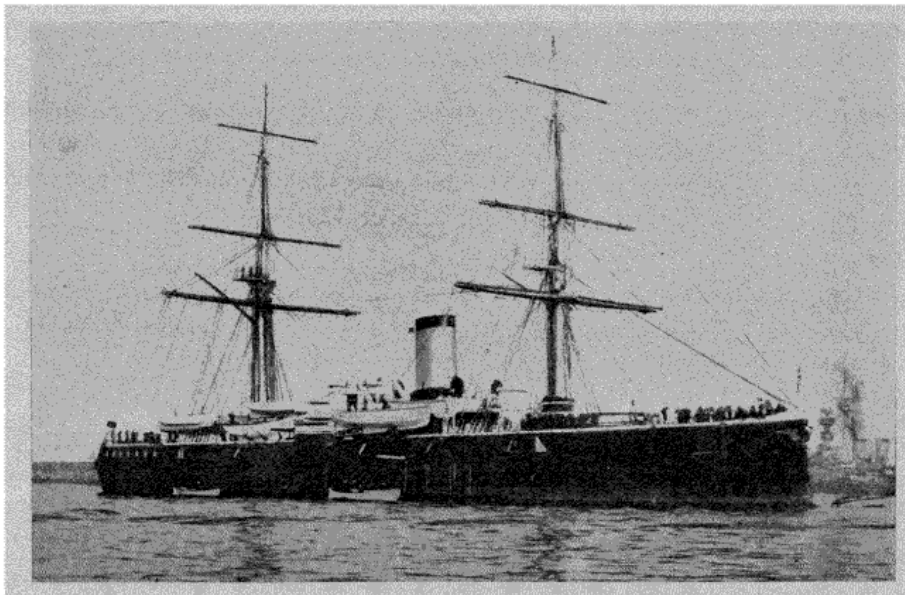


Fig. 206. — *Nahimoff*.

Deux tourelles barbettes blindées à 203 millimètres, en forme de poire, dans l'axe, une à chaque extrémité.

Deux tourelles barbettes au milieu du navire, en saillie sur les flancs, également blindées à 203 millimètres.

Machines. — Deux machines verticales compound à trois cylindres. Puissance 8000 chevaux.

Douze chaudières cylindriques (1). Vitesse 16ⁿ,5.

L'approvisionnement de charbon est de 1100 tonnes ; il peut être porté à 1300 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

8 canons de 203 millimètres Oboukoff, par paires dans les quatre tourelles (2).

10 canons de 152 millimètres Oboukoff, sur affûts à pivot central dans la batterie, entre les tourelles, les deux canons en avant, tirant en chasse directe et par le travers, les autres par le travers ;

4 canons de 100 millimètres, tir rapide ;

14 canons de 47 millimètres, tir rapide ;

2 canons de 37 millimètres ;

4 tubes lance-torpilles aériens.

Équipage de 567 hommes.

RURIK

Croiseur cuirassé (1892).

Le *Rurik* a été lancé en 1892, aux chantiers de la Baltique, à Saint-Pétersbourg.

Le *Rossia*, croiseur de même type, mais avec 1200 tonnes de déplacement en plus, a été lancé par les mêmes chantiers, le 12 mai 1896.

Dimensions :

	Rurik.	Rossia.
Longueur	130 mètres.	145 mètres.
Largeur.	20 ^m ,40	22 —
Tirant d'eau moyen.	8 ^m ,20	8 ^m ,40
Déplacement.	10 920 tonnes.	12 130 tonnes.

Coque. — Coque en acier ; double fond. Doublage en cuivre. Deux quilles latérales contre le roulis. Compartimentage très divisé, flottaison cellulaire. Trois mâts à voiles, dont deux pourvus de hunes de combat.

Deux cheminées dans l'axe.

Protection. — Ceinture cuirassée de 2^m,13 de hauteur, s'étendant sur les 4/5 de la longueur du navire au centre. L'épaisseur de cette ceinture est de 250 mil-

(1) Va recevoir 20 chaudières Belleville, qui doivent lui permettre une vitesse de 18 nœuds.

(2) D'après l'annuaire de Pola et d'après l'*Annuaire Weyer*, ces 8 canons de 203 millim. ont été remplacés par des canons de 152 millim. (45 calibres) à tir rapide et les 10 canons de 152 par un nombre égal de canons de 120 millimètres. Les canons de 108 millimètres n'existeraient pas.

limètres au milieu. Aux extrémités, cloisons transversales blindées à 225 milli-

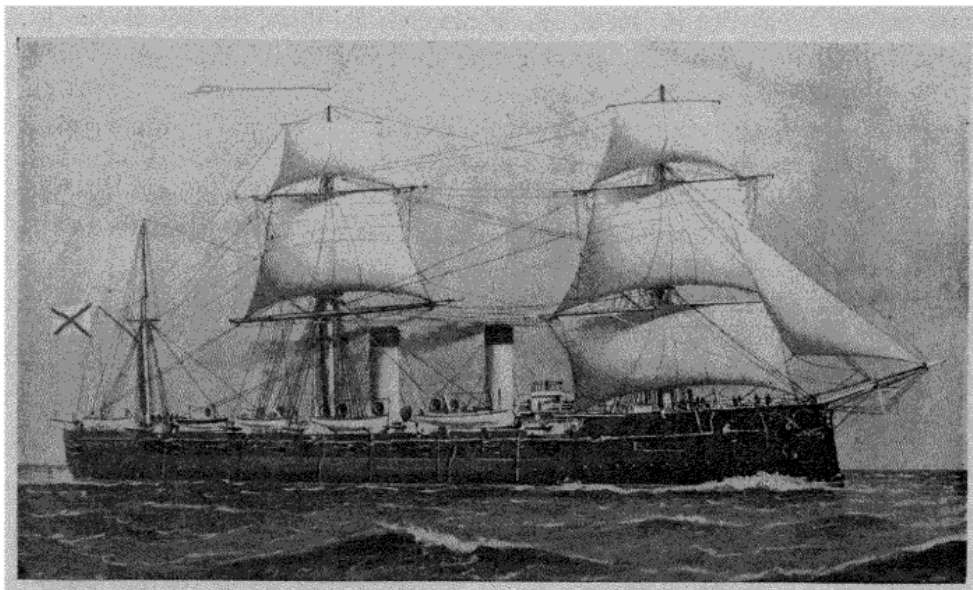


Fig. 207. — *Rurik*.

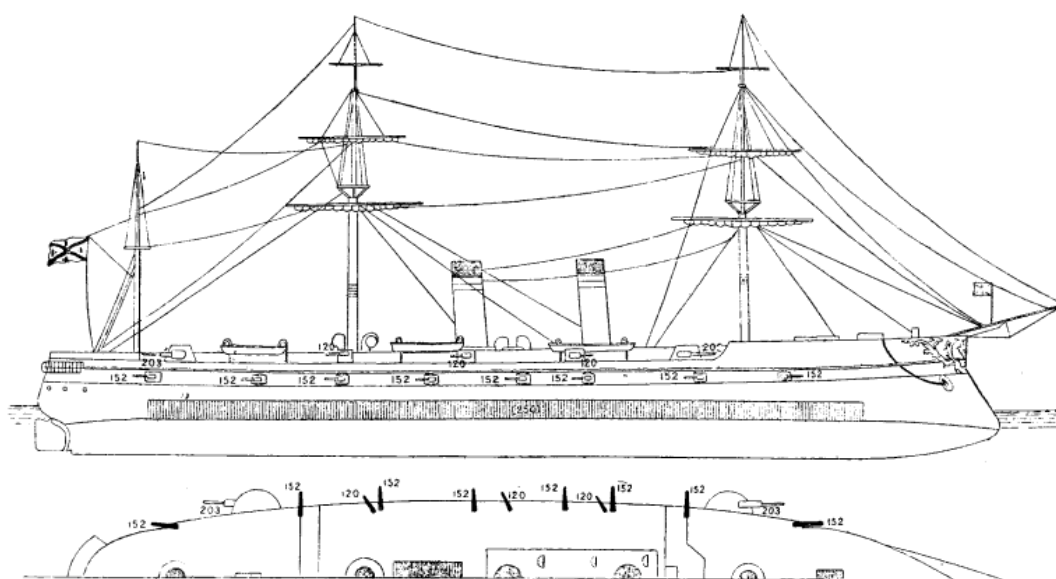


Fig. 208. — *Rurik*.

mètres pour celle d'avant et 200 millimètres pour celle d'arrière. Ces traverses s'élèvent à la même hauteur que la ceinture. Les blindages seraient en acier.

Pont cuirassé à 50 millimètres dans ses parties horizontales et à 70 millimètres dans les parties inclinées. En dehors de la ceinture, ponts sous-marins, partant du can inférieur de la cuirasse. Éperon court. Blockhaus blindé à 200 millimètres.

Machines. — Quatre machines verticales à triple expansion commandant deux à deux une hélice. Elles sont disposées, par paires, dans des compartiments séparés longitudinalement, et on peut à volonté désembrayer une des deux machines de chaque hélice.

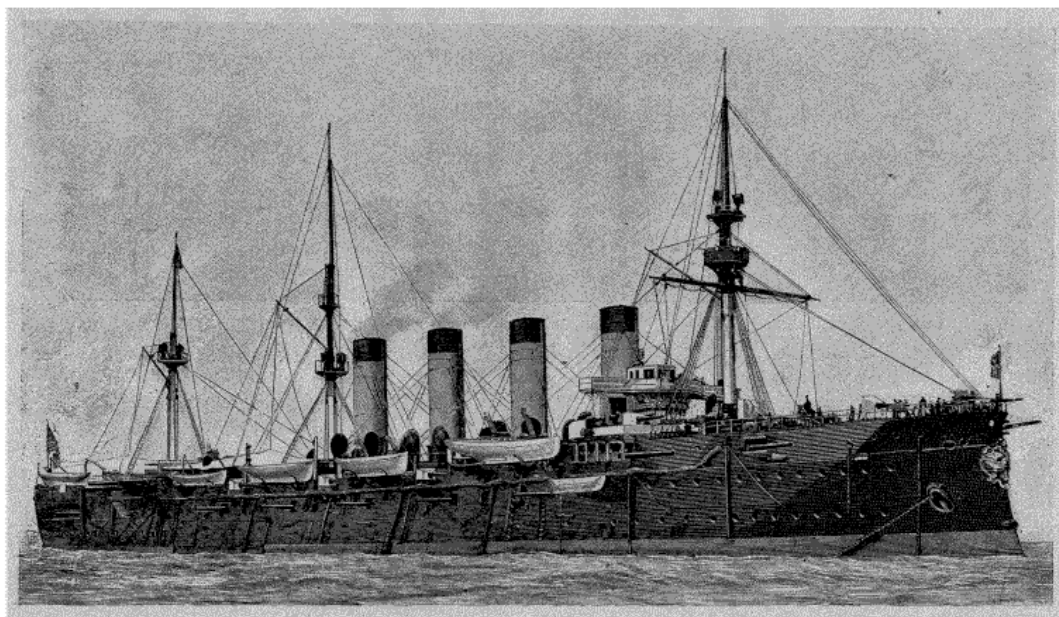


Fig 209. — *Rossia*.

Aux essais officiels faits au printemps de 1895, le Rurik a donné 18ⁿ,73 avec un déplacement de 9957 tonnes (1).

La vapeur est fournie aux machines par huit chaudières cylindriques à double façade comportant chacune trois foyers intérieurs, soit 48 foyers en tout.

L'approvisionnement maximum de combustible est de 2000 tonnes.

(1) Aux essais (18 et 30 juillet 1897) le *Rossia* a donné une vitesse maximum de 20ⁿ,25 avec 8^m,40 de tirant d'eau arrière, 7^m,90 de tirant d'eau avant et un déplacement de 12130 tonnes. Régime à 85 tours. Le *Rossia* a trois machines et trois hélices; leur puissance est de 18500 chevaux. La machine du milieu est plus petite que les deux machines de côté; cette seule machine du milieu permet une vitesse de 10ⁿ,3.

La vapeur sera fournie par 32 chaudières Belleville, agencées pour brûler du pétrole. Il y a quatre cheminées dans l'axe; l'approvisionnement de charbon peut être porté à 2500 tonnes.

Armement. — L'armement du *Rurik* comprend :

4 canons de 203 millimètres placés en encorbellement sur le pont des gaillards et tirant 2 en chasse et 2 en retraite ;

16 canons de 152 millimètres Canet, disposés 8 de chaque bord dans la batterie ;

6 canons de 120 millimètres Canet, à tir rapide, tirant par le travers au centre du bateau, au niveau des pièces de 203 ;

10 canons de 47 millimètres, tir rapide ;

6 canons de 37 millim., tir rapide ;

Sur le *Rossia*, l'armement est ainsi constitué :

4 canons de 203 millimètres sur le pont supérieur en encorbellement, comme pour le *Rurik* ;

16 canons Canet de 152 à tir rapide, savoir : 4 sur le pont supérieur, sous le gaillard ; 2 à l'avant tirant en chasse, et les 2 autres à l'arrière tirant par le travers ; 12 dans la batterie centrale, avec écrans de 38 millimètres entre les pièces ;

12 canons Canet de 76 millimètres, à tir rapide, dont 6 entre les canons de 203 par moitié sur chaque bord, avec masques légers.

Les soutes à munitions étant placées aux deux extrémités du navire, des chemins de fer sous barrots amènent les munitions aux pièces.

Ce navire dispose, en pointe ou en retraite, de 2 pièces de 203 millimètres et 2 de 152, pouvant tirer simultanément.

L'équipage est de 680 hommes, pour le *Rurik*, de 800 hommes pour le *Rossia*.

GROMOBOI

Mis en chantier le 19 mai 1898 aux chantiers de la Baltique et lancé le 20 mai 1899. C'est un type *Rossia* modifié.

Dimensions :

Longueur totale.	146 ^m ,50
— entre perpendiculaires.	144 ^m ,16
Largeur.	20 ^m ,90
Tirant d'eau moyen	7 ^m ,92
Déplacement	12 500 tonnes.

Coque. — Coque en acier, doublée en bois et cuivre ; quatre grosses cheminées sur l'axe entre deux mâts militaires.

Protection. — Ceinture en acier harveyé de 152 millimètres, sur un matelas de teck de 60 millimètres, s'étendant sur 100 mètres environ de long.

Au-dessus, casemates blindées à 127 millimètres ; les quatre casemates d'angles sont à deux étages.

Pont blindé protégeant la batterie, de 76 millimètres aux inclinaisons.

Blockaus blindé à 250 millimètres.

Machines. — Trois machines à triple expansion actionnant trois hélices à quatre branches, recevant la vapeur de 36 chaudières Belleville avec économiseurs, développant une puissance de 14500 chevaux et devant assurer une vitesse de 20 nœuds.

Approvisionnement normal de charbon : 1300 tonnes; peut être porté à 2500 tonnes.

Armement. — L'armement comprend :

4 canons de 203 millimètres à tir rapide, en casemates en encorbellement,

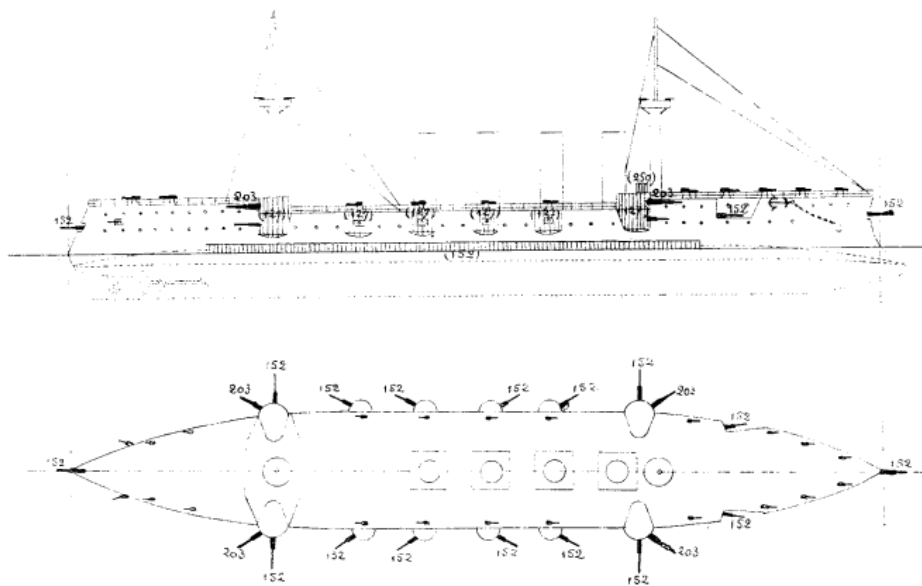


Fig. 210. — *Gromoboi*.

sur le pont supérieur, 2 à l'avant et 2 à l'arrière, disposés comme sur le *Rurik* et le *Rossia*.

16 canons de 152 millimètres, à tir rapide, dont 10 en casemates sur le pont principal, au milieu du navire, ceux de l'avant et ceux de l'arrière se trouvant juste sous les canons de 203 millimètres; sur le même pont, 2 en avant des 203 millimètres avant; enfin 1 droit de l'avant et 1 droit de l'arrière.

24 canons de 76 millimètres, à tir rapide;

8 canons de 37 millimètres, à tir rapide;

4 tubes lance-torpilles sous-marins.

Équipage de 814 hommes.

BAYAN

Croiseur cuirassé lancé à La Seyne, le 12 juin 1900. Il avait été mis en chantier en mars 1894.

Dimensions :

Longueur	135 ^m ,60
Largeur.	17 ^m ,40
Tirant d'eau moyen.	6 ^m ,70
Déplacement.	7 800 tonnes.

Coque. — Coque en acier avec doublage en cuivre.

Deux mâts; quatre cheminées dans l'axe vers l'avant.

Protection. — Ceinture en acier de 200 millimètres s'étendant depuis l'avant sur plus de trois quarts de la longueur. Au dessus, blindage de 76 millimètres

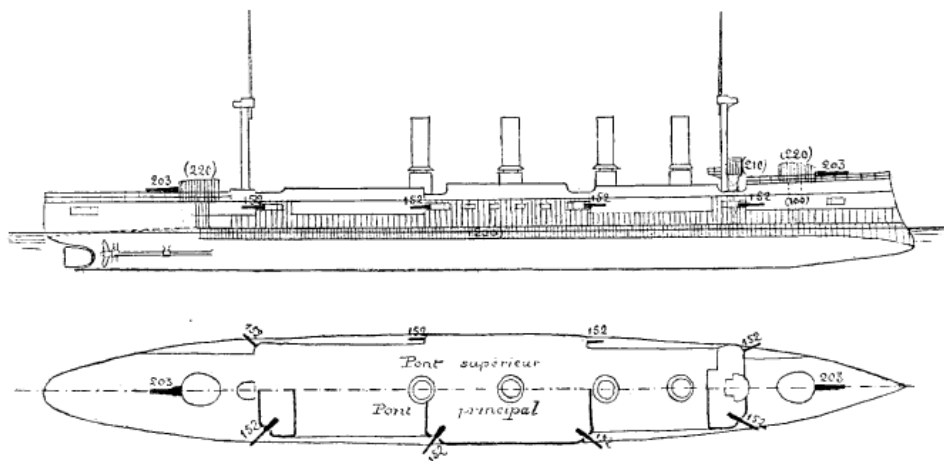


Fig. 211. — Bayan.

sur 110 mètres de longueur et couvrant trois réduits pour canons de 152 millimètres.

Deux tourelles barbettes dans l'axe, à l'avant et à l'arrière, blindées à 220 millimètres avec tubes de 100 millimètres.

Blockaus blindé à 210 millimètres avec tube de 100 millimètres.

Pont blindé courbe de 51 millimètres.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion d'une puissance de 16500 chevaux indiqués. Vingt-six chaudières Belleville. Vitesse prévue : 21 nœuds.

Approvisionnement de charbon de 750 tonnes, pouvant être porté à 1 100 tonnes.

Armement. — L'artillerie comprend :

2 canons de 203 millimètres (40 calibres), tir rapide, dans les tourelles;

8 canons de 152 millimètres, tir rapide, dont 4 aux angles du réduit central et 2 dans chacune des redoutes avant et arrière, également montés dans l'angle;

20 canons de 76 millimètres, tir rapide, dont 8 dans le réduit central;

7 canons de 47 millimètres, tir rapide;

Il y a 2 tubes lance-torpilles, tous deux sous-marins.

CROISEURS PROTÉGÉS

SVIETLANA

Construit au Havre par les chantiers de la Méditerranée; lancé en 1896.

Dimensions :

Longueur	101 mètres.
Largeur.	13 —
Tirant d'eau moyen.	5 ^m ,72
Déplacement.	3 850 tonnes.

Coque. — Coque en acier; double fond sous les machines et chaudières; compartiments étanches. Doublage bois et cuivre. Deux mâts de goélette. Trois cheminées dans l'axe.

Protection. — Pont blindé en acier à 25 millimètres dans la partie horizontale qui se trouve au-dessus de la flottaison, et de 44 millimètres dans les pentes.

Cofferdam au-dessus du pont blindé.

Blockhaus blindé à 100 millimètres.

Machines. — Deux machines à triple expansion et quatre cylindres, donnant 9 500 chevaux indiqués. 18 chaudières Belleville en trois groupes de six, timbrées à 17 kilogrammes. Approvisionnement de charbon de 400 tonnes; peut être porté à 1 000 tonnes. Vitesse : 20 nœuds.

Armement.

6 canons de 152 millimètres à tir rapide, protégés par des masques, savoir : 1 en pointe, à l'avant du pont des gaillards; 1 en retraite, à l'arrière; 4 en encorbellement (2 en chasse, 2 en retraite et les 4 par le travers);

10 canons de 47 millimètres, à tir rapide, avec masques en acier;

Il y a 2 tubes lance-torpilles aériens.

Équipage de 360 hommes.

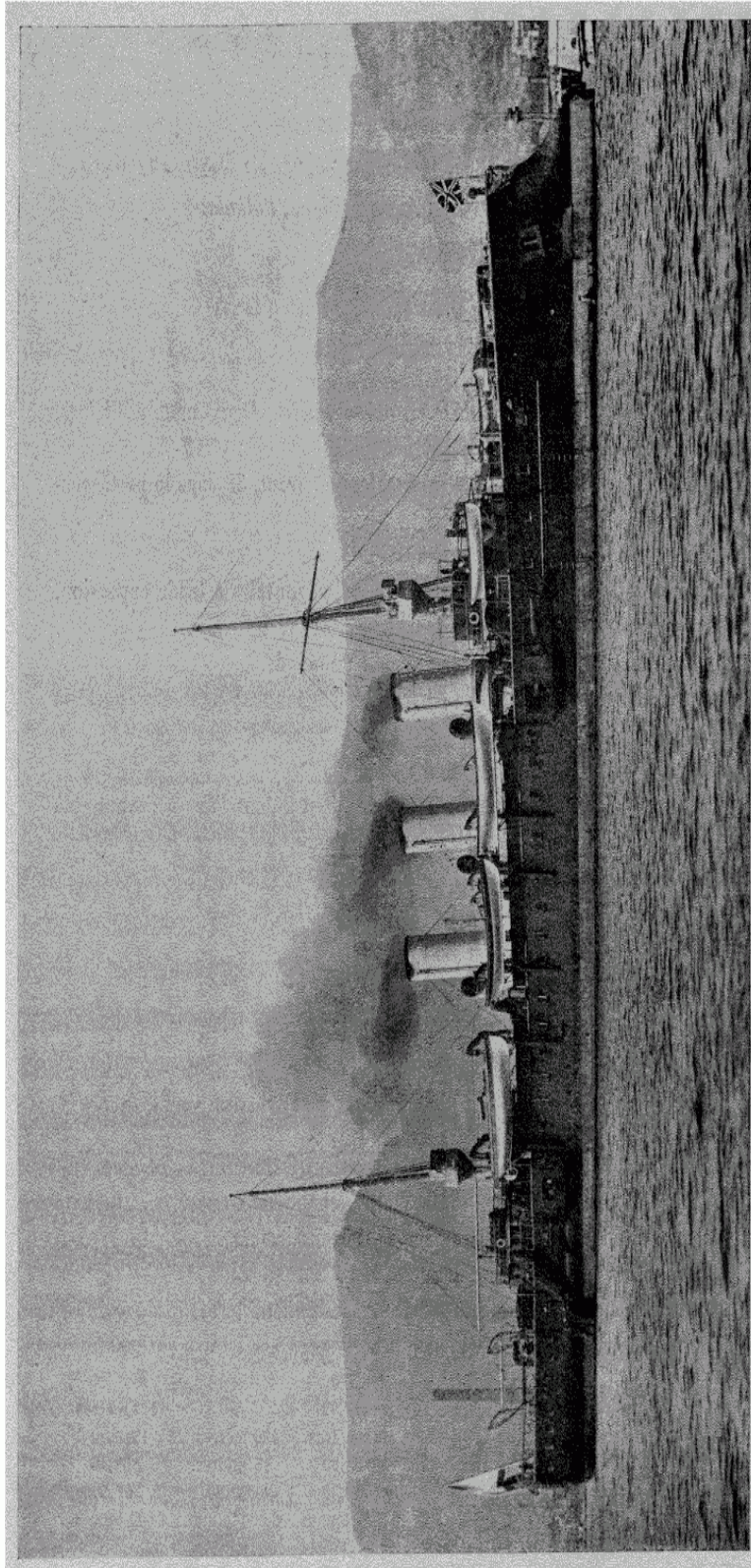


Fig. 212. — *Sviellana*.

AURORA

Type de trois croiseurs protégés, lancés à Saint-Pétersbourg, en 1899 et en 1900, par les chantiers de la marine : *Aurora*, *Diana*, *Pallada*.

Dimensions :

Longueur	126 ^m ,98
Largeur.	16 ^m ,75
Tirant d'eau moyen	6 ^m ,40
Déplacement.	6 730 tonnes.

Coque. — Coque en acier doublée en bois et cuivre. Deux mâts militaires, trois cheminées sur l'axe, vers l'avant.

Protection. — Pont blindé, à 26 millimètres en avant, 38 dans la partie centrale en acier harveyé.

Blockaus blindé à 152 millimètres à l'avant.

Machines. — Trois hélices; trois machines horizontales à triple expansion, avec trois cylindres; puissance des machines : 11600 chevaux;

24 chaudières Belleville. Vitesse prévue : 20 nœuds.

Approvisionnement normal de charbon : 900 tonnes; peut être porté à 1 300 tonnes.

Artillerie. — L'artillerie comprend :

8 canons de 152 millimètres, à tir rapide, dont 2 dans l'axe à l'avant et à l'arrière, 2 à l'arrière en encorbellement, 4 en flancs.

20 canons de 76 millimètres, à tir rapide;

8 canons de 37 millimètres, à tir rapide;

3 tubes lance-torpilles, dont 2 sous marins.

422 hommes d'équipage.

WARYAG

Croiseur de 1^{re} classe, construit en 1899 par les chantiers Cramp, de Philadelphie.

Askold, lancé le 15 mars 1900 à Kiel (chantiers Germania).

Bogatyr, lancé le 30 janvier 1901 à Stettin (chantiers Vulcan).

Kagoul, mis en chantier le 5 septembre 1901 à Nicolaïeff.

Otschakow, mis en chantier le 28 août 1901 à Sébastopol.

Les deux derniers sont destinés à la flotte de la mer Noire.

Dimensions.

	<i>Waryag.</i>	<i>Askold.</i>	<i>Bogatyr.</i>
Longueur entre perpendiculaires.	121 ^m ,92	»	127 mètres
— totale	128 mètres.	130 mètres.	134 ^m ,20
Largeur.	15 ^m ,80	15 mètres.	16 ^m ,60
Tirant d'eau arrière	6 ^m ,30	6 ^m ,20	6 ^m ,50
Déplacement	6 500 tonnes.	6 000 tonnes.	6 600 tonnes.

Coque. — Coque en acier; compartiments étanches.
Deux mâts; quatre cheminées sur l'axe vers l'avant.

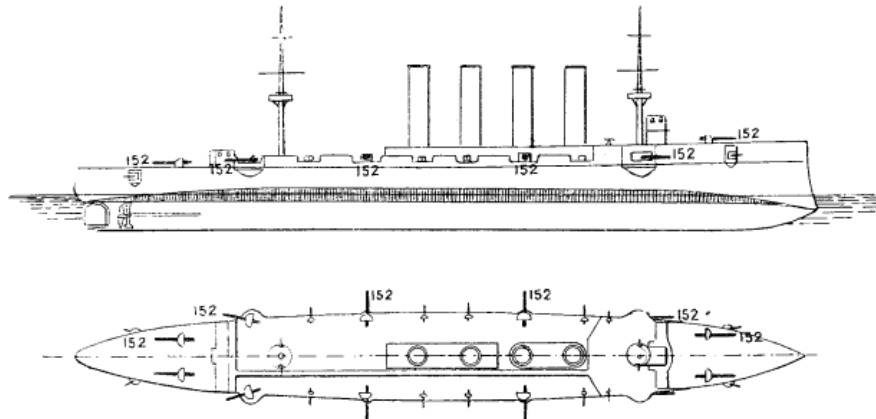


Fig. 213. — *Waryag*.

Protection. — Pont en dos d'âne, en acier nickel de 75 millimètres d'épaisseur en abord et 32 à 38 millimètres dans la partie médiane.

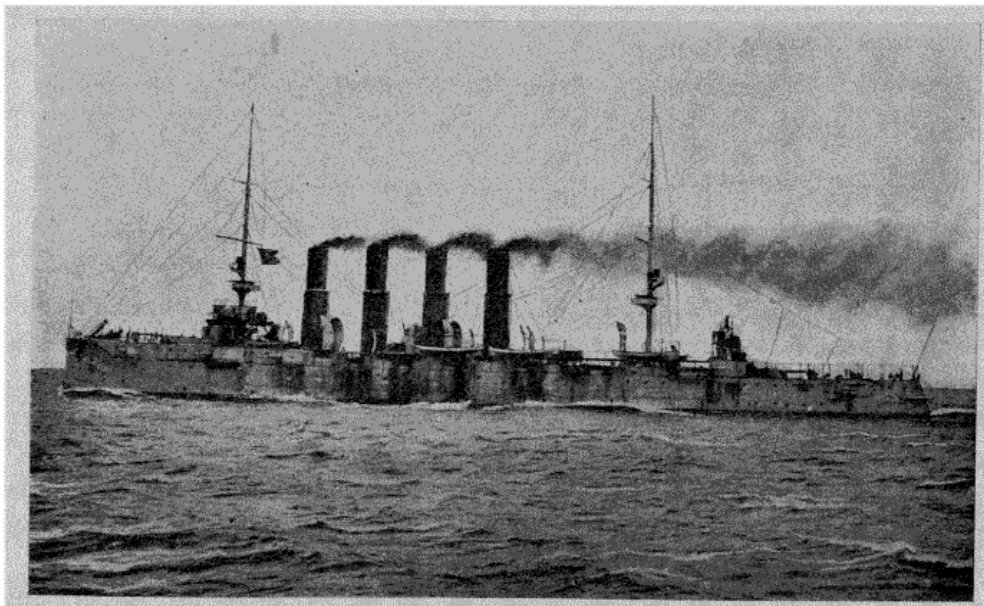


Fig. 214. — *Waryag*.

Blockaus blindé en acier nickel durci de 150 millimètres d'épaisseur, à l'avant.

Machines. — Deux machines à triple expansion et quatre cylindres, en deux

compartiments étanches; deux hélices (1). Puissance : 19 000 chevaux-vapeur.

Trente chaudières Nielauss (2); approvisionnement normal de charbon : 600 tonnes; pour le *Bogatyr*, 770 tonnes. Ces approvisionnements peuvent être portés à 1 200 tonnes. Vitesse prévue : 23,5 nœuds.

Artillerie. — L'artillerie, fournie par les ateliers Oboukhoff, en Russie, comprend :

12 canons de 152 millimètres (45 calibres) à tir rapide, savoir : 2 en chasse et 2 en retraite, 2 à l'avant et 2 à l'arrière en encorbellement, pouvant tirer par le travers, soit en chasse, soit en retraite, 4 au milieu.

Tous ces canons sont pourvus de masques et installés sur le pont supérieur,

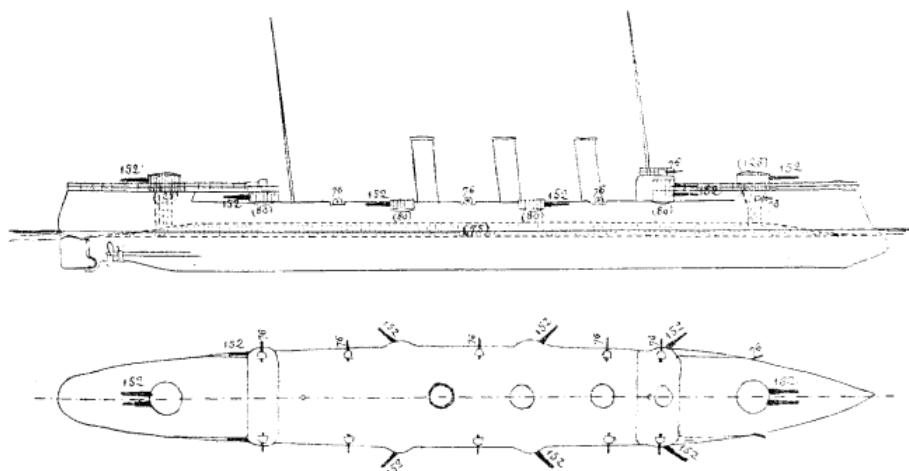


Fig. 213. — *Bogatyr*.

sauf les deux canons d'avant qui sont relevés d'un étage sur le gaillard d'avant.

Sur l'*Askold*, les 12 canons de 152 millimètres sont en tourelles blindées à 127 millimètres; sur le *Bogatyr*, il y a 14 canons de 152 millimètres, savoir : 4 par paires dans des tourelles axiales à l'avant et à l'arrière blindées en acier durci de 125 millimètres en dehors et de 90 millimètres en dedans. (Il est question de remplacer ces 4 pièces par 4 de 203 millimètres); 8 sont placés sur le pont principal dans des casemates d'acier nickel de 80 et 35 millimètres en encorbellement et 2 à l'avant à l'étage supérieur des casemates doubles.

12 canons de 75 millimètres, tir rapide, savoir : 4 au centre, sur le pont supérieur de chaque bord, entre les canons de 152 millimètres; 2 à l'avant en encorbellement, au-dessous du gaillard d'avant et 2 à l'arrière sur la teugue.

(1) Trois machines et trois hélices pour le type *Askold*, qui est pourvu de neuf chaudières aquitubulaires Schultz et de cinq cheminées.

(2) Le *Bogatyr* a reçu 16 chaudières Normand et n'a que trois cheminées.

8 canons de 47 millimètres, tir rapide.
 2 canons de 37 millimètres, tir rapide.
 Il y a 4 tubes lance-torpilles dont 2 sous-marins.
 Equipage de 580 hommes.

NOVIK

Croiseur protégé construit à Schichau, lancé le 15 août 1900. De la même classe.

Boyarine, lancé le 8 juin 1900 à Copenhague.

Dimensions.

Longueur.	106 mètres.
Largeur	12 ^m ,20
Tirant d'eau moyen.	5 ^m ,20
Déplacement.	3 000 tonnes.

Coque. — Coque en acier, à double fond; compartiments étanches.

Un mât; trois cheminées dans l'axe.

Protection. — Pont blindé en acier de 50 millimètres aux pentes et 30 mil-

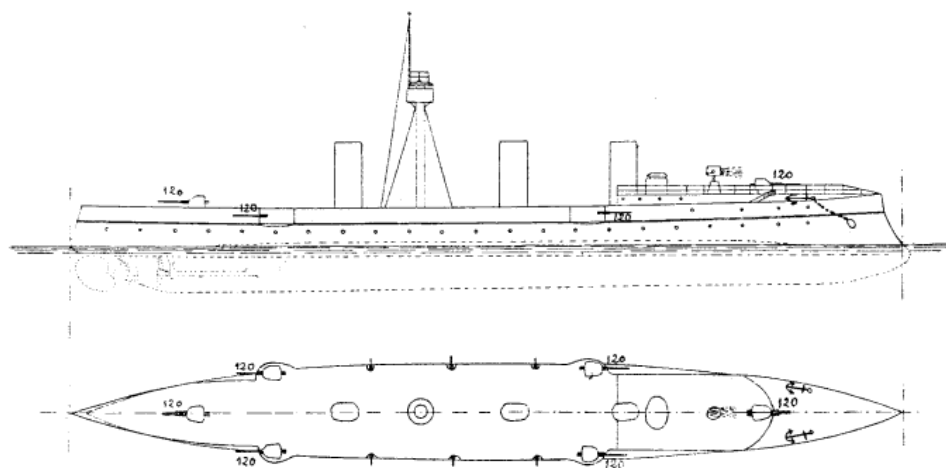


Fig. 216. — *Novik*.

limètres à la partie horizontale; descend en abord à 1^m,30 au-dessous de la flottaison.

Machines. — Trois machines verticales à triple expansion; puissance : 18 000 chevaux indiqués.

Trois hélices. Vitesse : 23ⁿ,8 au tirage forcé (essai de 6 heures).

Douze chaudières aquitubulaires.

Approvisionnement normal de 360 tonnes, pouvant être porté à 500 tonnes.

Armement. — L'artillerie comprend :

6 canons de 120 millimètres, tir rapide, avec masques en acier.

6 canons de 47 millimètres, tir rapide, avec masques en acier.

3 mitrailleuses.

5 tubes lance-torpilles aériens (sur la *Bojarine*, 3 tubes, dont 1 sous-marin).

Équipage de 300 hommes.

MÉTALLURGIE

SUR LA FUSIBILITÉ DE QUELQUES ALLIAGES MÉTALLIQUES, PAR *N. S. Kurnakow* ET
N. A. Puchine.

Ces recherches sont la suite des études de M. Kurnakow dont le premier mémoire a été publié *in extenso* dans ce bulletin (septembre 1900). Ces déterminations des

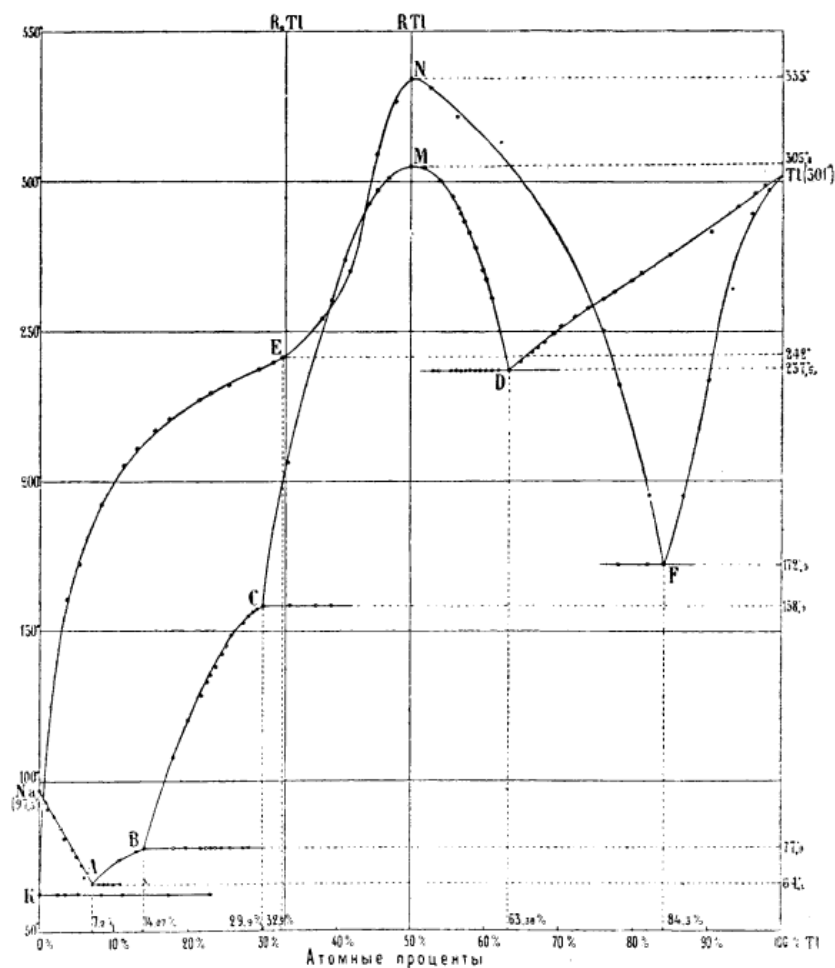


Fig. 1.

courbes de fusibilité ont pour objet de caractériser les différentes combinaisons

définies que deux métaux peuvent former. Leur existence est accusée par des points singuliers des courbes de fusibilité.

La première figure se rapporte aux alliages du thallium avec les deux métaux

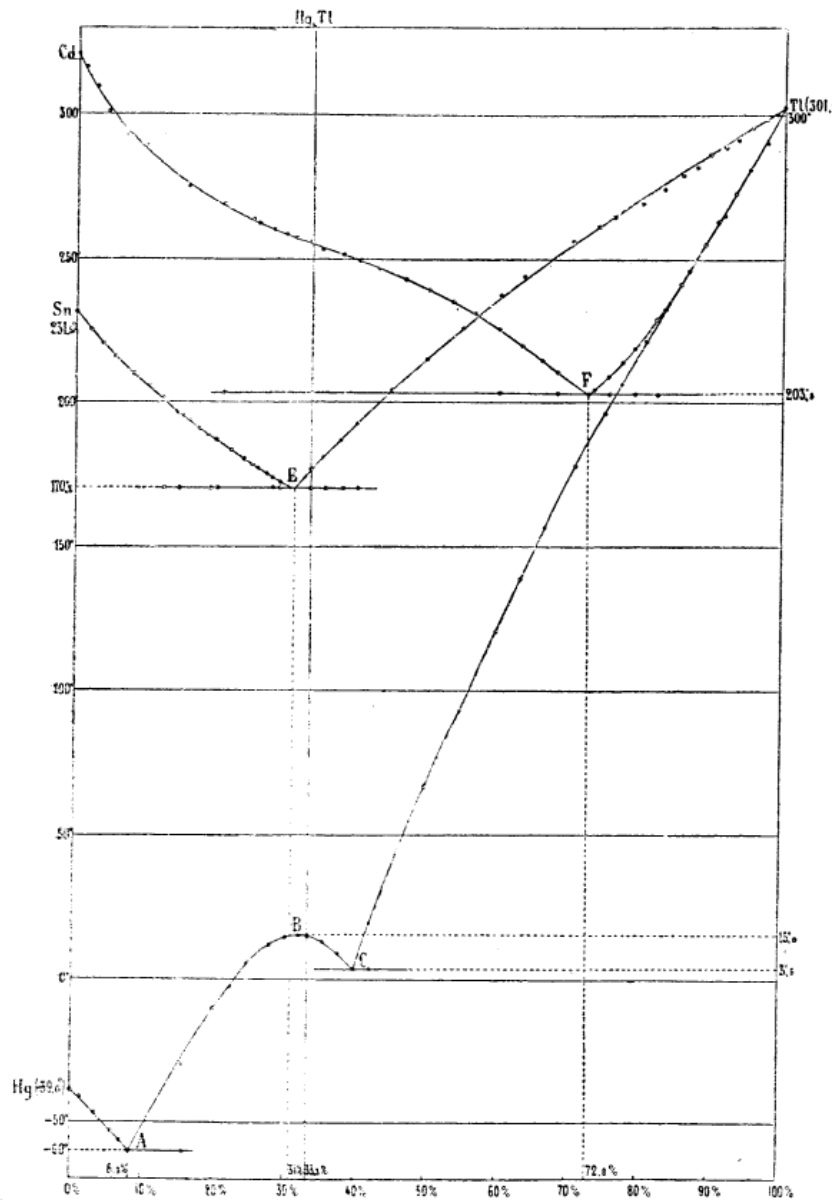


Fig. 2.

alcalins. Les abscisses indiquent la composition du mélange fondu exprimée en nombre d'atomes de thallium sur 100 atomes du mélange. Les ordonnées représentent les températures en degrés centigrades.

Les deux *maxima* M et N de ces deux courbes accusent sans aucun doute possible l'existence des deux combinaisons :



Les points anguleux E et C accusent d'une façon à peu près aussi nette l'existence des deux combinaisons :



Enfin le point anguleux B indique l'existence, dans le cas du sodium, d'une troisième combinaison, qui pourrait être Na^6Th , mais sa formule reste incertaine.

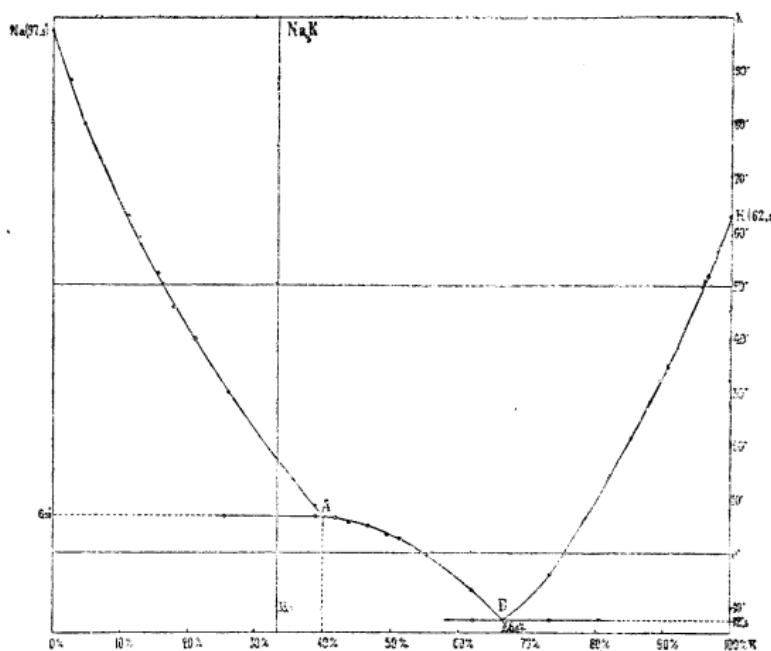


Fig. 3.

Les courbes suivantes se rapportent aux alliages du thallium avec le cadmium, l'étain et le mercure :

Une seule combinaison se forme avec le mercure, et elle répond à la formule Hg^2Th .

Le troisième graphique se rapporte aux alliages du potassium avec le sodium.

Où y voit l'indication très nette de l'existence d'une combinaison définie voisine de Na^2K .

Les courbes précédentes permettent de déterminer une grandeur physique qui présente, au point de vue des études théoriques sur les dissolutions, un certain intérêt, c'est l'abaissement atomique des points de solidification de métaux.

Abaissement atomique du point de solidification du thallium pour un atome des métaux suivants :

Sodium	4,8°
Potassium	variable de 2 à 9
Étain	2,06°
Mercure	4,22°
Cadmium	4,70°

Réciproquement, le thallium produit l'abaissement suivant des points de fusion des mêmes métaux :

Sodium	4,3°
Étain	2,9°
Cadmium	4,7°
Mercure	1,7°

Enfin, pour les alliages de potassium et de sodium, les abaissements sont, pour le potassium, par atome de sodium :

Potassium	2,76°
---------------------	-------

et réciproquement, pour le sodium, par atome de potassium :

Sodium	3,3°
------------------	------

On voit que la constance théorique de ces abaissements des points de solidification est loin de se vérifier.

H. L. C.

NOTES SUR LES ALLIANCES DE FER ET DE CUIVRE, d'après M. J. E. Stead (1).

Historique. — D'après les comptes rendus des expériences publiés dans la métallurgie de Percy (1864), on serait tenté de croire que le fer et le cuivre peuvent s'allier en toutes proportions.

En 1872, Rinman fit un alliage de 5 de fer pour 1 de cuivre, dur et tenace.

D'après Rose, les anciennes bagues romaines en fer contenaient presque toujours du cuivre.

Faraday et Stoddart firent fondre 2 p. 100 de cuivre avec de l'acier sans en améliorer la qualité (*Philosophical Transactions*, 1882, p. 266).

Eggerts (*Wagner's Jahresbericht*, 1862, p. 9) trouva que le fer tenant 0, 5 p. 100 de cuivre ne présentait que des traces d'aigreur, tandis que l'acier fait avec du fer tenant 0,5 p. 100 de cuivre ne valait rien.

En 1861, Longmaid prit un brevet : le n° 1863, pour un alliage de 1^{kg}, 10 à 4^{kg}, 5 de cuivre par tonne de fer, et qui, d'après le brevet, devait présenter une durée exceptionnelle.

En 1835, Mushet trouva que la fonte malléable s'alliait au cuivre en toutes proportions, jusqu'à ce qu'il égalât ou même surpassât son poids de cuivre, et que la teinte rouge de cet alliage s'affaiblissait dès que la teneur en dépassait 50 p. 100; l'alliage à 50 p. 100 était très résistant; la dureté augmentait avec la teneur en fer.

(1) Mémoire lu au Congrès des ingénieurs de l'Exposition de Glasgow 1901 (*Engineering*, 20 décembre 1901).

Mushet fit en outre des alliages d'acier et de fonte. D'après lui, de l'acier fondu avec 5 p. 100 de son poids de cuivre devenait très dur, inforgeable et incapable de couper; le lingot était cristallisé comme de l'acier fondu et ne présentait aucune trace de cuivre à l'extérieur ni à l'intérieur. L'acier fondu avec 10 p. 100 de cuivre donnait un lingot analogue au précédent, mais avec une cristallisation radiale linéaire moins distincte, dur, cassant, avec de petits points de cuivre sur les cassures.

Un lingot obtenu en fondant de l'acier avec 20 p. 100 de cuivre, et limé, présentait une couleur rouge de cuivre sur sa face inférieure et d'acier sur sa face supérieure; la cassure présentait un grain régulier. De l'acier fondu avec 1/3 de son poids de cuivre, — soit 25 p. 100 du poids total — donnait un lingot de cuivre au fond : le cuivre apparaissant en veines et nœuds sur les cassures.

La fonte blanche donne à peu près les mêmes résultats, mais avec une tendance plus accentuée à la séparation quand la teneur en cuivre dépasse 5 p. 100; la fonte grise n° 1, fondue avec 5 p. 100 de cuivre, donne des fiches de cuivre rouge à la surface inférieure du lingot et aux cassures; avec 20 p. 100 de cuivre, on trouve un bouton de cuivre sous la fonte au fond du creuset. Mushet en conclut que le cuivre s'allie au fer d'autant plus qu'il renferme moins de carbone.

Karsten (*Métallurgie du fer de Percy*) dit que le fer, sans spécifier qu'il s'agit de fer ou de fonte, ne peut s'allier qu'à très peu de cuivre.

Howe (*Métallurgie de l'acier*) dit que, d'après Brustlein, trois échantillons de cuivre-acier exposés à Paris par Holtzer renfermaient de 3 à 4 p. 100 de cuivre; qu'avec plus de 1 p. 100, ces alliages sont absolument aigres, et qu'il pense qu'ils n'ont pas d'avenir; que le cuivre ne semble pas uniformément distribué dans le métal, et qu'il provoque des soufflures.

M. Bauerman (*Métallurgie du fer*, p. 59, 5^e édition) dit que le fer et le cuivre peuvent se fondre en toutes proportions sans produire d'alliage homogène.

E. J. Ball et A. Wingham (*Iron and Steel Institute*, 1889, N° 1, pl 22) semblent avoir allié sans difficulté 4, 4 p. 100 de cuivre avec du fer doux et 7,14 p. 100 avec de l'acier à 71 p. 100 de carbone, sans trace de cuivre sur les cassures.

H. Schneider (*Engineering and Mining Journal* Vol., 50, p. 40, octobre 1890) a breveté un procédé de production d'alliages de fonte et de cuivre en fondant des couches alternées de coke, de fonte et de cuivre; ces alliages étaient remarquables par leur grande résistance, leur élasticité et leur malléabilité; ils renfermaient de 5 à 20 p. 100 de cuivre.

D'après Greenwood (*Métallurgie du fer*, vol. 1, p. 77) l'on réalise difficilement l'union directe du fer et du cuivre; mais on peut obtenir un alliage d'apparence homogène par la réduction simultanée des oxydes de fer et de cuivre.

D'après J. A. Philips et H. Bauerman (*Éléments de métallurgie*, 3^e éd., 1891, p. 142), le cuivre ne formerait d'alliages définis qu'en présence d'un troisième métal.

James Riley (*Journal of the Iron and Steel Institute*, N° 1, 1890, p. 123) dit, qu'au microscope, on remarque que les prétendus alliages de cuivre et de fer ou d'acier ne sont pas de véritables alliages; le cuivre est simplement disséminé dans toute la pièce; au contraire, si l'on ajoute un peu d'aluminium, l'alliage est parfait.

D'après F. Lingwood Garison (*Journal of the Franklin Institute*, Août 1891) l'acier s'allie véritablement à 5 p. 100 de cuivre, mais probablement pas à 10 p. 100.

D'après W. Lipin (*Journal of the Iron and Steel Institute*, n° 2, 1900), l'addition de cuivre, au fer, au bois de Suède en augmente la fusibilité, et les cassures deviennent

d'autant plus cristallines et brillantes que la teneur en cuivre augmente; une teneur de 4, 9 p. 100 de cuivre fait passer la ténacité de 30 à 34 kilos par millimètre carré et ne tend pas à maintenir le carbone à l'état combiné; la fonte grise ou blanche ne peut guère s'allier à plus de 5 p. 100 de cuivre; il en conclut que la présence du cuivre dans la fonte ne fait, en somme, ni bien ni mal. Ce même auteur fit des alliages d'acier avec 10 p. 100 de cuivre, mais sans dire si leurs cassures présentaient ou non, au microscope, des pailles de cuivre; il reconnut aussi, qu'à mesure que la teneur en carbone augmente, jusqu'à 3 p. 100 environ, dans l'acier, celle du cuivre (3 p. 100) doit diminuer sous peine de donner des alliages fragiles à chaud.

En résumé, ces observations des différents chercheurs qui ont étudié la question des alliages de cuivre avec le fer, la fonte ou l'acier, sont probablement exactes, mais elles présentent de nombreuses discordances dans leurs interprétations, parce que l'on n'y a pas tenu compte de l'influence du carbone.

La définition générale du mot alliage a longtemps manqué de précision; d'après les doctrines modernes, un alliage métallique serait un mélange de substances métalliques qui se dissolvent mutuellement et s'incorporent parfaitement sous l'influence de la chaleur de la pression, etc, et qui, à l'état liquide, ne se séparent pas en couches, comme l'huile et l'eau, avant de se solidifier. Ces substances métalliques peuvent se composer de métaux, et de non-métaux, comme des carbures, phosphures et siliciures de fer et de manganèse; d'après cette définition, le spiegel, les fontes blanches et grises sont de véritables alliages.

On peut définir les alliages parfaits comme ceux absolument homogènes à l'état solide; ils consistent en: 1° composés définis d'un de leurs métaux constituants avec l'autre; 2° mélanges isomorphes homogènes des substances métalliques constituantes de ces alliages.

Viennent ensuite les eutectiques, qui ne sont pas absolument homogènes, car ils sont composés de constituants à un état très fin de division et de juxtaposition.

Les alliages les moins parfaits sont ceux où, pendant la solidification, un ou plusieurs constituants cristallisent avant les autres, qui se solidifient éventuellement, en laissant un mélange plus ou moins imparfait dans le métal refroidi. La cassure de ces alliages laisse apparaître leurs constituants s'ils sont diversement colorés; tels sont les constituants pourpres et gris de l'alliage de 35 p. 100 de cuivre et de 65 p. 100 d'antimoine.

Si ces constituants sont de la même couleur, la cassure paraît homogène, mais ce n'est qu'une homogénéité de teinte; on voit, sur la cassure d'une fonte blanche du Cleveland, du carbure et du phosphore de fer, et de la perlite, sans apparence hétérogène parce qu'ils ont presque la même couleur; les véritables constituants d'un alliage ne sont pas ses composants élémentaires, mais les parties séparément visibles au microscope.

Pour ces études sur les alliages de cuivre et de fonte, M. Stead a employé des lingots de cuivre, et de la composition suivante :

	P. 100.		P. 100.
Cuivre.	99,7300	Argent.	0,0200
Oxygène.	0,0600	Arsenic.	0,0500
Plomb.	0,0440	Bismuth.	0,0040
Zin.	0,0130	Nickel.	0,0170
Antimoine.	0,0070	Fer.	0,0130
Or.	0,8004		

et, comme acier, de l'acier N° 5 de la *British association* presque sans carbone et renfermant :

	P. 100.		P. 100.
Fer.	99,542	Soufre	0,036
Carbone.	0,035	Phosphore	0,042
Manganèse.	0,317	Cuivre	0,020
Silice.	0,008		

Fabrication des alliages de cuivre et de fer. — On fondait simplement des mélanges de tournure de fer et de cuivre granulé dans des creusets de terre réfractaire sans carbone, au moyen d'un four à creuset ordinaire au coke suffisamment chaud pour fondre du fer pur. On laissait le produit se solidifier et refroidir dans le creuset. Dans les essais pour voir si les métaux se séparaient ou non avant la solidification, on opérait comme il suit : on plaçait dans un creuset de plombagine une série de tubes en porcelaine de 1 centimètre et demi de diamètre et de 5 centimètres de long, fermés à un bout, en emplissant de sable les intervalles entre les tubes, et on plaçait dans ces tubes les différents mélanges avec le métal le plus léger invariablement au fond ; on fermait ces tubes et le creuset, par un garnissage au plâtre. Après avoir séché le creuset, on le maintenait pendant une heure à la température de fusion du fer, on enlevait le couvercle du creuset qui, après 12 heures, était assez refroidi pour le prendre ; on enlevait les petits lingots, et on en polissait la section. Ce refroidissement très lent était des plus favorables à la séparation ; en outre, ces micro-sections étaient ensuite divisées en deux parties : l'une conservée comme échantillon, et l'autre analysée.

Cette analyse se faisait de la façon suivante : on dissolvait environ 0,5 grammes de l'alliage dans le volume minimum possible d'eau régale, puis, après dissolution, on évaporait cette eau régale en la chauffant avec de l'acide sulfurique concentré ; on séparait le cuivre par l'acide sulhydrique, et on déterminait le fer par filtration d'une dissolution bichromatée. On dissolvait les sulfures de cuivre dans l'acide nitrique, et l'on déterminait le cuivre volumétriquement par l'iode ; cette méthode donne des résultats aussi exacts que les meilleurs procédés électrolytiques. L'on déterminait le carbone en brûlant le résidu laissé par une dissolution de l'alliage dans le chlorure acide cuprique de potassium, ou par combustion directe dans l'oxygène ; on déterminait le silicium et les autres métalloïdes par les méthodes habituellement employées dans l'analyse des aciers.

Résultats des recherches micro-chimiques. — Les expériences de M. Stead ont montré que :

1° Le fer et le cuivre s'allient en toute proportion par fusion directe, sans qu'il y ait jamais tendance à la séparation des éléments en deux couches liquides conjuguées ;

2° Que la série complète de ces alliages peut se diviser en trois sections :

A) Alliages depuis des traces jusqu'à 2,73 p. 100 de fer et 97,20 p. 100 de cuivre ;

B) Alliages depuis 2,73 p. 100 de cuivre et 97,20 p. 100 de fer jusqu'à 8 p. 100 de cuivre et 92 p. 100 de fer ;

C) Alliages d'entre 8 p. 100 et des traces de cuivre.

Tous ces alliages sont de véritables alliages, sans globules ni nodules de fer ou de cuivre.

Classe A, contenant jusqu'à 2,73 p. 100 de cuivre. Ce sont des alliages d'apparence

homogène et ne renfermant qu'un seul constituant micrographique; ils ont tous l'apparence du cuivre pur; l'alliage durcit avec la teneur en fer; ils peuvent être coupés, et sont attirés par l'aimant; on peut les classer parmi les alliages parfaits constitués par des grains isomorphes de fer et de cuivre.

Classe B, renfermant entre 8 et 97,20 p. 100 de cuivre. Dès que l'on dépasse 2,73 p. 100 de fer, les alliages refroidis renferment un constituant séparé, riche en fer et en cristallites à six rayons; quand on s'approche de 10 p. 100 de fer, ces cristallites changent de forme et prennent un aspect dendritique ou cruciforme octaédral; et si la proportion de fer augmente encore, ces cristallites augmentent, interfèrent entre elles, et prennent la forme de cristaux arrondis granulaires, séparés par des enveloppes de cuivre renfermant 2,73 p. 100 de cuivre en dissolution; ces enveloppes

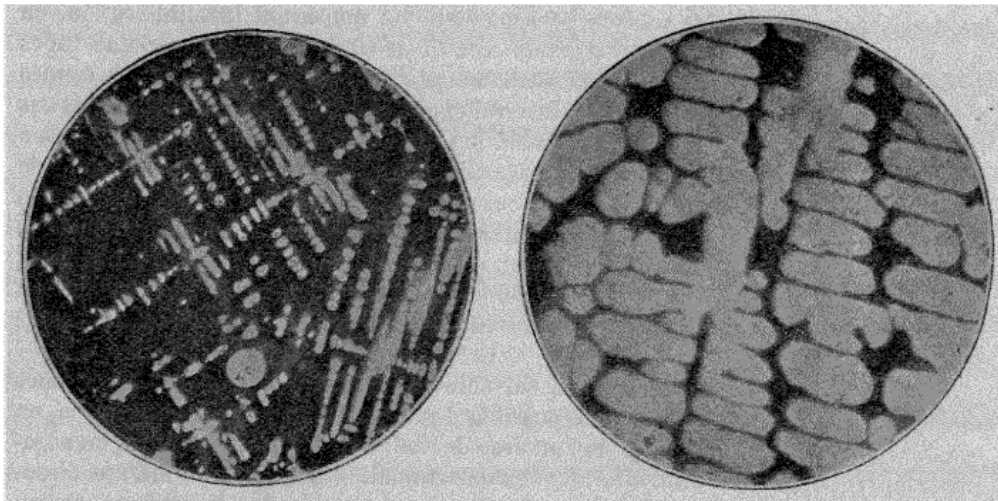


Fig. 1. — Grossissement 104 en diamètre. Cu 74,5 p.100, Fe 25,2, après polissage, plaques blanches du constituant fer-cuivre et noires de cuivre-fer.

Fig. 2. — Grossissement 104. Cu 53 p. 100, Fe 46,3 polissage, parties blanches constituant de fer-cuivre et noires de cuivre-fer.

s'amincissent à mesure que l'on s'approche de l'alliage à 90 p. 100 de fer et 10 p. 100 de cuivre, et, alors, elles n'enveloppent plus que partiellement les grains cristallins.

Dans tous les alliages de cette classe, la cassure suit, en général, les enveloppes cuivreuses, et, en conséquence, il n'y a que peu de différence de couleur entre les cassures des alliages contenant de 90 à 20 p. 100 de cuivre; avec 10 p. 100 de cuivre, comme le cuivre n'enveloppe que partiellement les grains, la cassure suit le cuivre, et alors, comme le clivage des grains de fer laisse une macrostructure visible sans le microscope sur les surfaces rompues des larges plans de fer et de cuivre distribués irrégulièrement, il en résulte une apparence qui mène à la conclusion que le fer et le cuivre ne seraient pas réellement alliés; et c'est probablement ce qui a trompé les anciens observateurs, qui ne jugeaient que par les cassures. Lorsqu'on polit ces alliages, l'aspect est tout différent; la couleur passe graduellement de celle du cuivre pur à celle du fer, à mesure que la proportion du fer augmente; et l'alliage à 10 p. 100 de cuivre et 90 p. 100 de fer, qui, d'après sa cassure, semblerait renfermer beaucoup

plus de cuivre, présente, au poli, l'aspect d'un métal qui ne renfermerait pas de cuivre.

Les alliages de cette classe ont des propriétés magnétiques croissantes avec leur teneur en fer.

Les cristallites de fer se rouillent facilement, de sorte que la surface polie de ces alliages se ternit facilement.

Classe C, avec jusqu'à 8 p. 100 de cuivre. A partir de 8 p. 100 de cuivre, et au dessous, les alliages sont parfaitement homogènes, et ne laissent apercevoir aucune trace de cuivre, ni sur les cassures brutes, ni sur les cassures polies et examinées au microscope. En chauffant doucement ces surfaces polies jusqu'à ce qu'elles prennent une teinte jaune pâle, les grains cristallins se colorent différemment; l'oxydation

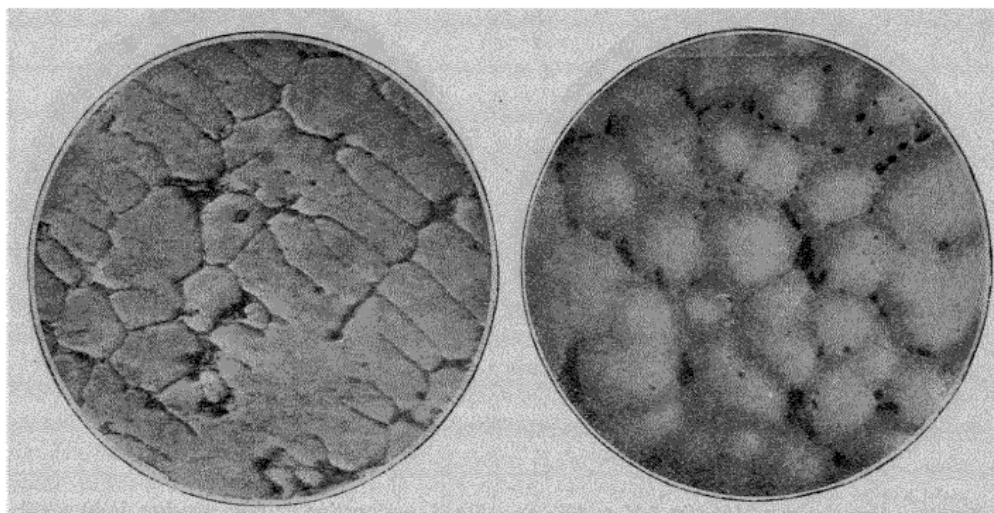


Fig. 3. — Grossissement 104. Cu 20,5, Fe 79,1, polissage. Les parties blanches sont le constituant fer-cuivre et les noires le constituant cui-fer-fer.

Fig. 4. — Grossissement 104. Cu 10 0,0, Fe 89,6 chauffé; constituants de fer-cuivre blanc et de cui-fer, fer noir, montrant l'aspect des grains cristallins plus riches en fer au centre qu'aux bords.

commence aux limites extérieures de ces grains et se continue vers leurs centres. On a aussi observé que ce réchauffage oxyde l'alliage d'autant plus vite qu'il renferme plus de cuivre, ce qui entraîne la conclusion que, dans ces alliages, au refroidissement, la partie qui se solidifie la première et se sépare de la dissolution est plus riche en fer, et, qu'à mesure des progrès de la cristallisation, la phase liquide devient de plus en plus riche en cuivre, jusqu'à ce que la dernière partie se solidifie avec la teneur en cuivre maximum. Quand cette teneur dépasse 8 p. 100, les cristaux de cui-fer-fer, en se complétant, rejettent complètement l'excès d'alliage cui-fer-fer qu'ils ne retiennent pas en dissolution.

La photographie fig. 4, d'un alliage à 10 p. 100 de cuivre, confirme les remarques précédentes; les plaques noires représentent les cristaux de fer rejetés de la dissolution, les parties ombrées correspondent à un changement graduel de composition des grains cristallins, depuis l'extérieur riche en cuivre jusqu'à l'intérieur riche en fer.

Influence du carbone sur les alliages de cuivre et fer. — Les résultats obtenus en fondant du cuivre avec du fer plus ou moins riche en carbone confirment absolument l'observation de Mushet : que le cuivre s'allie au fer d'autant plus facilement qu'il est plus pauvre en carbone ; en répétant les expériences de ce chercheur, et en fondant 5 et 10 p. 100 de cuivre avec de l'acier à 1 p. 100 de carbone, on a trouvé que l'alliage à 5 p. 100 était parfait, tandis que celui à 10 p. 100 présentait des nodules de cuivre ou de composés cuivreux dans ses cassures et sections polies ; en outre, l'acier à 1 p. 100 de carbone dissout et retient en dissolution environ 7 p. 100 de cuivre ; l'excédent de cuivre est rejeté de la dissolution, au point de solidification, en globules et nodules, comme dans les expériences de Mushet ; ces globules sont en majorité au

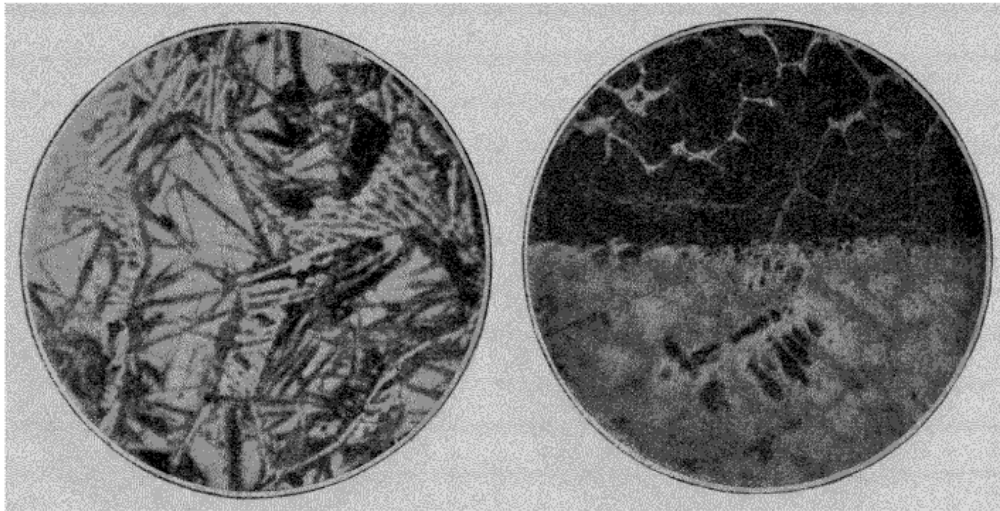


Fig. 5. — Grossissement 101. Cu 7.64 p. 100, Fe 89, C 2.30, Si 0.04, attaqué par l'iode. Enveloppes à bandes de cémentite. Zigzags noirs de martensite ; plaques blanches d'austénite.

Fig. 6. — Jonction de deux couches de 50 p. 100 Fe et 50 p. 100 d'alliage de cuivre. Attaque à l'acide azotique. La couche inférieure est de l'alliage cuivre-fer et la supérieure de l'alliage fer-cuivre-carbone.

bas du lingot à 10 p. 100 de cuivre, mais ne sont pas séparés de l'acier même. Leur forme et leur position donnent à penser qu'ils se sont séparés quand l'acier était à l'état semi-fluide, sont descendus en vertu de leur grande densité vers le bas du lingot, puis furent retenus en suspension et empêchés de s'en aller pendant la solidification complète de l'acier.

Quand la proportion de cuivre dépasse 10 p. 100, les globules suspendus augmentent aussi, et, à 25 p. 100 de cuivre, une partie du cuivre se sépare de l'acier avant sa solidification et se retrouve au fond du lingot en couches séparées, non pas de cuivre pur, mais associé à 10 p. 100 de fer, partie en dissolution, partie en cristallites de dendrite. Tous ces alliages sont trop durs pour être coupés à la scie ou limés. Le cuivre, en se dissolvant, ne provoque pas une séparation de cémentite libre. L'oxydation par chauffage de l'alliage à 7 p. 100 de cuivre montre que les grains cristallins sont plus riches en cuivre vers leur contour extérieur ; les grains secondaires de perlite ont une teinte différente, indiquant que la teneur en cuivre varie d'un grain à l'autre, et ces

mêmes différences se manifestent par l'attaque à la teinture d'iode ou à l'acide azotique dilué. Malgré la lenteur du refroidissement, la structure de la perlite était très fine, les lames de cémentite étaient très minces et très rapprochées. En fondant de la fonte à 3,4 p. 100 de carbone et 3 p. 100 de silicium avec un excès de cuivre, on séparait deux couches liquides contenant : la première du cuivre avec environ 8 p. 100 de fer, et la seconde, au-dessus, de la fonte grise noire avec 7,4 p. 100 de cuivre et des globules de cuivre en proportion d'autant plus élevée que le refroidissement est plus rapide.

Un alliage d'égales parties de cuivre et de fer, fondu au creuset et abandonné au refroidissement, se sépare en deux couches présentant les compositions suivantes :

	Couche supérieure.	Couche inférieure.
Fer.	87,00 p. 100	9,30 p. 100
Cuivre	10,34 —	90,02 —
Carbone.	2,07 —	0,08 —
Silicium	0,45 —	" —
Reste.	0,14 —	0,30 —

Ces exemples démontrent que le carbone, en se combinant avec le fer, rejette une grande partie du cuivre de la dissolution, qui se précipite alors au bas du creuset, et que ce cuivre séparé renferme, entraîné avec lui, du fer tenant environ 0,84 p. 100 de carbone; l'examen microscopique montre que la couche supérieure renferme de la cémentite libre en grande quantité et des globules de cuivre, ainsi que, entre les bandes de cémentite, une substance sans perlite ni cémentite eutectique. La partie cuivre renfermait un squelette de cristallite octaédrique de fer uniformément disséminé dans la masse, sauf dans les parties immédiatement auprès de la couche de fer, ce qui tendrait à montrer que, dans la solidification, la force cristallisante des masses contiguës de fer attirait, du fer-cuivre le plus voisin, les cristallites de fer; ces cristallites, au lieu de tomber hors de la dissolution et de rester suspendues dans le cuivre, s'unissaient alors au fer (fig. 6).

Une partie de la couche supérieure fondue au charbon de bois pendant une heure et refroidie lentement a laissé s'échapper un petit globule de cuivre attaché au bas du lingot; ce globule et le fer correspondant présentaient les compositions suivantes :

	Couche inférieure.	Globule du fond.
Fer.	89,00 p. 100	2,73 p. 100
Cuivre	7,64 —	97,10 —
Carbone combiné.	2,30 —	" —
Graphite	" —	" —
Silicium	0,84 —	" —

On voit que, lorsque le cuivre est en dissolution dans le fer, il limite la quantité de carbone que le fer peut absorber, car il n'en a pu absorber que 2,3 p. 100, au lieu de 4 p. 100 et plus s'il n'y avait pas eu de cuivre. Il est, en outre, intéressant de remarquer qu'en raison de la petitesse du globule de cuivre la prépondérance de la masse de fer en a retiré tout le fer, sauf celui qui avait formé avec le cuivre une dissolution solide saturée. La preuve que ce fait est bien dû à une attraction cristallique agissant à courte distance sur une petite masse a été faite en augmentant la masse du cuivre toutes choses égales; le cuivre séparé renfermait près de 10 p. 100 de fer, et

l'on y voyait, au microscope, des cristallites de fer partout, excepté au voisinage de la couche de fer.

Le petit globule à 2,73 p. 100 de cuivre-fer paraissait, sous le microscope, parfaitement homogène, et sans cristallites de fer. La partie fer avec cémentite libre est de formation cellulaire, qui, au polissage au parchemin avec une dissolution de sulfate d'ammoniaque, manifeste une structure identique aux plus beaux spécimens de martensite et d'austénite d'Osmond (fig. 5); la structure en zigzag correspond à la martensite, les teintes grises à l'austénite, et les blanches à la cémentite; au grattage avec une aiguille, les parties grises et noires présentent sensiblement la même dureté; elles sont également rayées par de l'acier dur.

Ce spécimen n'était pas homogène; auprès du point d'attaque du globule de cuivre, la cémentite disparaissait, et les cellules semblaient être presque de pure martensite, sans que l'on ait encore pu déterminer si elles indiquaient de la martensite ou de l'austénite.

En chauffant, puis trempant à 900° une petite masse de 2 grammes, les aires intermédiaires présentaient la même structure que dans le métal lentement refroidi, avec cette différence que la structure en zigzag de martensite était beaucoup plus fine et plus uniformément distribuée, ce qui mène à la conclusion que, quelle que soit sa nature, la substance noire a dû se diffuser puis se séparer de nouveau au refroidissement rapide. S'il était éventuellement démontré que la masse blanche est de l'austénite, ce serait un fait des plus intéressants, car, jusqu'ici, l'austénite n'a guère été obtenue que dans les aciers très riches en carbone, et après une trempe à température très élevée, tandis qu'ici les structures les plus nettes ont été obtenues avec un refroidissement lent.

Afin de voir si une addition de cuivre à la fonte en fusion accélérât ou non la séparation du graphite pendant la solidification dans un moule, on fondit, dans un creuset, avec environ 5 p. 100 de cuivre, de la fonte d'hématite pauvre en silicium avec cœur en fonte grise, intermédiaire, par conséquent, entre les fontes grises et blanches, et très sensible aux influences tendant à séparer le carbone ou à le maintenir à l'état combiné. La cassure de ce métal après moulage et refroidissement était d'aspect gris, très fine, sans aucune tache de fonte blanche : carbone combiné 1,20 p. 100. Ce résultat semble confirmer l'affirmation de Lipin : que le cuivre ne tend pas à transformer la fonte grise en fonte blanche, et que sa présence n'offre, à ce point de vue, aucun danger dans les fontes; en outre, ce que nous savons de l'action du cuivre sur le fer et l'acier démontre la vérité de cette autre affirmation de Lipin : que le cuivre augmente la ténacité des fontes quand il s'y allie.

En résumé, on peut tirer des remarques qui précèdent les résultats suivants :

1° La présence du carbone limite la dose du cuivre que l'on peut allier au fer : à 7,5 p. 100, par exemple, pour le cas de la fonte grise d'hématite à 3 p. 100 de silicium, et à 15 p. 100 avec de l'acier à 1 p. 100 de carbone; et, dans presque tous les cas de ces alliages de cuivre et de fer carboné, une partie du cuivre reste suspendue en globules en quantité d'autant plus grande que le refroidissement est plus rapide; la quantité réelle de cuivre retenue en dissolution n'a pas été déterminée rigoureusement; elle ne semble pas dépasser 7 p. 100 avec l'acier.

2° Les alliages de parties égales de cuivre et de fer qui ne se séparent pas en deux couches liquides conjuguées avant la solidification absorbent du carbone quand on les refond à une chaleur blanche, et se séparent alors en deux couches liquides, dont

l'une renferme environ 2 p. 100 de carbone et 10 p. 100 de cuivre, et la plus lourde environ 10 p. 100 de fer et 0,08 p. 100 de carbone.

3° Le cuivre, dans la fonte, ne paraît avoir aucune tendance à retenir le carbone sous forme combinée, ni à le faire se séparer en graphite.

4° L'étude micrographique des aciers renfermant du cuivre indique que le cuivre retarde la formation de la perlite; il augmente la teneur, après refroidissement rapide, de carbures diffusés, ce qui explique le doucissage produit par le recuit et le refroidissement lent sur les aciers cuivreux, observé par Lipin.

5° La présence du cuivre dans les fontes n'est pas à craindre parce qu'il ne fait qu'en augmenter la ténacité.

6° Les anomalies que l'on rencontre dans les opinions exprimées au sujet des alliages de cuivre et fer tiennent apparemment à ce que l'on n'a pas tenu compte de l'action du carbone, contraire à la formation de ces alliages; la fonte ne s'allie qu'avec très peu de cuivre, et le fer pur s'y allie en toute proportion. Il reste encore beaucoup à apprendre relativement à ces alliages de fer et de cuivre et de fer-carbone-cuivre.

G. R.

NOTES DE MÉCANIQUE

INSTALLATION MÉCANIQUE DE LA *Waterside Station Edison C^o*. NEW-YORK (1).

Cette station est destinée à fournir de l'électricité pour l'éclairage et la force motrice; sa puissance sera normalement de 85 000 chevaux et occasionnellement de 128 000, en courants triphasés de 6 600 volts envoyés à des sous-stations.

La figure 1 donne une idée très claire de l'aspect général de cette station centrale, avec ses chaudières à tubes d'eau disposées en quatre files, sur deux étages surmontés du magasin au charbon d'une capacité de 10 000 tonnes, et qui dessert automatiquement les foyers des chaudières; à côté de la salle des chaudières, se trouve celle des 16 machines compound Westinghouse, de 8 à 10 000 chevaux chacune, disposées aussi sur deux rangs.

Le bâtiment de la station occupe (fig. 2 et 3) un rectangle de 60 à 82 mètres, divisé longitudinalement, par une muraille en briques réfractaires, en un bâtiment des chaudières, de 24 mètres de large, et la salle des machines, de 36 mètres; cette dernière, desservie par deux ponts roulants électriques de 50 et de 25 tonnes, a 44 mètres de haut; à l'un des bouts de cette salle, à l'opposé de l'East River, se trouve une salle de 5^m,10 de large, pour les tableaux commutateurs et appareillages divers.

Devant la rivière, s'étend un terre-plein de 48 mètres de large, dans lequel sont creusés, ainsi que sous les machines, les tunnels d'entrée et de sortie de service de la condensation; le tunnel d'entrée est en deux tubes de fer, de 6 millimètres d'épaisseur, laissant entre eux un espace annulaire de 380 millimètres, rempli de béton suffisant pour résister après l'usure du tube de fer intérieur; le diamètre du tube extérieur est de 3 mètres. Ce tunnel, fermé aux deux bouts, a été flotté jusqu'à la station et immergé; sa longueur est de 70 mètres; sous les bâtiments, les tunnels sont en maçonnerie et béton: ceux d'arrivée cylindriques et ceux de décharge de section ovale de 2^m,44 de haut, prolongés vers la rivière par deux conduites en bois de 2^m,10 de côté.

A l'extrémité du quai de débarquement des charbons, se trouve une bigue de 12 mètres de haut (fig. 4 et 5), avec benne d'une tonne et demie, commandée, pour la levée et pour la translation sur son bras, par deux treuils à vapeur alimentés par les chaudières de la station. Le bras de cette grue peut se défiler parallèlement au quai en faisant remonter ses galets de butée E (fig. 5) de E en F, le long des poutres H; cette grue peut décharger 125 tonnes par heure, dans un broyeur commandé par une dynamo qui livre le charbon à un convoyeur horizontal, lequel l'amène (fig. 4) aux bascules A, d'où le convoyeur vertical l'amène au convoyeur supérieur B, qui le dis-

1: *Power*, janvier 1902. Voir aussi, au *Bulletin* de janvier 1900, la description de la station de la Metropolitan Street et de la Third Avenue à New-York; et *Revue de mécanique*.

tribue au magasin par les trappes *ttt*. Les parois de ce magasin sont en tôles recouvertes de ciment de manière que le fer ne soit pas au contact du charbon. Du magasin le charbon descend aux chaudières par les trémies *HHH* (fig. 4). La grue de déchargement a été fournie par MM. Haskins et Coffin, et les bascules et tramies par les Exeter Machine Works.

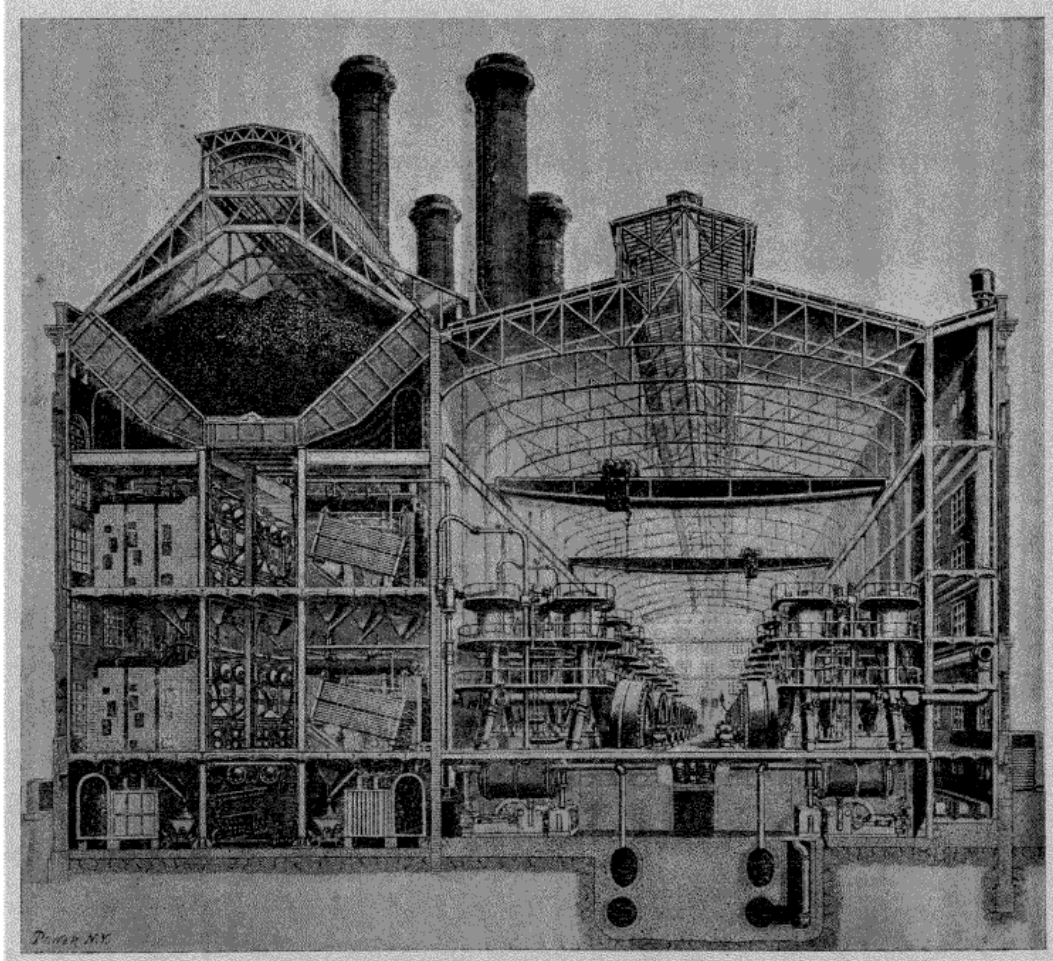


Fig. 1. — Station de la Waterside. Coupe transversale.

Les chaudières sont des Babcox-Wilcox disposées, comme l'indiquent les figures 2 et 3, en quatre rangées de sept groupes de deux chaudières de 650 chevaux chacune; chaque chaudière a (fig. 5 et 6) trois dômes de 1^m,07 de diamètre, en tôles d'acier de 14 millimètres, timbre 6 kilos, suspendus aux poutres du plafond par des étriers S, en fer rond de 38 millimètres, suspension libre, indépendante des maçonneries; l'avant même des chaudières repose directement sur les colonnes, de sorte que leurs maçonneries ne supportent rien. Chacune des chaudières est composée de

21 faisceaux de 14 tubes, de 100 millimètres de diamètre sur 5^m,45 de long, en fer

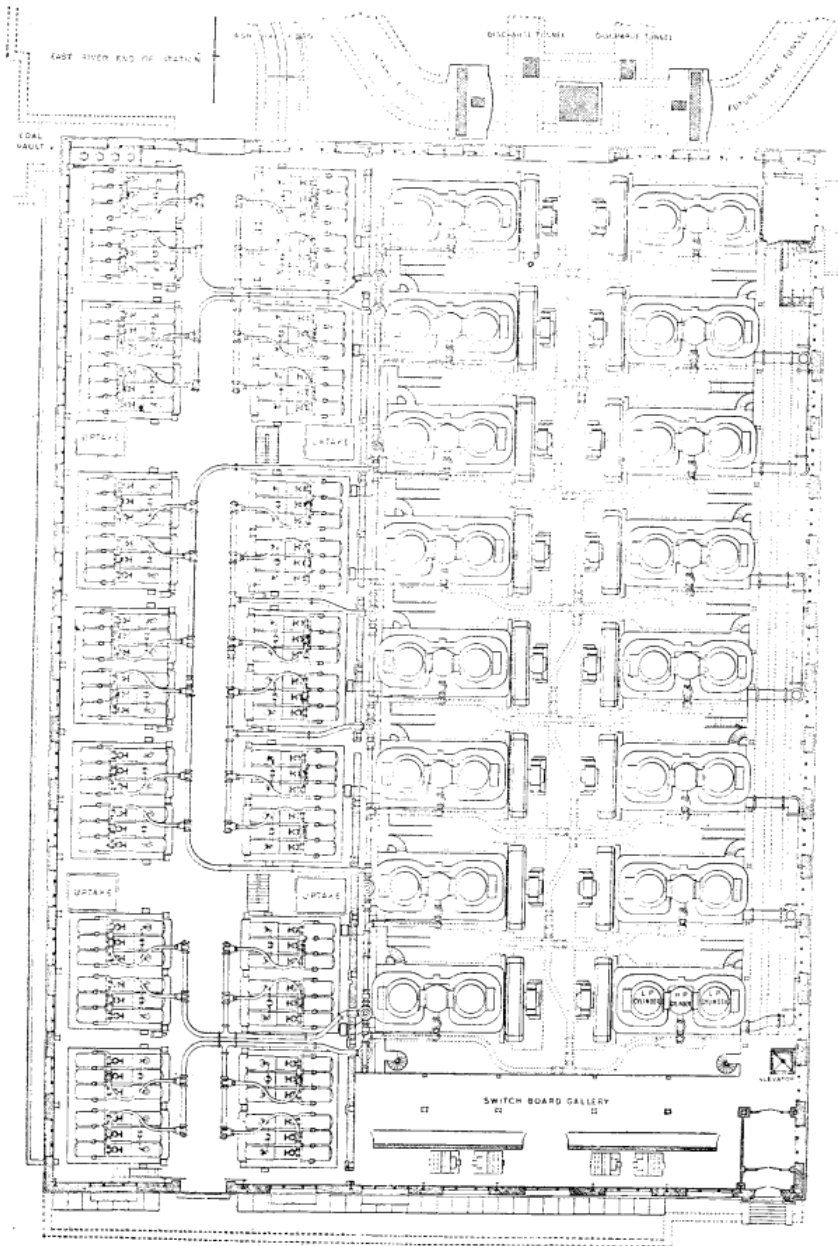


Fig. 2. — Station de la *Waterside*. Plan.

au bois, avec caissons en acier étiré, d'une surface de chauffe de 603^m², soit environ 0^m²,093 par cheval : vaporisation garantie 10 mètres cubes par heure, avec majoration

de 50 p. 100 en cas de presse, soit, au taux de 13 kilos, 6 de vapeur par cheval-heure, une puissance de 730 à 1 100 chevaux. Les chaudières sont pourvues de surchauffeurs avec caissons en acier A et B (fig. 6) de sections de 150×150 et de 150×180 ; le caisson A est divisé en trois sections : une pour chaque dôme (fig. 5) tandis que B est d'une seule venue, et ces deux caissons sont réunis par un double faisceau de tubes de 32 millimètres, constituant le surchauffeur. Quand le robinet C est fermé, la vapeur

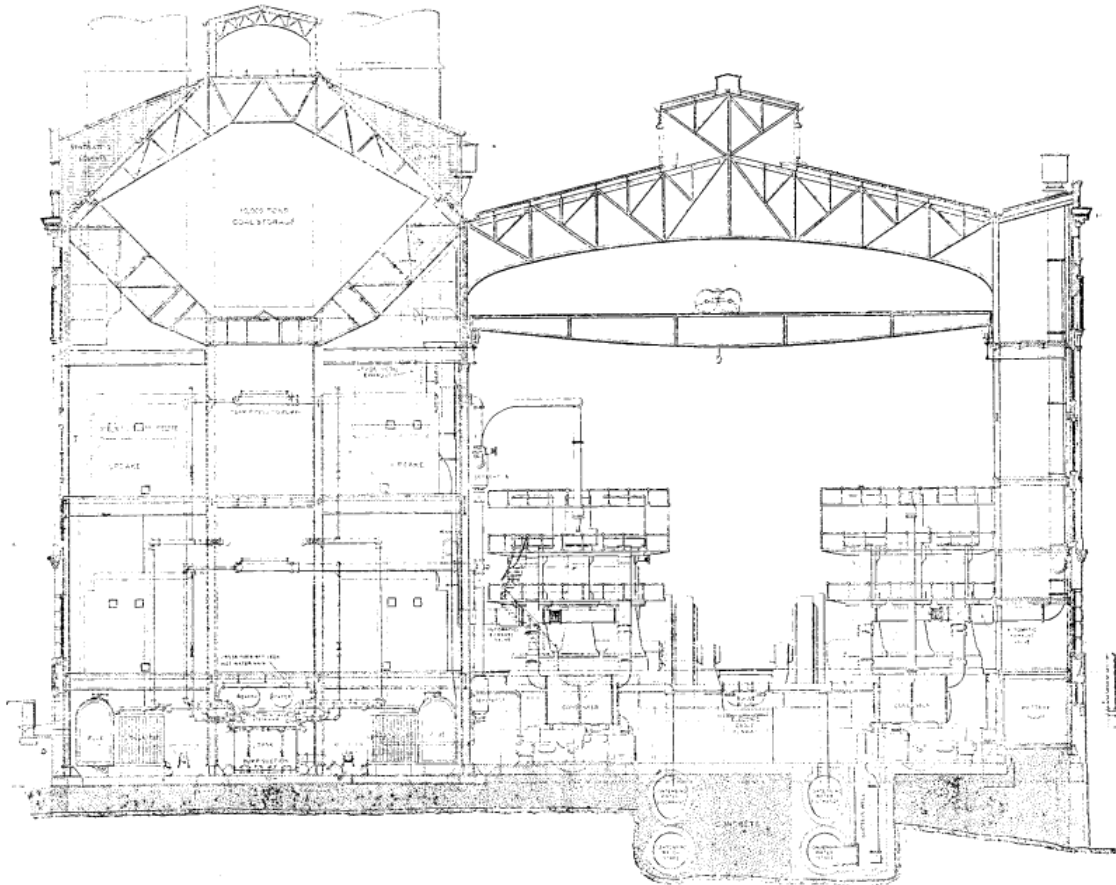


Fig. 3. — Station de la Waterside. Coupe transversale.

traverse le surchauffeur suivant DA, B, E; si l'on ouvre le robinet F, on noie le surchauffeur, qui n'agit plus alors que comme une surface de chauffe supplémentaire, et le robinet G sert à le purger.

Sur chaque dôme, se trouve un robinet de prise C (fig. 5 et 7) de 150 millimètres de diamètre, à chapelle fixée sur une bride sphérique de manière à éviter les tensions de serrage des boulons, et ces chapelles sont raccordées à un tuyau transversal qui repose sur des brides G, et d'où part (fig. 2) le tuyau qui relie chaque chaudière à la conduite générale du groupement; les surchauffeurs se raccordent en JJ; les soupapes

de sûreté, une pour chaque dôme, sont aussi sur brides sphériques, et (fig. 2) disposées en triangle de manière à éviter la difficulté d'avoir à placer trois points en ligne droite. Ces soupapes, de 100 millimètres de diamètre, sont à sièges en nickel et sont reliées par des tuyaux de 100 millimètres de diamètre, qui assurent la sécurité de

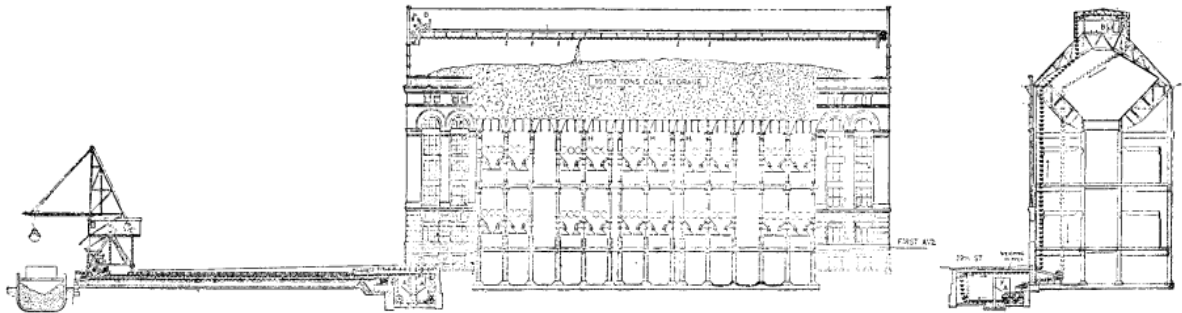


Fig. 4. — Station de la Waterside. Manutention des charbons.

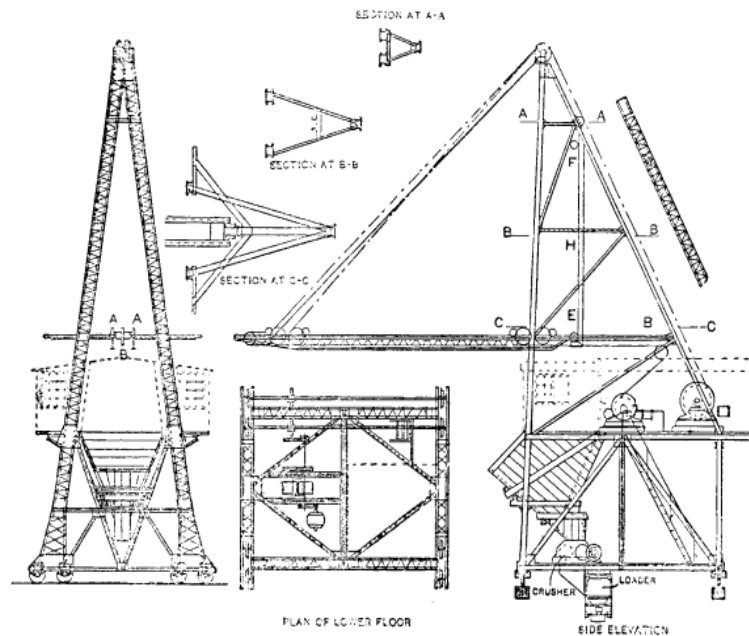


Fig. 5. — Station de la Waterside. Détail de la grue du quai.

chacun des dômes lors même que l'une des soupapes ne fonctionnerait pas. Chaque chaudière a une double valve de vidange : soupape et robinets superposés, comme on le voit à droite au bas de la figure 5. Les grilles sont du type mécanique Roney (1)

(1) *Bulletin* d'avril 1894, p. 180.

avec cendrier en tôles garnies de briques se déversant dans les wagonnets du sous-sol par des conduites en fonte de 355×510 millimètres; la suie et les cendres fines se rendent à ces mêmes wagonnets par les tuyaux H (fig. 5); ces wagonnets sont tirés par une locomotive électrique de 15 chevaux et amenés aux allèges du quai. Le charbon non brûlé qui tombe des pousseurs mécaniques est recueilli en J (fig. 5) dans un

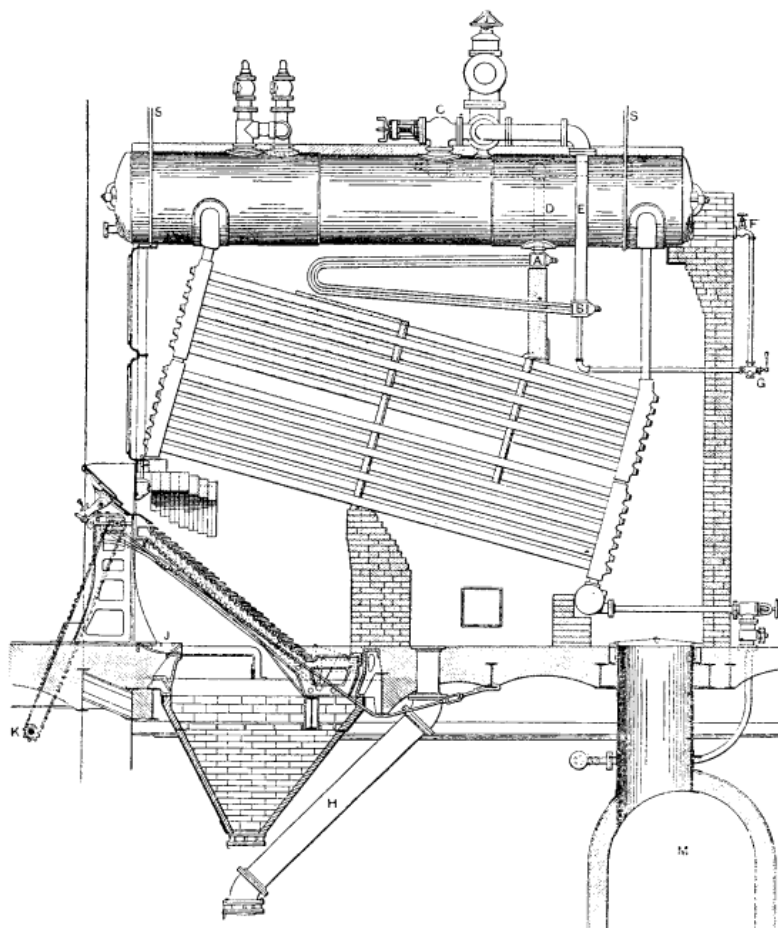


Fig. 5 bis. — Station de la Waterside. Coupe transversale d'une chaudière.

baquet d'eau qui l'éteint et repassé sur la grille : surface de chaque grille, $11^m2,50$; rapport de la chauffe à la grille, 54,17.

Les grilles mécaniques sont commandées par des arbres K, divisés en sections actionnées chacune par une dynamo de 5 chevaux. Les gaz des foyers s'évacuent par un caniveau M, aboutissant par des canaux verticaux de $2^m,70 \times 3^m,30$ aux quatre cheminées de la station.

Ces cheminées, en tôle garnie de briques, sont (fig. 3) supportées par des fers à T; elles pèsent chacune 500 tonnes; diamètre $5^m,10 \times 40$ mètres au-dessus des fondations, soit 60 mètres au-dessus des grilles inférieures; épaisseur des tôles d'acier,

15 millimètres dans les premiers 12 mètres, 13 millimètres au milieu et 10 millimètres au sommet; la base est fixée sur les fers qui la supportent par deux cornières de 150×100 , avec 48 boulons de 30 millimètres, et au-dessus de ces cornières s'en trouve (fig. 8) une troisième de renforcement. Les tôles, au nombre de 5 par rangée, ont $1^m,75$ de large, de sorte qu'il en faut 24 rangées pour chaque cheminée. Autour de chaque cheminée, se trouve une ouverture annulaire par laquelle l'air chaud de la chauffe peut s'échapper au travers de jalousies. Les cheminées sont garnies sur leur premier tiers de briques réfractaires et, sur le restant, de briques rouges, le tout reposant sur des cornières espacées de 6 mètres et encadré par 10 cornières verticales de 125×75 millimètres : épaisseur du garnissage 200 millimètres, avec un vide de

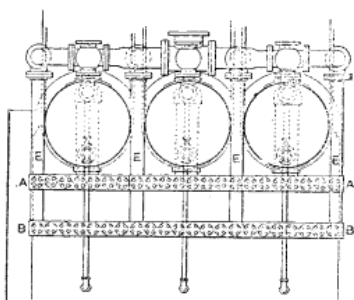


Fig. 6. — Station de la Waterside.
Vue de face des surchauffeurs.

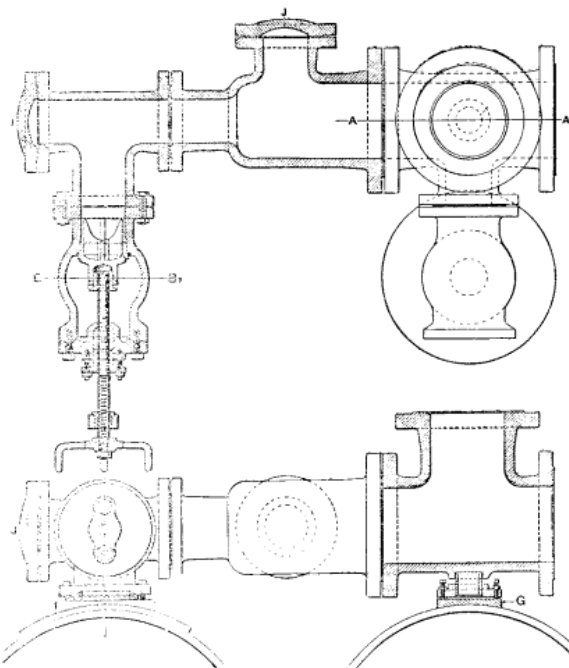


Fig. 7. — Station de la Waterside. Détail
de tuyauterie.

100 entre les briques et les tôles; le haut de chaque cheminée est protégé par un couronnement en fonte en 3 segments, incliné de manière à déverser l'eau au dehors de la cheminée.

On a prévu l'installation, sur chaque étage, de 8 ventilateurs pour le tirage forcé.

Pour l'alimentation, on a prévu des condenseurs à surface, afin de pouvoir utiliser l'eau de condensation; mais, provisoirement, on alimentera avec de l'eau de la ville, l'eau de l'East River étant salée; cette eau est amenée par deux conduites de 150 millimètres, qui la déversent dans une série de 4 réservoirs du type figure 9, de $9^m,60 \times 3^m,60 \times 2^m,50$ de profondeur, disposés de manière à pouvoir renfermer chacun 28 cylindres filtrants pour le cas de l'emploi de l'eau de condensation. Dans ce cas, l'eau de condensation arrivera en A par le coude vertical G, y séjournera le temps suffisant pour y décanter son huile dans le compartiment supérieur M; puis s'en

échappera, suivant les flèches, dans les tubes centraux K des filtres, et en sortira par le tuyau central F, vers les appareils de purification installés à l'extérieur et reliés aux pompes qui en refoulent l'eau aux deux conduites principales d'eau froide, nord

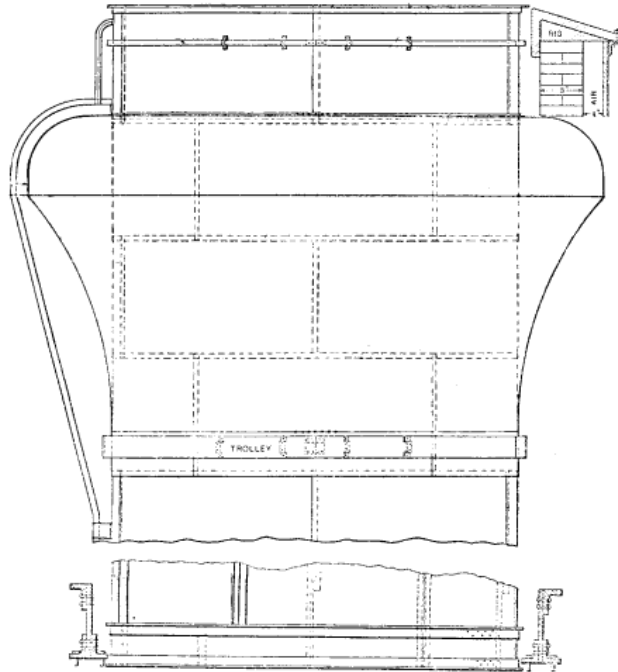


Fig. 8. — Station de la *Waterside*. Haut de la cheminée.

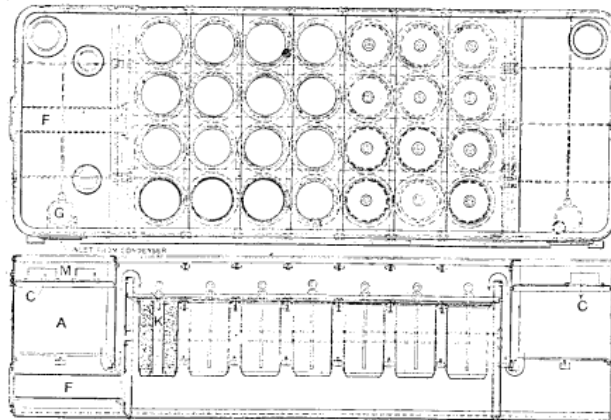


Fig. 9. — Station de la *Waterside*. Détail d'un bac d'alimentation.

et sud (fig. 10 et 11), de 200 millimètres de diamètre, de chaque côté du bâtiment des chaudières et qui sont reliés aux réchauffeurs; ces réchauffeurs, au nombre de 4, et plus tard de 8, sont du type Wainwright cylindriques de $4^m,80 \times 1^m,26$, avec

chacun 246 tubes de cuivre de 38 millimètres, sertis dans des plaques de fonte avec viroles en laiton ; les chambres à eau des deux bouts de chaque réchauffeur sont divisées (fig. 10) en six compartiments AA, dont l'eau traverse successivement les tubes ; la vapeur traverse les réchauffeurs de bas en haut, autour des tubes sur lesquels elle est dirigée par des déflecteurs PP (fig. 10). Surface de chauffe de chaque réchauffeur, 125 mètres cubes ; ces réchauffeurs, soumis à une pression de 14 kilos,

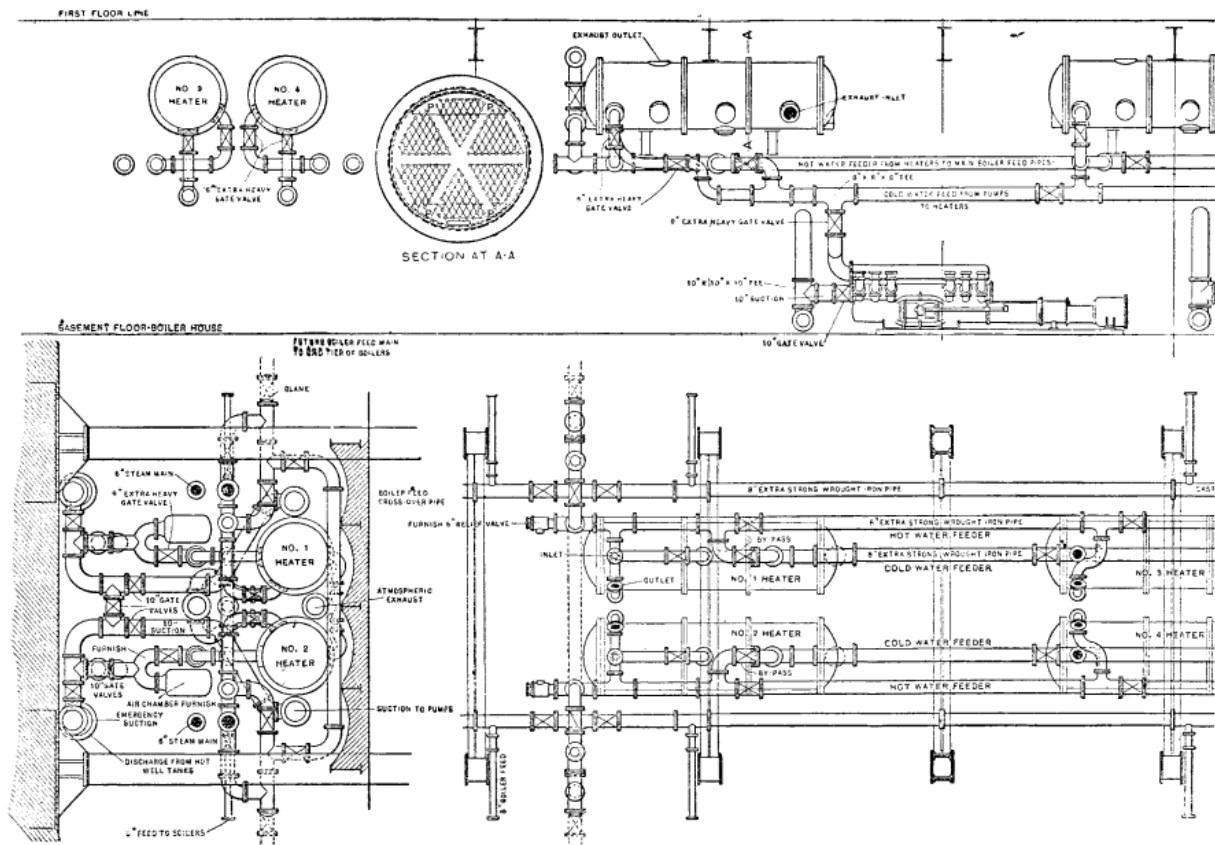


Fig. 10. — Station de la Waterside. Élévation et plan des tuyauteries.

ont été essayés à 25 kilos ; la forme ondulée des tubes leur permet de se prêter aux dilatations et de supporter sans fuites ces hautes pressions.

Des réchauffeurs l'eau passe aux conduites principales d'eau chaude, de 200 millimètres, et parallèles aux conduites d'eau froide ; de ces conduites part, pour chaque batterie de deux chaudières, un tuyau en laiton de 76 millimètres, raccordé aux six dômes de la batterie par deux tuyaux de 50 millimètres, également en laiton, avec clapets de retenue et les accessoires habituels.

La conduite de vapeur transversale de chaque batterie est pourvue d'un clapet de sûreté automatique de 250 millimètres, sur conduite en acier flexible (fig. 3), qui la

raccorde aux conduites générales des groupes de deux batteries aux extrémités de la salle des chaudières et de six batteries du milieu (fig. 2). Ces conduites, de 553 millimètres de diamètre, traversent la muraille qui sépare la salle des chaudières de celle des machines en huit endroits sur chaque étage, pour se raccorder (fig. 3 et 12) à des colonnes montantes à séparateurs de vapeur S et T, soit directement, soit en AB et C; les séparateurs S sont raccordés en D E F aux machines près des chaudières; les séparateurs T sont reliés à une conduite passant sous les machines desservies par la première et d'où partent des branchements aboutissant aux machines de gauche (fig. 2) par des colonnes ayant chacune un réparateur de vapeur. Cette importante canalisation est pourvue des dérivations et valves d'isolement et de bifurcation néces-

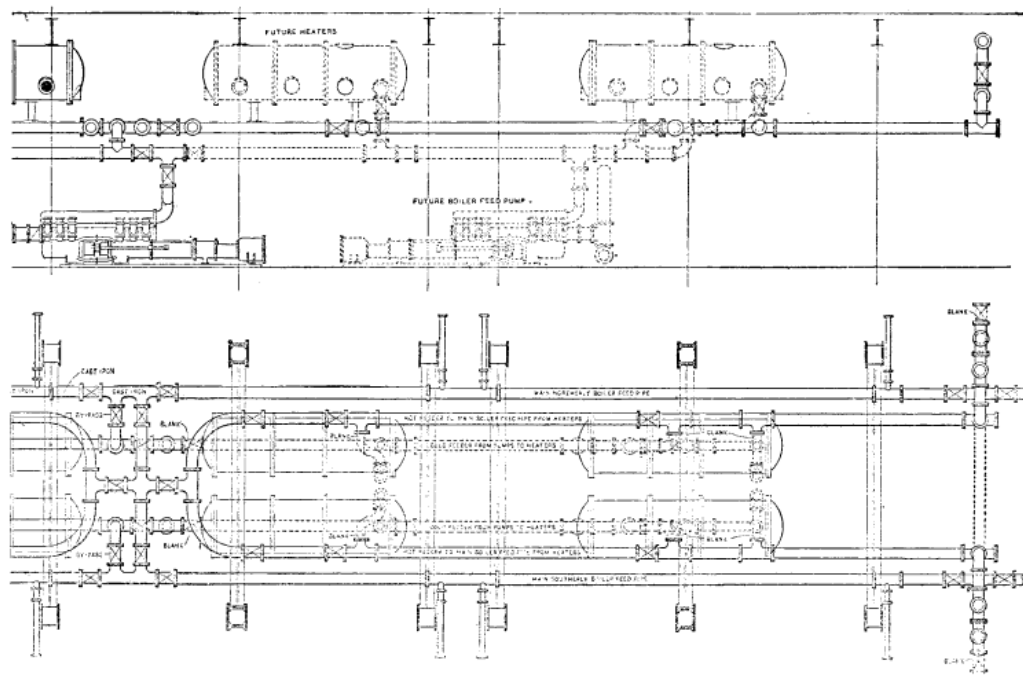


Fig. 11. — Station de la Waterside. Élévation et plan de la tuyauterie (suite de la figure 10).

saires pour parer à tout accident local; ces valves sont du type à vanne, avec vis extérieure en acier; l'épaisseur de brides des conduites de 553 millimètres est de 37 millimètres; celles des tuyaux de 55 millimètres ont 45 millimètres.

Les machines sont du type vertical à trois manivelles décalées de 101, 133 et 126°, avec cylindre de haute pression de 1^m,12 entre les deux de basse pression, de 1^m,92 $\times$ 1^m,52 de course; vitesse 175 tours, vitesse du piston 3^m,75 par seconde; avec une pression d'admission de 13 kilos et un vide de 685 millimètres au condenseur, chacune de ces machines développera, en marche la plus économique, environ 5 500 chevaux indiqués; elle est garantie comme pouvant développer continuellement et sans fatigue 8 000 chevaux, et occasionnellement 10 000; en marche la plus économique, la dépense de vapeur garantie est de 5^{kg},170 par cheval-heure indiqué.

Le socle de chaque machine est en trois pièces de 40 tonnes chacune, reliées par des frettes posées à chaud; la largeur de ce socle et la longueur de chacune de ces pièces sont de 4^m,80; elles ont été moulées au sable vert avec assez d'exactitude pour pouvoir s'assembler sans retouches.

Les trois portées de l'arbre de couche ont 1^m,50 x 660, le palier extérieur a 1^m,22 de long; les coussinets inférieurs peuvent s'enlever en soulevant très peu l'arbre de couche. Cet arbre est en trois pièces, avec trou de 250 millimètres, réduit à 200 dans les portées des manivelles en acier fondu; ces manivelles, forcées à la presse hydraulique, sont fixées par des cales en coins à vis permettant de les retirer. Le volant, de 7^m,90 de diamètre, a une jante de 41 tonnes, en segments de tôles d'acier assemblées; il est calé sur le bout de l'arbre à côté de l'armature; longueur de bielles, 5,5 fois les manivelles; la crosse, à garniture d'antifriction, supporte une pression d'au plus

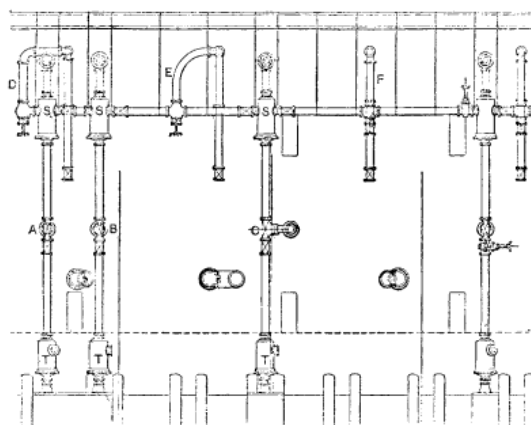


Fig. 12. — Station de la Waterside. Détail de la tuyauterie des machines.

4 kilogrammes par centimètre carré de portée. Diamètre des tiges de piston en acier 230 millimètres, avec filet de 215 millimètres dans la crosse.

Les cylindres de basse pression sont seuls à enveloppes de vapeur, et ils sont tous assez épais pour supporter un réalésage de 25 millimètres, sans dépasser une fatigue de plus de 1^{kl},15 par millimètre carré; la distribution est faite au petit cylindre par des soupapes, en raison de l'emploi de vapeur surchauffée, et, aux cylindres de basse pression, par des gobelets Corliss à double entrée, commandés par deux excentriques: un pour l'échappement et l'autre pour l'admission, au moyen d'un arbre de distribution qui permet l'emploi d'excentriques de faible rayon avec tiges courtes.

Le régulateur agit à la fois sur tous les cylindres; on peut en faire varier la vitesse de régime à la main, sans arrêter la machine, ou par une commande électrique du tableau, pour la synchronisation des alternateurs en parallèle; en outre, chaque machine est pourvue d'un dispositif de sûreté qui l'arrête automatiquement dès qu'elle s'emporte, et qui permet de l'arrêter de la plateforme (1).

Du cylindre de haute pression la vapeur passe dans un réchauffeur intermédiaire

(1) *Revue de mécanique*, avril 1901, p. 480.

de $5^{m3},395$, volume égal à 4,23 fois la cylindrée de haute pression et à 0,707 fois celles des deux cylindres de basse pression; surface de chauffe 104^{m2} , soit, pour 5 200 chevaux, dépensant $4^{kil} 180$ de vapeur par cheval, environ $0^{m2},02$ par cheval et 234 kilogrammes de vapeur à réchauffer par mètre carré de chauffe et par heure. Le réchauffeur est relié aux cylindres de basse pression par des tuyaux en acier ondulé de 610 millimètres intérieur, avec soupape de sûreté de 465 millimètres, et la vapeur s'échappe des cylindres de basse pression aux condenseurs par un tuyau de fonte de 660 millimètres. Chaque condenseur renferme 3 752 tubes de 19 millimètres $\times$ $4^{m},90$, en laiton étamé à l'intérieur : surface de condensation 835^{m2} , ou $0^{m2},16$ par cheval; les plaques tubulaires sont en laiton de 45 millimètres d'épaisseur, armées par des tiges et des tubes. Chaque machine a une pompe à air et de circulation indépendantes, commandées par une machine Corliss.

DIAGRAMMES DE MARTEAUX-PILONS

Afin d'étudier les phénomènes qui ont lieu dans les cylindres d'un marteau-pilon, M. Georges Lindner a fait des essais sur un marteau des ateliers de chemins de fer de Karlsruhe (1). Il ne faut pas perdre de vue que ces essais ne donnent des renseignements qu'au sujet de l'appareil dont il s'agit, et qu'ils n'ont pas été exécutés avec la précision habituelle des essais sur les machines à vapeur.

Le marteau-pilon en question (fig. 1 et 2) a une masse de 300 kilogrammes et il est actionné par la vapeur sur le haut du piston. Le fond supérieur du piston est de 530 centimètres carrés, celui du bas 400 centimètres; la longueur du cylindre, au-dessus du piston, est de 770 millimètres.

Les diagrammes d'indicateur ne sont presque jamais fermés; les poches d'eau ont donné lieu à des chocs; d'autre part, il se produisait une forte pression de vapeur au-dessous du piston à la fin de sa descente; elle dépassait de beaucoup celle d'admission, bien que le tiroir fût entièrement ouvert. Cette circonstance atténue les chocs du marteau, mais permet, d'autre part, de les régler à volonté.

Les figures 3 et 4 donnent le diagramme d'un coup violent. Dans la figure 4^A, la pression de la vapeur est donnée à l'échelle de $8^{m/m}$ par atmosphère (2). Les ordonnées des pressions au-dessus du piston sont amplifiées dans le rapport des surfaces de piston $\frac{400}{530}$ et retranchées des ordonnées de la pression sous le piston; la différence ainsi obtenue est portée dans la figure 4. Si, dans cette figure, on relève l'axe des abscisses d'une hauteur correspondant aux pressions qui ont à vaincre le poids et la résistance de la masse, les surfaces à hachures inclinées doivent être égales entre elles; en d'autres termes, le travail de l'excédent initial de la pression qui produit l'accélération de la masse tombante est ensuite absorbé par la contre-pression, jusqu'à ce que la masse s'arrête de nouveau. Pour la descente, il faut relever la base de $\frac{350-50}{400}$. Les surfaces à hachures verticales représentent alors le travail des

(1) Voir *Zeitschrift des Vereiner deutscher Ingenieure*, 11 janvier 1902.

(2) Les diagrammes ont été réduits aux $\frac{4}{3}$, de sorte que, en réalité, l'échelle est de $6^{m/m}$ $\frac{4}{3}$ = 1 atmosphère.

forces qui produisent une accélération dans la descente et qui s'annulent en partie. Si l'on détermine de nouveau la valeur moyenne de l'effort d'accélération, non seulement pour la course entière, mais aussi pour des parties quelconques de celle-ci, on pourra calculer, point par point, le travail transformé en énergie de mouvement et la vitesse correspondante.

C'est ainsi que l'on trouve, par le diagramme figure 3, pour la levée du marteau, la surface de gauche égale à 400 millimètres carrés; par suite, on a $\frac{400}{300} = 1,33$ mil-

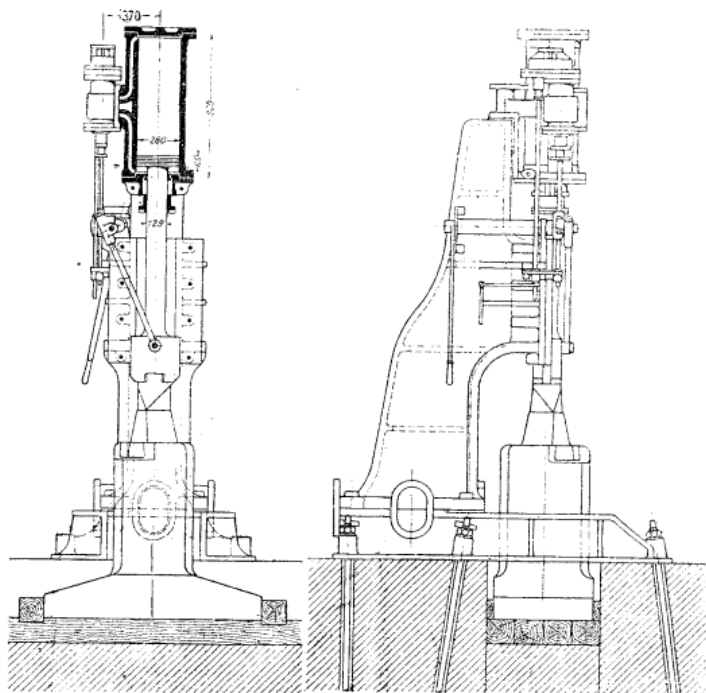


Fig. 1 et 2.

limètres = 1,33 atmosphères ou $1,33 \times 400 = 530$ kilogrammes pour l'effort de soulèvement, et $30 \times 10 = 300$ millimètres pour le chemin parcouru par la masse, dont le travail d'accélération est de $530 \times 0,3 = 160$ kilogrammètres; d'où pour déterminer la vitesse v , due à la relation : $\frac{m v^2}{2} = \frac{450 v^2}{10 \times 2}$; $v = \sqrt{\frac{160 \times 10 \times 2}{350}} = 3,0$ mètres par seconde.

Pour la descente, on trouve une vitesse maximum 4,5 et une vitesse finale 3,4 mètres par seconde. L'énergie du choc est de $\frac{m v^2}{2} = 200$ kilogrammes et correspond à la chute libre d'un poids de 320 kilogrammes, d'une hauteur de 0^m,62. La pression de la vapeur au-dessus du piston a donc juste vaincu les résistances

et surtout la pression de compression au-dessous du piston, mais elle n'a pas augmenté la vitesse de la masse tombante par rapport à celle de la chute libre.

Le diagramme des vitesses permet de déterminer la vitesse moyenne; elle est, par exemple, pour le diagramme figure 3 de 2^m,6 vers le haut, et de 3^m,8 vers le bas. Par

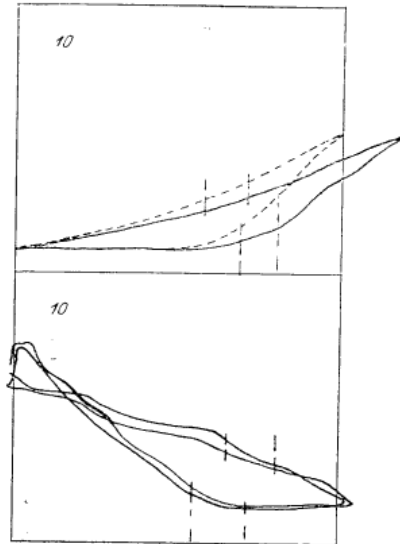


Fig. 3.

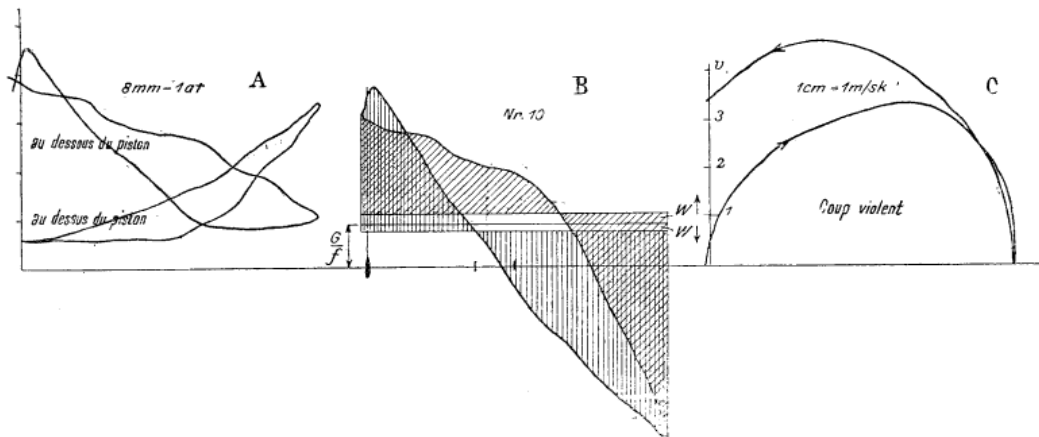


Fig. 4.

conséquent, pour la levée, il faut $0,62 : 2,6 = 0,24$ secondes, et pour la descente, $0,62 : 3,8 = 0,16$ secondes; pour le jeu total, 0,40 secondes.

Le tiroir est actionné par la masse tombante (fig. 1 et 2). Un levier articulé sur la masse fait tourner un manchon fixé sur la tige du tiroir, de sorte que, lorsque le

piston se soulève, le tiroir s'abaisse et *vice versa*. Le tiroir en coquille cylindrique, est introduit sans jeu dans sa boîte. En portant les courses du tiroir en ordon-

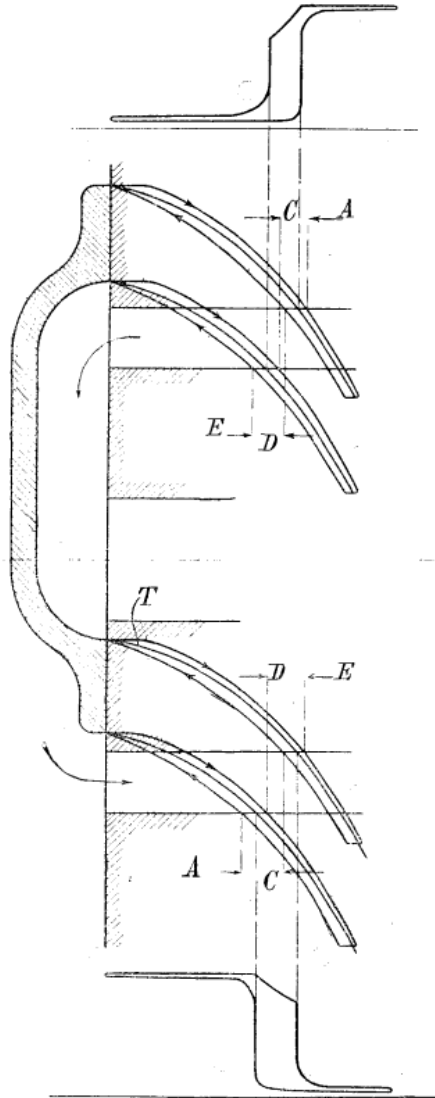


Fig. 5

A, admission anticipée; C, compression; D, détente;
E, échappement.

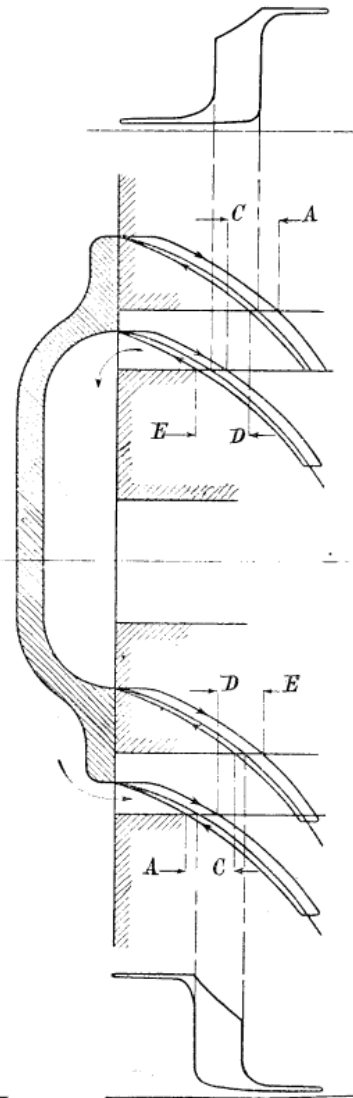


Fig. 6.

nées sur celles du piston, on obtient (fig. 5) la courbe pour l'admission maxima et (fig. 6) la courbe pour l'admission réduite. Supposons que, dans les figures 5 et 6, le piston se déplace de gauche à droite (échelle de 1/10), le tiroir se déplacera suivant les

ordonnées de la courbe (échelle de 1/1). La fermeture du conduit inférieur est opérée après que le tiroir s'est déplacé de 19 millimètres, ce qui correspond à une course du piston de 380 millimètres (1). Lorsque la course atteint 450 millimètres, l'échappement commence. Au-dessus du piston, l'échappement continue à partir du bas jusqu'à ce que celui-ci se soit déplacé de 390 millimètres, tandis, qu'à 460 millimètres, l'admission commence. Par conséquent, l'admission anticipée et l'introduction sont toujours identiques.

Lors des essais, on a tracé directement sur la bande de papier du tambour de l'indicateur le mouvement de la tige du tiroir. On a trouvé, de la sorte, que le tiroir a des courbes différentes, à la montée et à la descente; cette différence correspond à un jeu de 6 millimètres du mécanisme, mais l'introduction est un peu plus grande et l'admission anticipée un peu réduite, de sorte que le jeu en question n'exerce aucune

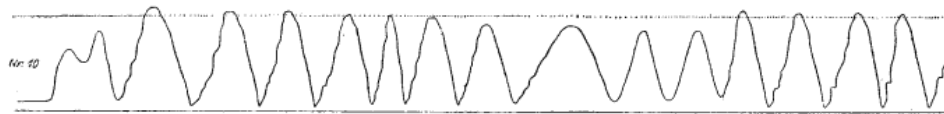


Fig. 7.

influence nuisible sur la répartition de la vapeur. Pour modifier l'introduction, on déplace vers le haut l'articulation du manchon de la tige du tiroir.

La consommation de la vapeur peut être calculée à l'aide des diagrammes, mais en partie seulement, c'est-à-dire sans la perte due à la condensation. On trouve ainsi une consommation indiquée de 59 grammes de vapeur par coup pour le diagramme figure 3. L'énergie du choc réalisé avec cette vapeur est de 200 kilogrammètres, ce qui donne $\frac{200\,000}{59} = 3\,400$ kilogrammètres par kilogramme de vapeur, équivalant à 80 kilogrammes par cheval-heure. Ce qui montre que, par rapport aux machines à vapeur, les marteaux-pilons consomment énormément de vapeur.

Finalement, la figure 7 donne le diagramme des jeux du piston pour l'essai n° 10. La valeur moyenne de la vitesse était de 0^m,20 par seconde pour la levée et de 0^m,16 dans la descente, de sorte que le nombre des coups était de $\frac{60}{0,36} = 167$ par minute, avec des vitesses de choc de 0^m,5, 5; 4,5; 4,5; 3,5; 3,5 mètres par seconde; ce qui est un peu au-dessus de la valeur calculée au moyen du diagramme (3,4 mètres par seconde).

LA MACHINE-OUTIL MODERNE, D'APRÈS M H F L Orcutt (2).

L'on ne saurait trop recommander l'emploi de jauges et calibres nécessaires pour l'exécution des pièces interchangeables, et, spécialement, l'emploi des jauges ou calibres limites, constituées essentiellement (fig. 1, 2 et 3) par une pièce portant deux calibres l'un minimum, l'autre maximum, de sorte que l'erreur de la pièce passée à ce calibre est, au plus, égale à la différence des dimensions de deux touches de la

(1) Les figures 5 et 6 ont été réduites dans le rapport de 6 à 10.

(2) Mémoire lu à l'*Institution of Mechanical Engineers London*, 17 janvier, 1902.

jauge, au lieu d'être, comme avec les calibres uniques, abandonnée au sentiment de l'ouvrier; on arrive ainsi facilement à limiter les erreurs au cent cinquante et au centième de millimètre.

La fraiseuse permet l'accomplissement de travaux très exacts, que l'on ne pourrait exécuter avec aucun autre outil, et aussi, parfois, l'exécution plus rapide et plus économique de travaux qui peuvent aussi se faire sur d'autres machines, comme le tour par exemple : tel est le cas du fraisage circulaire, qui permet de réaliser des économies de 50 à 75 p. 100 dans le tournage des manettes poulies, etc., où l'on peut atteindre des vitesses de coupe de 0^m,25 par seconde avec avances de 1^{mm},5 par

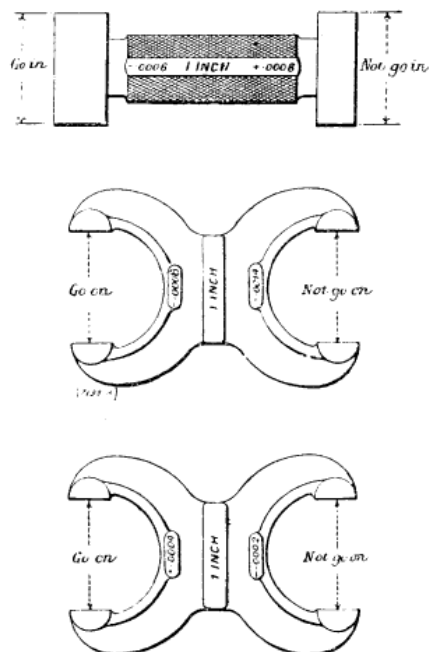


Fig. 1, 2 et 3 — Types de jauges limites.

seconde. On a souvent tendance à surmener les fraiseuses, dont le travail exige alors des retouches qui font perdre bien plus de temps que si l'on avait obtenu du premier coup un excellent travail en pressant moins la machine. La nature des fontes intervient aussi pour faciliter ou contrarier le travail de la fraise; on n'y prête pas, en général, l'attention suffisante; dans certains cas, la fraiseuse peut procurer, sur les raboteuses, des économies de 50 p. 100. Pour les gros travaux de rabotage, la fraiseuse raboteuse peut, surtout dans le profilage, procurer de grands avantages sur la raboteuse ordinaire soit en faisant d'un coup un travail achevé, soit en se bornant à un dégrossissage avec finissage sur la raboteuse; comme exemple, M. Orcutt cite celui du profilage (fig. 4) d'un banc de tour avec une fraise de forme de 585 millimètres de long, enlevant 6 à 12 millimètres de métal avec une avance de 1 millimètre par seconde; vitesse périphérique de la fraise 20 millimètres par seconde; on peut exécu-

ter ce genre de travail sur la fraiseuse raboteuse trois ou quatre fois plus vite que sur la raboteuse; on laisse ensuite les bancs de tours ainsi dégrossis se saisonner pendant deux ou trois semaines, et on les finit par une passe très légère à la raboteuse. Avec de bonnes fontes douces et régulières, et en ne forçant pas la fraiseuse, on peut finir du premier coup des profils de 0^m,600 de large avec un bénéfice compensant rapidement le prix élevé des fraises : 600 à 700 francs.

Les vitesses de coupe peuvent atteindre, sur les bonnes raboteuses, jusqu'à 0^m,20 par seconde; mais, en raison de la dureté inutile des fontes, on ne marche souvent qu'à 6 ou 10 millimètres par seconde, et ce en fatiguant beaucoup les outils. Les raboteuses doivent être à retour aussi rapide que possible, à vitesses variables avec la

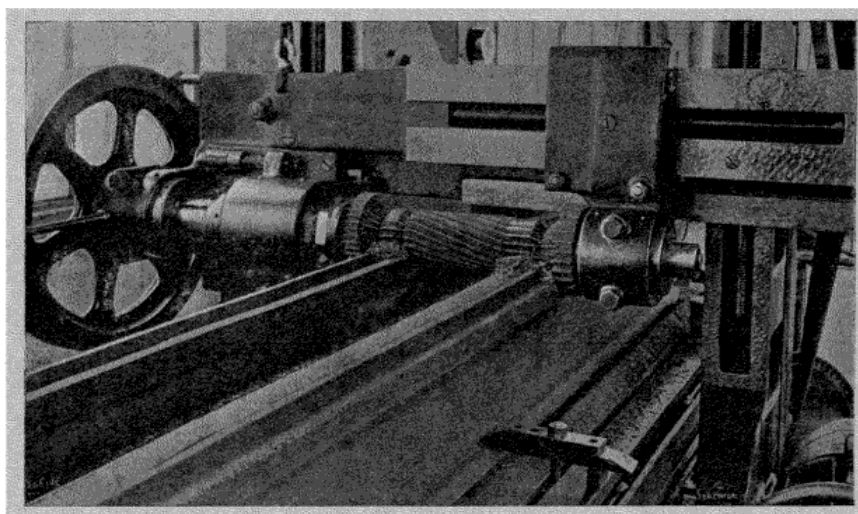


Fig. 4. — Dressage d'un banc de tour à la fraiseuse raboteuse.

nature et la longueur des coupes, à plusieurs porte-outils : au moins deux à partir d'une largeur de 600 millimètres, et pourvus des moyens d'attacher sur leur table les mieux appropriés aux formes des pièces, notamment de chucks électromagnétiques très précieux pour certaines petites pièces. L'auteur recommande aussi, comme commande du retour de la table, les commandes électriques, notamment celle de Riddell, qui n'exige, pour le retour accéléré de la table, qu'un excédent de force de 15 p. 100 au lieu de 75 p. 100 avec les courroies (1).

Les machines à dresser à la meule et à rectifier progressent de plus en plus, pour le finissage de grosses pièces ébauchées au tour jusqu'à, par exemple, des arbres de 460 millimètres de diamètre sur 2^m,45 de long, avec une meule de 600 millimètres de diamètre sur 30 de large, qui peut finir en six minutes un axe de 100 millimètres $\times$ 900 de long, au cinquantième de millimètre. Les meules dresseuses dégrossisseuses peuvent abattre de très grosses besognes; un seul ouvrier surveille 4 ou 5 de ces machines.

(1) *Revue de mécanique*, juin 1901, p. 705.

Un grand nombre de travaux de perçage, d'alésage, de tournage et de façonnage s'opèrent aujourd'hui sur des tours à revolver comme celui de la fig. 5, appelés aussi machines à chucker, parce que la pièce en travail se trouve prise dans un chuck approprié de la poupée et présentée au revolver par cette broche; ces machines conviennent très bien au travail des pièces courtes en série, ou même isolées; elles travaillent vite, avec précision, et presque automatiquement; le tableau fig. 6 représente les principaux outils employés sur ces machines, et donne quelques indications sur cet emploi; les perçages de précision ne peuvent guère se faire économiquement sur les perceuses ordinaires. Les tours verticaux à revolver peuvent aussi se ranger dans la

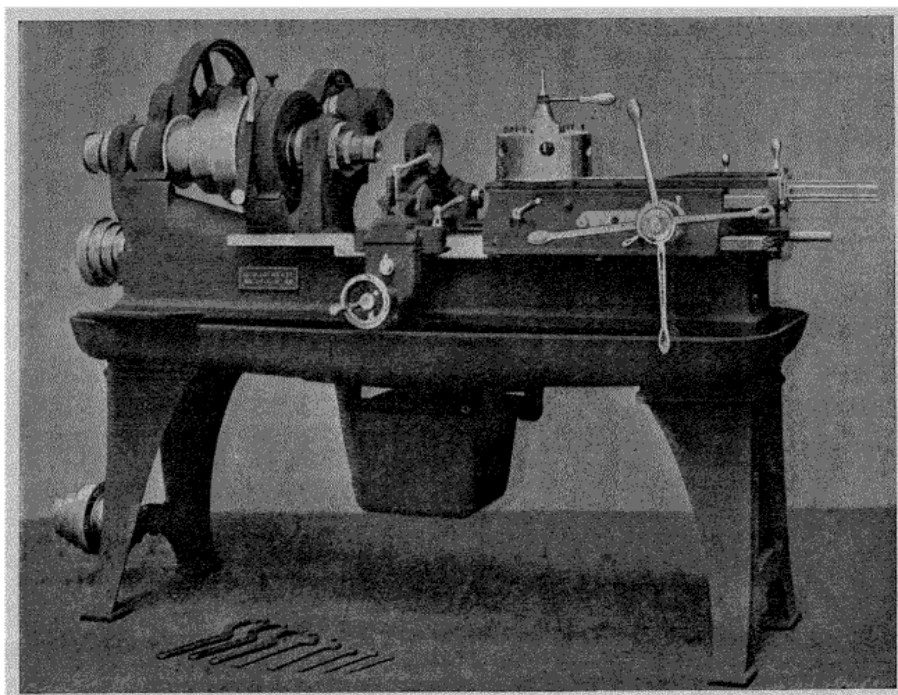


Fig. 5. — Tour à *Chuck*.

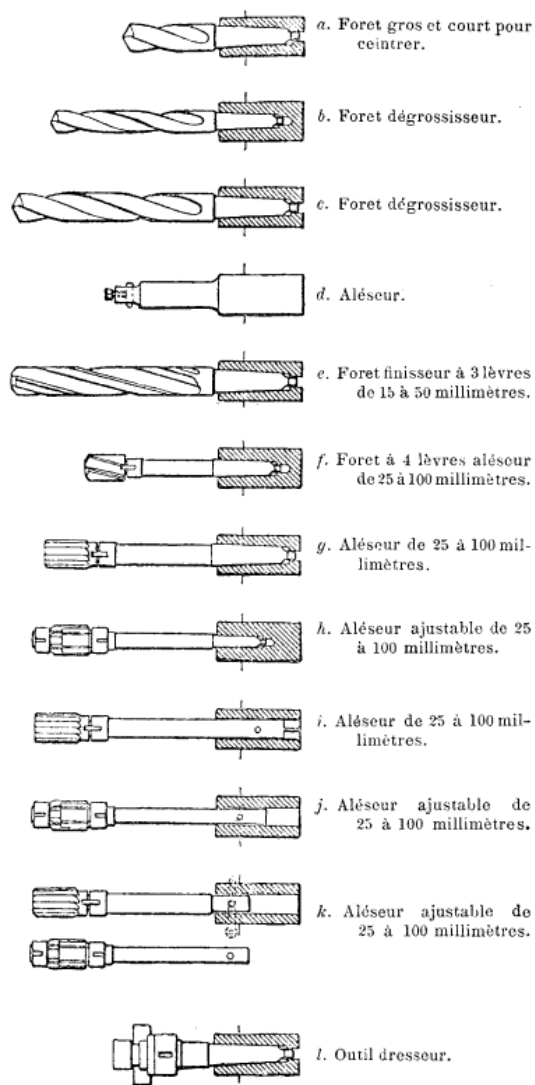
classe des machines à chucker, et rendent les plus grands services pour le perçage, l'alésage et le tournage.

L'on emploiera de plus en plus le tour à charioter comme outil de dégrossissage à grand débit, avec graissage forcé, et dont on peut confier la conduite à n'importe quel ouvrier; le finissage et le polissage de ces pièces dégrossies au tour sont confiés ensuite à des machines spéciales. Ce dégrossissage au tour permet aussi d'économiser beaucoup du travail coûteux de la forge; les vitesses de coupe atteignent facilement aujourd'hui 0^m,60 par seconde, et seront bientôt dépassées par le progrès des aciers à outils (1); elles tendent à s'accélérer sur toutes les machines-outils.

(1) *Bulletin* d'octobre 1901, p. 339.

Le polissage des pièces doit se faire autant que possible dans une réserve spéciale de l'atelier, par des machines spéciales, et en prenant toutes les mesures nécessaires pour l'enlèvement des poussières.

Pour bien utiliser le tour à revolver et la machine à vis, dans leurs applications si



Outils pour chucker et aléser, pour machines à chucker verticales avec 4 trous au revolver.

1. Pour chucker sur la pièce :

outils (a, c, i, j), (b, e, i, j), (a, b, e, k), (a, c, k, l), ou (b, e, k, l).

2. Pour chucker des trous venus de fonte :

(d, f, i, j), (d, e, i, j, f), (d, f, k, l), ou (d, e, k, l).

Pour machines à chucker verticales avec 5 trous au revolver.

1. Chuckage sur la pièce :

(a, b, e, i, j), (a, c, i, j, l), (a, b, e, k, l), ou ((b, e, i, j, l).

2. Chuckage de trous venus de fonte :

(d, f, i, l), (d, e, i, j, l), (d, f, k, l), ou (d, e, k, l).

Pour machines à chucker horizontales avec 4 trous au revolver.

1. Chuckage sur pièce :

(b, e, g, h) ou (c, g, h, e) avec chariot.

2. Chuckage des trous :

(d, e, g, h), (d, f, g, h), sans chariot, (e, g, h, l), avec chariot.

Pour machines à chucker avec 6 trous au revolver.

1. Chuckage sur pièces :

(a, b, d, e, f, g, h, l) ou (a, c, g, h, l).

2. Chuckage des trous (d, e, g, h, l) ou (d, f, g, h, l).

Fig. 6.

nombreuses et variées, il est nécessaire de savoir les outiller avec intelligence, et les bons outilleurs ne sont que trop rares dans la plupart des ateliers; un tour à revolver bien outillé permet d'exécuter des travaux de série très compliqués rapidement et avec précision, travaux qui exigeraient, sur le tour ordinaire, des ouvriers très habiles

et un long apprentissage; la même observation s'applique à l'outillage des tours-alésors verticaux.

Les perceuses ne sont pas, en général, des machines de précision et la plupart des travaux de perçage de précision et de petit alésage doivent s'exécuter sur des machines chucker plus rapides et plus sûres, en totalité ou en finissage; mais on peut étendre et préciser le travail de la perceuse en y adaptant des gabarits d'un type spé-

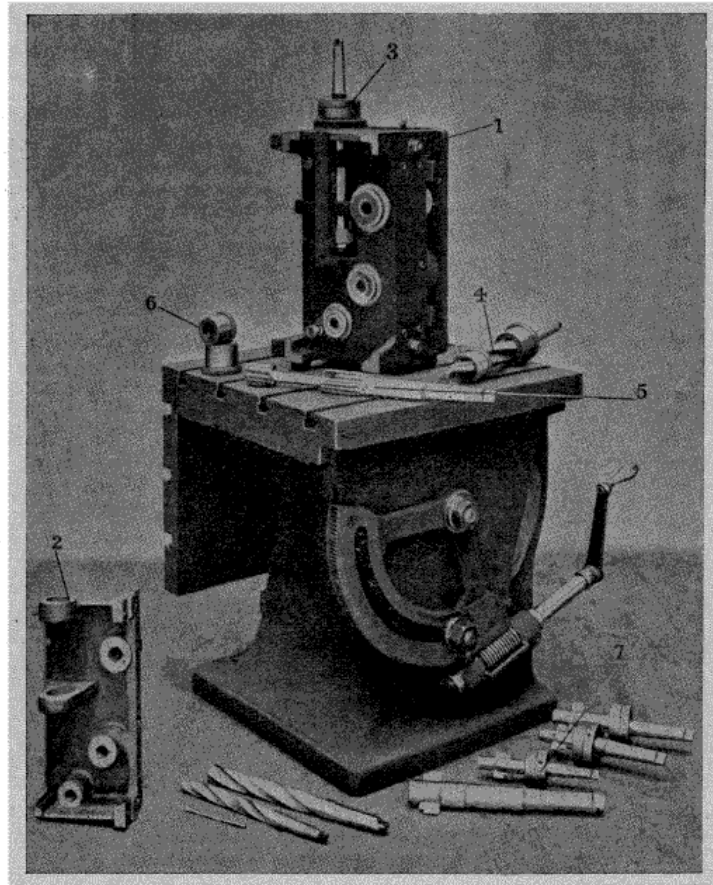


Fig. 7. — Jig pour perceuse.

cial, appelés *jigs*, et qui consistent essentiellement (fig. 7) en une sorte de boîte enveloppant et maintenant la pièce à travailler, et percée de trous-guides dans la direction des trous à percer, aléser ou tarauder sur la pièce; le foret, le taraud ou l'aléreur, ainsi guidé exactement et arrêté à temps par un collet du guide, fonctionne avec une précision et une sécurité parfaites, en même temps que très vite, sans tâtonnements (1).

Les machines-outils portatives prennent de plus en plus d'extension, principale-

(1) *Les machines-outils* à l'Exposition de 1900, p. 118.

ment dans les grands ateliers où l'on a, comme dans ceux où l'on construit des dynamos de grande puissance, à travailler de lourdes pièces, difficiles à manier, et sur lesquelles les surfaces à ouvrer sont relativement petites; il est, dans ce cas, tout naturel que ce soient les machines-outils qui aillent se grouper autour de la pièce à travailler; on peut citer, comme application de ce système, les ateliers de la General Electric, à Shenectady, où les machines-outils, commandées directement par des dynamos, peuvent se grouper à volonté sur une grande plaque de fonte de 53 mètres

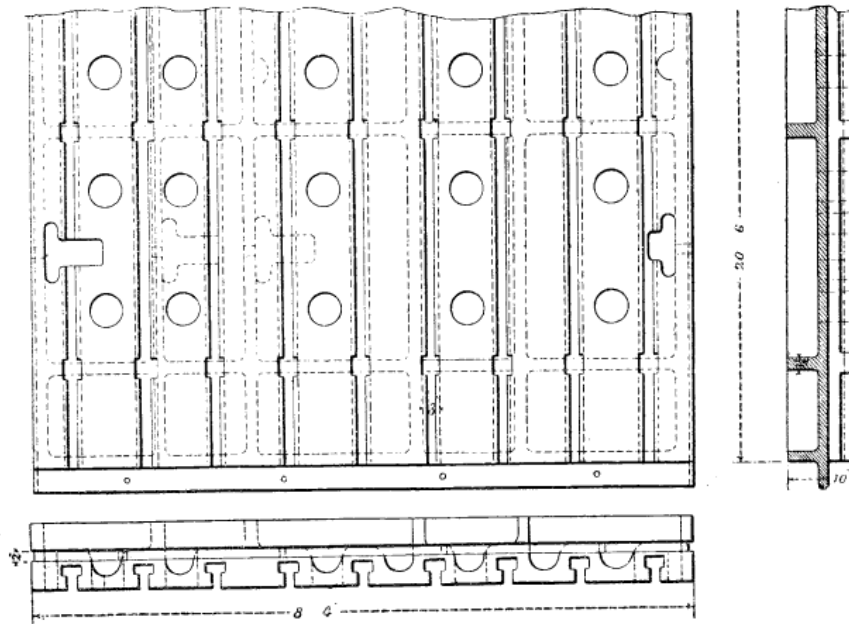


Fig. 8.

de long sur 6^m,15 de large, formée de plaques de 2^m,50 6^m,15 (fig. 8) et l'atelier d'Allis, à Milwaukee, où ces plaques ont 75 mètres de long; on évite ainsi les manœuvres dangereuses et coûteuses des grosses pièces, et l'on utilise au mieux, pour leur travail, des machines courantes qui trouvent presque toujours leur plein emploi dans les travaux divers et courants de l'atelier (1).

Les outils doivent être tenus, avec le plus grand soin, en bon ordre de fonctionnement, affûtés avec précision par des machines spéciales, dont l'emploi est loin d'être suffisamment répandu, surtout en ce qui concerne l'affutage des outils de tour.

Cet affutage et la fabrication du petit outillage doivent se faire dans une division spéciale de l'atelier, avec des machines excellentes, et par des ouvriers outilleurs de

(1) G. Richard, *La machine-outil moderne*, p. 63.

premier ordre; aux États-Unis, les bons outilleurs sont payés jusqu'à 25 francs par jour, et ce n'est pas de l'argent perdu.

La fabrication par pièces interchangeables a singulièrement facilité la tâche des ajusteurs en rendant leur travail plus certain et en évitant les retouches.

Les grands ateliers, à partir d'environ un millier d'ouvriers, ont tout avantage à se compléter par l'adjonction d'un laboratoire d'essais chimiques et mécaniques; la douceur et l'homogénéité des fontes jouent notamment un grand rôle dans le travail et le rendement des fraiseuses.

Il faut ne rien négliger en matière d'installations accessoires des ateliers : chauff-

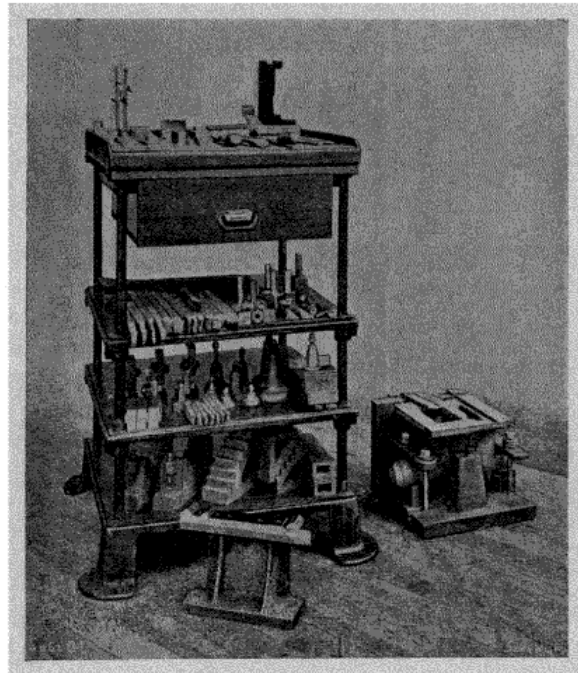


Fig. 9. — Table à outils.

fage, ventilation, lavabos, éclairage, tout ce qui peut contribuer au confort des ouvriers, à faciliter l'installation des transmissions, le rangement des outils (fig. 9).

La question de l'organisation des ateliers est des plus importantes et des plus complexes; les principales recommandations à suivre sont les suivantes : 1^o adopter les meilleures méthodes de fabrication et les meilleures machines adaptées aux travaux de l'atelier, ainsi que les meilleurs outils; 2^o spécialiser les opérations de la fabrication comme outillage et comme surveillance, ce qui dépend beaucoup de l'importance de la fabrication. Si les pièces fabriquées sont en petit nombre, il faut traiter par les mêmes machines différentes parties de ces pièces; lorsque ces pièces sont lourdes et d'une manutention difficile, on peut, au contraire, les attaquer par plusieurs machines

à la fois. Il faut éviter de confier à un seul contremaître la surveillance d'une trop grande variété de machines ou de travaux; il est rare que sa surveillance puisse s'étendre efficacement à plus d'une cinquantaine d'ouvriers. 3° Disposer les différentes parties de l'atelier de manière à réduire les manutentions au minimum. 4° Ne rien négliger de ce qui peut améliorer le confort des ouvriers. 5° Organisation d'un système d'inspection permettant de constater à chaque instant la qualité du travail; cette vérification doit être faite par des inspecteurs indépendants des contremaîtres. 6° Se rendre un compte très exact des prix de revient. 7° Instruire le mieux possible ses ouvriers et ses apprentis, comme ils doivent l'être pour employer utilement les machines les plus perfectionnées.

G. R.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 24 janvier 1902

Présidence de M. LINDER, Président.

M. le Président donne lecture de la lettre suivante :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Dans sa réunion de clôture, la *Commission d'organisation du Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction de 1900* a décidé, pour l'emploi du reliquat de ses fonds, un certain nombre de mesures parmi lesquelles la création d'un prix de trois mille cinq cents francs (3,500), qui ne sera délivré qu'une seule fois. Elle a désiré que l'attribution de cette récompense à l'un des auteurs qui auront le plus contribué à l'activité et à l'éclat du Congrès international des méthodes d'essai de 1900 pût être faite par l'Assemblée qui lui a paru la mieux qualifiée, par son autorité et sa compétence en ces matières, à savoir le *Comité des Arts mécaniques de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*.

Dans l'espoir que vous voudrez bien entrer dans ces vues, Monsieur le Président, j'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien transmettre cette lettre au Comité des Arts mécaniques, en l'invitant à en délibérer.

M. Baclé, secrétaire général adjoint à la Commission d'organisation, 57, rue de Châteaudun, se tiendra à la disposition de M. l'agent général de la Société d'Encouragement, pour effectuer la remise de la somme votée au lauréat qui aura été désigné par le Comité des Arts mécaniques.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes bien dévoués sentiments.

HATON,

Membre de l'Institut,
Président de la Commission d'organisation.

M. le Président adresse au bureau du *Congrès international des méthodes d'essais des matériaux de constructions* et à son président, *M. Haton de la Goupillière*, les plus vifs remerciements de la Société d'Encouragement.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

La direction de l'*Institut central des mines* de Francfort-sur-le-Mein envoie une circulaire par laquelle elle sollicite l'emploi d'ingénieurs experts en matière de mines et demande à ces ingénieurs de lui présenter leurs titres.

M. Mahl, 15, rue Nicolas-Charlet, présente à l'examen de la Société un projet de *Réseau central des fours hydro-électriques de France*. (Arts économiques.)

M. Mamy met à la disposition des membres du Conseil, des cartes pour ses conférences sur la *prévention des accidents du travail* (Au Conservatoire des Arts et Métiers, les dimanches 2, 9, 16 et 23 février ; 2, 6, 16 et 23 mars).

M. J. Garçon présente le fascicule 54 de son *Encyclopédie universelle des industries tinctoriales et annexes*, et remercie la Société d'Encouragement de l'intérêt qu'elle a pour son œuvre.

M. Jacob, 15, rue des Immeubles-Industriels, présente un *dispositif de trolley*, pour tramways électriques. (Arts économiques.)

M. Trépiat, 55, boulevard Gouvion-Saint-Cyr, demande un brevet pour *moteur rotatif*. (Arts mécaniques.)

CORRESPONDANCE INPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 170 du *Bulletin* de janvier.

NOMINATION DE MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société d'Encouragement :

M. Renouard, imprimeur, présenté par *MM. Collignon et G. Richard*.

CONFÉRENCE. — *M. Richard* fait une conférence sur la *Machine-outil moderne*.

M., le Président remercie *M. Richard* de sa conférence, qui sera insérée au *Bulletin*.

Séance du 14 février 1902.

Présidence de *M. LINDER*, Président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. A. Lencachez attire l'attention de la Société sur ses travaux pour *l'outillage des chantiers*, dragues, excavateurs, etc., qu'il soumet à son examen. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Calteaux, cité Plichon, rue du Chemin-Vert, 139, demande une annuité pour un *appareil de photographie*. (Beaux-Arts.)

M. A. Allard, 20, rue Ernest Renan, demande une annuité pour un *tricycle*. (Arts mécaniques.)

M. E. Bayard, 6, rue Schœlcher, présente son procédé de gravure par *cellulotypie*. (Beaux-Arts.)

La *Société des Amis des Arbres* met à la disposition des membres de la Société d'Encouragement des cartes, pour sa séance générale du 1^{er} mars, à 8 heures 1/2 du soir, salle du Musée social, 5, rue Las-Cases.

M. Ramu, de Raon-l'Étape, présente une notice sur *l'emploi des explosifs*, indications pour prévenir les accidents de mines par suite des faux ratés et du rechargement maladroit des fentes à la poudre noire. (Arts chimiques.)

M. le Ministre de l'Agriculture communique la circulaire suivante :

CIRCULAIRE AUX PRÉSIDENTS DES SOCIÉTÉS D'AGRICULTURE, DES COMICES AGRICOLES ET DES SYNDICATS AGRICOLES, RELATIVE A L'ÉTABLISSEMENT DE NOTICES DESTINÉES A FAIRE CONNAÎTRE A L'ÉTRANGER LES PRODUITS DE L'AGRICULTURE FRANÇAISE.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

L'accroissement de la production agricole dans presque tous les pays rend aux producteurs la vente de leurs denrées d'autant plus difficile que l'augmentation extraordinaire des facilités de communication a ouvert à tous l'accès des principaux marchés du monde et créé ainsi, sur ces marchés, une vive concurrence entre toutes les nations.

La nécessité s'impose cependant, pour notre pays, comme pour la plupart de nos concurrents, non seulement de maintenir au dehors les débouchés déjà existants, de retrouver ceux qui ont pu être perdus, mais encore de les développer et d'en créer de nouveaux, car notre marché intérieur devient de plus en plus insuffisant au fur et à mesure que progresse notre production.

Il faut donc, en premier lieu, que nos industriels et nos agriculteurs soient complètement renseignés sur les débouchés qui existent ou peuvent s'ouvrir pour eux à l'étranger.

L'Office de renseignements agricoles que j'ai créé au Ministère de l'Agriculture a notamment pour but de les guider à ce sujet. Toutefois, il m'a semblé qu'il ne suffisait pas d'indiquer à nos producteurs les marchés sur lesquels leurs marchandises pourraient trouver preneur à des prix avantageux et de les fixer sur les conditions d'expédition et de vente, mais qu'il convenait parallèlement de forcer l'attention du consommateur étranger sur nos produits, de gagner sa confiance et de l'amener à traiter avec nos agriculteurs, nos syndicats et nos commerçants, en lui démontrant la valeur de nos produits, en l'éclairant sur nos méthodes de culture ou de fabrication et en lui donnant toutes les indications de nature à lui faciliter les achats qu'il voudrait faire.

Pour atteindre ce but, j'ai pensé que le moyen le plus pratique et, dans tous les cas, le moyen à employer avant tout autre serait de répandre à l'étranger, en les envoyant, par exemple, à tous nos agents diplomatiques et consulaires, aux Chambres de commerce, à nos conseillers d'agriculture et aux conseillers de commerce extérieur, des notices détaillées sur chacun de ceux de nos produits agricoles qui sont susceptibles de trouver au dehors un écoulement certain et fructueux.

Ces brochures, qui seraient rédigées et distribuées par les soins de l'Office de renseignements agricoles, donneraient principalement, pour chaque produit, quelques notes sommaires, mais précises, sur sa culture, sa fabrication ou sa préparation, de manière à mettre en relief les soins apportés dans son obtention, les principaux centres de production, l'importance de cette production, les diverses qualités obtenues, les cours ou les prix habituels du commerce, des indications sur les associations et les syndicats susceptibles d'entrer en relations directes avec les consommateurs, etc.

Évidemment, ces notices ne produiront d'effets que si les renseignements qu'elles renferment sont rigoureusement exacts. C'est pourquoi, j'ai décidé de faire appel au concours de tous ceux qui, comme vous, Monsieur le Président, sont en situation de fournir, d'une façon précise, les indications nécessaires à la confection des publications dont je viens de vous exposer l'objet.

Persuadé que vous voudrez bien vous associer à cette œuvre d'intérêt général, je vous

adresse, sous ce pli, une note résumant les principaux points sur lesquels l'Office de renseignements agricoles vous demanderait de lui fournir des indications. Je m'empresse, d'ailleurs, de vous faire observer que cette note n'est point limitative et que je vous serais obligé d'y joindre tous les renseignements complémentaires qui vous paraîtraient intéressants.

J'ajouterai, enfin, que la mévente des vins faisant actuellement et à juste titre l'objet des préoccupations des pouvoirs publics, j'ai décidé de consacrer la première notice aux *vins français*. Je vous prierai donc, Monsieur le Président, de bien vouloir me faire parvenir, aussi tôt que possible, les renseignements relatifs à cette question.

NOTE RELATIVE AUX NOTICES AGRICOLES

Prière de vouloir bien indiquer :

A. — *La liste des produits agricoles de la région susceptibles d'être exportés.*

B. — *Pour chacun de ces produits indiquer :*

1° Principaux centres de production;

2° Importance moyenne de la récolte pour chaque centre de production, et qualité du produit obtenu;

3° Notions sommaires;

a) Sur les méthodes culturales;

b) Sur les procédés de fabrication usités dans votre région;

c) Sur les produits qui méritent une mention spéciale (pour les vins, par exemple, indiquer le classement des principaux crus et faire l'historique et une monographie sommaires de chacun d'eux);

4° Principaux marchés agricoles de la région, foires et marchés affectés spécialement à un produit déterminé (date de leur tenue — importance des transactions);

5° Associations et syndicats agricoles susceptibles d'entrer en relations directes avec le consommateur étranger pour la vente;

6° Indiquer l'époque de l'année où la vente serait particulièrement favorable pour les expéditions à l'étranger;

7° Prix moyen aux différentes époques de l'année.

M. W. Lawton annonce l'ouverture au Cristal-Palace, à Londres, du 1^{er} au 12 avril, de l'*International Press and Printing Exhibition*. Bureaux, 140, Fleet, S. London.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 310 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Ch. Donders, fondeur en métaux à Nancy, présenté par *M. Brull*.

Maurice Leblanc, ingénieur-électricien à Paris, présenté par *M. C. Richard*.

Larnaude, ingénieur des Arts et Manufactures, à Paris, présenté par *MM. Bernard et Lavalard*.

La Société des usines Franco-Russes à Saint-Petersbourg, présentée par *M. Baclet*.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et approuvés les rapports de *MM.*

H. Le Chatelier, au nom du Comité des Arts chimiques, sur un projet d'études géologiques des gisements d'argile de France.

H. Fontaine, au nom du Comité des Arts économiques, sur l'*appareil de MM. Vaillard et Desmaroux*, pour la *Stérilisation des eaux potables*.

COMMUNICATIONS. — Sont présentées les communications suivantes :

M. E. Simon. Note sur un procédé d'*essai de résistance à la pénétration* de matières élastiques ou non, breveté par *M. Persoz*.

M. Hour. *Horloge perpétuelle*.

M. Alby. *Développement des Sociétés d'Ingénieurs en Angleterre et en Allemagne*.

M. le Président remercie *MM. Simon, Hour et Alby*, de leurs intéressantes communications qui sont renvoyées aux comités compétents.

BIBLIOGRAPHIE

LES CHAUDIÈRES MARINES, PAR M. L.-E. Bertin.

Nous avons signalé, au *Bulletin* d'octobre 1896, la première édition de ce remarquable ouvrage, qui nous revient aujourd'hui, mise au courant des derniers progrès de son sujet et presque doublé : nous ne donnerons pas de nouveau une analyse complète de cet ouvrage, établi sur le même plan que la première édition : nous nous bornerons à résumer le chapitre consacré à la question si actuelle des *chaudières à tubes d'eau*, ou, comme les appelle M. Bertin, les *chaudières tubuleuses*.

Les avantages généraux de ces chaudières sont bien connus : ce sont : leur aptitude à résister aux pressions très élevées (les chaudières américaines Mosher vont jusqu'à 31 kil. et l'on atteint couramment 22 kil.) et leur immunité relative en ce sens qu'elles ne peuvent pas occasionner de désastres comparables aux explosions violentes des chaudières à grands volumes d'eau ; mais elles peuvent néanmoins, surtout dans les chambres de chauffe fermées, occasionner, par brûlures et asphyxie, de véritables catastrophes, qui sont dues d'ailleurs moins aux chaudières mêmes qu'au défaut de certaines précautions à prendre pour permettre la sortie rapide du personnel.

Les avantages des chaudières à tubes d'eau particuliers à la marine sont : leur légèreté, leur aptitude à supporter le tirage forcé et la rapidité de leur mise en pression. En ce qui concerne la légèreté, il faut distinguer entre les chaudières à circulation limitée, construites pour la marche régulière en tirage modéré, et les types à circulation accélérée. Les chaudières du premier type peuvent développer, en moyenne, et en marche normale, environ 160 chevaux par mètre carré de grille, bien que l'on soit allé jusqu'à 175 et même 250 chevaux, mais en forçant les chaudières, et avec des productions excessives de fumée ; elles sont en somme inférieures, sous ce rapport, aux chaudières cylindriques, qui donnent 200 chevaux par mètre carré de grille, et aux chaudières locomotives, qui en donnent 350 ; les chaudières à circulation accélérée leur sont au contraire supérieures, avec des productions allant jusqu'à 400 et 450 chevaux par mètre carré de grille. D'autre part, les poids par cheval des deux types de chaudières à tube d'eau ne sont guère, respectivement, que les $\frac{2}{3}$ et le $\frac{1}{4}$ de celui des chaudières cylindriques : ces poids sont, pour les chaudières à circulation limitée, d'environ 40 kil. sur de grands navires et de 35 kil. environ pour les chaudières à circulation accélérée, avec lesquelles il peut descendre à 12 kil. sur les torpilleurs. La mise en pression ne dure guère qu'une heure au lieu de 4 avec les chaudières cylindriques, avantage précieux surtout pour la marine de guerre, mais moins sensible dans celle de commerce, où le réchauffage d'une grande machine dure prudemment une dizaine d'heures.

Le coefficient d'encombrement horizontal, c'est-à-dire le rapport de la projection horizontale de la chaudière à celle des grilles, descend à 1,5 pour la chaudière Niclausse, au lieu de 1,75 pour les chaudières cylindriques à double façade et 2 pour celles à

(1 2^e édition. In-8° 364 p., Paris, Bernard.

simple façade; pour les chaudières à circulation accélérée il oscille de 2,5 à 3, de sorte que ces chaudières sont, sous ce rapport, notablement inférieures aux cylindriques.

Le prix des chaudières à tubes d'eau par mètre carré de grille varie suivant le type et l'état de la concurrence; on peut l'évaluer, pour les grands appareils, à environ 12 000 francs, avec tous les accessoires, et, en général, à meilleur marché que celui des chaudières cylindriques correspondantes. Quant à la durée, elle est extrêmement variable suivant les circonstances si variées du service; en général, la chaudière à tubes d'eau a besoin de réparations partielles beaucoup plus fréquentes que celles de la chaudière cylindrique, mais la facilité de ces réparations en compense le nombre. Les chaudières à circulation accélérée peuvent durer environ huit ans avec retubage après cinq ans. En somme, les questions de prix et de durée ne peuvent avoir qu'une influence secondaire sur le choix entre les différents systèmes de chaudières; les motifs d'ordre techniques priment infiniment les autres.

Le remplacement des tubes se fait, sur les chaudières Niclausse, en deux minutes, et le remplacement d'un serpentín en une heure sur les Belleville; sur les chaudières à tubes recourbés, ce remplacement est moins rapide, mais encore, en général, moins long que sur les chaudières cylindriques: les réparations sont infiniment plus faciles que celles résultant d'un coup de feu aux chaudières cylindriques. Quelques chaudières seulement, celles d'Allest entre autres, permettent le tamponnage en marche d'un tube crevé; et, pour celles où cette opération est impossible, l'on peut parfois employer des systèmes de tamponnage automatique, comme celui de MM. Ravier et Janet, avec les chaudières Du Temple. Enfin on peut, dans certains cas, employer, pour l'examen des tubes avariés, l'appareil optique de M. Vinsonneau (1).

La plupart des chaudières à tubes d'eau peuvent résister aux variations de température les plus brusques, auxquelles les chaudières cylindriques sont, au contraire, très sensibles, de sorte que les entraînements d'eau sont le seul obstacle aux variations d'allures brusques des machines.

En revanche, et en raison de leur faible volume d'eau, les chaudières à tube d'eau sont très sensibles aux variations de niveau, principalement celles à circulation libre, dont les tubes à peu près horizontaux sont exposés à se vider, tandis que les tubes des chaudières à circulation limitée ou accélérée sont toujours remplis d'une émulsion de vapeur et d'eau qui en rend la surchauffe moins à craindre.

Il faut absolument éviter les dépôts dans les tubes: ils y arrêtent la circulation; il faut employer de l'eau très pure, interdire la réparation à l'eau de mer.

Les chaudières à tubes d'eau peuvent donner, au vent forcé, d'excellents résultats, mais à la condition d'être bien construites et très bien conduites, car, comme le dit fort bien M. Bertin, « elles ne sont pas l'appareil de construction facile et de conduite rudimentaire que quelques-uns supposent. Il n'y a pas actuellement, dans le tracé et la construction des machines, de problèmes approchant en difficulté de ceux qui se rapportent aux chaudières; il n'y a pas de poste, dans la machine, pour lequel il faille autant de soin, toujours, et, parfois autant de sang-froid, d'intelligence et d'initiative que pour la conduite des feux ».

Les chaudières à circulation accélérée Du Temple, Normand, inférieures aux chaudières modérées en ce qui concerne le ramonage des tubes et la facilité de visite et de réparation, leur sont supérieures sous le rapport de la bonne combustion et de

(1) *Bulletin*.

l'utilisation de la chaleur, surtout aux allures vives: les chaudières à tubes verticaux formant voûte au-dessus de la grille présentent, au contraire des chaudières à tubes horizontaux, une vaste chambre de combustion, qui permet, dans certains cas, de rendre le ramonage inutile en cours de marche; ces chaudières sont actuellement adoptées pour les torpilleurs, contre-torpilleurs, petits croiseurs et, en général, tous les bâtiments de dimensions modérées, et à grandes vitesses.

THE ENGINEERING INDEX (1896-1900), PAR MM. H. H. Suplee ET J. H. Cuntz (1).

L'excellente revue américaine l'*Engineering Magazine* publie, chaque mois, une littérature très complète des principaux périodiques anglais, allemands et français qui intéressent les ingénieurs; le volume qu'elle vient d'éditer, sous le titre d'*Engineering Index*, et qui fait suite à deux autres du même genre allant de 1884 à 1895, renferme toutes ces littératures parues pendant les cinq années, de 1896 à 1900, groupées dans un ordre clair et logique rendant les recherches des plus faciles. Cet index renferme plus de 40 000 citations, empruntées à environ 200 publications; il fait le plus grand honneur à ses auteurs et à son éditeur, et son utilité est incontestable pour quiconque veut se tenir au courant de la littérature si féconde et si variée de l'art de l'ingénieur.

G. R.

Les Bateaux sous-marins et les Submersibles (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*), par M. R. d'EQUEVILLEY.

A l'heure où la Marine française possède déjà une quarantaine de sous-marins et se voit suivie dans la nouvelle voie par les autres amirautés, l'auteur a cru utile de condenser en un petit volume tout ce qu'il est indispensable à tout le monde de savoir aujourd'hui en matière de sous-marins.

Ne pouvant entrer dans tous les détails techniques à cause du côté secret que présentait son sujet, il en a profité pour faire un Ouvrage qui, tout en restant d'une exactitude scientifique rigoureuse, est complètement débarrassé de formules, ce qui en rendra la lecture accessible à tous.

Cet Ouvrage contient toutes les définitions des nouvelles classes de torpilleurs, *sous-marins*, *sous-marins autonomes*, *submersibles*, qui désignent des engins très différents les uns des autres et qu'on voit cependant à chaque instant confondre faute de documentation.

L'auteur traite les grandes lignes historiques de la question : on y trouvera quelques renseignements *complètement inédits* et qui éclairent de leur impartialité l'histoire si souvent dénaturée de cette nouvelle branche des Constructions navales. Puis il examine successivement tous les points importants du problème, indiquant les solutions adoptées. L'habitabilité, la vue, la théorie de la plongée et de l'immersion, la stabilité dans les diverses positions, l'étude des différents systèmes moteurs et des accumulateurs électriques au point de vue de leur application à la navigation sous-marine, viennent remplir les différents Chapitres de l'Ouvrage.

L'auteur termine par quelques mots sur la tactique et une discussion des différents programmes de Concours qui ont été institués par les amirautés française, américaine et italienne.

(1) In-8° 1030 p. New-York, aux bureaux de l'*Engineering Magazine*.

Mesures électriques. *Essais industriels (Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire)*,
par Eug. VIGNERON.

Ce volume forme la deuxième Partie du Travail entrepris par l'auteur pour décrire, d'une façon complète, les derniers perfectionnements apportés dans les méthodes et les appareils de Mesures électriques.

La première Partie avait été consacrée exclusivement aux Mesures dites de *laboratoire*. Dans ce second Livre, l'auteur a surtout étudié les appareils de contrôle relatifs aux Machines. Pour ne rien omettre, il a été amené à parler de quelques autres systèmes de mesures, mécaniques ou autres, dont l'usage est courant dans les installations électriques. L'auteur s'est adressé principalement à l'Ingénieur. Il a donné en toutes occasions les conseils du praticien expérimenté et a indiqué les exigences qu'on est en droit d'imposer dans les cahiers des charges et les essais d'arbitre ; il a insisté, par contre, sur la nécessité et les moyens de simplifier certains contrats.

Cet Ouvrage, ainsi compris, sera un guide des plus précieux pour les Ingénieurs et les Experts qui s'occupent de l'industrie électrique et en suivent de près les progrès.

Le Vin (*Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire*), par H. ASTRUC.

Ce petit Ouvrage résume les principes *rationnels* d'une bonne vinification permettant d'obtenir un vin rouge ou blanc de consommation courante avec la majorité des raisins. Il condense en très peu de pages l'état actuel de l'industrie vinicole et son avenir probable, la composition de la matière première et l'étude scientifique du matériel et des instruments, leur mise en œuvre conformément aux dernières découvertes œnologiques, la composition, les traitements, l'appréciation et la conservation du produit. Un dernier chapitre indique l'utilisation possible des sous-produits.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN FÉVRIER 1902

Le sucre de betterave en France de 1800 à 1900, par M. J. Helot. In-4°, 220 p. Cambrai, imprimerie Fernand et Deligne.

Les chaudières marines, par M. L.-C. Bertin (2^e édition). In-8°, 364 p., 300 fig. Paris, Bernard.

De **L'Électricité à l'Exposition**, 4^e fascicule. *Transformation de l'énergie électrique. Transformateurs*, par MM. Hospitalier et Banville. In-4°, 88 p., 167 fig. Paris, Dunod.

Législation des cours d'eau, sources, rivières, cours d'eau non navigables, par M. P. Borgault. In-8°, 200 p. Grenoble, Gratier et C^{ie}.

Du Ministère du Commerce. Brevets d'invention, n^{os} 294719 à 295797. *Décembre 1899*.

Rapport sur l'application, pendant l'année 1900, des lois réglementant le travail. In-8°, 70 p. Imprimerie nationale.

Chambre de commerce d'Alger. Année 1900-1901. In-8°, 330 p. Alger, typographie Jourdan.

Bulletin de la Société d'Économie politique, année 1901, Paris, Guillaumin.

L'industrie française des instruments de précision, 1901-1902. Catalogue. In-8°, 271 p. Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 20, rue Serpente.

American Society of Mechanical Engineers. Transactions, 1901. In-8°, 1164 p.

The Engineering Index 1896-1900. In-8°, 1030 p. Bureaux de l'Engineering Magazine, New-York.

De M. P. Gervais. **Les champs d'expériences des Causses. Études pratiques sur la reconstitution du vignoble, adaptation et reconstitution en terrains calcaires**.

Association des industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n^o 19. **Lutte contre la tuberculose dans l'usine et l'atelier**. Rapport de M. Mamy. In-8°, 40 p. Au siège de la Société, 3, rue de Lutèce.

International Engineering Congress of Glasgow. Proceedings of section VII (Municipal). In-8, 128 p. Londres Spon.

Statistique viticole de la Côte-d'Or, 4^e année, 1901. In-8°, 40 p. Dijon, typographie Sirodot-Carré.

Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1900. In-8°, 150 p. Le Caire, Imprimerie de l'Institut français.

De la *Smithsonian Institution* **Miscellaneous Collections.** Vol. XLII. In-8°, 1980 p. Washington.

Die Geschichte des Eisens, par M. L. Beck (5^e fascicule). In-8°, 160 p. Brunswick of Vieweg.

De la *Direction générales des douanes.* **Tableau général du commerce et de la navigation.** Année 1900, 2 vol. *Navigation.* In-4°, 443 p. Imprimerie nationale.

De *l'Encyclopédie Léauté.* **La question de l'eau potable devant les municipalités**, par M. P. Guichard, in-8, 190 p., Paris, Gauthier-Villars.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Janvier au 15 Février 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> . . . Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> . . . Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> . . . Annales de la Construction.	<i>MC.</i> . . . Revue générale des matières colo-
<i>ACP.</i> . . . Annales de Chimie et de Physique.	rantes.
<i>AM.</i> . . . Annales des Mines.	<i>N.</i> . . . Nature (anglais).
<i>AMa.</i> . . . American Machinist.	<i>PC.</i> . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>Ap.</i> . . . Journal d'Agriculture pratique.	<i>Pm.</i> . . . Portefeuille économ. des machines.
<i>APC.</i> . . . Annales des Ponts et Chaussées.	<i>RCp.</i> . . . Revue générale de chimie pure
<i>Bam.</i> . . . Bulletin technologique des anciens	et appliquée.
élèves des écoles des arts et	<i>Rgc.</i> . . . Revue générale des chemins de fer
métiers.	et tramways.
<i>BMA.</i> . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Rgds.</i> . . . Revue générale des sciences.
<i>CN.</i> . . . Chemical News (London).	<i>Ri.</i> . . . Revue industrielle.
<i>Cs.</i> . . . Journal of the Society of Chemical	<i>RM.</i> . . . Revue de mécanique.
Industry (London).	<i>Rmc.</i> . . . Revue maritime et coloniale.
<i>CR.</i> . . . Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rs.</i> . . . Revue scientifique.
Sciences.	<i>Rso.</i> . . . Réforme sociale.
<i>DoL.</i> . . . Bulletin of the Department of La-	<i>RSL.</i> . . . Royal Society London (Proceedings).
bor, des États-Unis.	<i>Rt.</i> . . . Revue technique.
<i>Dp.</i> . . . Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>Ru.</i> . . . Revue universelle des mines et de
<i>E.</i> . . . Engineering.	la métallurgie.
<i>E'.</i> . . . The Engineer.	<i>SA.</i> . . . Society of Arts (Journal of the).
<i>Eam.</i> . . . Engineering and Mining Journal.	<i>SAF.</i> . . . Société des Agriculteurs de France
<i>EE.</i> . . . Eclairage électrique.	(Bulletin).
<i>Elé.</i> . . . L'Électricien.	<i>ScP.</i> . . . Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Ef.</i> . . . Économiste français.	<i>Sie.</i> . . . Société internationale des Électri-
<i>EM.</i> . . . Engineering Magazine.	ciens (Bulletin).
<i>Es.</i> . . . Engineers and Shipbuilders in	<i>SiM.</i> . . . Bulletin de la Société industrielle
Scotland (Proceedings).	de Mulhouse
<i>Fi.</i> . . . Journal of the Franklin Institute	<i>SiN.</i> . . . Société industrielle du Nord de la
(Philadelphia).	France (Bulletin).
<i>Gc.</i> . . . Génie civil.	<i>SL.</i> . . . Bull. de statistique et de législation.
<i>Gm.</i> . . . Revue du Génie militaire.	<i>SNA.</i> . . . Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> . . . Industrie électrique.	<i>SuE.</i> . . . Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> . . . Industrie minérale de St-Étienne.	<i>USR.</i> . . . Consular Reports to the United
<i>IME.</i> . . . Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> . . . Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> . . . La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> . . . Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> . . . La Nature.	Ingenieure und Architekten-
<i>Lo.</i> . . . Locomotion.	Vereins.

AGRICULTURE

Avoine (Fumure de l'). *Ap.* 6 Fév., 177.

Bétail. Différences de conformation des bêtes bovines. *Ag.* 18 Janv., 97.

— Mérinos de Champagne et de l'Île-de-France. *Ap.* 6 Fév., 190.

— Méclasse pour son alimentation. *Ag.* 25 Janv., 437. *Maïs.* *Id.* 15 Fév., 262.

— Hygiène des animaux domestiques. *Ap.* 25 Janv., 107.

— Diphtérie aviaire, vaccin et sérum (Thierry). *Ap.* 25 Janv., 112.

Caroube (Le). *Ap.* 30 Janv., 142.

Cheval allemand (Le). *Ap.* 25 Janv., 108.

Cidre (Hygiène du) (Monthier). *Ag.* 25 Janv., 133.

Engrais (Analyse des). *Cs.* 15 Janv., 74.

— Modifications chimiques de la plante soumise au chlorure de sodium (Charabot et Hebert). *CR.* 20 Janv., 181.

— Sur des prairies naturelles. *Ag.* 8-15 Fév., 214, 253.

— Doses pour les différentes plantes. *Ag.* 15 Fév., 249.

Ensilage. Types de Silos. *Ag.* 25 Janv., 139, 1 Fév., 179. *Ap.* 30 Janv., 130.

Infection et tubérose chez les végétaux (Bernard). *Rgds.* 15 Janv., 8.

— Fromage de Roquefort. *Ap.* 13 Fév., 213.

Iris. Culture en Italie. *Ag.* 25 Janv., 120.

Labour avant l'hiver (Avantage du). *Ag.* 18 Janv., 93.

Grêle. Défense contre la (Plumandon). *Rs.* 8 Fév., 173.

Laiterie urbaine à Berlin. *Ap.* 30 Janv., 143.

— Vente du lait à Paris. *Ap.* 6 Fév., 187.

Maïs. Égreneur Black Hawk. *Ap.* 25 Janv., 113.

Orge. Conditions générales de végétation (Grandeau). *Ap.* 13 Fév., 213.

Osiers (Coupe des). *Ap.* 23 Janv., 106.

Poule de Bresse. *Ap.* 25 Janv., 114.

Prairies humides (Fumure des) (Couslon). *Ap.* 23 Janv., 103, 6 Fév., 186.

Pommes de terre mâles et femelles (Schribaux). *Ap.* 6 Fév., 178.

Pommiers. Guérison du chancre. *Ag.* 15 Fév., 263.

Sous-sol (Amélioration d'un) (Heuzé). *Ap.* 16 Janv., 73.

Engrais. *Terres bourbeuses* et sols maraichers, amélioration. *Ap.* 13 Fév., 217.

Tonkin (Une grande exploitation agricole au). *Rso.* 16 Janv., 139.

Topinambours (Sélection des) (Ammann). *Ap.* 6 Fév., 183.

Vignes. Dépérissement par le cœpophagus échinopus (Mangin et Viala). *CR.* 27 Janv., 231. (Jourdin) *Id.* 3 Fév., 316.

CHEMINS DE FER

Chemins de fer de l'Uganda. *SA.* 14 Fév., 229.

— États-Unis. Statistique 1899. *Rgc. Sept.*, 143.

— Métropolitain de New-York. *E.* 24-31 Janv., 110, 141. 14 Fév., 203.

— à faible trafic en Prusse. *Rgc. Sept.*, 132.

— Indes néerlandaises, voie étroite (A. Moreau). *IC. Déc.*, 924.

— Toul à Pont Saint-Vincent, construction de la ligne. *Ac. Fév.*, 18.

— *Électriques.* Trains à unités motrices multiples. *Ri.* 18 Janv., 24.

— — Omnibus à trolley. *Pm. Janv.*, 2.

— — de l'Exposition. *EE.* 1-8 Fév., 153-189.

— — de Berlin. *SuE.* 1 Fév., 129. *VDI.* 13 Fév., 217.

— — Milan-Galbarate, réseau de l'Italienne de la Méditerranée. *Rgc. Sept.*, 126.

Éclairage par dynamos. Essais du P.-L.-M. *EE.* 17 Janv., 81.

Freins. Influence du freinage sur les poutres de pont à fortes rampes (Rey) *Rgc. Sept.* 112.

Gare d'Orléans. Quai d'Orsay. *Ge.* 25 Janv., 201.

— Gare d'Austerlitz, triage des petits paquets (Pons). *Rgc. Sept.*, 97.

Locomotives (Réunion de la conférence sur les) à Calcutta. *E.* 17 Janv., 53-63.

— Player-Baldwin au pétrole. *RM. Janv.*, 77.

— Express. Six couplées. *Est Français.* *E.* 24 Janv., 93. *Compound Nord.* *Pm. Fév.*, 18.

— Expérimentales pour l'État égyptien. *E.* 8 Fév., 137.

- Locomotives.** Compound tender des Indes néerlandaises, voie de 1 mètre. *E'*. 15 Fév., 158.
- Surchauffeur Schmidt. *VDI*. 4 Fév., 146, 189.
- — Emploi de la vapeur surchauffée. *E'*. 31 Janv., 116.
- Distribution Henschell. *RM*. Janv., 80.
- Ressorts plats.** Essais. *E'*. 15 Fév., 157.
- Signaux.** Electro-pneumatiques Westinghouse. *Rt*. 10 Janv., 2.
- Trains anglais et français en 1901** (Rous-Martin). *E'*. 15 Fév., 155.
- Wagons métalliques** aux États-Unis. *Ri*. 15 Fév., 70.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles** postaux en Tunisie. *Ln*. 18 Janv., 97.
- à pétrole. Classification. *La*. 10 Janv., 33.
- — de Dion. *Lo*. 18 Janv., 37. 1-15 Fév., 68-98. Eldin et Lagier. *La*. 6 Fév., 87. Clément. *Lo*. 8 Fév., 85.
- Radiateur Loyal. *La*. 16 Janv., 40.
- Motocycles en 1902. *Ln*. 1 Fév., 140.
- Électriques. Meynier et Legros. *Eli*. 15 Fév., 81-97. Rapides. *ZOI*. 14 Fév., 113.
- Frein rétrograde B. S. A. *Lo*. 25 Janv., 62.
- Tramways.** Électriques à contact Kingsland. *Ln*., 18 Janv., 108.
- — C^{ie} parisienne de tramways. *Lo*. 18 Janv., 42.
- — de Cassel. *Rgc. Sept.*, 157.
- — à automotrices multiples commandées d'un seul point (Blackstone). *EE*. 25 Janv., 113.
- — Grenoble-Chapareillan. *Rgc. Sept.*, 156.
- — Nogentais. *EE*. 25 Janv., 133.
- — Prise de courant Smith. *EE*. 1 Fév., 182.
- Vélocipèdes.** Freins divers. *Ln*. 8 Fév., 155.
- Pédalier sans clavette de la Société La Française. *Lo*. 8 Fév., 93.

CHIMIE ET PHYSIQUE

- Acétylène.** Décomposition pendant sa combustion (Gaud). *CR*. 20 Janv., 175.

- Acides Chromique.** Détermination rapide de sa valeur et de celle des cromates solubles (Kebler). *Fi*. Janv., 57.
- **Sulfurique.** Chambre de plomb, réforme des. *Cs*. 31 Janv., 10.
- — Procédé de contact (Knietzsch). *Rcp*. 9 Fév., 49.
- **Formique.** Nouvelle synthèse (Moissan). *CR*. 3 Fév., 261.
- Acoustique.** Anémomètre pour ondes stationnaires du son (B. Davis). *American Journal of Science*. Fév., 129.
- Alcool.** Éclairage à (Denayrouse). *IC*. Déc., 971.
- Nouveaux usages industriels (Bellet). *Rs*. 15 Fév., 207.
- Amidon de maïs.** Fabrication (Archbold). *Cs*. 15 Janv., 4.
- Ammoniaque.** Action sur les métaux à hautes températures (Beilby) et Handerson). *ScP*. 20 Janv., 52.
- distillation des eaux ammoniacales. Emploi de la chaux. *Cs*. 15 Fév., 167.
- Baryum.** Préparation (Stansfield). *AcP*. Fév., 204.
- Béryl.** Spectre quantitatif (Hartly). *CN*. 17 Janv., 25.
- Carbure de calcium,** pouvoir réducteur (Kisgelgen). *Rcp*. 26 Janv., 34.
- Carbures acétyléniques.** Recherches (Moureu et Delange). *ACP*. Fév., 239.
- Bronzage.** Procédés des anciens alchimistes (Hopkus). *CN*. 31 Janv., 49.
- Brasserie.** Divers. *Cs*. 15-31 Janv., 60. 131.
- Carbonisation du bois.** État de l'industrie en France (Duchemin). *Rcp*. 26 Janv., 25.
- Céramique.** Grès (état actuel de l'industrie des) (Granges). *Rcp*. 12 Janv., 1.
- Fusibilité des silicates et borates utilisés en céramique et verrerie (Granger). *Ms*. Fév., 81.
- Ciments.** Uniformisation des analyses, des matériaux constituant le ciment. Portland. Rapport du comité américain. *Cs*. 15 Janv., 13. *Le Ciment*. Janv. 10.
- — Inspection et essais (Humphrey). *Fi* Janv., 23; Fév., 93.
- — Usine de Rudelsburg. *VDI*. 25 Janv., 110. de Johnson and C^o Greenhite. *E'* 8 Fév., 130.

- Chrome.** Cristallisation du Sesquioxyde (Ditte). *CR.* 10 Fév., 336.
- Cristaux.** Structure interne des cristaux cubiques à clivages octaédriques (Sollas). *RSL.* 31 Janv., 294.
- Cyanures** du commerce (les) (Hertig). *Ms. Fév.*, 122.
- Distillerie.** Vaporisation des jus (Jordan). *E.* 17 Janv., 71.
- Influence des aldéhydes sur la maturation des spiritueux (Hervitt). *Cs.* 31 Janv., 96.
- Eaux.** Stérilisation par l'ozone. *E.* 17 Janv., 68.
- Égouts.** Filtrage continu. (Stoddart). *Cs.* 15 Fév., 183.
- Équilibres chimiques.** Neutralisation de l'acide phosphorique. Réactions de deux bases simultanément en présence de l'acide phosphorique. Formation des phosphates insolubles par double décomposition. Phosphate d'ammoniaque et chlorures de baryum et de sodium (Berthelot). *ACP. Fév.*, 143-200.
- Essences et parfums.** Divers. *Cs.* 15 Fév., 186.
- Gaz d'éclairage.** Historique de l'incandescence (Auer). *Ms. Fév.*, 117.
- Glycérines** industrielles et commerciales, méthode manganométrique de dosage (Gailhat). *Ms. Fév.*, 89.
- Graisses et huiles.** Divers. *Cs.* 15 Janv., 55.
- Hydrate de cuivre.** Actions sur les solutions de sels métalliques (Mailhe). *CR.* 27 Janv., 233.
- Hydrogène sélénié.** Propriétés physiques (de Forcrand et Fourc-Deacon). *CR.* 20 Janv., 173.
- Tension de vapeur. *Id.* 27 Janv., 229.
- Laboratoire.** Divers. *Cs.* 15 Fév., 189.
- Four électrique de *Cs.* 15 Janv., 69.
- Détermination volumétrique du peroxyde de plomb dans le minium (Lieb). *Ms. Fév.*, 123.
- Dosage du silicium dans l'acier. *Cs.* 15 Janv., 17.
- Industriel du nitrate de soude (Irterkhar). *Rep.* 26 Janv., 32.
- du fluor par l'acide sulfurique. *Id.* 72.
- volumétrique, par le chlorure stanneux, du cuivre, du fer, de l'antimoine et du zinc en poudre, du soufre dans les sulfures, du glucose et du sucre (Weil). *CR.* 13 Janv., 115.
- Laboratoire.** De l'acide sulfurique dans les eaux naturelles (Winkler). *ScP.* 20 Janv., 80.
- Analyse industrielle complète des gaz de hauts fourneaux et de gazogènes (Wencelius). *Rep.* 12 Janv., 13.
- Arsenic. Dosage en faibles quantités dans la bière, les étoffes et les combustibles. *Cs.* 31 Janv., 94. Destruction des matières organiques pour sa recherche et celle du phosphore dans les métaux toxiques (Meillère). *Pc.* 1^{er} Fév., 97. Séparation d'avec l'antimoine mélangé en faible proportion (Barch). *Id.* 104.
- Laveur automatique de filtre Pukal. *CN.* 17 Janv., 29.
- Four électrique de laboratoire Tucker et Moody. *CN.* 14 Fév., 75.
- Acier. Analyse des aciers au tungstène et au chrome (Mac Kenna). *Ms. Fév.*, 123. Dosage du manganèse dans le ferro-manganèse et du nickel dans l'acier. *Id.* (Norris) 125.
- Cuivre. Estimation comme sulfocyanure en présence du bismuth, de l'antimoine et de l'arsenic (Van Name). *American Journal of Science.* Fév., 138.
- Cadmium. Dosage du (Miller et Page). *Ms. Fév.*, 128.
- Plomb raffiné, dosage du bismuth, de l'arsenic et de l'antimoine (Lierschutz). *Ms. Fév.*, 126.
- Zinc, dosage volumétrique (Wolher). *Ms. Fév.*, 127.
- Silicium amorphe, action de quelques réactifs (Lebeau). *ScP.* 5 Fév., 42.
- Viscosimètre Meggitt. *Cs.* 31 Janv., 206.
- Lithium.** (Antimoniure) de (Lebeaux). *CR.* 3 Fév., 284.
- Nitromanite et Nitrocellulose** (Vignon et Guérin). *ScP.* 20 Janv., 24.
- Optique.** Dispersion anormale de la vapeur de sodium (Wood). *N.* 23 Janv., 284.
- Pression de la lumière (Ledebew). *CN.* 24-31 Janv., 37. *Es.* 7 Fév., 61.
- Photorama Lumière. *Lu.* 15 Fév., 171.

- Oxygène et azote**, volume spécifique au point d'ébullition de l'oxygène (Dewar). *CN.* 14 Fév., 73.
- Pétrole**. Divers. *Cs.* 31 Janv., 109.
- Influence de la teneur en eau sur le point d'inflammation (Matuscheck). *Ms. Fév.*, 119.
- Papier**. Divers. *Cs.* 15 Janv., 63.
- Enseignement technique de sa fabrication (Beadle). *SA.* 31 Janv., 195.
- Pyrite et marcassite** (Stokes). *CN.* 24 Janv., 42; 7 Fév., 63.
- Radiographie**. Corps radioactifs (les) (Curie). *CR.* 13 Janv., 85 (Becquerel). *CR.* 27 Janv., 208.
- Résines et vernis**. Divers. *Cs.* 15-31 Janv., 56, 127; 15 Fév., 178.
- Composition des peintures et pigments (Toch). *Cs.* 31 Janv., 102.
- Plâtre**. Prise rapide. *Gc.* 15 Fév., 267.
- Pyromètre**. Nouveau (Tranner) *SuE.* 15 Fév., 207.
- Sodium métalliques**. Fabrication et emploi (Darling). *Fi Janv.*, 63.
- (Hydruure de) préparation et propriétés (Moissan). *CR.* 13 Janv., 71.
- Sucrerie**. Divers. *Cs.* 15-31 Janv., 56, 129, 13; Fév., 179.
- Fabriques de sucre et leurs procédés de fabrication pendant la campagne de 1900-1901. *SL.* Janv., 30.
- Tannage**. Étude chimique du cuir (Neboul). *Ru. Déc.*, 233; Janv., 81.
- Divers. *Cs.* 15 Janv., 57, 128.
- Analyse de quelques matières tannantes nouvelles (Blockey). *Cs.* 15 Fév., 38.
- Teinture**. Divers. *Cs.* 15-31 Janv., 35, 46, 110.
- 113, 15; Fév. 168. *Rep.* 12 Janv., 16; *MC.* 1^{er} Fév., 38.
- A l'Exposition de 1900 (la Goux). *Gc.* 18 Janv., 193; 8 Fév., 248.
- Toile peinte (la) à l'Exposition de 1900. *Sim. Avril.* 335.
- Réserve bleue au prussiate sous rouge de paranitraniline (M. Richard). *Id.* 399.
- Galloxyanines et leurs dérivés (Vaucher). *Id.*, 403.
- Mercerisage des cotons filés (Beltrier). *MC.* 1^{er} Fév., 25. (Boucart). *Id.*, 34.
- Essais pour augmenter solidité à la lumière des matières colorantes sur coton (Krais). *MC.* Fév., 36.
- Tourbe**. Analyse de la (Borntrager). *Ms. Fév.*, 120.
- Tourmaline**. Constitution de la (Clarke). *CN.* 24 Janv., 45.
- Vanadium**. Applications. *Ri.* 23 Janv., 37.
- Vernis**. Fabrication sous pression *E'*. 24 Janv., 98.
- Verre**. Divers. *Cs.* 15 Fév., 174.
- Fours électriques de verrerie. *Elé.* 1^{er} Fév., 69. Becker. *E'*. 16 Fév., 160.
- Viscosité des dissolutions** et leur état d'ionisation (Barner). *CN.* 24 Janv., 40.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Alcoolisme** et les classes dirigeantes (Picot). *Rso.* 16 Janv., 105.
- Allemagne**. Industrie en 1900. *USR.* Janv., 52.
- Situation économique, Fév. 1901. *Gc.* 8 Fév., 241. Industrie du fer. *E'*. 15 Fév., 155.
- Bengal**. Sol et population (Skrine). *SA.* 31 Janv., 178.
- Chine**. Réformes administratives. *USR.* Janv., 27.
- Canaux et chemins de fer. *Cf.* 15 Fév., 201.
- Cités ouvrières de Mulhouse**, histoire (Penot). *SM.* Sept., 420.
- Corporation (La)**. Sous le Consulat et l'Empire. (Levasseur), *Rso.* 16 Janv., 144, 1^{er} Fév., 227.
- Crédit agricole**. Projet de loi. *Cf.* 1^{er} Fév., 143.
- États-Unis**. Résultats du Censur de 1901. *Ef.* 18 Janv., 69.
- Situation économique et sociale (Siegfried). *Musée social.* Janv., Industrie minérale et métallurgique. *Ef.* 5 Fév., 204.
- Enseignement ménager** en Belgique (Godefroy) *Rso.* Fév., 302.
- France**. Fléchissement des impôts, *Ef.* 18 Janv., 65.
- Comment sont gérées nos finances (H. Valleroux). *Rso.* 1^{er} Fév., 209.
- Commerce extérieur en 1901. *Ef.* 1^{er} Fév., 139. *SL.* Janv., 62.

France. Administration des colonies, *Ef.* 1^{er} Fév., 141.

— Population en 1901. *Rs.* 1^{er} Fév., 145.

— Impôt sur les opérations de Bourse. *SL.* Janv., 49.

— Situation houillère en France et réglementation du travail dans les mines. *Ef.* 8 Fév., 169.

— Monopole de l'Etat français. *Ef.* 8 Fév., 173.

— Propriété immobilière, loyers et impôts, à Paris. *Ef.* 8 Fév., 173.

Gaz et électricité à Paris. *Ef.* 25 Janv., 101.

Pétrole. Industrie de Backou, étude statistique (Tcheko laff et Wanters). *Ms.*, Fév., 107.

Retraites. Evolution des systèmes des (Cheysson). *Rso.* 16 Fév., 269.

Or et argent, en 1901. *Eam.* Janv., 5.

Russie. Le Budget. *Ef.* 25 Janv., 105. *SL.* Janv., 108.

Salaires. Le Premium system. *Ef.* 24-31 Janv., 83, 105, 8 Fév., 146. *AMa.* 25 Janv., 49.

Travail des femmes mariées dans la grande industrie allemande (Dubois). *Rso.* 16 Janv., 128.

— Dans les mines de houille, hygiène et sécurité. *Ef.* 25 Janv., 107.

— (Le) en Angleterre. *C.* 31 Janv., 133.

Tunisie et ses chemins de fer. *Ef.* 15 Fév., 209.

Valeurs à revenus fixes. Oscillations depuis 1866. *Ef.* 18 Janv., 67.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

Ciment armé. (Epreuve à rupture d'une poutre en). *Le Ciment.* Janv., 6.

— Poteaux en. *Le Ciment.* Janv., 8.

— Résistance des bétons armés ou non. *Le Ciment.* Janv., 12.

— (Constructions en). (Boyer). *EM.* Fév., 659.

— Historique du. (Wajys), 201. 31 Janv., 73.

— Silos a blé. Calcul des. *Le Ciment.* Janv., 2.

Ponts. Essais des ponts de chemins de fer, *Ef.* 15 Fév., 137.

— de Passy, sur la Seine. *E.* 17-31 Janv., 77-137.

Ponts. levant du canal de l'Elbe à la Trave. *Gc.* 15 Fév., 263.

— de Mungsten, *Ac.* Janv., 2 Fév., 25.

— Suspendus et en cantaliviers. *Ef.* 17 Janv., 63.

— Montage dans les colonies. *Ef.* 31 Janv., 103.

— De Luxembourg, arche en maçonnerie de 84 m. *Gc.* 18 Janv., 185.

Réservoirs d'alimentation des villes, prix de revient. *Rt.* 25 Janv., 26.

Tuiles émaillées. Emploi dans l'architecture (Recardo). *SA.* 24 Janv., 157.

Tunnels du métropolitain de New-York. *Eam.* 1^{er} Fév., 174.

Voûtes (Théorie des) (Cosyn). *Ac.* Janv., 10 Fév., 30.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs, Bosce. Appel. *EE.* 1^{er} Fév., 176.

Evaluation de la capacité d'une batterie (Rosander et Forsberg). *EE.* 1^{er} Fév., 178.

Détermination rapide de la charge résiduelle (Lunn) *Elé.* 25 Janv., 55.

Canalisation à haute tension. Oscillations très élevées du potentiel (de la Tour). *Ic.* 25 Janv., 29. 10 Fév., 59.

— à courants triphasés (Teichmuller). *EE.* 8-15 Fév., 203, 238.

Distribution dans les grandes villes (Fergusson). *EE.* 15 Fév., 257 à haute tension de Buffalo, *id.* 260 par courants alternatifs ou polyphasés, *id.*, 262, à 3 fils, 250. 500 volts, *id.*, 264.

Disjoncteur automatique Siemens et Halske. *EE.* 15 Fév., 247.

Dynamos à l'Exposition de 1900. *VDI.* 25 Janv., 115.

— de 1100 kw. Bolton Corporation *Ef.* 24 Janv., 86.

— Commutation dans les dynamos modernes (Hobart). *EE.* 8 Fév., 213. *E.* 8 Fév., 197. Théorie de la (Punga), *id.*, 218.

— Essais à Preston. *E.* 24 Janv., 121.

— Alternateurs auto-exciteurs Heyland. *Ic.* 10 Fév., 57.

— Anneaux à collecteurs. Propriétés des (Poincaré). *EE.* 18 Janv., 78.

- Éclairage.** Arc. Projecteurs. Emploi à la guerre. *Gm. Déc.*, 497.
- Photographies cinématographiques de l'arc (Reshmer). *EE.* 8 Fév., 225.
 - Lampe à vase clos. Benard. *Elé.* 1^{er} Fév. 65. Froment. *Elé.* 15 Fév., 103.
- Électro-chimie.** Divers. *Cs.* 15, 31 Janv., 34, 123. 8 Fév., 96, 15 Fév., 177.
- En 1900 (Chalon). *Rt.* 25 Janv., 38, 15 Fév., 70. 1^{er}, 8 Fév., 44, 61.
 - Production électrolytique des métaux et de l'acide nitrique en partant des nitrates fondus (Darling). *Fi.* Janv., 61.
 - Fours électriques de verrerie. *Elé.* 1^{er} Fév., 69. Ruthenburg à champ magnétique. *EE.* 15 Fév., 248.
 - Ionisation spontanée des gaz (Wilson). *RSL.* 31 Janv., 277.
- Indicateur de terre** Warley. *Elé.* 25 Janv., 51.
- Isolants** Hackethal. *Elé.* 18 Janv., 39.
- Essais d'isolement (Charpentier). *EE.* 15 Fév. 229.
- Mesures.** Les Wattmètres. *Ic.* 10-25 Janv., 5, 33.
- Compteurs Mars. *Elé.* 24 janv., 49. Triphasé Fritsch-Trautmann *EE.* 15 Fév., 248.
 - Ponts. Kelvin. 3 modèles. *Elé.* 15 Fév., 103.
- Strontium** (Hydruure de) préparation et propriétés (Gontier). *CR.* 13 Janv., 100.
- Télégraphie** sous-marine. Câble Tourane-Amoy (L. Mascart). *Ryds.* 15 janv., 22.
- Sans fil. (Poincaré). *Rs.* 18 janv. 67. Guarini. *Elé.* 18-25 janv., 33-56. En Allemagne *EE.* 25 Janv., 1^{er} Fév., 121, 167. Historique des cohérences à limaille (Branly). *EE.* 25 janv., 152. Radio-conducteurs à contact unique (Branly) *cR.* 10 Fév., 347.
- Téléphonie** sans fil par la terre (Ducretet) *CR.* 13 janv., 92.
- Transformateurs** tournants. Rougé et Faget. *Lo.* 1^{er} Fév., 71. *Ic.* 10 Fév., 55.
- à haute fréquence, Stuckert. *EE.* 8 Fév., 224.
- Tubes de force** d'un champ magnétique rendus visibles par les rayons Röntgen (Pellat) *CR.* 10 Fév., 352.

HYDRAULIQUE

- Barrages mobiles.** Grohmann, *ZOI.* 7 Fév., 96.
- Compteurs d'eau** (Les) (Couronne). *RM.* Janv., 43.
- Pompes.** Régulateur Carruthers. *E.* 31 Janv., 149.
- Centrifuges à hautes pressions. Râteau. *Im.* 1902, 73. *Ri.* 15 Fév., 65. *Gc.* 15 Fév., 200.
 - directe Odessa, *Dp.* 15 Fév., 109.
- Turbines.** Théorie (Herdebrock). *Dp.* 18 janv., 42.

MARINE. NAVIGATION

- Arbres d'hélices.** Accouplement Verity. *E'.* 31 Janv., 117. Réparation à bord. *E.* 8 Fév., 195.
- Canal de la mer du Nord.** Écluses manœuvrées par l'électricité. *E.* 24 Janv., 103; 8 Fév., 170.
- de Soulanges. Canada. *Gc.* 2 Fév., 239.
- Chaland de mer.** Transformation des transports maritimes. *Ef.* 18 Janv., 72.
- Constructons navales.** En Angleterre en 1901. *E.* 17 Janv., 74; *E'.* 24 Janv., 80.
- — Vernis protecteur des coques. *Fi.* Fév., 143.
- Danube.** Régularisation. *ZOI.* 31 Janv., 79.
- Dock** flottant des Bermudes. *E.* 14 Fév., 214.
- Électricité à bord.** *Fi.* Fév., 92.
- Marines de guerre.** Cuirassés Breadmore, essais. *E.* 31 Janv., 158.
- Angleterre. Cuirassé *Téméraire.* *E'.* 24 Janv., 88. Divers. *Rmc.* Janv., 158. Situation des ingénieurs. *E.* 14 Fév., 229.
 - Amérique. Plan d'un cuirassé. *Rmc.* Janv., 150. Budget 1902-1903. *Id.*, 165.
 - Allemagne. *Rmc.* Janv., 158. Italie. *Id.* 169.
 - Japon. Croiseurs nouveaux. *E'.* 24 Janv., 85. Mikasa. *E.* 8 Janv., 180.
 - Russie. Nouveaux croiseurs à grande vitesse. *Rmc.* Janv., 141.
 - Sous-marins (Vision dans les). *Ri.* 18 Janv., 28.

- Ferry-Boat*. Kuring Gai. *E'*. 17 Janv., 60.
Monte canots Welin. *E*. 14. Fév., 227.
Paquebot White-Star (Athenie). *E'*. 15 Fév., 164.
 — *Transatlantiques*. Mouvement des passagers. *E*. 17 Janv., 87.
Transbordeur en mer Temperley. *E'*. 15 Fév., 170.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

- Aérostation*. Le Santos-Dumont (Armengaud). *IC*. Déc., 887. Le Severo. *Lo*. 1^{er} Fév., 75.
 — Aviateur Bradsky. *Dp*. 25 Janv., 64.
Air comprimé. Compresseur Goetre. *VDI*. 1^{er} Fév., 155.
Bobineuse Riddell. *RM*. Janv., 58.
Changement de vitesse Auburn. *AMA*. 8 Fév., 124.
Chaudière des nouveaux cuirassés anglais. *E*. 24 Janv., 120; *E'*. 24 Janv., 92.
 — à petits tubes pour grands navires. *E*. 31 Janv., 155.
 — à tubes d'eau Parker. *RM*. Janv., 65. Munford. *E'*. 8 Fév., 144. Verticale tubulaire Blake. *E'*. 31 Janv., 112.
 — (Vaporisation des) (Parker). *AMA*. 25 Janv., 59.
 — Foyer au charbon pulvérisé Cyclone. *RM*. Janv., 73. Au pétrole Essai. *Eam*. 1^{er} Fév., 169. Marshall. *Id.*, 74.
 — Calcul des tôles. *AMA*. 1^{er} Fév., 93.
 — Ecumeur Hotchkiss. *E'*. 17 Janv., 70.
 — Epurateurs d'eau Schmidt. *RM*. Janv., 70. Wollaston. *E'*. 15 Fév., 173.
 — Explosion de Rosenthal. *VDI*. 18 Janv., 73.
 — Injecteur Desmond. *RM*. Janv., 72.
 — Robinet de vidange Duro. *RM*. Janv., 68.
 — Surchauffeurs. Progrès récents (Miet). *Ge*. 1^{er} Fév., 232. Histoire (Loffet). *Rt*. 10 Fév., 43.
Courroirs. Monte-courroirs Demengel et Jéchoux. *Ge*. 15 Fév., 265.
Drague Satre. *Ri*. 25 Janv., 33.
Ellipsographes (Les) (Gray). *SA*. 17 Janv., 143.
Embrayages progressif Julien. *Ri*. 25 Janv., 34.
 — Électrique Thomson Houston. *AMA*. 8 Fév., 37.

- Engrenages** (Tracé des) (Buchner). *VDI*. 1^{er} Fév., 159.
 — (Résistance des). *AMA*. 15 Fév., 145.
 — Hélicoïdaux (Frottement des). *AMA*. 15 Fév., 157.
Levage. Grue électrique de cinq tonnes roulante (Pawling). *AMA*. 1^{er} Fév., 89. Brown. *E*. 8 Janv., 183.
 — Grues de quai. *RM*. Janv., 55.
 — Transporteur à courroies Robins. *Rt*. 10 Fév., 39.
 — Treuil de sûreté Mégy. *Ri*. 8 Fév., 55.
Machines-outils pneumatiques. *Dp*. 18 Janv., 37.
 — Actionnées par l'électricité (Ateliers Palmer). *Ge*. 1^{er} Fév., 225. Cisaille Craig. *E*. 31 Janv., 148.
 — Ateliers (Administration des) (Siebert). *EM*. Fév., 653. Premium système. *E'*. 15 Fév., 162. Fonderie de Vulcan. *E'*. 31 Janv., 106. C^{ie} Électrique Brush. *E*. 8 Fév., 169. Machines Kendall et Gent. *E'*. 31 Janv., 119. Emploi de l'électricité (Walker). *EM*. Fév., 679.
 — Alésoir Archdale. *E*. 8 Janv., 189. Alésoir variable Barker. *E'*. 15 Fév., 172.
 — Affûteuse Boys. *E*. 8 Fév., 195.
 — Forêts hélicoïdaux (Les) (Bentley) emploi et abus. *AMA*. 25 Janv., 25; 1^{er} Fév., 44.
 — Fraiseuse de front Britannia. *AMA*. 25 Janv., 27. Hulse. *E*. 31 Janv., 152.
 — Gabarits divers. *AMA*. 15 Fév., 156.
 — Meule dresseuse universelle Walker. *AMA*. 8 Fév., 121.
 — Mortaiseuse Klehe. *VDI*. 18 Janv., 85. Forge à l'étampe (Horner). *E*. 31 Janv., 24 Fév., 139, 203.
 — Perceuses portatives Capitaine. *E*. 17 Janv., 80.
 — Raboteuses. Mécanismes divers de commande de la table. *AMA*. 15 Fév., 151.
 — Raineuse Hulse. *AMA*. 25 Janv., 25.
 — Tocs (Les). *Pm*. Fév., 31.
 — Tour vertical Sellers. *E*. 24 Janv., 112. à poulies bombées. *Rt*. 10 Fév., 41.
 — (Tubes machines à faire les) Ferguson. *RM*. Janv., 88. Mandrineur Lovekin. *AMA*. 8 Fév., 113.

Machines-outils. Raboteuse pour cylindres de locomotives Detrich-Harvey. *AMA.* 1^{er} Fév., 93.

- Tailleuse d'engrenages Bilgram. *AMA.* Fév., 114. *Atlas.* Ri. 8 Fév., 37.
- — hélicoïdaux des Ateliers Phoenix, Saint-Petersbourg. *E.* 14 Fév., 215.

Vis. Machines Acmé. *Gc.* 8 Fév., 246.

Bois. Machines à fabriquer les caisses Morgan. *Rt.* 10 Fév., 33.

Machine à vapeur à grandes vitesses (Davidson). *E.* 17 Janv., 78. Américaines et Européennes (Dawson). *EM.* Fév., 703.

- Triple expansion Société de Gorlitz. *VDI.* 8 Fév., 182.
 - Demi-fixe compound Wolf. *Pm.* Janv., 10.
 - Condenseurs (Les) (Sohm). *Bam.* Janv., 3. Indépendant Allen actionné par l'électricité. *E.* 31 Janv., 143. Éjecteur Stansfield. *RM.* Janv., 95.
 - Distributions Richardson et Wansbrough, Weyher et Richemont. *RM.* Janv., 95-97. Les Corliss (Breytrup). *AMA.* 8 Fév., 127.
 - Tiroir piston Elliott et Watson. *RM.* Janv., 98.
 - Pistons garniture Lockwood. *E.* 24 Janv., 98.
 - Pompe à air Todd. *RM.* Janv., 94.
 - Les turbines Warburton. *E.* 8 Fév., 149.
 - Volants pour moteurs à dynamos (Downie). *E.* 17-24 Janv., 98, 123, 134.
 - à gaz à deux temps nouveaux (Rousseau). *Bam.* Janv., 202. Théorie des (Moreau). *AM.* Sept., 203.
 - — Westinghouse. *RM.* Janv., 99. Allsop. *E.* 13 Fév., 172.
 - — Théorie (Barkow). *VDI.* 18 Janv., 81.
 - — Température des parois (Korting). *VDI.* 25 Janv., 127.
 - — Types anglais et américains. *VDI.* 18 Janv., 89.
 - — Régulateur Hayer. *RM.* Janv., 99. Aster. *Lo.* 1^{er} Fév., 79.
 - à acétylène. *E.* 17 Janv., 34.
- Machines à alcool.** Concours de 1900 (Ringelmann). *IC.* Déc., 962. Les (Coutant). *SAF.* Fév., 151.
- — Japy. *La.* 23 Janv., 34.

Machines à pétrole de Dion. *Ri.* 18 Janv., 23, Gardner. *RM.* Janv., 101. Priestmann et Richardson. *Id.* 103.

- — Mise en train Edmonson et Dawson. *RM.* Janv., 104.
- — (Refroidissement des). *Lo.* 8 Fév., 89.
- — Allumage (Lavergne). *Ri.* 18 Janv., 22; 1-13 Fév., 43, 67. catalytique. *Lo.* 8 Fév., 92.

Monographe. Hospitalier Carpentier. *IC.* 10 Janv., 9.

Ressorts à boudins (Essais de) (Benjamin et French). *AMA.* 13 Fév., 134.

Tachimètres divers. *Dp.* 8 Fév., 93.

Résistance des matériaux. Essais à la traction sur cylindres creux soumis à des pressions extérieures. *Rt.* 10 Janv., 7.

- — Flexion des poutres, théorie nouvelle (Guy). *AMA.* 23 Janv., 34; 18-13 Fév., 83, 116, 147.
- — Machine à essayer Mohr et Federaff. *Rt.* 23 Janv., 17.

Ventilateurs et pompes centrifuges pour hautes pressions (Rateau). *Im.* 1902, 73.

- (Fonctionnement des) (Courtois). *RM.* Janv., 4.

MÉTALLURGIE

Alliages binaires. Constitution (Mathew). *Fi.* Janv., 1^{er} Fév., 119.

- Cristallisés d'Aluminium (Brunck). *Sc.* P. 20 Janv., 35.

Fer et Acier en 1901. *Eam.* 4 Janv., 17. Progrès récents de la métallurgie. (Gautier). *Pm.* Fév., 22.

- Fours à coke de la New England Gas and Coke Co. *SuE.* 13 Janv., 90.
- Chargeur électrique Wellman pour fours Martin. *Gc.* 13 Fév., 257.
- Grue de coulée aciéries Harkort, *SuE.* 13 Janv., 80.
- Etat du silicium dans les fontes et les ferro-silicium, cémentation du fer par le silicium (Lebeau). *ScP.* 5 Fév., 39, 44.

Fer et acier. Laminiers Carnegie à Homestead. *SuE.* 22 Janv., 146. Accouple-

- ments pour (Daclin) *SuE*, 15 Fév., 195. Duo réversible de Fridenshitte. *SuE*, 15 Fév., 198. Machine à triple expansion Wood. *E'*, 17 Janv., 53.
- Hauts fourneaux.** A Port Townsend. *Eam*, 23 Janv., 137.
- Sans creuset. Stevenson. *E'*, 17 Janv., 78.
 - Chargeurs divers. *Dp*, 25 Janv., 56.
 - Progrès du —. 1^{er} Fév., 73.
 - Composition des gaz et pertes d'air (Osann). *Ms*, Fév., 133.
 - Machines soufflantes américaines, *SuE*, 15 Fév., 203.
- Métaux.** Marché (des) à Londres en 1901. *Eam*, 11 Janv., 72.
- Or.** Cyanuration, progrès en 1901 (Wells). *Eam*, 4 Janv., 13.
- Drague Robins. *Eam*, 1^{er} Fév., 184.
- Petits métaux.** Statistique en 1898. *Rt*, 25 Janv., 29.
- Zinc** aux Etats-Unis en 1901. *Eam*, 4 Janv., 27.
- MINES**
- Australie.** Industrie minière en 1901. *Eam*, 4 Janv., 43. En 1900. *AM*, Sept., 284.
- Câbles en aloès.** Accroissement de résistance (Martinet). *Im*, 1902, 181.
- Épuisement.** Pompes souterraines Riedler, aux houillères de Powell-Duffryn. *E*, 24 Janv., 115.
- Etats-Unis.** Statistiques en 1901. *Eam*, 4 Janv.
- Exploitation des couches puissantes à la Grand'-Combe** (Delage). *Im*, 1902, 143.
- Extraction.** Machines Compound. Conditions de marche (J. Davis). *Ru*, Déc., 294.
- A vapeur et électrique, *Dp*, 8 Fév., 83.
- Fouçages par congélation** (Schmerber), *Gc*, 18-23 Janv., 189, 248, 2 Fév., 228.
- Grisou.** Nouveau mode de graduation des éprouvettes (Potier). *Ru*, Déc., 282.
- Industrie minière dans le district de Glasgow** (Verney). *Im*, 1902, 241.
- Leadville** (Mines de) en 1901. *Eam*, 4 Janv., 9.
- Machines de mines** à l'Exposition de 1900 (Dechamps). *Ru*, Janv., 1.
- Méridianoscope minier** Monkowski. *Ru*, Déc., 274.
- Mercurie.** Gîtes et métallurgie en Italie (Pelatan). *Im*, 1902, 211.
- Mica** (Mines de). (Colles). *EM*, Fév., 737.
- Or.** District de Cripple Creek en 1901. *Eam*, 11 Janv., 70. En Egypte *Eam*, 18 Janv., 103.
- Placers de la Cienega Sonora, Mexique. *Eam*, 23 Janv., 132.
 - Laveur Colemann, id., 1421.
- Pétrole.** Au Kansas. *Eam*, 18 Janv., 101.
- Plaque tournante réglable pour plans inclinés** (Best). *Ru*, Janv., 120.
- Préparation mécanique.** Séparation par gravité (Hinchley). *Cs*, 15 Janv., 10.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

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

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT présenté au nom du *Comité des Arts économiques*, par **M. Hippolyte Fontaine**, SUR LES APPAREILS VAILLARD-DESMAROUX, *pour la stérilisation des eaux*.

MESSIEURS,

La communication faite à la Société, le 13 décembre dernier, par M. René Huberson, présente un intérêt général. Elle est relative à des appareils destinés à traiter les eaux d'alimentation pour les débarrasser des microbes pathogènes, tout en leur conservant une certaine fraîcheur.

Les appareils décrits dans cette communication ont été inventés par MM. Vaillard et Desmaroux. Ils se composent, en principe, d'autoclaves dans lesquels l'eau est chauffée à 115 degrés et d'échangeurs de températures ayant pour double objet d'économiser le combustible et de rafraîchir l'eau stérilisée.

Tout en nous associant aux considérations qu'a fait valoir M. Huberson pour démontrer la simplicité, l'ingéniosité et l'efficacité des appareils Vaillard-Desmaroux, il nous paraît utile de présenter quelques réflexions sur la question des eaux potables. Réflexions se rapportant à tous les stérilisateurs qui emploient la chaleur pour détruire les microbes.

L'élévation de la température de l'eau jusqu'à 115 degrés est un sûr moyen de tuer tous les germes vivants qu'elle contient, mais cet échauffement ne modifie pas la qualité chimique de l'eau. Ainsi une eau qui aurait été contaminée par des infiltrations de fosses d'aisances continuerait à contenir des nitrates, de l'ammoniaque et des produits de sécrétion de germes ayant vécu dans l'eau, avant son traitement calorifique.

Cet inconvénient est évidemment compensé bien au delà par la destruction absolue de tous les microbes pathogènes, mais il serait loin d'être négligeable si l'on avait à choisir entre plusieurs eaux potables ayant des qualités chimiques différentes.

Il faut également remarquer qu'une eau purifiée par la chaleur s'ensemence avec la plus grande facilité, car par l'ébullition on crée un véritable bouillon de culture, et il n'est pas rare de trouver, dans les canalisations amenant les eaux stérilisées aux lieux d'utilisation, un nombre de colonies bactériennes supérieur à celui contenu dans l'eau type avant traitement. Il y a là des questions complexes de concurrence vitale qui font que si, dans un pareil bouillon de culture, il pénètre une bactérie quelconque, cette bactérie se développera d'autant plus facilement, qu'elle ne sera pas gênée par les produits de sécrétion d'autres bactéries qui auraient vécu à côté d'elle. En admettant que les colonies ainsi engendrées ne soient pas pathogènes, ce qui est le cas ordinaire, il n'est pas démontré que par leur nombre colossal elles ne puissent apporter de grands troubles dans l'organisme.

Ces réflexions étaient nécessaires pour remettre les choses au point. Elles sont surtout justifiées par ce fait, que M. Huberson, au début de sa communication, a critiqué non seulement la stérilisation de l'eau par filtrage et par l'emploi d'ozone, mais encore la stérilisation au moyen de procédés calorifiques différents de celui qu'il faisait connaître à la Société.

Tout cela n'enlève d'ailleurs absolument rien au mérite très réel des appareils Vaillard-Desmaroux et il est à désirer que leur usage se développe aussi bien dans les administrations que chez les particuliers. Il n'y aura, pour combattre les maladies apportées par les eaux et notamment la fièvre typhoïde et le choléra, jamais trop d'appareils détruisant les microbes pathogènes des eaux d'alimentation. Et, lorsque le public sera familiarisé avec un grand nombre de systèmes d'épurateurs, quand il aura bien apprécié les mérites et reconnu les inconvénients de chacun d'eux, il sera facile alors de faire un classement et de mettre au premier rang celui qui sera réellement le meilleur.

Le Comité des Arts économiques vous propose de remercier M. Huberson de son intéressante communication et de publier dans le *Bulletin* de la Société, le présent rapport et ladite communication avec les croquis qui y sont joints.

Signé : Hippolyte FONTAINE, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 14 mars 1902.

COMMUNICATION FAITE LE 13 DÉCEMBRE A LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE, SUR LES APPAREILS STÉRILISATEURS VAILLARD-DESMAROUX, par **M. René Huberson**, *Ingénieur des Arts et Manufactures.*

I

INFLUENCE DES EAUX IMPURES SUR LA SANTÉ PUBLIQUE

Grâce aux merveilleuses découvertes de Pasteur et de ses élèves, personne n'ignore plus maintenant que la plupart des maladies de l'homme et des animaux ont pour origine l'introduction dans l'organisme de microbes pathogènes, et que le véhicule le plus actif de ces germes est l'eau de boisson. Nous croyons utile cependant de faire ressortir par quelques exemples la vérité de cette assertion.

M. le Professeur Brouardel a démontré le rôle prépondérant que l'eau joue dans le développement de la fièvre typhoïde, et il attribue à l'étiologie hydrique 95 p. 100 des épidémies de fièvre typhoïde.

M. Monod prouve, dans un rapport au comité consultatif d'hygiène, que l'amélioration du service des eaux potables dans certaines villes a produit une diminution énorme, et quelquefois la disparition complète des cas de fièvre typhoïde. Nous en citerons plus loin un exemple récent et bien concluant.

M. de Freycinet, ministre de la Guerre, affirmait en 1889 que les méthodes bactériologiques avaient permis de constater que les eaux des principaux établissements militaires renfermaient toujours des quantités de microbes nuisibles et fréquemment le bacille de la fièvre typhoïde.

On a pu presque suivre l'histoire de la fièvre typhoïde dans nos établissements militaires d'après la classification des eaux alimentaires.

Ce que nous venons de dire pour la propagation de la fièvre typhoïde par l'eau de boisson est également vrai pour les épidémies de choléra.

Dès 1849, après l'épidémie de choléra qui ravagea Londres, un chirurgien anglais, Snow, signalait la mortalité effrayante parmi les gens qui, dans Broad-Street, avaient fait usage de l'eau d'un certain puits qui recevait les infiltrations d'un égout.

Le Dr Koch en 1893, à propos de l'épidémie de Hambourg, démontrait l'influence exercée par l'eau dans la propagation de la maladie.

Hambourg, Altona et Wandsbeck, dit en substance le Dr Koch, sont juxtaposées, et ne forment en réalité qu'une seule et même agglomération.

Les conditions telluriques, atmosphériques, économiques, démographiques de ces trois villes sont à peu de chose près identiques. Un seul point sépare nettement les trois villes l'une de l'autre, c'est leur distribution d'eau.

Tandis que Wandsbeck est alimentée par de l'eau filtrée provenant d'un lac qui peut être considéré comme à peu près à l'abri de toute souillure fécale, Hambourg reçoit de l'eau de l'Elbe non filtrée prise en amont de la ville, et Altona prend l'eau de l'Elbe en aval de la ville, mais la fait filtrer.

Altona et Wandsbeck ont été beaucoup moins éprouvées par le choléra que la ville de Hambourg où la maladie sévissait d'une façon effroyable.

Lors de l'épidémie cholérique de Marseille en 1892 et en 1893, il a été constaté que le choléra a fait la distinction entre les maisons où l'on buvait de l'eau saine et celles où l'on buvait de l'eau contaminée.

Cette distinction s'est même étendue aux habitants d'une même maison.

A Barrême (Basses-Alpes), petit village de 700 habitants, a éclaté, en septembre 1893, une épidémie cholérique épouvantable; il y eut 29 décès en quinze jours; sur ce nombre 21 ont eu lieu dans les premiers jours.

La cause de cette épidémie ne fut autre que le fait suivant :

Le 53^e de ligne, venant de Nice, s'arrêta pendant trois jours à Barrême; avant d'arriver dans cette localité quelques cas de diarrhée et de choléra s'étaient déclarés dans le régiment, les compagnies contaminées furent installées dans le voisinage d'une source qui alimente ce village; près de cette source se trouvait une excavation que les soldats prirent pour une feuillée creusée à leur intention; plusieurs d'entre eux déposèrent leurs déjections dans cette tranchée.

Le surlendemain de leur départ aucun cas suspect ne s'était déclaré parmi les habitants de Barrême, mais la pluie tomba à cette date et ne cessa pas de toute la journée; le jour suivant, le premier décès se produisit à dix heures du soir.

On a pu conclure de nombreuses observations faites sur l'épidémie de Barrême que la maladie a été propagée par l'eau, que l'action des contacts a été nulle, et que tous les individus malades ou décédés avaient bu de l'eau cholérisée.

En présence de tous ces faits, il n'est pas étonnant d'entendre le savant docteur Brouardel dire à l'Académie de médecine : *Pour qu'une Ville soit à l'abri des épidémies de fièvre typhoïde et de choléra, il faut fournir aux habitants de l'eau d'alimentation absolument pure.*

Si nous nous sommes étendus, un peu longuement peut-être, sur la transmission hydrique des maladies microbiennes, dont le choléra et la fièvre typhoïde sont les types les plus répandus et en même temps les plus dangereux, c'est pour montrer que c'est à bon droit que l'attention des hygiénistes a été attirée sur l'approvisionnement des villes en eaux potables, et la nécessité d'établir sur ces eaux une sélection sévère.

Dans le cas où il est impossible de trouver des eaux à l'abri de tout soupçon, leur stérilisation s'impose.

II

PROCÉDÉS APPLIQUÉS A LA PURIFICATION DES EAUX

Nous venons de voir l'importance capitale pour l'hygiène publique de n'employer pour l'alimentation que des eaux bactériologiquement pures.

De nombreux procédés ont été appliqués pour obtenir ce résultat.

Le plus simple est de n'employer comme eau de boisson, que celles ayant une origine qui les met à l'abri de toute contamination comme les eaux provenant de sources profondes, isolées des centres habités.

La Ville de Paris et d'autres aussi, ont consacré des sommes énormes à l'adduction d'eaux pures ou réputées telles ; nous verrons plus loin que le résultat n'a pas toujours été celui qu'on espérait.

Mais ce que Paris et d'autres capitales ont pu faire, grâce à la puissance de leurs budgets, beaucoup de localités moins riches ou situées en des points trop éloignés de sources d'eau pure, n'ont pu le réaliser.

Dans ce cas, il a fallu aviser aux moyens artificiels de purifier les eaux de rivières ou autres que leur teneur en micro-organismes rendait insalubres.

Les méthodes en usage pour purifier ces eaux sont mécaniques, chimiques et physiques.

Les procédés mécaniques employés sont :

- 1° L'agitation ;
- 2° La décantation ;
- 3° La filtration.

Nous ne parlerons pas des deux premiers procédés qui sont peu appliqués et d'une efficacité incomplète. Arrêtons-nous un instant sur le troisième, la filtration, qui est le moyen le plus fréquemment employé.

La filtration de l'eau consiste à la faire passer à travers des corps poreux qui retiennent les impuretés de l'eau.

Les matières employées pour le filtrage des eaux sont très nombreuses. Le sable, la terre, les pierres poreuses, la porcelaine dégourdie, les éponges, la laine, le feutre, le charbon, le coke, etc., ont été tour à tour préconisés pour la filtration des eaux.

Parmi ces matières, il en est qui n'ont qu'une action purement mécanique, d'autres ont en outre des propriétés chimiques ou biologiques plus ou moins expliquées mais qui n'en sont pas moins réelles.

Lorsqu'il s'agit de fournir de l'eau à toute une ville, les méthodes de filtration employées portent le nom de *filtration centrale*.

Quand on filtre l'eau pour des habitations collectives ou pour des particuliers, on désigne cette opération sous le terme de *filtration locale* ou *domestique*.

Qu'il s'agisse de filtration centrale ou de filtration locale, les phénomènes qui se produisent sont les mêmes.

L'eau à traiter doit traverser les masses filtrantes à une très faible vitesse ; les corps en suspension sont arrêtés dans les intervalles des molécules constituant le filtre ; mais ces intervalles, si petits qu'ils soient, sont toujours assez grands pour laisser passer les microbes au bout d'un temps plus ou moins long, car la plus grande dimension de ces germes se compte par millièmes de millimètre.

Malgré cela, beaucoup de filtres, à un moment de leur existence, retiennent tout ou partie des microbes contenus dans l'eau à traiter.

Si nous considérons un filtre à sable à l'état neuf, la surface en est propre et uniquement composée de sable, ce filtre est très perméable, l'eau le traverse sans difficulté, mais les microbes en suspension sont entraînés en même temps; une grande partie de ces germes, si la vitesse de l'eau est convenable, restent, il est vrai, dans l'intérieur des filtres, aux éléments duquel ils se fixent en vertu d'une sorte d'action moléculaire qui, je crois, n'est pas très bien expliquée; mais il en passe une certaine quantité qui ont échappé à cette attraction.

Au fur et à mesure que le filtre fonctionne, il se dépose à sa surface une couche gélatineuse de matières organiques, surtout quand l'eau, avant filtration, a déjà subi un commencement d'épuration par un traitement chimique, en présence du fer, par exemple.

Ce dépôt superficiel produit d'abord un bon résultat, il diminue la dimension des pores qui sont traversés par l'eau, et l'arrêt des germes est plus complet.

Mais, en même temps que le filtre vieillit, cette couche gélatineuse augmente; il se produit un véritable colmatage dans les couches filtrantes supérieures, et le débit devient insuffisant.

Il faut alors nettoyer le filtre, en découpant sa surface; ce décapage, si soigneusement qu'il se fasse, facilite la pénétration dans le filtre d'une énorme quantité des germes qui constituent en grande partie la couche gélatineuse qu'on veut enlever.

A la remise en marche du filtre, ces microbes sont entraînés, et il peut se produire ce fait paradoxal que l'eau est plus contaminée à sa sortie du filtre qu'à l'entrée.

D'autant plus, que les microbes qui ont été fixés dans la masse du filtre, se trouvant dans d'excellentes conditions de culture, ont pullulé en abondance, et sont entraînés par le courant de l'eau.

Ce phénomène se produit non seulement dans les filtres en sable ou en charbon, mais encore dans les filtres en porcelaine dégourdie, qui sont considérés, et à bon droit, comme les plus parfaits.

Ces filtres en porcelaine, qui portent le nom de leur inventeur, M. Chamberland, sont absolument parfaits au début de leur emploi; mais, à cause du dépôt de matières organiques qui se forme à leur surface, ils s'obstruent rapidement, au bout de quelques jours parfois; il faut alors les nettoyer par un brossage énergique. Mais si fins que soient leurs pores, les microbes finissent par les pénétrer profondément; il se forme des colonies de ces germes, qui gagnent de proche en proche toute l'épaisseur de la surface filtrante, et finissent par la traverser entièrement.

Pour éviter cet inconvénient, il faut non seulement nettoyer la surface des bougies, mais les stériliser à la température de 150°, opération délicate, qui produit souvent des fissures dans la porcelaine, fissures qui rendent la filtration absolument illusoire.

Donc ces appareils, parfaits dans les laboratoires, où ils sont entre les mains de techniciens habiles, sont d'un usage industriel peu pratique.

Il est établi aujourd'hui, d'une façon absolument certaine, que dans les meilleures conditions de fonctionnement, même lorsque l'eau à filtrer est pure, il y a toujours des microbes dans l'eau filtrée.

En supposant qu'on puisse réaliser un appareil de filtrage donnant industriellement une eau absolument indemne, en supposant même que l'eau de source, captée à

grands frais pour l'alimentation des villes, soit également exempte de tout germe à son origine, est-ce qu'on peut garantir que cette eau naturelle ou filtrée ne sera pas contaminée, entre ses points de départ et de consommation, par des infiltrations qui se produiront inévitablement dans les conduites de distribution et dans les réservoirs de dépôt, où les quelques microbes entraînés finiront par donner naissance à de nombreuses colonies, comme on en peut juger par ce fait que des analyses exécutées par M. Miquel ont démontré qu'un échantillon d'eau de la Vanne, à laquelle on accorde le plus de confiance, qui ne contenait que 50 germes au moment du puisage, conservée dans un flacon bouché à une température de 15°, présente le lendemain une colonie de 40 000 individus, ce chiffre était triplé le surlendemain.

Les agents physiques auxquels on a recours pour la purification des eaux sont l'électricité et la chaleur.

L'électricité n'est pas employée pour son action directe sur les microbes, action d'ailleurs peu active.

On utilise cet agent pour produire de l'ozone en présence de l'eau à traiter. Mais ce procédé, qu'on a expérimenté et qu'on expérimente encore, est loin d'avoir fait ses preuves, et paraît prêter beaucoup à la critique.

Les propriétés bactéricides de l'ozone sont un fait établi ; mais la production de l'ozone coûte cher ; il faut travailler avec des courants à haut voltage, toujours dangereux ; il faut de l'air sec ; il faut refroidir les électrodes, car la chaleur détruit l'ozone formé.

En outre, l'ozone n'est pas soluble et, pour qu'il puisse exercer son action, il faut réaliser un contact intime de l'eau et du gaz, en fait, une pulvérisation de toute la masse d'eau, toutes conditions bien difficiles à remplir, et surtout à remplir à bon marché.

Reste enfin un procédé ; celui-là, en principe, est reconnu parfait : c'est la chaleur.

On sait qu'en temps d'épidémie, et que dans toutes les circonstances où on peut être appelé à consommer de l'eau de qualité suspecte, il est recommandé de la faire bouillir.

Mais l'eau bouillie, tout le monde en a fait l'expérience, est désagréable au goût, difficile à digérer, car l'ébullition à l'air libre l'a privée des gaz qu'elle tient en dissolution, et a notablement modifié sa teneur en sels minéraux.

Enfin, il est reconnu qu'un certain nombre de bactéries et de spores ne sont pas détruits à la température de 100°, et qu'il en faut au moins 110 pour être certain de leur disparition.

Le chauffage à 100° d'une grande masse d'eau nécessite une grosse dépense de combustible, et quand l'opération est terminée, il faut attendre de longues heures avant que la température de l'eau soit suffisamment abaissée pour qu'elle soit devenue apte à la consommation.

De nombreux appareils ont été étudiés pour la stérilisation de l'eau par la chaleur, mais tous présentaient le grave inconvénient de dépenser beaucoup de combustible et de fournir de l'eau trop chaude pour pouvoir être consommée à la sortie de l'appareil, à moins d'employer pour sa réfrigération une quantité d'eau égale ou supérieure à celle traitée utilement.

III

DESCRIPTION DES STÉRILISATEURS VAILLARD-DESMAROUX

En présence de la difficulté de fournir par grandes masses de l'eau bactériologiquement pure, qui fatalement se trouve contaminée dans les conduites et les réservoirs des grandes distributions d'eau urbaines, MM. Vaillard et Desmaroux ont étudié des appareils stérilisateurs d'une puissance relativement restreinte, depuis ceux qui donnent un débit suffisant pour l'alimentation d'une agglomération de 3 000 à 4 000 personnes, comme les grandes casernes, jusqu'au petit appareil domestique qui fournit rapidement les quelques litres d'eau stérilisée nécessaires à la consommation d'un ménage.

Ils ont choisi la chaleur comme agent de stérilisation, puisque c'est le seul qui donne des résultats indiscutables.

Ils ont cherché à remplir les conditions suivantes :

- 1° Stérilisation complète de l'eau à une température d'au moins 100°;
- 2° Conservation à l'eau de ses caractères organoleptiques;
- 3° Production de l'eau stérile immédiatement apte à la consommation, c'est-à-dire à une température peu différente de celle de l'eau brute dont on dispose;
- 4° Dépense minima de combustible;
- 5° Appareil relativement peu coûteux, d'une installation simple, fonctionnant presque sans surveillance et muni d'appareils automatiques assurant une marche régulière.

Le principe de ces appareils est de réchauffer progressivement l'eau à traiter, en refroidissant en même temps l'eau qui a été portée à la température de stérilisation, c'est-à-dire à 110° ou 115°.

Cet échange de température produit deux résultats d'une grande importance :

1° Une grande économie de combustible, puisque la chaleur qui a été fournie à l'eau de l'appareil, après stérilisation, est rendue en grande partie à celle qui entre pour être stérilisée et qui, de ce fait, est introduite dans le caléfacteur à une température de 80 à 90°.

2° De cet échange de chaleur il résulte que l'eau sortant stérilisée de l'appareil n'est que de 4 à 5° plus chaude qu'à son entrée, et se trouve, par conséquent, le plus souvent bonne à être consommée immédiatement.

Ces résultats sont obtenus par le dispositif représenté par le schéma ci-contre, qui représente une coupe de l'appareil par un plan horizontal.

L'eau froide à stériliser arrive en A et pénètre par le centre dans un cylindre RR'.

Ce cylindre est constitué par l'enroulement en spirales concentriques de deux feuilles de cuivre laissant entre elles un espace vide de 3 à 5 millimètres d'épaisseur.

Deux plateaux de fonte dressés s'appuient par l'intermédiaire de deux disques en caoutchouc sur les bases d'un cylindre formé par l'enroulement des feuilles de cuivre. Les plateaux sont réunis et serrés par des boulons parallèles aux générateurs du cylindre et extérieurs à ce cylindre.

On a constitué de la sorte deux tubes roulés en spirales, à section rectangulaire de 3 à 5 millimètres sur environ 400 millimètres, hauteur du cylindre. Chacun de

ces tubes à l'une de ses extrémités au centre du cylindre en C et D et l'autre à la périphérie du cylindre en E et F.

(L'un des tubes est teinté en gris, l'autre est blanc.)

À la suite de ce premier cylindre s'en trouve un second identique au premier.

Les tubes rectangulaires du 2^e sont reliés par leur extrémité C' et D' aux extrémités E et F des tubes du premier cylindre D'.

Ces deux cylindres appelés récupérateurs ou échangeurs constituent l'organe dans lequel se fait l'échange de température dont nous avons parlé.

Les deux tubes formant le 2^e récupérateur se raccordent par les tuyaux E' G et F' H avec 2 tuyaux de gros diamètre G I et H J qui, eux-mêmes, sont en communication par un tuyau I J.

Ces deux tuyaux sont enfermés dans une caisse fermée K L contenant de l'eau et de la vapeur à la température de 110 à 115°.

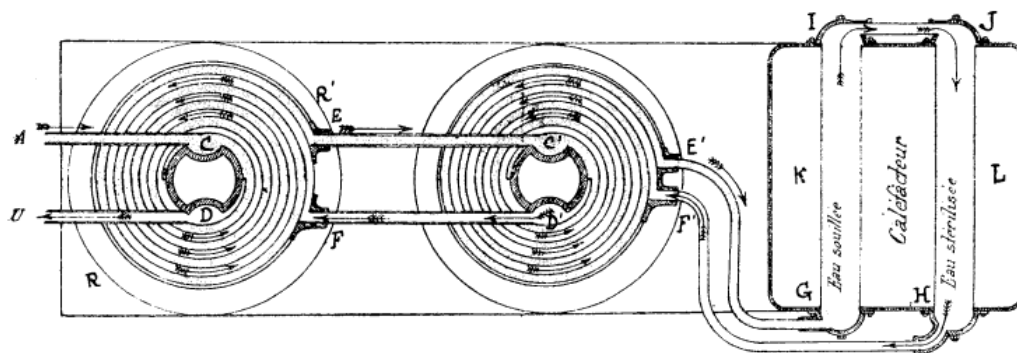


Fig. 1.

Cette température est obtenue soit par un foyer à charbon, à gaz ou à pétrole placé en dessous de la caisse K L, soit par un courant de vapeur arrivant d'un générateur quelconque servant en même temps à d'autres usages.

Enfin les extrémités centrales des tubes du 1^{er} récupérateur sont reliées l'une par le tuyau A C à la canalisation fournissant l'eau à traiter, l'autre par le tuyau D U à la canalisation distribuant l'eau stérilisée.

Si nous faisons entrer de l'eau souillée de microbes par le tuyau A C, cette eau suivra les spires noires du premier récupérateur en allant du centre à la périphérie, d'où elle sortira pour être conduite par le tuyau E C' au centre du 2^e récupérateur. Elle s'y comportera comme dans le premier et en sortira par le point E' de la périphérie et entrera dans l'un des gros tubes où elle s'échauffera. Cette caléfaction se continuera dans le second tube, et on peut admettre que la section de ces tubes, leur nombre et leur développement, soient suffisants pour que l'eau y séjourne assez longtemps pour prendre la température du milieu qui est de 110°. Donc cette eau sera stérilisée; elle continuera son chemin en entrant dans le 2^e récupérateur en suivant la spire blanche de la périphérie au centre. Du 2^e récupérateur elle passera dans le premier, toujours en marchant de l'extérieur à l'intérieur, et elle sortira complètement stérile et froide par le tuyau D U. On remarquera en effet que l'eau chauffée à 110°, au sortir du dernier gros tube où elle se stérilise, chemine parallèlement au

courant d'eau froide dont elle n'est séparée que par une mince paroi de cuivre et en sens contraire. Il y a donc dans ce trajet échange méthodique de température entre les deux courants. Celui d'eau froide s'échauffe, celui d'eau chaude se refroidit, et il est facile de concevoir que le développement des spires qu'elle a traversées soit assez long pour qu'au point de sortie l'équilibre de température soit à peu près complet, et que l'eau stérile qui sort soit sensiblement à la température de l'eau souillée qui entre. De plus, par le fait de cette échange de température, l'eau souillée, en entrant dans le caléfacteur, se trouve déjà à une température voisine de celle de stérilisation, et, par conséquent, sera déjà débarrassée d'une partie des microbes qui peuvent être détruits à une température inférieure à 100°.

Pendant toute la durée de son échauffement, l'eau a toujours circulé en vase clos ; donc, elle n'a pu perdre, par évaporation, qu'une partie très minime des gaz qu'elle tient en dissolution. Pour la même raison sa teneur en sels minéraux dissous n'a pas changé : elle a donc conservé tous ses caractères organoleptiques, et ne présente pas, bien qu'absolument stérilisée, les inconvénients de l'eau bouillie à l'air libre qui est dépourvue d'oxygène et dont la teneur en sels a été très notablement modifiée, ce qui la rend désagréable au goût et souvent d'une digestion difficile. Enfin, l'eau en sortant de l'appareil est froide et peut être immédiatement livrée à la consommation.

A point de vue économique cet échange complet de température entre les deux courants d'eau permet de n'employer comme combustible que la quantité nécessaire pour regagner les pertes de chaleur causées par le rayonnement et l'échauffement de l'appareil lui-même. Cette consommation de charbon dans les grands appareils débitant 1 000 litres à l'heure n'est pas notablement supérieure à 2 kilogrammes par heure.

Ce dispositif rend la construction facile et permet, par le simple démontage de quelques boulons, de visiter les spires du récupérateur dans toute leur étendue et de les débarrasser, soit mécaniquement, soit par un lavage à l'eau acidulée, des dépôts que l'eau pourrait y laisser.

La Compagnie générale aérohydraulique qui construit ces appareils les établit de différentes grandeurs, depuis ceux d'un débit de 1 000 litres à l'heure qui consomment de 2 à 3 kilogrammes de charbon à l'heure, jusqu'à ceux qui ne donnent que 100 litres à l'heure avec une consommation de 400 litres de gaz ou 25 centilitres de pétrole.

IV

APPLICATIONS DES STÉRILISATEURS

Les appareils d'un débit relativement faible, 100 litres à l'heure par exemple, peuvent servir pour une agglomération de petite importance, par exemple une maison de rapport ayant 10 ou 12 appartements, un lycée peu nombreux ou une école privée telle que celle que M. Duvigneau de Lanneau vient de faire construire, en y apportant tous les perfectionnements de l'architecture et de l'hygiène modernes, pour remplacer celle où il a préparé à leurs examens de nombreuses générations de candidats à l'École centrale. Ils peuvent trouver leur place également dans les hospices et les hôpitaux pour fournir de l'eau pure, destinée non seulement à l'alimentation du personnel, mais encore aux besoins des chirurgiens, dont les merveilleuses opérations ne

pourraient réussir si l'habileté et la science des praticiens ne trouvaient un auxiliaire indispensable dans l'aseptisation parfaite de leurs instruments, de leur personne et de l'eau nécessaire aux lavages des plaies et des champs opératoires.

La Ville de Paris a pourvu de ces petits stérilisateurs deux de ses Écoles professionnelles, l'École Dorian et l'École Boule.

La C^{ie} d'Orléans en a fait également installer un, dans ses bâtiments de la place Valhubert où elle loge un certain nombre de ses employés.

La salle d'opérations de l'hôpital des Enfants assistés possède aussi un appareil pour la stérilisation de l'eau nécessaire aux pansements et aux opérations chirurgicales.

Pour les grands établissements publics, la caserne de l'École-Militaire entre autres, l'École Polytechnique, celle de Saint-Cyr, qui sont dotées de stérilisateurs, les appareils débitent 1 000 litres à l'heure.

Entre ces deux limites, la Compagnie générale aérohydraulique établit d'autres types intermédiaires qu'un débit proportionné aux collectivités qui doivent en faire usage. Par exemple les établissements Panhard et Levassor, dont les chefs, aussi soucieux de la santé de leurs ouvriers que de la bonne renommée de leurs produits, n'ont pas hésité à monter dans leurs ateliers un stérilisateur de 500 litres à l'heure.

Un appareil de cette puissance va être installé à bord d'un navire de la marine de l'État, le « Calédonien » ; un autre navire, la « Couronne », recevra deux stérilisateurs débitant 100 litres à l'heure.

Dans les grands appareils chauffés au charbon ou à la vapeur, il y avait à craindre que pour une cause ou pour une autre la température venant à baisser dans le caléfacteur, l'eau à traiter, insuffisamment chauffée et par conséquent incomplètement stérilisée, contaminât les réserves d'eau stérilisée emmagasinées dans les réservoirs de distribution.

Cet abaissement accidentel de température présenterait un grave inconvénient, auquel les inventeurs ont paré, en établissant à la sortie de l'eau stérilisée un régulateur de température d'une construction simple et d'un fonctionnement assuré.

Ce petit appareil se compose d'une lentille creuse en métal : l'intérieur de la lentille est mis en communication par une tubulure avec la vapeur du caléfacteur. La lentille porte à sa partie supérieure une tige qui pénètre dans une chapelle où se trouve un clapet s'ouvrant de bas en haut. L'eau stérilisée arrive dans la chapelle par une tubulure supérieure au clapet et en sort par une autre placée en dessous, et toutefois le clapet est soulevé au-dessus de son siège.

La lentille est construite de telle façon que lorsque la pression dans le caléfacteur atteint le chiffre correspondant à la température de stérilisation, elle se déforme en se bombant, soulève le clapet par l'intermédiaire de la tige. L'eau stérile trouve alors le passage libre, et s'écoule par la tubulure dans la conduite de distribution.

Si la température du caléfacteur s'abaisse au-dessous de 110° et, par conséquent, n'assure pas la stérilisation de l'eau, la pression de la vapeur diminue également, et cesse d'être suffisante pour déformer la lentille qui s'aplatit. Le clapet retombe sur son siège, et l'écoulement de l'eau insuffisamment chauffée cessera pour ne reprendre que lorsque la température sera de nouveau remontée à 110°.

On voit que, même en cas de négligence dans la surveillance de l'appareil, le passage inaperçu d'eau souillée dans les conduites n'est pas à craindre.

Jusqu'à présent, nous n'avons parlé que d'appareils à débit continu et destinés à des agglomérations plus ou moins nombreuses.

Dans beaucoup de cas, les plus faibles de ces appareils seraient trop importants, par exemple, pour les maisons ou les appartements n'abritant qu'une famille, pour les chirurgiens opérant dans leur cabinet, pour les pharmaciens ayant besoin, dans leur laboratoire, d'eau bactériologiquement pure, soit pour la préparation de certains médicaments, soit pour les pansements provisoires qu'ils sont appelés à faire en cas d'accidents en l'absence des médecins.

Pour ces circonstances, la Compagnie construit de petits appareils dits « domestiques ».

Ces petits appareils ne sont pas à débit continu ; le volume d'eau qu'ils peuvent traiter en une seule opération varie de 10 à 50 litres, suivant leur capacité.

Ils se composent d'une petite chaudière fermée, dans laquelle on introduit le volume d'eau à stériliser. Cette chaudière est chauffée soit au gaz soit par un réchaud à pétrole ou à alcool jusqu'à 110°. Un thermomètre indique la marche de l'opération, et une soupape de sûreté empêche de faire monter la tension de la vapeur au delà du point correspondant à la température voulue. Lorsque cette température est atteinte, on la maintient pendant quelques minutes, et on supprime la source de chaleur. L'eau est alors stérilisée. Si on veut l'employer chaude, on la puise directement au robinet inférieur de la chaudière ; si, au contraire, on veut l'avoir froide, immédiatement, on lui fait traverser un petit échangeur de température construit comme celui des grands appareils, et qui se trouve en dessous d'un réservoir contenant de l'eau froide qui peut s'écouler dans la deuxième spire de l'échangeur. Si on veut de l'eau très froide, il suffit de mélanger à l'eau de réfrigération quelques morceaux de glace. Dans ce cas, l'eau stérilisée se recueille par un robinet monté sur l'échangeur de température.

L'ouverture de la chaudière est fermée par un couvercle d'un assez grand diamètre. Cette ouverture permet de suspendre dans la chaudière un panier métallique dans lequel on peut déposer des instruments, des objets de pansement ou des liquides en flacons que l'on veut stériliser.

Sur le dôme de la chaudière, se trouve un robinet de prise de vapeur que l'on peut utiliser pour actionner des pulvérisateurs de liquides médicamenteux ou désinfectants.

On peut également y brancher un tuyau flexible terminé par un petit ajutage pour donner des douches locales de vapeur.

La Compagnie aérohydraulique construit aussi des appareils pasteurisateurs pour le vin ; ils ne diffèrent des stérilisateurs que par le caléfacteur.

La température nécessaire pour détruire les ferments qui pourraient nuire au bon goût du vin ou à sa conservation n'est que de 66° environ. Dans ces conditions, le caléfacteur chauffé au charbon ou à la vapeur n'a pas besoin d'être fermé, et l'opération se conduit à l'aide d'un thermomètre. Un échangeur récupérateur permet de recueillir le vin pasteurisé à une température peu différente de celle de l'air ambiant, et pour ces appareils comme pour les stérilisateurs, la dépense de combustible est réduite à son minimum.

V

RÉSULTATS PRATIQUES OBTENUS

A l'appui de ce que nous avançons, il est bon de citer quelques faits et quelques chiffres authentiques.

a) Analyse exécutée le 3 mars 1896 par M. Georges, pharmacien-major.

	Eau de Seine naturelle.	Eau de Seine stérilisée par la chaleur. Appareil Vaillard-Desmaroux.
Résidu salin.	0 ^{gr} ,252	0 ^{gr} ,210
Degré hydrotimétrique.	18 gr.	18 gr.
Gaz dissous à + 15° et 760 millim. de mercure.	20 ^{cm} 2	14 ^{cm} 2
Acide carbonique non combiné.	4 ^{cm} 2,3	2 ^{cm} 2,9
Oxygène dissous.	7 ^{milligr} ,8	7 ^{milligr} ,4

b) Conclusions d'une analyse du docteur Brau faite à l'Institut Pasteur sur des échantillons d'eau stérilisée par plusieurs appareils construits récemment par la Compagnie aérohydraulique pour le compte du gouvernement de l'Indo-Chine.

En résumé, il résulte de notre examen :

1° Que la stérilisation de l'eau par les appareils Vaillard-Desmaroux est complète :

2° Que les appareils Vaillard-Desmaroux, grands et petits modèles, fournissent de l'eau constamment stérile.

c) M. E. Defrance, directeur des services de voirie à l'Exposition universelle de 1900, certifie, à la date du 30 janvier 1901, que la Compagnie aérohydraulique a installé à l'Exposition de Vincennes, pour le compte du service de la voirie, une usine de stérilisation d'eau de Marne alimentant dix fontaines de puisage destinées au service public de l'Annexe, que le fonctionnement de ces appareils s'est poursuivi d'une manière régulière et satisfaisante, et que le service d'alimentation en eau stérilisée a été assuré dans des conditions qui n'ont rien laissé à désirer.

d) Opinion de M. Wurtz, professeur à l'École de médecine de Paris :

« Je crois que l'appareil Vaillard-Desmaroux est le meilleur qui existe actuellement au point de vue de la fraîcheur et de l'absolue stérilisation de l'eau. »

e) Voici ce que dit le docteur Bergeron, secrétaire perpétuel de l'Académie de médecine :

« Je n'ai adopté l'appareil Vaillard-Desmaroux pour la stérilisation de l'eau à l'hôpital de l'Île d'Oléron qu'après en avoir essayé le fonctionnement à l'hôpital du Val-de-Grâce, et je n'ai qu'à me féliciter de cet appareil, qui a le double avantage de stériliser parfaitement l'eau, et d'être une excellente étuve à désinfection. »

f) Voici le témoignage, en date d'avril 1900, du docteur Sebillon, médecin-major du 1^{er} régiment de chasseurs à Châteaudun, à propos de stérilisateurs installés à la caserne de cette ville.

« L'appareil a été installé, le 22 septembre 1896, dans l'un des quartiers de cavalerie de Châteaudun, à la suite d'une épidémie de fièvre typhoïde des plus meurtrières sur la population militaire, épidémie au cours de laquelle l'analyse bactériologique avait décelé dans l'eau de boisson actuellement employée la présence de nombreux colibacilles et même de bacilles d'Eberth. »

« Il est à noter que la dothiéntérie, du fait même de l'usage de cette eau, est endémique dans la population civile.

« A l'arrivée du 1^{er} chasseur, en 1896, la situation était donc celle-ci :

« En janvier et mai 1896, épidémie des plus violentes sur le 20^e chasseurs (110 cas, 12 décès), épidémie moins sévère sur la population civile.

« Le commandement se décide à faire évacuer la ville, et la municipalité installe, à ses frais, un stérilisateur Vaillard-Desmaroux, condition *sine qua non* de l'arrivée du 1^{er} chasseurs.

« Grâce à des dispositions prises dès le début, fermeture de toutes les prises d'eau des deux quartiers, distribution *larga manu* d'eau stérilisée non seulement aux hommes de troupe, mais encore aux officiers et aux ménages militaires, nous n'avons pas eu un seul cas de fièvre typhoïde, depuis le 22 septembre 1896, dans la population militaire, alors que l'endémie typhoïque continue à peser sur la population civile.

« L'appareil continue à fonctionner depuis le mois de septembre 1896 sans avoir éprouvé d'avaries.

« En résumé, la preuve (une preuve mathématique) a été obtenue de la possibilité de soustraire pendant bientôt quatre ans consécutifs une garnison de 850 hommes à une contamination typhoïde, dans un milieu endémique avéré, par l'emploi d'une eau ne contenant plus de germes suspects. Cette eau, d'ailleurs acceptée dès le début sans répugnance par les hommes, méfiants de nature, est légère, sans aucun goût, très claire. On constate qu'à l'ébullition elle perd son gaz dissous et ses sels, preuve qu'elle est suffisamment aérée à la sortie des échangeurs.

« Elle est employée dans tous les ménages d'officiers et de sous-officiers, et, depuis trois ans, je n'ai pas noté chez les enfants ces petites poussées de diarrhées saisonnières si fréquentes dès le mois de juin. »

De tels résultats nous donnent, croyons-nous, le droit d'affirmer que le problème de la stérilisation pratique et industrielle de l'eau d'alimentation a été résolu par la Compagnie générale Aérohydraulique, et que les appareils Vaillard-Desmaroux, construits par elle, satisfont aux conditions posées, d'efficacité dans leurs résultats, de facilité dans leur installation et d'économie dans leur fonctionnement et leur entretien.

HUBERSON.

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté par **M. E. Sauvage**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur les tubes de niveau d'eau blindés de **M. Bara**.

M. Bara a présenté à la Société un système de tubes de niveau en verre partiellement recouverts d'une gaine métallique, qu'il dénomme *tubes blindés* (1). Cette gaine formée de cuivre déposé par électrolyse protège le tube contre certaines causes de rupture, et, s'il vient à se rompre, maintient en place les fragments. Pour laisser voir l'eau dans le tube, la gaine présente une série de fenêtres de formes diverses : souvent ces fenêtres sont ovales, avec une largeur un peu supérieure au diamètre du tube, et une hauteur double de la largeur. Ces fenêtres sont superposées avec des intervalles de quelques millimètres ; elles forment une rangée ou deux rangées correspondantes de part et d'autre du tube. Ces ouvertures n'existent pas vers les deux extrémités du tube, qui s'engagent dans les garnitures.

L'épaisseur du dépôt galvanique peut varier suivant la pression qui doit agir dans le tube. Elle atteint 1^{mm},5. Pour la préparation du tube, on commence par revêtir le verre d'un enduit conducteur de l'électricité, sauf sur les fenêtres réservées et à l'intérieur ; cet enduit est formé de caoutchouc ou de papier métallisé, ou bien d'une feuille d'étain. Il reste fixé entre le verre et la gaine métallique et atténue sans doute l'effet des dilatations inégales du verre et du métal.

Ces tubes ont reçu un certain nombre d'applications. On en a fait notamment un essai assez étendu sur des locomotives des chemins de fer de l'Ouest ; pour cet essai, on a choisi des chaudières timbrées 15 kilogrammes la longueur totale des tubes étant de 40 centimètres.

Ces tubes se sont bien comportés en service : les ruptures ont été rares et inoffensives, le verre se fêlant sans qu'il y ait projection d'éclats ni d'eau chaude en abondance. On a seulement constaté un défaut qui existe

(1) On trouvera sur ces tubes un rapport de M. Vuaillet dans le *Bulletin de la Société des agriculteurs de France*, en mai 1899, p. 496.

d'ailleurs fréquemment sur les tubes ordinaires : l'usure rapide du verre à l'entrée supérieure du tube. Parfois au bout d'un mois de service le tube était hors d'usage par suite de cette usure. Cet effet tient sans doute à la haute température de la vapeur.

Pour y remédier, M. Bara a prolongé le dépôt galvanique sur le bord supérieur des tubes et jusqu'à une certaine distance sur la surface intérieure. Cette disposition allongera très vraisemblablement la durée des tubes. Il est probable d'ailleurs, qu'avec certaines qualités de verre, l'usure serait moins rapide.

Le montage des tubes de M. Bara est particulièrement facile, à cause de leur solidité. L'eau reste d'ailleurs suffisamment visible à l'intérieur, surtout sur les locomotives, où le niveau dans le tube est presque toujours en mouvement. La visibilité est à peu près aussi bonne qu'avec un tube ordinaire revêtu d'une des gaines protectrices dont on fait souvent usage.

M. Bara a cru cependant utile d'augmenter la visibilité par l'emploi d'un flotteur dans le tube : ce flotteur est un petit cylindre creux en acier mince, émaillé en blanc à l'extérieur; mais tout ce qui peut fausser l'indication des tubes de niveau est une cause de danger, et on peut toujours craindre que le flotteur ne reste coincé dans le tube : aussi, les tubes sans flotteur paraissent préférables, et l'eau y est en somme assez visible. La fabrication de ces petits flotteurs est délicate.

En résumé, la disposition présentée par M. Bara est ingénieuse et efficace : ses tubes peuvent se substituer sans aucune préparation aux tubes ordinaires, et dispensent de l'emploi de gaines protectrices encombrantes. On peut d'ailleurs espérer que la plus longue durée de ces tubes en compensera du moins partiellement le prix plus élevé.

Aussi, votre Comité vous propose-t-il de remercier M. Bara de sa communication et d'insérer au *Bulletin* de la Société le présent rapport.

Signé : SAUVAGE, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 14 mars 1902.

ARTS MÉCANIQUES

NOTE présentée par **M. Édouard Simon**, membre du Conseil, SUR UN PROCÉDÉ D'ESSAI DE LA RÉSISTANCE A LA PÉNÉTRATION DE MATIÈRES ÉLASTIQUES OU NON, breveté s. g. d. g., par **M. Jules Persoz**, *directeur de la Condition publique des soies et laines, de Paris*.

L'un de nos vice-présidents le plus compétents en matière d'essais de matériaux, M. Henri Le Chatelier, écrivait, le 12 novembre dernier, au président de la Société des ingénieurs civils de France : « Tous les ingénieurs au courant des méthodes d'essais sont d'accord pour reconnaître que l'essai de traction est insuffisant pour définir les qualités des métaux utiles à l'emploi. »

Cette opinion semble devoir être généralisée, car elle trouve une sanction nouvelle dans l'essai des tissus, des papiers, etc. La *Chambre de commerce de Paris* l'a compris ainsi. Dans une récente circulaire (octobre 1901), l'un de ses membres, président de la Commission administrative de la Condition, M. Ancelot, après avoir rappelé que cet établissement effectue les essais de *résistance à la traction* des étoffes ainsi que des cuirs et courroies, signale un appareil qui permet également à la Chambre de commerce de déterminer la *résistance à la perforation* des articles ci-dessus mentionnés.

Cet appareil a été imaginé et breveté par le savant directeur de la Condition publique des soies et laines, M. Jules Persoz, dont vous connaissez déjà nombre de travaux ; il est construit avec un soin particulier par l'un de nos sociétaires, M. F. Ollivier, ingénieur-mécanicien.

Les essais dynamométriques des tissus, papiers, etc., tels qu'ils sont pratiqués, d'ordinaire, à la traction s'effectuent successivement en long et en travers, c'est-à-dire pour les étoffes, dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame. On opère sur des bandes mesurant 5 centimètres de largeur ; la longueur doit être suffisante pour assurer le serrage des deux bouts entre les mâchoires du dynamomètre et pour laisser entre ces pinces un intervalle qui permette d'évaluer l'allongement. Ces essais, toutefois, fournissent des indications incomplètes, peu concordantes avec les conditions d'emploi. Qu'il s'agisse de vêtements, de sacs en toile ou en papier, de garnitures en cuir, en amiante, en caoutchouc, d'étoffes pour ballons, de tuyaux, de toiles à voile, de papiers typo-

graphiques, etc., les efforts résultant de l'usage ne s'exercent pas exclusivement en long ou en travers des objets confectionnés; ils intéressent toute la surface sur laquelle ils font pression. Cette observation a précisément déterminé la méthode de M. Persoz, dont l'ingénieux appareil sert à essayer la *résistance à la pénétration ou à la pression*, de disques de toutes matières et d'épaisseurs variables; nous disons intentionnellement *à la pression*, car le terme *perforation*, sous lequel l'auteur désigne parfois le nouveau mode opératoire, n'indique que la conséquence de l'essai, de même que la rupture ou la déchirure résultant des épreuves à la traction. Le mot perforation pourrait faire naître un malentendu: il ne s'agit pas simplement de percer un trou au centre d'un disque, mais de *sonder* ce disque, comme l'acheteur qui tâte une étoffe pour en apprécier la résistance et l'élasticité; ou bien encore de *presser* sur ce disque à la manière d'un outil emboutisseur.

« La méthode, dit M. Persoz dans son *Essai des matières textiles* (1), consiste en principe à maintenir solidement par ses bords, sur un cadre circulaire, entre deux rondelles métalliques, à la façon d'une membrane de tambour, un morceau du tissu à éprouver. Au centre de cette surface bien tendue vient s'appliquer l'extrémité d'une tige rigide que l'on presse progressivement par un effort mécanique, jusqu'à ce qu'il y ait perforation.

« La tige perforatrice se termine en un cône, que l'on coiffe, à la façon d'un bilboquet, avec une bille ou sphère métallique d'un diamètre déterminé. Cette pièce a ainsi une forme bien définie, ce qui est essentiel pour assurer des conditions d'expérience toujours identiques. »

La figure 1 montre l'appareil monté sur le dynamomètre construit par MM. Ollivier et C^{ie} (2); la figure 2 est une vue en coupe, à plus grande échelle, du même appareil. Ce dernier se compose de deux châssis métalliques *m* et *r*, pouvant glisser verticalement l'un dans l'autre; les 4 galets *g* ont pour but de faciliter le glissement. Le cadre intérieur *r* est suspendu par les anneaux *a'* aux crochets de la mâchoire supérieure du dynamomètre (fig. 1) et porte l'organe presseur B. Le cadre extérieur *m*, fixé à la vis de traction, est muni d'une pince circulaire. Les deux rondelles cannelées *p* et *q*, qui constituent les faces internes de cette pince annulaire K P, se vissent à fond pour tendre et maintenir le disque soumis à l'essai et s'engagent dans les glissières latérales SS solidaires du cadre *m*.

Sous la traction déterminée par la manœuvre du volant M, le cadre *m* s'abaisse et entraîne la pince K P. La matière *d'* à essayer, qui appuie sur le presseur B, oblige également le cadre *r* à s'abaisser aussi longtemps qu'il ne se produit ni déchirure ni perforation.

(1) J. Persoz. *Essai des matières textiles*. — Paris. Encyclopédie des aide-mémoire Léauté.

(2) 42, rue de Chalon, à Paris (12^e arrondissement).

Deux échelles graduées servent à mesurer, l'une l'effort exercé en kilogrammes, l'autre la flèche en centimètres.

Ajoutons que pour régler, au début de l'essai, le contact du presseur, M. Per-soz place sur la surface soumise à l'épreuve un petit dispositif *P'* dit *planoscope* qui, par l'écartement de ses deux branches, indique avec précision l'instant où le presseur B. venant à porter sur cette surface, lui imprime une courbure, si faible qu'elle soit. La vis V, munie d'un contre-écrou, permet d'effectuer ce réglage très rapidement. Le pla-

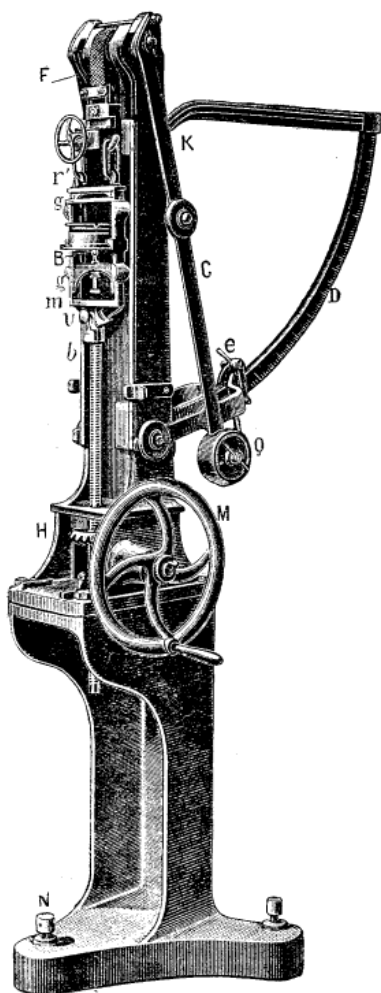


Fig. 1.

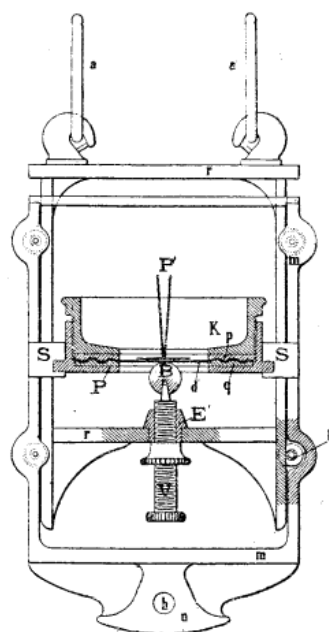


Fig. 2.

noscope est enlevé aussitôt le réglage terminé c'est-à-dire avant de procéder à l'essai.

Il importe que l'organe presseur rencontre le disque soumis à l'épreuve sous un angle aussi peu aigu que possible et ne présente aucune arête de nature à former découpoir : c'est pourquoi la sphère a été choisie. C'est, d'ailleurs, la

forme qui, dans les articulations du corps humain, termine les parties osseuses et ménage les tissus voisins. Une pointe fine traverserait sans effort le disque tendu; la résistance à la pénétration augmente, au contraire, avec le développement superficiel du presseur. Les résultats ci-après d'essais effectués avec des disques découpés dans une même bande de drap mais avec des presseurs sphériques de différents diamètres feront saisir l'importance de cette observation.

1. — Essais à la pression de disques en drap de laine épais, de 50 millimètres de diamètre.
Résistance à la perforation mesurée en kilogrammes.

		kg. moyennes.	
Avec presseur sphérique de 10 millim. de diamètre.	Essai 1.	19	19 ^{kg} ,0
	— 2.	19	
Id. 20 — —	— 1.	39	38 ^{kg} ,0
	— 2.	37	
Id. 30 — —	— 1.	50	49 ^{kg} ,0
	— 2.	48	
Id. 35 — —	— 1.	63	63 ^{kg} ,5
	— 2.	64	
Id. 40 — —	— 1.	67	69 ^{kg} ,0
	— 2.	71	

D'après ces chiffres et comme on devait le supposer, suivant que les dimensions de la sphère permettent au presseur d'agir sur une surface plus ou moins étendue, la résistance peut plus que tripler.

Après de nombreux essais, le rapport de 4 à 5 entre les diamètres de la sphère et du disque a paru correspondre aux conditions d'emploi les plus ordinaires.

Lorsque, au lieu du presseur sphérique, on fait usage d'un disque plat de même diamètre, à bords plus ou moins arrondis, ou d'un disque très légèrement bombé, les résultats obtenus avec une étoffe élastique comme le drap, sont un peu plus favorables, le tissu *paraît* plus résistant. Cette différence tient à ce que la pression s'exerce simultanément sur un plus grand nombre des éléments constitutifs de la surface; mais on s'éloigne alors des conditions de l'emploi normal; la pression n'agit jamais, dans les cas qui nous occupent, suivant un plan, mais suivant une surface courbe limitant un renflement, une poche de forme arrondie.

Si, d'un autre côté, on compare les résultats obtenus avec les disques soumis à la pression, aux chiffres des essais à la traction de bandes rectangulaires, coupées soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal, on constate des différences notables, en plus ou en moins, suivant la nature des matières essayées.

Pour la draperie, par exemple, et quel que soit l'article, les épreuves à la pression donnent très approximativement des chiffres équivalents à la somme

des résistances successivement obtenues par la traction dans le sens de la chaîne

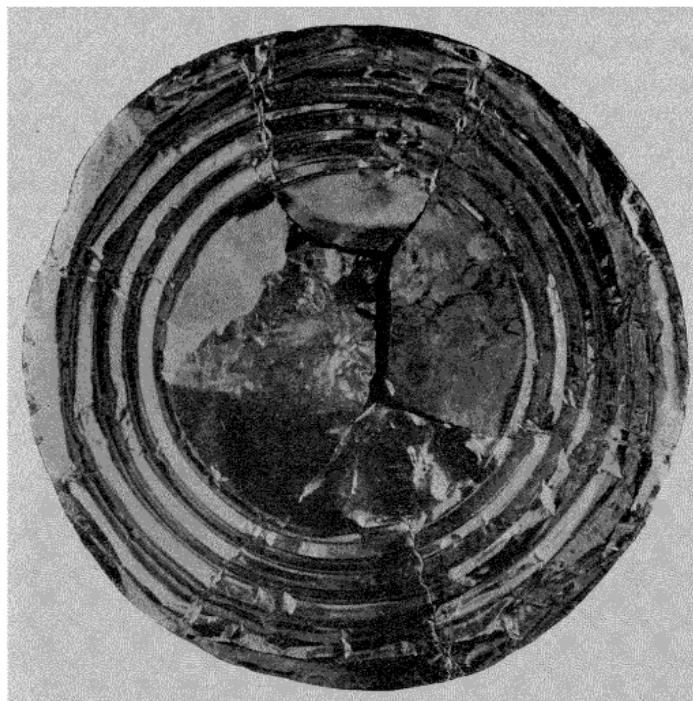


Fig. 3. — Rupture d'un disque de paillon de 0^m,10 d'épaisseur.

et dans le sens de la trame. Cette remarque est confirmée par le relevé ci-dessous.

II. — Essais de draperie

à la traction.					à la pression.				Moyennes.
	En chaîne.		En trame.		a	b	c	d	
	kg.		kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
I. Satin garance. . .	28	+	31	= 59	58	73	66	38	63,7
II. Armure drapée									
(Sedan)	37	+	26	= 63	71	68	67	61	66,7
III. Taupeline	34	+	32	= 66	58	60	»	»	59,0
IV. —	23	+	29	= 52	48	48	»	»	48,0
V. Brut hiver. . . .	23	+	35	= 58	60	60	»	»	60,0
VI. Cork-Screw. . . .	43	+	57	= 102	113	100	110	»	107,6
(art. de Roubaix peigné pour été).									

Pour tous les essais à la pression, la perforation s'est produite suivant une ligne brisée qui donnait à la déchirure une forme triangulaire et témoignait de la participation simultanée de la chaîne et de la trame à la résistance. Cette simultanéité résulte de la liaison intime des fils de laine, notablement accrue

par le foulage de l'étoffe, et explique comment l'essai des disques a donné des chiffres représentant à peu près exactement les totaux des doubles essais en longueur et en largeur.

Le tableau II permet aussi de constater que dans les deux sortes d'épreuves, à la traction comme à la pression, la résistance n'est nullement proportionnelle à l'épaisseur de l'étoffe. C'est, en effet, l'article peigné dit *cork-screw* et destiné aux vêtements d'été, qui a résisté aux plus grands efforts. La solidité de l'étoffe

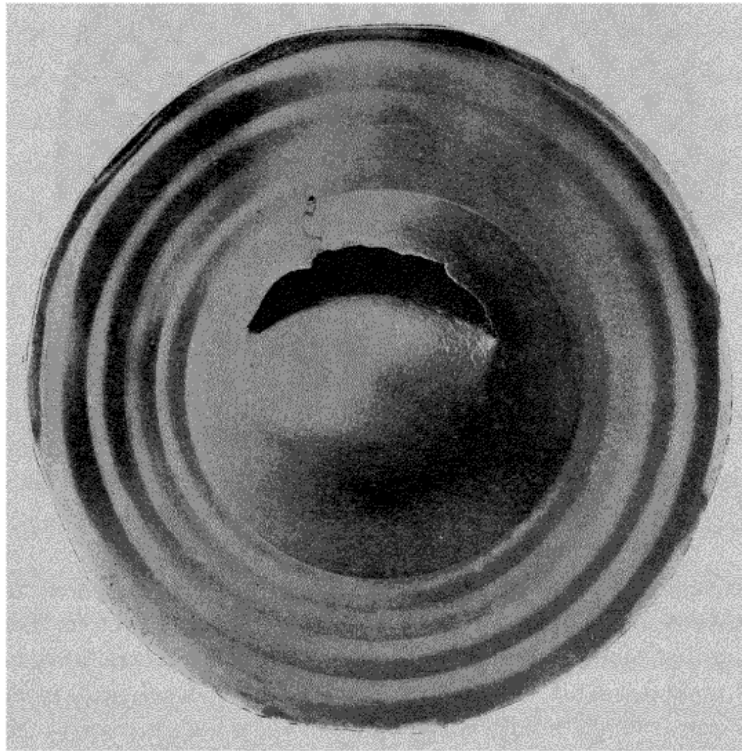


Fig. 4. — Rupture d'un disque de fer-blanc de 0^{mm},10 d'épaisseur.

tient donc à la nature du fil employé, à la qualité de la matière première et à l'*armure* du tissu qui, en s'opposant aux glissements, solidarise complètement la chaîne et la trame.

Enfin, tandis que pour les essais à la traction, les résultats varient dans des limites étendues suivant que l'opérateur est plus ou moins soigneux, dresse la bande découpée plus ou moins exactement dans le sens longitudinal ou dans le sens transversal, le serrage du disque au moyen de la pince annulaire de l'appareil Persoz est aisément obtenu et indépendamment de l'habileté de l'essayeur. Aussi, lorsque le produit est homogène, les essais successifs fournissent-ils des

chiffres identiques qui n'obligent pas à multiplier les épreuves. Ces remarques se sont trouvées vérifiées au cours des essais de toiles de lin, de chanvre, de jute, dont la composition et la résistance sont indiquées dans le tableau suivant (III).

Ici encore la *réduction* du tissu, c'est-à-dire le nombre de fils en chaîne et en trame par unité de surface, de même que l'*armure* ou mode d'entre-croisement des fils, influent notablement sur la ténacité; l'épreuve à la pression, dans les conditions de l'appareil Persoz, le montre bien. Lorsque l'on opère d'après

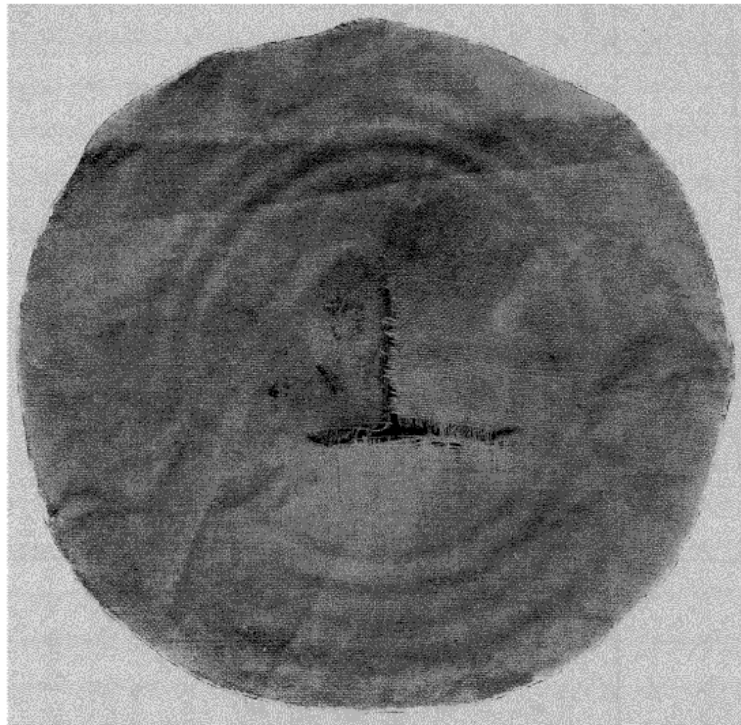


Fig. 5. — Déchirure en V d'une rondelle en toile.

la méthode ordinaire, en tirant sur des bandes de 50 millimètres de largeur, ces bandes se contractent en s'allongeant; les fils qui s'allongent le plus (chaîne ou trame) supportent seuls l'effort maximum; les fils perpendiculaires au sens de la traction glissent en serpentant autour des autres sans apporter leur appoint. Avec la pince annulaire, les entre-croisements des fils sont solidement maintenus et, à moins que l'intervalle de ces fils (comme dans la toile d'emballage n° 12) ne permette au presseur de les écarter par pénétration et de les isoler, les éléments les moins solides empêchent les autres de s'allonger aussi aisément et, comme dans la réalité, contribuent à la résistance totale. (V. fig. 5.) Il s'ensuit qu'avec

deux faisceaux de fils identiques (chaîne et trame) tissés suivant une armure qui s'oppose aux glissements, la résistance à l'effort de pression peut atteindre à la somme des résistances à la traction mesurées en long et en travers. L'essai du *treillis* (n° 10 du tableau) en fournit un exemple.

Si, comme dans le type n° 1, la chaîne et la trame ne sont pas de même composition, l'un des groupes de fils cède bien avant l'autre; on voit qu'à *la traction* la chaîne en coton s'est rompue sous un effort de 84 kilos seulement

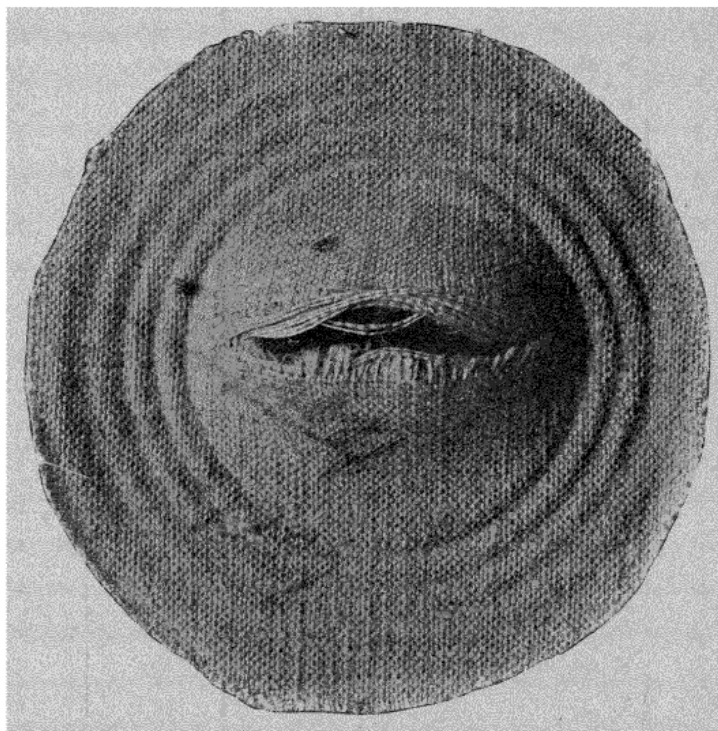


Fig. 6. — Déchirure en boutonnière.

tandis que la trame en lin a supporté une traction équivalente à 122 kilos. A *la pression*, le disque a cédé sous des efforts également variables, depuis 75 jusqu'à 181 kilos. Ces irrégularités justifient les prescriptions des anciens règlements qui interdisaient, dans les étoffes *loyales et marchandes*, l'usage de fils de diverses matières.

La déchirure résultant de la pénétration du presseur sphérique est alors caractéristique : au lieu de se présenter sous forme de chevron ou de V, elle offre l'aspect d'une boutonnière rectiligne, parallèle ou perpendiculaire à la direction de la chaîne, selon que la trame, ou la chaîne, a cédé la première (V. fig. 6).

Papiers.

DÉNOMINATION DU MATÉRIEL	POIDS DES ORANDES en grammes	ESSAIS À LA			RÉSISTANCE à la pénétration des corps durs			MOYENNES DES TRAVAUX en kg/cm ²			RAPPORTS des caractéristiques des essais précédents.
		En long (1).	En travers (2).	En travers (3).	a	b	c	d	e	f	
A. Bleu.	75	14,0	8,7	8,5	22,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	22,5 = 9,0
B. Blanc.	55	4,2	5,3	5,7	7,9	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	2,5 = 1,0
C. Orange.	70	12,0	3,3	44,8	26,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	30,75 = 10,5
D. Blanc.	65	10,7	5,0	7,0	17,7	1,0	1,0	1,3	1,3	1,3	14,5 = 18,0
E. —	65	11,0	3,5	6,1	17,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	14,5 = 14,0
F. Bleuté.	81	7,6	3,4	5,0	12,6	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0	12,6 = 12,2
G. Blanc.	82	9,0	2,8	6,9	15,9	1,4	1,4	2,3	2,3	2,3	12,6 = 10,0
H. Bleu.	409	14,9	4,0	8,5	23,4	3,0	3,0	2,3	2,3	2,3	14,9 = 13,2
I. Blanc.	65	11,8	2,7	5,9	16,7	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	14,9 = 8,8
J. Bien claté.	101	16,0	3,3	8,7	24,7	2,3	2,3	1,5	1,5	1,5	16,0 = 16,4
K. Orange.	95	19,0	2,6	12,5	31,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	19,0 = 13,0
L. Bleuté.	101	16,0	3,3	8,2	24,2	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	16,0 = 12,6
M. Blanc.	85	14,1	2,6	8,5	22,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	22,6 = 9,1
N. —	55	10,1	2,5	5,0	15,1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	22,6 = 7,7
O. —	123	14,2	2,5	8,5	22,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	15,1 = 10,0
P. Bleuté.	123	10,2	4,5	6,0	16,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	22,7 = 12,9
Q. Blanc.	56	8,5	4,8	3,9	12,1	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	16,2 = 14,1
R. —	53	8,5	2,0	5,5	14,0	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3	12,1 = 9,9
S. Register.	125	26,0	5,8	17,2	33,0	3,8	3,8	5,0	5,0	5,0	14,0 = 9,3
T. —	135	23,2	3,0	17,8	51,0	5,8	5,8	5,1	5,1	5,1	33,0 = 12,5
U. —	126	25,5	3,3	14,0	39,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,4	51,0 = 8,8
V. —	80	15,9	3,3	9,5	24,5	2,6	2,6	2,9	2,9	2,9	39,5 = 8,9
W. —	115	27,1	3,3	15,0	42,0	4,3	4,3	2,1	2,1	2,1	27,1 = 12,5
Y. —	32	13,0	2,0	6,5	19,5	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	42,0 = 10,5
Phosphor.	58	22,0	3,0	10,0	32,0	5,1	5,1	3,4	3,4	3,4	19,5 = 9,2
Bulle parcellaire.	64	25,0	4,0	13,5	38,5	5,8	5,8	3,8	3,8	3,8	32,0 = 6,2
Manille.	56	11,0	5,0	9,0	20,0	2,6	2,6	2,1	2,1	2,1	38,5 = 9,8
Goudron.	48	13,0	2,5	10,0	23,0	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	20,0 = 8,3
—											23,0 = 8,8

1. C'est-à-dire dans le sens du cheminement de la pôle sur la machine à papier. La résistance en long est, d'ordinaire, beaucoup plus considérable qu'en travers.

D'autre part et contrairement à certain préjugé qui attribue aux toiles fabriquées à la main des qualités exceptionnelles, les essais de l'échantillon n° 8 montrent le peu d'homogénéité de ce genre de produits.

Les *flèches* des disques, au moment de la déchirure, sont assez concordantes avec les allongements des bandes soumises à la traction.

Pour les papiers, qui peuvent être considérés comme des feutres d'une nature particulière, les essais à l'aide du presseur sphérique donnent des résultats tout différents de ceux enregistrés à la traction. Il est vrai que les fibres du papier, même lorsque la pâte est fabriquée avec du chiffon, ne possèdent pas assez de *crochet* pour que le feutrage dispense d'un encollage; puis, que l'encollage, en donnant de la cohésion à la feuille, lui retire de l'élasticité. Il faut tenir compte

aussi des matières étrangères incorporées dans la pâte pour donner au papier du poids et de la main.

Le tableau IV montre qu'avec les sortes essayées la pression n'a fourni que des chiffres très inférieurs aux résultats de la traction en long et en large. Il semble que l'organe presseur désagrège l'espèce d'aggloméré qui constitue le papier. La déchirure s'est faite presque toujours brusquement comme se produit la rupture d'une planche mince, d'une feuille de placage.

D'après le tableau IV, si la résistance à la

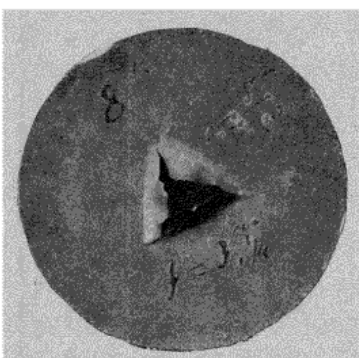


Fig. 7. — Déchirure triangulaire d'une rondelle de cuivre recuit de 0^{mm},02 d'épaisseur.

traction varie parfois du simple au double, suivant que l'effort s'exerce dans la direction longitudinale ou en travers de la feuille de papier, la résistance à la pression n'est le plus souvent que le dixième de la somme des résistances en long et en large; elle s'abaisse même, dans certains cas, bien au-dessous de cette limite. Ainsi s'explique que des papiers essayés avec les anciens dynamomètres et supportant, à la traction, des efforts relativement considérables, se déchirent sous la seule pression des rouleaux de la machine typographique et, une fois imprimés, ne peuvent servir à envelopper le moindre paquet sans se rompre.

On peut constater sur le même relevé que le poids de la feuille est un moyen de contrôle fort insuffisant, puisque les échantillons B et N, tous deux blancs et de même poids, ont donné, le premier une résistance moyenne, à la pression, de 750 grammes, et le second un effort exactement du double, soit 1 500 grammes.

La substitution du chiffon à la pâte de bois se traduit, dans les papiers-registre, par une homogénéité et une ténacité dont témoignent les divers essais.

Les papiers d'emballage montrent également, au point de vue de la résis-

tance, l'influence des matières premières employées et l'effet de certains agents chimiques, notamment des produits servant à *parcheminer* la feuille. Le *bulle* parcheminé, pesant 48 grammes au mètre carré, a supporté une pression de 5^{kgr},100 avant de rompre, ou un effort presque égal à celui qui a déterminé la déchirure du plus fort papier-registre pesant 125 grammes.

Enfin, les flèches des disques fournissent des indications concordantes avec les résistances enregistrées.

La méthode de M. Persoz est encore applicable à l'essai des métaux; toutefois l'appareil, mis obligeamment à notre disposition par le constructeur, étant surtout destiné à mesurer des efforts compris entre 1 et 200 kilogrammes, nous n'avons pu éprouver que des feuilles de métal minces. On verra, par les quelques chiffres transcrits dans le dernier tableau (V), que l'essai ainsi pratiqué fournit des résultats très variables, tantôt identiques à ceux de la traction en long ou en travers de la feuille, tantôt équivalents à la somme des résistances trouvées dans les deux sens, tantôt, au contraire, très inférieurs aux chiffres des épreuves par traction.

Le recuit d'une feuille de cuivre rouge de 2/100 de millimètre d'épaisseur a suffi pour en sextupler la résistance à la pression. (V. fig. 7, la déchirure triangulaire du disque.)

En résumé, la méthode imaginée par M. Persoz est susceptible de nombreuses applications et ouvre une voie nouvelle aux recherches et aux constatations, de nature à guider le producteur aussi bien que le consommateur.

V. — Feuilles de métal.

ESSAIS.											
DÉSIGNATION.	Épaisseur.	A LA TRACTION (par bandes de 0 ^m ,050 de larg.).				A LA PRESSION (sur disques de 0 ^m ,050 de diamètre).					
		En long.		En travers.		a		b		c	
		Allongement.	Allongement.	Allongement.	Allongement.	Flèche.	Flèche.	Flèche.	Flèche.	Flèche.	Flèche.
	mm.	kgr.	p. 100.	kgr.	p. 100.	kgr.	mm.	kgr.	mm.	kgr.	mm.
Paillon (1).	1/10	13	10	10	16	13,0	12	13	12	»	»
—	2/10	31	20	23	30	42,0	16	43	16	44	16
—	5/10	79	40	66	50	141,0	22	136	22	146	22
Cuivre rouge.	2/100	28	20	22	10	2,5	1	3	1	»	»
— — (recuit)	2/100	»	»	»	»	17,5	10	18	10	»	»
— —	5/100	60	5	»	»	21,0	5	17	4	»	»
Laiton.	1/10	88	21	97	28	189,0	20	187	19	»	»
Fer-blanc (2).	1/10	138	3	139	4	52,0	5	43	4	66	6

(1) Voir fig. 3.

(2) Voir fig. 4.

L'aperçu que nous avons eu l'honneur de vous présenter aujourd'hui n'a d'autre but que d'amorcer la question et d'appeler l'attention des intéressés sur un procédé encore peu connu. Nous tenons, en terminant, à féliciter M. Jules Persoz de son initiative, M. Ollivier du soin avec lequel ce constructeur a établi le nouvel appareil dynamométrique et en a rendu l'usage facile et pratique. C'est aussi pour nous un agréable devoir de remercier cet ingénieur du concours qu'il a bien voulu nous prêter pendant toute la durée de nos essais, ainsi que M. Fayolle, directeur de la Société anonyme de Publications industrielles, M. Paul Fleury, ingénieur, l'un des gérants du Comptoir de l'industrie linière, M. André Simon, fabricant de draps, qui nous ont très obligeamment fourni de nombreux échantillons et d'utiles indications sur la composition de ces types.

ARTS MÉCANIQUES

NOTE SUR LES LOCOMOTIVES, PAR **M. Ed. Sauvage**,
Ingénieur en chef des mines.

La présente note est le développement d'une conférence faite à la *Société d'Encouragement* le 22 février 1901. Après quelques considérations générales sur la locomotive et sur les principales dispositions de ses trois parties essentielles, la chaudière, le moteur et le véhicule, elle passe en revue, à titre d'exemples, une série de types choisis parmi les plus récents et les plus intéressants. La très riche collection de dessins et d'analyses, publiée dans la *Revue de mécanique*, a fourni, pour cette revue, de précieux documents. L'auteur de la note a aussi utilisé une communication qu'il a faite à Londres, en juin 1900, sur les locomotives françaises (*Institution of mechanical engineers, Recent locomotive practice in France*); le texte d'une conférence à Nancy « sur le matériel moteur des chemins de fer en l'an 1900 » (n° du 3 mars 1901 de la *Revue industrielle de l'Est*, et tirage à part à la bibliothèque de la *Société*); un travail qu'il a rédigé pour la *Revue générale des sciences* (n° du 30 mai 1901). Il convient de citer aussi une récente publication de MM. Barbier et Godfernaux, « les locomotives à l'exposition de 1900 », où sont rassemblés des documents publiés en partie dans la *Revue générale des chemins de fer et des tramways*.

Le matériel moteur des chemins de fer comprenait, à la fin du XIX^e siècle, 130 000 à 140 000 locomotives à vapeur, sans compter les autres appareils de traction, tels que les locomotives électriques, d'un emploi encore restreint. Il n'est pas question ici des tramways, où la traction électrique a pris un développement rapide. C'est, en moyenne, près d'une locomotive pour 10 000 habitants de la terre. L'ensemble des locomotives à vapeur a dû coûter au moins 4 à 5 milliards de francs, en supposant un prix moyen très bas, presque toujours dépassé en Europe (1). Le nombre des hommes employés à la conduite, à l'entretien et à la réparation de ces locomotives dépasse probablement un demi-million.

Pour se rendre compte de ce qu'est actuellement la locomotive, il n'est pas

(1) Pour avoir une idée des dépenses faites pour la construction des locomotives, il faudrait ajouter à cette somme le prix de toutes les locomotives qui ont été démolies depuis l'origine de la traction à vapeur.

besoin de passer en revue les milliers de types différents de ces machines, qui ont été construits à diverses époques. Beaucoup de ces engins sont aujourd'hui démodés et ne seront jamais reproduits. Il importe de connaître les dispositions récentes et les tendances des constructeurs dans les différentes contrées.

Pour apprécier avec justesse une locomotive, comme du reste une machine ou un appareil quelconque de l'industrie, on doit l'examiner sous deux aspects différents, en cherchant d'abord si elle peut rendre les services qu'on lui demande, ensuite en déterminant le prix de revient de ces services.

Les services demandés à la locomotive sont très variés. D'une part, la nature du trafic des chemins de fer est loin d'être partout la même; d'autre part, les lignes sur lesquelles circulent les locomotives diffèrent beaucoup : le tracé est plus ou moins sinueux, les rampes sont plus ou moins fortes, les voies plus ou moins robustes, plus ou moins soigneusement entretenues.

La largeur même des voies est un élément de diversité. La voie *normale*, le plus généralement adoptée, a une largeur de 1^m,435 à 1^m,450 entre les bords intérieurs des rails. Des voies un peu plus larges que la normale ont été adoptées dans certaines contrées, notamment en Russie, en Espagne, en Irlande. Le *Great Western Railway*, en Angleterre, avait été construit par Brunel avec une voie très large (2^m,43); mais cette voie a été définitivement supprimée en mai 1892 (1). D'autre part, bien des chemins de fer secondaires sont construits avec une voie étroite, dont la largeur est fréquemment de 0^m,90 à 1 mètre. En principe, les dispositions de la locomotive restent les mêmes pour les diverses largeurs de voie; cependant certaines dispositions, notamment les cylindres intérieurs, ne sont guère applicables avec la voie étroite; on y emploie d'ailleurs beaucoup de locomotives-tenders et de locomotives articulées.

On a souvent critiqué la largeur usuelle des voies, 1^m,44 environ entre les bords intérieurs des rails, en disant qu'elle imposait une limite fâcheuse à la puissance des locomotives, et qu'une largeur un peu plus grande aurait permis une amélioration considérable dans la construction de ces machines. On faisait cette critique il y a quinze ou vingt ans; et depuis cette époque, bien que la largeur des voies n'ait pas été augmentée, on a énormément accru la puissance des locomotives. Il est certain que le constructeur de locomotives trouve que la place lui est bien étroitement mesurée pour loger tous les organes de la machine et leur donner des dimensions suffisantes. Mais il n'est pas évident qu'une voie plus large permettrait d'augmenter beaucoup la puissance des machines, parce que, pour en profiter, il faudrait dépasser de beaucoup les limites des poids que peuvent porter les rails; il faudrait donc une voie non seulement plus large, mais encore beaucoup plus robuste. Or qu'on donne simple-

(1) Voir, sur la voie large de Brunel et la suppression de cette voie, *The Engineer*, 13 mai 1892, p. 399.

ment aux constructeurs cette voie renforcée, ils sauront bien accroître encore la puissance de leurs machines.

Le poids d'une locomotive est, d'ailleurs, limité par la résistance des ponts qui doivent la porter, tandis que les conditions d'établissement de la voie imposent une limite à la charge sous chaque roue. Il est d'ailleurs évident que la locomotive doit être essentiellement une machine légère relativement à sa puissance, puisqu'elle constitue une masse à un certain point de vue inutile, qui s'ajoute au train utilement transporté (1).

Une autre sujétion résulte de la nécessité d'inscrire le profil transversal dans le *gabarit* de la ligne qu'elle doit parcourir (2). Les gabarits diffèrent beaucoup d'un pays à l'autre : très étroits en Angleterre, ils sont moins resserrés dans l'Europe continentale, et atteignent de grandes dimensions, en largeur et en hauteur, aux États-Unis.

Malgré cette diversité de conditions, dont doit tenir compte le constructeur de locomotives, on retrouve fréquemment des cas où elles sont à peu près les mêmes; il en résulte une certaine uniformité dans les dispositions adoptées.

Par exemple, pour le service des voyageurs sur les grandes lignes à tracé facile, solidement établies, on demande des vitesses de plus en plus grandes; en même temps, le poids des trains s'accroît, par suite de l'amélioration du matériel roulant. On peut dire qu'en Europe le poids habituel du train express (non compris la machine et son tender) ne dépassait pas beaucoup 100 tonnes antérieurement à 1875. Il y a quelques années encore, un express de 200 tonnes était considéré comme lourd. Aujourd'hui on s'approche du poids de 300 tonnes, et il faut prévoir des machines capables de remorquer cette charge à grande vitesse. Aux États-Unis ce poids est souvent dépassé pour des trains à marche assez rapide. On est donc conduit à construire, pour le service des express sur les grandes lignes, des locomotives très puissantes, mais la puissance est limitée par les charges qu'on ne veut pas dépasser par essieu et au total.

Pour les mêmes trains, sur les lignes à fortes rampes, on demande que la vitesse, forcément réduite, ne le soit cependant pas trop, et ce programme exige encore des machines puissantes fonctionnant à vitesse moyenne.

Il est clair que les lignes accessoires n'ont souvent besoin que de locomotives relativement faibles, et il est facile de construire de telles locomotives,

(1) On envisage ici uniquement le problème de la traction; mais une remarque analogue s'applique aux trains remorqués : la proportion du poids mort des wagons à la charge utile qu'ils transportent est toujours bien grande, surtout si l'on tient compte des chargements incomplets et du fréquent retour à vide des véhicules.

(2) Quand on étudie l'inscription d'un véhicule dans le gabarit, il faut tenir compte du déplacement de la section transversale par rapport à l'axe de la voie qui se produit, dans les courbes, au milieu et aux extrémités du véhicule.

quand cela est nécessaire. Mais, en général, les chemins de fer ne manquent pas de locomotives anciennes, de puissance modérée, qui conviennent pour les services faciles.

Pour le transport des marchandises, surtout des matières minérales, c'est presque uniquement le prix de revient qui détermine les méthodes de transport employées, tandis que, dans le service des voyageurs, on doit tenir compte de conditions multiples, telles que la grande vitesse, la commodité des véhicules, le nombre et la distribution des trains dans la journée.

La méthode qui semble à première vue la plus économique consiste à remorquer des trains de marchandises très lourds à faible vitesse, à l'aide de puissantes locomotives à quatre et même quelquefois cinq essieux couplés, avec roues de petit diamètre. Cependant cette méthode, souvent avantageuse, ne l'est pas toujours. Sur les lignes à grande circulation, les trains qui marchent à des vitesses trop faibles sont condamnés à des garages fréquents et prolongés, qui allongent démesurément la durée des parcours. Si la dépense de combustible par tonne kilométrique est faible, les locomotives et les wagons sont mal utilisés, et le travail utile du personnel des machines et des trains est fort réduit. L'entretien des feux pendant les stationnements entraîne d'ailleurs une certaine consommation supplémentaire de combustible.

En Angleterre, les trains de marchandises et même de matières minérales sont en général remorqués par des machines à trois essieux couplés marchant assez vite; il semble même que la réduction du poids de ces trains soit poussée bien loin. Sur le continent d'Europe, c'est plutôt le système des trains lourds et lents qui prévaut; cependant on constate, depuis quelques années, une tendance à l'accélération de ces trains, grâce à l'emploi de puissantes locomotives à trois essieux couplés et à bogie, qui peuvent marcher vite. D'autre part, on remarque en Angleterre l'introduction récente de locomotives puissantes à quatre essieux couplés. Il est d'ailleurs assez naturel que chaque administration fasse l'essai du système d'exploitation dont elle voit chez ses voisins l'application étendue. En ce qui concerne l'Angleterre, la grande extension des lignes à quatre voies paraît de nature à faciliter la mise en marche de trains lourds et lents.

Aux États-Unis, l'emploi de colossales machines à quatre essieux couplés, remorquant des trains extrêmement lourds, paraît assez fréquent. Dans ces machines on constate souvent des charges de plus de 22 tonnes (1) par essieu,

(1) Il s'agit ici de tonnes métriques de 1 000 kilogrammes. En examinant les documents anglais et américains, il faut avoir soin de ne pas faire de confusion sur la valeur de la tonne. La tonne anglaise, de 2 240 livres, vaut à peu près 1 016 kilogrammes (1 016^{kg},048 d'après l'acte du parlement anglais de 1864, qui autorise l'emploi du système métrique); cette tonne est usitée aussi aux États-Unis, mais on y emploie fréquemment la tonne de 2 000 livres ou 906 kilogrammes.

avec des essieux très rapprochés les uns des autres. La circulation de telles machines exige des voies très solides, avec des traverses de chêne bien équarries, très rapprochées, portant sur du ballast de pierre cassée ; le poids des rails atteint souvent 50 kilogrammes par mètre. Certains ingénieurs de la voie estiment toutefois que ces charges sont trop fortes, et, qu'au-dessus de 18 tonnes par essieu, la fatigue des voies est trop grande : cependant les exemples de charges supérieures deviennent de plus en plus nombreux.

La question capitale du prix de revient de la traction est délicate, à cause de la multiplicité des éléments qui influent sur les dépenses. Il est assez facile de rapporter à chaque locomotive les frais de combustible, de matières lubrifiantes, de réparations, qu'elle exige, ainsi que les salaires du personnel qui la conduit. La répartition des frais d'entretien courant dans les dépôts est un peu minutieuse, mais cette répartition peut être faite au moins d'une façon approximative. La manière dont on tient compte du prix d'achat des locomotives et de l'amortissement de ce prix est assez variable, mais, en principe, il n'y a pas grande difficulté à estimer les charges qui en résultent, bien que la diversité des règles de comptabilité puisse empêcher les comparaisons précises.

Mais s'il est relativement facile de savoir quelles dépenses entraîne l'emploi de chaque locomotive, la difficulté est de trouver une mesure précise des services qu'elle rend. Parfois on prend comme unité le kilomètre parcouru par les trains qu'elle remorque ; c'est une unité bien vague, car le poids et la vitesse des trains sont variables, et la puissance nécessaire pour remorquer un train de poids donné, à une vitesse déterminée, dépend de la nature des lignes parcourues. Même sur une ligne déterminée, une même locomotive remorquant en général des trains assez variés, ce mode d'estimation des services manque de précision.

En rapportant la dépense au poids du train transporté à une distance donnée, c'est-à-dire à la tonne-kilomètre, on obtient une mesure parfois un peu meilleure, mais encore peu précise, puisque le poids que peut transporter une locomotive varie beaucoup suivant le profil des lignes et suivant la vitesse.

On voit que le prix de revient réel des services des locomotives ne dépend pas seulement des machines elles-mêmes, mais beaucoup de l'usage qu'on en fait. Si on emploie des locomotives puissantes à remorquer des charges réduites, on les ménage ; les dépenses d'entretien et de combustible sont modérées ; rapportées au kilomètre parcouru, ces dépenses atteindraient leur minimum. Au contraire, on peut surmener les machines, leur faire traîner la charge la plus lourde qu'elles puissent prendre, pour une vitesse déterminée ; la production de la chaudière est alors forcée jusqu'à ses dernières limites, et la vapeur n'est pas employée économiquement. Les dépenses de combustible et d'entretien augmentent beaucoup. Mais les frais de personnel sont mieux utilisés ; les

charges de capital sont moindres, et cette marche, rapportée à la tonne kilométrique transportée, peut être la plus avantageuse. En un mot, il ne s'agit pas de considérer les locomotives seules, et de chercher à réduire avant tout les dépenses qu'entraîne chacune d'elles; mais il faut abaisser au minimum le prix de revient des transports, en tenant compte de toutes les dépenses du chemin de fer.

En étudiant la locomotive, on est conduit à considérer séparément la *chaudière*, qui produit la vapeur, le *moteur*, qui l'utilise, et le *véhicule*, qui porte l'ensemble. Cette division du sujet est commode; mais, pour la construction de nouvelles locomotives, il faut prendre garde de se laisser entraîner à la détermination séparée de ces différentes parties, qui doivent s'assembler entre elles d'une façon étroite, de manière à composer un ensemble homogène. Toutes les parties d'une locomotive dépendent les unes des autres, et, si on ne les détermine pas comme membres d'un corps unique, on risque de créer un assemblage monstrueux d'organes disparates, au lieu de produire un ensemble présentant les qualités fondamentales d'harmonie et d'unité.

La construction de la chaudière de locomotive est un peu compliquée, mais cette chaudière s'adapte bien aux conditions d'emplacement et de service qui lui sont imposées.

Il est digne de remarque que, malgré des essais de dispositions nouvelles, parfois très ingénieuses, telles que les foyers circulaires en tôle ondulée de la marine (1), la suppression complète de la boîte à feu avec le foyer, remplacés par une chambre en briques, on s'en est toujours tenu, en pratique, au vieux système de la chaudière tubulaire avec ses différentes parties agencées de même. La chaudière à tubes d'eau, dont les applications sont si nombreuses pour les installations fixes et pour la marine, ne paraît pas avoir été sérieusement essayée sur la locomotive. On verra plus loin un exemple de tubes d'eau placés dans le foyer d'une locomotive, par M. Drummond, ingénieur du *London and South Western Ry*; mais c'est une simple addition secondaire et non une transformation radicale de la chaudière. Toutefois le même ingénieur a récemment étudié une chaudière à tubes d'eau, formant deux faisceaux per-

(1) Des foyers cylindriques ondulés ont été plusieurs fois appliqués en Allemagne (Voir *Revue générale des chemins de fer*, mai 1879, p. 327; octobre 1887, p. 250; février 1890, p. 121; septembre 1893, p. 138, et *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1890, p. 150). La chaudière Vanderbilt, récemment construite aux États-Unis, est remarquable par le grand diamètre du foyer ondulé, qui dépasse 4^m,60 à l'extérieur des ondulations; la surface de grille atteint 3^m²,07. Cette chaudière est figurée dans le t. CI, premier semestre 1901, p. 872, du *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

pendiculaires dans un grand corps à section carrée qui remplit une partie du corps cylindrique de la chaudière (Voir *Revue de mécanique*, décembre 1901, p. 705). Des tubes d'eau ont été également ajoutés à l'intérieur du foyer de locomotives du *North-Eastern Railway* (*Engineering*, 24 janvier 1902, p. 127).

Pour apprécier une chaudière de locomotive, il convient de considérer, d'une part, la production de la chaleur, qui dépend surtout des dispositions du foyer, des tubes, de l'échappement, et de la surface de la grille, et, d'autre part, l'utilisation de la chaleur produite, qui est en rapport avec la surface de chauffe. Cette surface de chauffe doit être comptée sur la portion en contact avec les gaz de la combustion, car c'est l'étendue de cette surface chauffée qui contrôle la transmission de la chaleur, bien plus que l'étendue de la surface en contact avec l'eau. Ce fait, qui est une conséquence des lois physiques de la transmission de la chaleur, est mis pratiquement en évidence par le bon service des tubes à ailettes, dans lesquels la surface chauffée a un développement étendu grâce aux ailettes, tandis que la surface mouillée est beaucoup réduite.

La largeur de la grille est souvent limitée à un mètre, parce qu'elle est contenue dans le *foyer*, monté à l'intérieur de la *boîte à feu* descendant entre les longerons, placés entre les roues. D'autre part, la longueur de la grille ne peut guère dépasser 3 mètres, pour la commodité du chargement. Toutefois, dans certains cas de plus en plus fréquents, la boîte à feu débordant au-dessus des longerons intérieurs et même des roues, ce qui augmente la largeur de la grille. En Belgique, M. Belpaire a ainsi construit des grilles de six et huit mètres carrés; la surface de neuf mètres carrés a été dépassée en Amérique par certaines grilles du système Wootten, décrit un peu plus loin. Ces énormes surfaces sont prévues pour l'emploi de combustibles maigres menus. Avec les combustibles usuels, l'élargissement du foyer, débordant au-dessus des longerons et même des roues, sans être poussé aussi loin, permet d'obtenir telle surface qu'on juge convenable. Il est d'ailleurs avantageux, pour ne pas trop allonger la locomotive, d'obtenir une surface de grille donnée avec une forme voisine du carré, plutôt qu'avec un rectangle très allongé, par exemple de un mètre sur trois mètres. La forme carrée a d'ailleurs un moindre périmètre; par suite, on gagne sur la surface et sur le poids des parois du foyer. L'emploi de deux portes de chargement facilite le service des grilles larges.

La consolidation du ciel du foyer a une importance capitale dans la construction de la chaudière. Tandis que les faces latérales sont rattachées aux faces voisines de la boîte à feu par de nombreuses entretoises, on a souvent employé, pour consolider le ciel, des armatures ou *fermes* qui le supportent et reportent la charge de champ sur les faces latérales. Avec les longs foyers actuels, l'emploi des fermes longitudinales devient de plus en plus difficile; mais beaucoup

de constructeurs renoncent aussi aux fermes transversales, même en Angleterre, où l'emploi des fermes était en quelque sorte classique.

La construction la plus satisfaisante consiste à entretoiser directement le ciel du foyer avec une face plane parallèle de la boîte à feu, comme l'a fait en Belgique M. Belpaire. La silhouette extérieure est alors un peu moins simple qu'avec la boîte à feu surmontée d'un berceau demi-cylindrique prolongeant le corps cylindrique de la chaudière. Mais, sous ce rapport, à mesure que se développe l'éducation mécanique de ceux qui voient les machines, et qu'ils se rendent mieux compte des conditions de résistance, ils en arrivent à préférer, au simple point de vue esthétique, les dispositions les plus logiques (1).

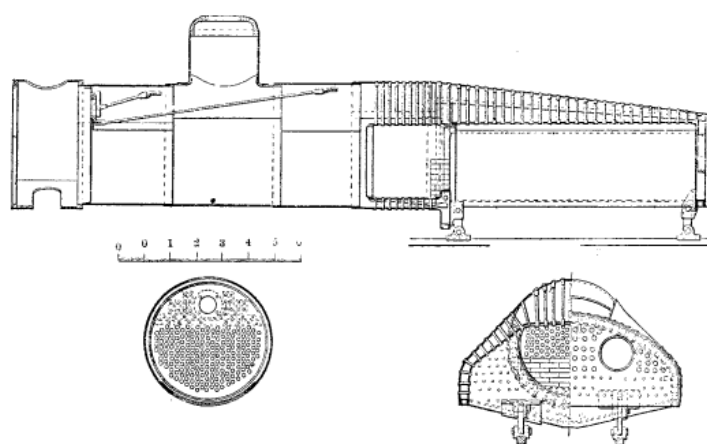


Fig. 1. — Chaudière à foyer Wootten, type de 1877.

Outre le système Belpaire, on emploie assez fréquemment l'entretoisement direct du ciel du foyer, plan ou légèrement arrondi, avec la boîte à feu à profil circulaire. Les exemples en sont nombreux en Allemagne et en Amérique. Cette disposition rend un peu moins certain le calcul de la fatigue de toutes les parties de la chaudière.

M. Vaucrain, ingénieur des établissements Baldwin, à Philadelphie, a donné, le 20 avril 1899, dans une conférence sur la chaudière Wootten, d'intéressants détails, d'où sont extraits les renseignements qui suivent.

Dans la première disposition (fig. 1), appliquée vers 1877 sur le *Philadelphia and Reading R. R.*, la partie supérieure de la boîte à feu est en pente vers l'arrière ; de nombreuses ruptures d'entretoises ont été attribuées à cette disposi-

(1) Les premières bicyclettes à bandages pneumatiques paraissaient bien lourdes à côté de celles qu'on était habitué à voir, avec de petits caoutchoucs pleins. Aujourd'hui la vue d'une de ces anciennes bicyclettes cause une impression vraiment pénible.

tion, qui raccourcit beaucoup les entretoises verticales à l'arrière. Le cadre était formé d'une tôle à profil en U, qui a été plus tard remplacé par le cadre

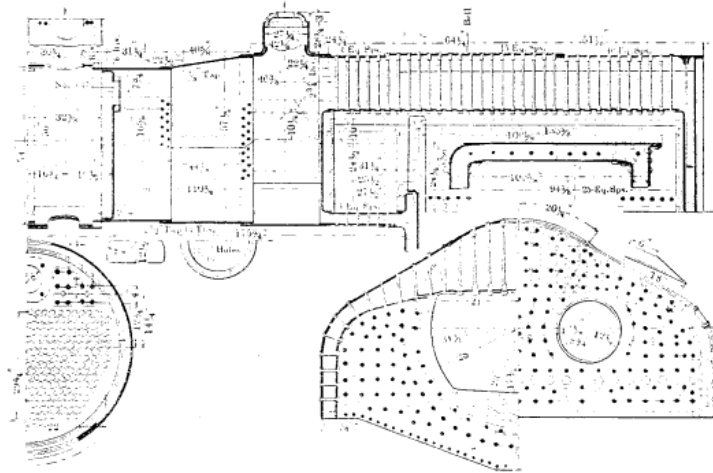


Fig. 2. — Chaudière à foyer *Wootten*, second type. On remarquera que l'échelle des longueurs a été réduite parallèlement à l'axe pour les viroles du corps cylindrique.

forgé ordinaire. Une chambre de combustion assez longue, avec un autel en brique, faisait suite au foyer.

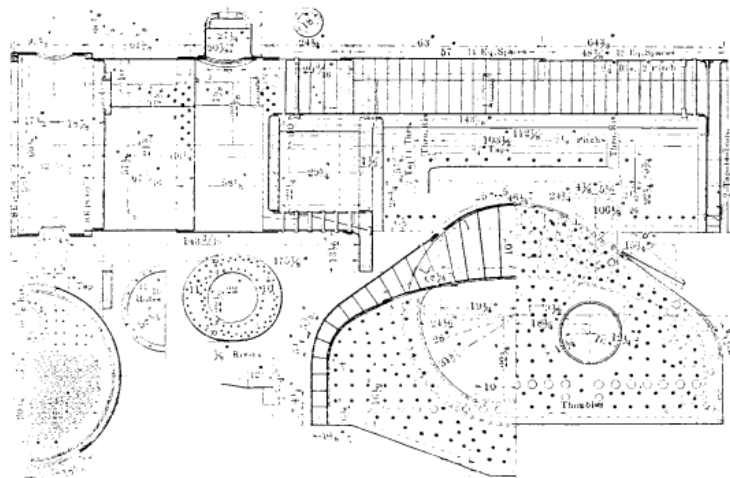


Fig. 3. — Chaudière à foyer *Wootten*, troisième type.

Dans la seconde disposition (fig. 2), la partie supérieure de la boîte à feu n'est plus inclinée vers l'arrière. L'une des viroles du corps cylindrique pré-

sente la forme conique à sa partie supérieure, disposition très fréquente aux États-Unis et caractérisant la chaudière dite à *wagon-top*. Enfin, l'autel en briques s'appuie contre un autel en tôle, avec lame d'eau, disposition qui donna des ennuis.

La figure 3 montre de nouveaux perfectionnements. L'autel en tôle est supprimé. Le profil transversal du foyer est formé de courbes bien raccordées et n'a de parties droites qu'à la base.

Enfin les fig. 4 et 5 représentent les dispositions les plus récentes. On voit sur la figure 5 que les profils ont des courbures soigneusement graduées. La

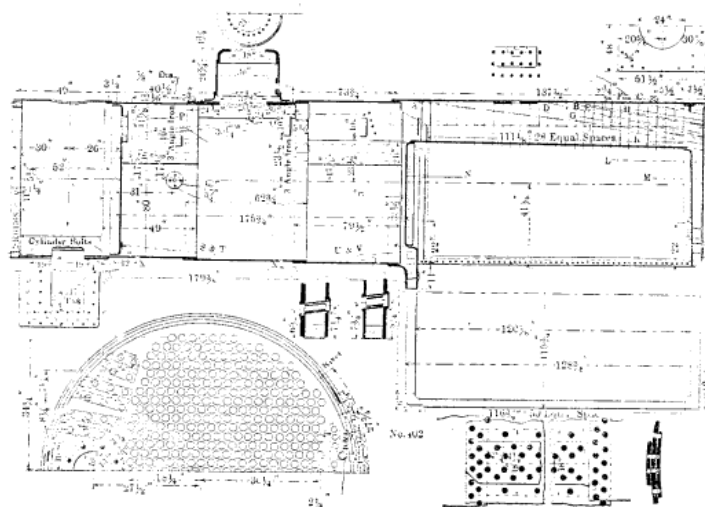


Fig. 4. — Chaudière à foyer Woolfen, dernière disposition.

chambre de combustion est supprimée, la plaque tubulaire étant seulement un peu en retrait, afin de soustraire l'emmanchement des tubes à l'action trop vive du feu. La partie inférieure de la plaque tubulaire est aplatie pour donner un peu plus de hauteur à la lame d'eau et faciliter la circulation de l'eau. La pression a été portée à 14 kilogrammes effectifs par centimètre carré.

Dans les locomotives à grandes roues, on a pendant longtemps logé la moitié inférieure du corps cylindrique presque entièrement entre les roues, ce qui en limitait étroitement le diamètre, puisque la tôle de la chaudière doit toujours rester à quelque distance des roues; on paraissait attacher de l'importance à ce que l'axe de la chaudière ne fût pas placé trop haut. Mais on a reconnu depuis plusieurs années qu'il n'y avait aucun inconvénient à élever cet axe beaucoup plus qu'on ne le faisait précédemment; le diamètre du corps cylindrique peut alors être suffisamment augmenté, pour les locomotives à

grandes roues comme pour les autres. On trouve, sur certaines machines américaines, des diamètres dépassant deux mètres, et la hauteur de l'axe au-dessus du rail atteint 2^m,950.

La disposition américaine dite *wagon-top* vient d'être indiquée à l'occasion des chaudières Wootten : une virole tronc-conique raccorde deux cylindres de diamètres différents (voir fig. 2); le cône n'est pas une surface de révolution, car les deux bases circulaires, situées dans des plans verticaux, sont disposées de telle sorte que la génératrice inférieure est horizontale.

Les *tubes*, traversés par les gaz chauds du foyer, donnent une surface de

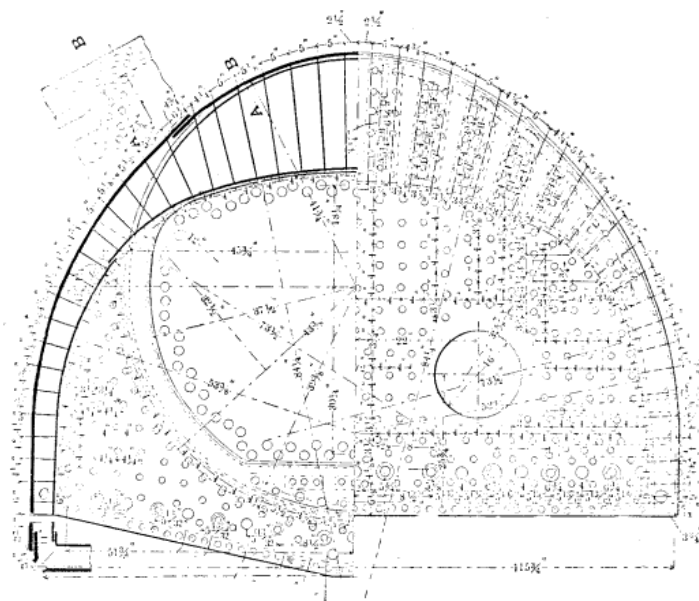


Fig. 5. — Foyer Wootten, dernière disposition : coupe transversale.

chauffe étendue dans une chaudière relativement petite. Pour une longueur donnée entre les deux *plaques tubulaires* où ils s'ajustent, et pour une même section transversale du corps cylindrique à garnir de tubes, cette surface de chauffe est d'autant plus grande que les tubes sont plus rapprochés et de plus petit diamètre. Mais il y a un inconvénient à serrer par trop les tubes : dans les plaques tubulaires, les parois métalliques trop minces, qui restent entre les trous, se rompent aisément; d'autre part, les tubes trop serrés ne laissent plus assez d'espace dans la chaudière pour l'accès de l'eau et le dégagement de la vapeur, et les intervalles trop étroits se remplissent facilement d'incrustations déposées par les eaux calcaires ou séléniteuses. Aussi ne paraît-il pas avantageux, en général, de descendre au-dessous de 45 millimètres pour le diamètre extérieur

des tubes (ce qui donne 40 millimètres environ à l'intérieur), et il convient que la distance de centre à centre de ces tubes dépasse 60 millimètres.

Une application intéressante est celle des tubes *Serve* à ailettes intérieures : ces ailettes augmentent la surface en contact avec les gaz chauds, et on peut alors employer des tubes plus gros (70 millimètres à l'extérieur) en moins grand nombre.

Ces tubes à ailettes, fréquemment employés en France, sont plus rares à l'étranger. Les expériences, exécutées par les compagnies de Paris à Lyon et à la Méditerranée et du Nord, indiquent qu'au point de vue de la transmission de la chaleur les tubes à ailettes sont à peu près équivalents à des tubes ordinaires de même surface intérieure, (la surface des tubes à ailettes étant comptée suivant le développement des ailettes.

Dans une chaudière donnée, l'emploi des tubes *Serve* augmente la surface de chauffe, et cette surface agrandie, qu'on peut considérer comme comparable à celle de tubes lisses, est obtenue avec une réduction importante du nombre des tubes, et parfois avec une augmentation de la distance entre les trous voisins des plaques tubulaires. Cette circonstance paraît rendre les plaques plus durables ; d'autre part, il ne semble pas qu'elles aient à souffrir de la poussée plus grande qui doit résulter de la dilatation probablement plus forte des tubes à ailettes.

Par exemple, dans certaines locomotives des chemins de fer de l'Ouest français (série 900), on a substitué à une tubulure de 197 tubes lisses de 45 millimètres à l'extérieur, distants de 62 millimètres de centre à centre et ayant une surface chauffée de 96 mètres carrés, 88 tubes à ailettes de 70 millimètres à l'extérieur, distants de 88 millimètres de centre à centre, ayant une surface chauffée de 112^{m²}, 50. L'épaisseur des parois entre les trous est d'ailleurs augmentée parce que l'extrémité du tube engagée dans la plaque tubulaire du foyer est assez fortement rétreinte.

Dans les tubes, on ne doit pas considérer uniquement la surface de chauffe, mais il faut tenir compte de la section transversale, qui détermine le passage ouvert aux gaz chauds, se rendant du foyer à la cheminée. Trop petite, cette section diminue l'activité du tirage. On est le plus souvent obligé, pour consolider l'emmanchement des tubes dans la plaque tubulaire du foyer, d'y enfoncer des *bagues* ou *viroles*, qui réduisent beaucoup la section à l'entrée.

Un organe essentiel et caractéristique de la locomotive est la *tuyère d'échappement*, qui rejette dans la cheminée la vapeur sortant des cylindres, de manière à produire un tirage forcé des plus intenses. Il convient que l'appel soit énergique, qu'il puisse être gradué suivant les besoins, que l'air soit également réparti sur toute la surface de la grille, et que la tuyère d'échappement ne crée pas une contre-pression trop forte sur les pistons.

Certaines études théoriques et quelques expériences spéciales ont été faites pour déterminer les meilleures dispositions de l'échappement. Néanmoins, les résultats de ces recherches sont loin d'être complets, et c'est d'après quelques règles empiriques, assez mal établies, qu'on dispose habituellement les tuyères d'échappement des locomotives. Il y a place pour de nouvelles études et pour des perfectionnements peut-être importants.

Il y a grand intérêt à bien proportionner les sections de la tuyère et de la cheminée; celle-ci doit être en forme d'ajutage divergent, avec une entrée convergente. Le *petticoat* américain ou un appareil analogue est souvent avantageux. Il a le défaut d'encombrer la boîte à fumée, mais la dimension peut en être restreinte de telle sorte que cet inconvénient ne soit pas très grave. Enfin, le débouché de la tuyère doit être placé assez bas pour permettre de compenser, par un prolongement intérieur, le défaut de hauteur de la cheminée au-dessus de la chaudière, fort sensible dans les locomotives modernes à grande chaudière placée très haut.

Pendant longtemps, la règle suivie en Angleterre consistait à placer le débouché de la tuyère à peu près au niveau des tubes supérieurs. Les tuyères montant plus haut, autrefois fréquentes sur les autres locomotives européennes, paraissent moins avantageuses. En Amérique, on a souvent fait usage d'une tuyère placée très bas surmontée du *petticoat*. On remarque l'abaissement de la tuyère dans plusieurs constructions récentes anglaises (voir notamment fig. 6).

Les *boîtes à fumée* étaient autrefois aussi petites que possible. Depuis une dizaine d'années, on a beaucoup appliqué en Europe la *boîte à fumée allongée*, longue de deux mètres environ, originaire d'Amérique. Grâce à sa vaste capacité, elle peut recueillir une grande quantité d'escarbilles, entraînées par le tirage actif, sans que ces escarbilles accumulées viennent obstruer le débouché des tubes. Les ingénieurs européens ont récemment appris, avec une certaine surprise, qu'un retour à la boîte de plus petite dimension paraissait se produire en Amérique, tandis qu'ils étendaient les applications de la boîte agrandie. Voici les motifs de cette nouvelle pratique américaine. On pousse tellement la combustion aux États-Unis que les entraînements d'escarbilles sont énormes; aucune boîte à fumée, quelle que fût sa capacité, ne saurait les recueillir en totalité. A quoi bon alors en garder une fraction? On a pris le parti de disposer les appareils pour que les escarbilles soient rejetées par la cheminée, toutefois après s'être broyées par le choc contre les parois de la boîte à fumée, afin d'éviter la projection de gros fragments pouvant allumer des incendies.

La pression de la vapeur s'élève à 14, 15 et même 16 kilogrammes par centimètre carré, surtout pour les locomotives compound; elle est généralement limitée à 10 ou 12 kilogrammes par centimètre carré pour les locomotives à simple expansion. Cependant, même dans ces dernières, on voit des pressions

très élevées, notamment aux États-Unis. L'emploi de tôles d'acier doux, de qualité très uniforme, a permis à la fois d'augmenter la pression et les dimensions de la chaudière sans accroître l'épaisseur du métal autant qu'il l'aurait fallu d'après les règles anciennes. Pour les foyers, on emploie en Europe le cuivre, tandis qu'en Amérique on les construit en tôles d'acier beaucoup plus minces; il en résulte non seulement une économie sur le prix du métal, mais encore une réduction fort appréciable du poids. En Europe, on a trouvé jusqu'ici que la durée des foyers d'acier était trop courte et qu'il en résultait une augmentation de dépenses pour l'entretien : en présence de la nécessité d'accroître toujours la puissance des machines, sans dépasser certaines limites de poids, il serait désirable qu'on pût arriver à construire dans de bonnes conditions des foyers très légers.

Par exemple, si on suppose une épaisseur moyenne de 15 millimètres pour les tôles de cuivre d'un foyer (épaisseur souvent usitée en France, sauf pour la plaque tubulaire, épaisse de 30 millimètres) et si on la compare à l'épaisseur de 9 millimètres, fréquente en Amérique, on trouve pour un foyer long de 3 mètres, large de 1 mètre, et haut de 1^m,80, une différence en poids de 800 kilogrammes.

Quelques chaudières de locomotives ont été munies de surchauffeurs de vapeur (voir ci-après locomotive à deux essieux couplés, construite par Borsig pour l'État prussien, et locomotive type *Atlantic* du *Lancashire and Yorkshire Ry*). La surchauffe de la vapeur est aujourd'hui employée pour un assez grand nombre de machines fixes, dont la dépense de vapeur se trouve alors notablement réduite. Une des difficultés qu'on a rencontrées dans l'emploi de la surchauffe provient de déformations des cylindres par suite de dilatations inégales de leurs différentes parties; on évite ces déformations par une répartition judicieuse du métal; les tiroirs cylindriques, quand on ne peut pas avoir recours aux soupapes pour la distribution, paraissent fonctionner mieux que les tiroirs plans. Sur les locomotives, l'addition de surchauffeurs, comme de tout appareil qui n'est pas indispensable, est particulièrement délicate, parce qu'il importe de réduire autant que possible toutes les chances d'avaries pendant la marche de ces machines. Il ne faut pas d'ailleurs que les frais d'entretien des surchauffeurs soient assez élevés pour absorber l'économie de combustible (1).

Comme pour la chaudière, on constate dans le mécanisme une grande uniformité de principe : la distribution de la vapeur se fait par tiroir unique, commandé par des mécanismes de changement de marche, parmi lesquels on peut citer comme les plus intéressants ceux de Stephenson et de Walschaerts (ou d'Heusinger von Waldegg). Ce dernier est remarquable par l'uniformité de la distribution obtenue sur les deux faces du piston, uniformité qui tient à ce

(1) On trouvera dans la *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure* (1901, p. 1663) une étude de M. Brückmann sur les surchauffeurs de locomotives.

qu'un des mouvements de commande est pris sur la crosse du piston : l'action perturbatrice due à l'obliquité de la bielle motrice est ainsi éliminée. Les distributions *perfectionnées*, à tiroirs superposés, à obturateurs multiples, sont restées à l'état d'applications isolées.

Au tiroir plan ordinaire, qui consomme un travail notable en frottements inutiles et même nuisibles, car ils produisent une usure rapide des surfaces frottantes et des mécanismes, on substitue assez fréquemment aujourd'hui le *tiroir cylindrique*, dont l'emploi est d'ailleurs ancien, car M. Ricour l'avait appliqué vers 1883 aux locomotives des chemins de fer de l'État français. En Amérique, on a beaucoup employé le tiroir équilibré Richardson, où un cadre frottant sur le plateau de la boîte à vapeur soustrait à la pression une partie de la surface du tiroir. D'après les expériences de la Compagnie de l'Est en France, l'usure du compensateur frottant sur le plateau de la boîte à vapeur, avec les tiroirs équilibrés de ce genre, est loin d'être négligeable, et ces appareils ne seraient pas en somme économiques (1).

Une seule modification importante a été apportée au système ancien des locomotives : l'emploi de plus en plus fréquent de la disposition *compound*, où la vapeur travaille successivement dans deux cylindres de dimensions croissantes, entre lesquels se trouve un réservoir intermédiaire de vapeur. Quelquefois ce réservoir est supprimé, et la vapeur passe directement du petit dans le grand cylindre : c'est la disposition connue sous le nom de *Woolf*.

Les locomotives à double expansion (*compound* proprement dites et à détente de *Woolf*), aujourd'hui très nombreuses, se présentent avec des dispositions variées, qui ont été l'objet d'une étude, par l'auteur de la présente note, publiée dans la *Revue de Mécanique* (année 1897, p. 34, 228, 451 et 732). Il peut être utile de passer ici en revue les dispositions les plus fréquentes de ces locomotives.

Bien des locomotives *compound* n'ont que deux cylindres. Le plus souvent, dans ces machines à deux cylindres, afin de conserver la simplicité des locomotives ordinaires, on se contente d'un arbre de relevage unique, qui commande les distributions des deux cylindres, de sorte qu'on ne peut faire varier l'admission dans l'un d'eux sans qu'elle varie aussi dans l'autre. Toutefois, pour remédier dans une certaine mesure à l'inconvénient de ces distributions liées, on dispose souvent le relevage unique de telle sorte que, dans chaque position, l'admission soit plus longue dans le grand cylindre que dans le petit, au moins pour la marche avant. Il est clair qu'il est facile en principe d'avoir deux relevages séparés quand on le désire.

Dans les *compound* à deux cylindres, les principales différences tiennent

(1) Voir *Revue de Mécanique*, 1901, 2^e sem., p. 300.

aux dispositions prévues pour le démarrage. Le système caractéristique appliqué par M. Mallet, et reproduit sous des formes très variées, consiste à séparer complètement les deux cylindres, en admettant directement la vapeur, à pression réduite, dans le réservoir intermédiaire qui alimente le cylindre à basse pression, et en ménageant un échappement spécial dans l'atmosphère pour le cylindre à haute pression. C'est en somme une des solutions les plus simples et les plus efficaces du problème. Quelquefois on rend la manœuvre automatique, en faisant ouvrir l'admission directe au réservoir et l'échappement spécial du petit cylindre par l'appareil de changement de marche à fond de course.

Le mécanisme de M. von Borries et les mécanismes équivalents consistent en un simple obturateur, qui empêche la vapeur admise directement dans le réservoir intermédiaire de refluer au cylindre à haute pression ; fermé au départ, cet obturateur se rouvre automatiquement par suite de l'échappement du cylindre à haute pression.

M. Lindner a même supprimé l'obturateur, en conservant seulement une admission directe au réservoir intermédiaire, admission qui se produit sans manœuvre spéciale, quand le levier de changement de marche est à fond de course. Pour éviter, dans certaines positions de la machine, l'effort résistant qui résulte de l'action de la vapeur du réservoir contre le piston du cylindre à haute pression, de petits trous dans le tiroir de ce cylindre établissent alors l'équilibre entre les deux côtés du piston. En outre, une addition au premier système de M. Lindner consiste en un petit tiroir, solidaire du tiroir du cylindre à basse pression, et venant recouvrir le débouché du tuyau d'amenée directe de vapeur. On évite ainsi l'action résistante de cette vapeur contre le petit piston quand l'action motrice sur le grand piston serait minime.

Par l'emploi d'un mécanisme de distribution pouvant donner de très grandes admissions, par exemple pendant 90 centièmes de la course du piston, M. Gølsdorf supprime toute disposition autre que l'admission directe de vapeur au réservoir. Cette admission se produit automatiquement quand l'arbre de relevage donne de grandes périodes d'introduction au grand cylindre : le tiroir de ce cylindre découvre alors de petits orifices par lesquels se fait cette admission de vapeur.

L'emploi de trois cylindres pour les locomotives compound est assez rare, parce qu'il en résulte de grandes irrégularités du moment moteur. Deux dispositions ont été adoptées : l'une, avec un cylindre médian à haute pression et deux cylindres extérieurs à basse pression : pour le démarrage ou pour les efforts exceptionnels, ont fait usage du système Mallet, c'est-à-dire de la séparation complète des cylindres. La seconde disposition est celle de M. Webb, où deux cylindres à haute pression extérieurs attaquent un essieu, tandis qu'un

cylindre médian à basse pression commande un autre essieu indépendant. Pour le démarrage on se contente d'une admission directe de vapeur au réservoir.

Quatre cylindres se prêtent à des combinaisons variées. Les quatre cylindres, deux intérieurs et deux extérieurs, peuvent commander un essieu unique. Les deux manivelles, l'une extérieure, l'autre intérieure aux roues, placées du même côté de la locomotive, sont calées à l'opposé l'une de l'autre. Parmi les machines de ce genre, il convient de citer la disposition spéciale d'une locomotive remarquable exposée en 1900 par les chemins de fer Adriatiques d'Italie, où les deux cylindres ainsi placés d'un côté de la locomotive n'étaient pas, comme d'habitude, l'un à haute pression, l'autre à basse pression, mais où d'un côté étaient deux cylindres à haute pression, de l'autre deux cylindres à basse pression. Un seul tiroir cylindrique suffisait pour chaque groupe.

Plus fréquemment, on commande deux essieux séparés, un par les cylindres à haute pression, l'autre par les cylindres à basse pression. Dans les locomotives articulées de M. Mallet, ces deux essieux appartiennent à deux trains moteurs indépendants. Une disposition intéressante consiste à réunir par bielles d'accouplement les deux essieux moteurs ; les deux manivelles correspondantes sont alors placées à l'opposé l'une de l'autre, afin d'équilibrer les masses à mouvement alternatif, ou bien suivant un angle un peu différent de 180°, afin d'égaliser le plus possible le moment moteur ; telles sont les machines à quatre cylindres et à deux essieux moteurs étudiées par M. de Glehn.

Quelquefois on monte en tandem, de chaque côté de la machine, un cylindre à haute pression et un cylindre à basse pression ; les deux tiroirs sont alors commandés par la même tige.

Pour le démarrage des locomotives compound à quatre cylindres, souvent on adopte le principe de l'appareil Mallet, c'est-à-dire la séparation complète des deux groupes, travaillant tous les deux à simple expansion, tantôt une simple admission directe au réservoir avec une disposition telle que celle de Lindner.

Un montage fort usité aux États-Unis est celui de Vauclain, à deux cylindres superposés : les deux tiges de piston s'emmanchent dans une traverse unique, au milieu de laquelle s'articule la petite tête de bielle motrice. Un tiroir cylindrique unique distribue la vapeur dans les deux cylindres, qui ne sont pas séparés par un réservoir intermédiaire. Pour le démarrage, un organe spécial admet directement la vapeur sur le grand piston et annule l'effet du petit, en mettant en communication les deux côtés du petit cylindre. Vauclain a récemment modifié cette disposition en séparant les quatre cylindres, qui attaquent un essieu à quatre manivelles.

Bien que le nombre des locomotives compound soit déjà très grand et qu'il augmente de jour en jour, la locomotive à simple expansion a encore de nombreux partisans. Le système compound a cependant des avantages impor-

tants. En premier lieu, il permet d'obtenir la même puissance avec une moindre dépense de vapeur. Les ingénieurs qui font usage de ces machines s'accordent à reconnaître qu'en service courant l'économie de vapeur est de 10 à 15 p. 100 de ce qu'il faudrait avec la simple expansion. Cette économie serait plus forte si la locomotive pouvait toujours travailler suivant un régime bien déterminé. Par suite de ce fonctionnement économique de la locomotive compound, on peut produire une puissance plus grande avec la même dépense de vapeur, c'est-à-dire, avec une chaudière donnée, d'arriver moins vite à la limite où la chaudière, surmenée, n'utilise plus convenablement le combustible.

La double expansion permet d'utiliser, plus facilement que la simple expansion, des pressions élevées de vapeur, 14, 15 et même 16 kilogrammes effectifs par centimètre carré, en conservant le mécanisme, éprouvé par une longue pratique, du tiroir et de la coulisse.

En outre, certaines dispositions de la locomotive compound, notamment quatre cylindres attaquant quatre manivelles distinctes, réduisent les efforts sur les pièces. En ce qui concerne l'usure des tiroirs et des mécanismes, ces dispositions ont ramené la locomotive moderne, utilisant la vapeur à très haute pression, aux conditions favorables des anciennes locomotives travaillant à pression modérée, parce que la haute pression totale n'agit qu'en deux fractions successives. La fatigue des pièces, se traduisant en lourde dépense d'entretien, devenait excessive pour les locomotives ordinaires, à mesure que la pression augmentait, parce qu'on n'arrivait pas à donner à ces pièces des dimensions suffisantes : la disposition compound à quatre cylindres et à quatre manivelles a fourni une bonne solution d'un problème fort difficile. Elle a permis d'obtenir des machines excellentes, sans augmenter les dépenses de traction. Si la dépense d'achat est un peu plus forte, elle est largement compensée par l'économie de combustible qui résulte de la disposition compound, et, d'autre part, la multiplicité des mécanismes n'augmente pas, autant qu'on pourrait le craindre, les dépenses d'entretien, parce que ces mécanismes s'usent moins vite que ceux des locomotives à simple expansion.

Quand on emploie quatre cylindres et quatre manivelles, vaut-il mieux attaquer deux essieux différents réunis par bielles d'accouplement, suivant la disposition fort en faveur en France et sur certains chemins allemands, ou bien réunir les quatre manivelles sur un essieu unique ?

La seconde disposition semble réduire un peu les efforts sur les boîtes des essieux ; la première diminue la fatigue des bielles d'accouplement, en ce qui concerne la transmission des efforts moteurs, mais l'équilibre des pièces à mouvements alternatifs se fait par l'intermédiaire de ces bielles. Une comparaison minutieuse des deux dispositions serait intéressante. On doit tenir compte aussi des conditions d'emplacement et de répartition des poids : suivant les cas, à ce

point de vue, on trouvera avantage à éloigner les cylindres les uns des autres, ou, au contraire, à les placer tous les quatre en un groupe unique.

On a parfois supposé que la locomotive compound était moins *élastique* que la locomotive ordinaire, c'est-à-dire se prêtait moins bien à des services très variables, et surtout qu'elle ne prenait pas aussi facilement de grandes vitesses. Mais la pratique a fait justice de ces préjugés. Il convient d'ajouter que les inconvénients signalés ont pu quelquefois se produire, mais ils tenaient à des imperfections de détail qui ont disparu.

Une application intéressante, au point de vue de l'économie de charbon, faite notamment en Angleterre, est celle de l'injecteur à vapeur d'échappement. Avec les pressions élevées des chaudières de locomotive, la vapeur d'échappement seule ne suffit pas pour faire fonctionner cet injecteur, mais il exige aussi la prise directe à la chaudière d'une certaine proportion de vapeur; néanmoins il emploie à chauffer l'eau d'alimentation une fraction appréciable des calories emportées par la vapeur d'échappement. Il serait intéressant de savoir jusqu'à quel point la dérivation d'une proportion assez faible de la vapeur réduit le tirage : il est probable que cet effet n'est pas négligeable dans tous les cas, de sorte que l'avantage de l'appareil n'irait pas sans un certain inconvénient.

Parmi les détails de construction des mécanismes, il convient de citer l'emploi de plus en plus fréquent des contretiges de piston, justifié par le poids élevé de ces pièces, qui résulte de l'accroissement du diamètre des cylindres des locomotives compound et même à simple expansion. Autant que possible on s'est passé de contretiges pour simplifier la locomotive; mais quand le piston dépasse un certain diamètre, sans contretiges l'usure des bagues de piston et des presse-étoupes devient trop rapide, et parfois les tiges se faussent par suite du guidage imparfait.

Les dispositions de la locomotive, envisagée comme véhicule qui roule sur les rails, demandent à être déterminées avec le plus grand soin : de ces dispositions dépend la sécurité de la circulation à grande vitesse, et elles ont d'ailleurs une grande importance au point de vue de la dépense. Les frais d'entretien des voies, fatiguées outre mesure par certaines locomotives de type défectueux, augmentent indûment le prix de revient des transports.

La construction moderne des locomotives est caractérisée par l'emploi fréquent, général même pour les machines à grande vitesse, du *bogie* ou train articulé de deux essieux, placé à l'avant. Ce bogie, employé en Amérique presque depuis l'origine même des locomotives, n'a été généralement accepté en Europe que beaucoup plus tard.

Pendant longtemps, le bogie a été considéré, en Europe, uniquement comme un appareil facilitant la circulation des locomotives dans les courbes raides,

mais inutile sur les lignes peu sinueuses. Certes, le bogie se prête fort bien au passage dans les courbes, mais, en outre, il améliore beaucoup la circulation sur toutes les lignes, en réduisant les efforts verticaux et horizontaux que la locomotive exerce sur les voies, et en se prêtant aux sinuosités accidentelles qu'elles peuvent présenter.

L'opinion de presque tous les ingénieurs de chemin de fer est unanime sur ce point, et les applications du bogie n'ont cessé de se multiplier sur la plupart des chemins de fer d'Europe. Il y a peu d'années encore, les administrations de quelques réseaux importants de divers pays étaient restées rebelles à l'emploi du bogie, prétendant que, sur leurs voies peu sinueuses et bien entretenues, il ne constituait guère qu'un supplément de poids à peu près inutile ; mais successivement on a vu disparaître ces dernières résistances.

Pour que le bogie ait toute son efficacité, il convient qu'il ait la plus grande liberté de mouvement dans tous les sens, contrôlée par des moyens de rappel suffisants : c'est ce qu'on obtient en ajoutant, au pivotement autour de la cheville ouvrière, la faculté de déplacement transversal. Quelquefois, on considère seulement la circulation de la machine dans des courbes régulières, et le seul déplacement que puisse prendre le bogie correspond à l'inscription *radiale* des essieux dans la courbe ; c'est ce que réalise la disposition de *Bissel*, où le bogie est articulé sur une cheville ouvrière placée vers le milieu de la longueur de la locomotive. Les dispositions de ce genre, qui peuvent convenir pour l'inscription en courbe régulière, manquent de souplesse pour l'entrée en courbe et pour le passage sur diverses parties sinueuses des voies.

Sur certaines locomotives à trois, quatre ou cinq essieux couplés, pour lesquelles une forte adhérence est nécessaire, on se contente à l'avant, au lieu de bogie, d'un train directeur à un seul essieu, souvent muni de l'articulation de *Bissel*.

La construction de locomotives à adhérence totale est aujourd'hui assez rare, si ce n'est pour des services de gare et dans certains cas exceptionnels.

D'une manière générale on évite, dans l'aménagement actuel des locomotives, de placer de lourdes masses, telles que le foyer et les cylindres, en porte-à-faux au delà des essieux extrêmes.

Les constructeurs européens composent le châssis des locomotives de deux *longerons* en tôle, reliés par des entretoises. Ces longerons présentent des découpures garnies de glissières verticales, contre lesquelles s'appuient les *boîtes* des essieux. Les essieux de locomotives ont le plus souvent aujourd'hui des fusées *intérieures* ; les fusées *extérieures* exigent des longerons placés en dehors des roues, plus difficiles à entretoiser, puisque les entretoises doivent passer entre deux roues consécutives et sont plus longues. Cependant on trouve encore des châssis extérieurs dans certaines constructions récentes faites en Autriche, et sur certains réseaux d'Angleterre.

En Amérique, le châssis des locomotives est formé de barres à section à peu près carrée. La comparaison des châssis européens et américains ne semble pas indiquer de supériorité très marquée de l'un ou l'autre système. Il faut dire, toutefois, que peu de chemins de fer ont mis en parallèle, pendant une période prolongée, des locomotives, d'ailleurs équivalentes, avec les deux genres de châssis. Les poids de ces châssis ne paraissent pas différer beaucoup. Avec les foyers profonds, les barres américaines ont l'inconvénient de réduire encore la largeur de la grille, déjà insuffisante lorsque la boîte à feu descend entre des longerons en tôle. Mais cet inconvénient disparaît avec les dispositions, fréquentes aujourd'hui, de foyers placés au-dessus des châssis et même au-dessus des roues (1).

On classe les locomotives d'après le nombre des essieux couplés, ces essieux restant toujours parallèles. On forme ainsi les catégories des locomotives à un seul essieu moteur, dites à essieux *libres* ou *indépendants*, à 2, 3, 4 et 5 essieux couplés. Les *locomotives-tenders* sont mises à part. Une catégorie spéciale est celle des locomotives *articulées*, où les essieux moteurs ne restent pas parallèles et forment deux groupes mobiles l'un par rapport à l'autre. Une notation allemande commode désigne par deux chiffres, d'abord le nombre d'essieux moteurs, puis le nombre total d'essieux; ainsi, sur une locomotive à 3-5 essieux, on compte trois essieux couplés et deux essieux porteurs (2). Un élément distinct de classification résulte du mode d'emploi de la vapeur, à simple ou à double expansion. Les locomotives à double expansion forment plusieurs genres, suivant qu'elles sont du système compound à réservoir intermédiaire, ou du système Woolf sans réservoir, suivant le nombre des cylindres, suivant la nature des mécanismes de démarrage.

La largeur de la voie est une caractéristique importante : on distingue les locomotives à *voie normale* et à *voie étroite*, à rails distants d'un mètre environ ou même moins. Aux locomotives à voie normale on peut rattacher celles qui sont faites pour une largeur un peu plus grande, qui existe dans certains pays. Sauf mention spéciale, il doit être entendu, dans les descriptions qui suivent, que les locomotives sont à voie normale, avec tender séparé, et à simple expansion avec deux cylindres.

(1) Sur la construction des locomotives américaines, on lira avec intérêt une *Étude* de M. Oudet, publiée dans la *Revue de mécanique*, oct. 1901, p. 389.

(2) Les deux nombres doivent être considérés comme le numérateur et le dénominateur d'une fraction, qui indique le rapport du nombre d'essieux accouplés au nombre total d'essieux.

(A suivre.)

MÉTROLOGIE

LA CONVENTION DU MÈTRE ET LE BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
PAR **Ch.-Éd. Guillaume** (1).

TRAVAUX PARTICULIERS

Mesures relatives à la gravitation.

Valeur de g au Pavillon de Breteuil. — La valeur d'une pression équilibrée par une colonne liquide, et mesurée par la hauteur de cette colonne, est égale au produit de cette hauteur par la densité du liquide et par l'accélération de la pesanteur; il est donc nécessaire, lorsqu'on veut ramener à des unités absolues les pressions mesurées au moyen d'un baromètre ou d'un manomètre, de connaître cet élément de réduction au lieu de l'observation. Or, les recherches des géodésiens ont montré, dans ces dernières années, que les formules générales établies autrefois pour rassembler les valeurs de g en tous les points du globe, en fonction de la latitude et de l'altitude, tout en donnant des résultats assez rapprochés de la réalité, ne la représentent pas rigoureusement, et que de nombreuses anomalies locales faussent, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, les valeurs auxquelles conduirait la théorie élémentaire de l'attraction. On ne pouvait donc exprimer en nombres absolus les valeurs des pressions mesurées au Pavillon de Breteuil qu'après une détermination directe de g dans les laboratoires eux-mêmes.

En 1887, le commandant Defforges fut invité, par le Comité international, à déterminer la valeur absolue de l'intensité de la pesanteur au Pavillon de Breteuil, au moyen des appareils qui lui avaient déjà servi pour une détermination semblable à l'Observatoire de Paris, et qui lui permirent ultérieurement de répéter les mêmes mesures en un certain nombre de stations de la France, de l'Algérie et des États-Unis; les appareils furent installés aussitôt, et les mesures purent commencer dans les premiers mois de 1888.

Des piliers furent construits dans la salle II, destinés à supporter la cage très massive du pendule, et l'horloge de comparaison, qui fut reliée par un câble à l'Observatoire de Paris.

La détermination de la valeur de l'accélération de la pesanteur peut être

(1) Voir le *Bulletin* d'août, d'octobre, novembre et décembre 1901.

effectuée par divers procédés, lorsqu'il s'agit simplement de mesures relatives, destinées à faire connaître les rapports des valeurs de g en diverses stations. On peut, par exemple, employer un pendule invariable, que l'on fait osciller en divers lieux, et dont on compare les durées d'oscillations. On peut aussi se servir d'appareils statiques dans lesquels l'action de la pesanteur sur un poids est équilibrée par l'action d'un ressort, ou par un couple de torsion. Tel est, entre autres, l'appareil construit récemment par MM. Threlfall et Pollock, et dans lequel un levier chargé d'un poids à une extrémité, est ramené dans la position horizontale par la torsion d'un fil de quartz.

Mais, lorsqu'on veut déterminer la valeur absolue de la pesanteur, il est nécessaire d'avoir recours au pendule à réversion, fondé sur le théorème de la réciprocité des centres d'oscillation, pendule imaginé par Prony et employé pour la première fois par Kater.

Un tel pendule est muni de deux couteaux parallèles, dont les arêtes se trouvent en des droites passant par les centres d'oscillation réciproques, et dont la distance représente la longueur du pendule simple de même durée d'oscillation. Si donc les pendules oscillaient autour des arêtes parfaitement vives des couteaux, ajustées de telle sorte que la période fût la même pour les deux positions, il suffirait de mesurer la distance des arêtes et l'intervalle moyen de deux passages par la verticale pour pouvoir calculer la valeur de g .

Mais en pratique, le problème se complique singulièrement : lorsque le pendule oscille dans un milieu résistant, sa durée est sensiblement altérée. En aucun cas les arêtes ne sont vives, et il est nécessaire de tenir compte de leurs courbures; le pendule, en oscillant, entraîne son support; enfin M. Defforges a attiré pour la première fois l'attention sur le fait que les couteaux ne roulent pas seulement sur leurs plans d'agate, mais glissent légèrement.

Or, par des éliminations successives, on peut arriver à se libérer de ces diverses causes d'erreurs; ainsi, comme l'a indiqué M. Defforges, on peut éliminer entièrement l'effet du support et celui des rayons de courbure des couteaux « en faisant osciller, dans les mêmes limites d'amplitude, sur le même support et avec les mêmes couteaux, deux pendules de même poids et de longueurs différentes ».

On élimine l'action statique et dynamique du milieu ambiant, en réduisant autant que possible la pression dans la cage fermée du pendule, et en déterminant la petite correction restante par des observations à diverses pressions. L'avantage des mesures à faible pression est de diminuer beaucoup l'amortissement, et de permettre des observations de longue durée, atteignant parfois vingt-quatre heures sans que le pendule ait reçu une nouvelle impulsion.

Les nombreuses observations des deux pendules, de 1 mètre et de 0,5 m, dans les deux positions de chacun d'eux, et sous des pressions diverses ont été exé-

cutées par M. le commandant Defforges, avec la coopération de M. le capitaine Lubansky. Aussitôt après les mesures, les pendules furent placés dans le comparateur universel, et mesurés par MM. Benoît et Defforges. La mesure de la distance des couteaux présente quelques difficultés analogues à celles que l'on rencontre dans la détermination des étalons à bouts. Le procédé qui a semblé jusqu'ici donner les meilleurs résultats consiste à viser l'arête du couteau, se détachant en noir sur un fond éclairé par-dessous au moyen d'un miroir. Dans ces conditions, les effets de l'irradiation ne sont évidemment pas rigoureusement nuls, mais ils ont paru jusqu'ici négligeables eu égard à la précision que, pour d'autres causes, il est difficile de dépasser dans la mesure de g .

L'ensemble des mesures de longueur et de durée faites ainsi au Bureau international ont conduit finalement, pour la valeur de g au Pavillon de Breteuil, à

$$g = 980,991, \frac{\text{cm.}}{\text{sec}^2}.$$

Les coordonnées du lieu d'observation sont :

Longitude ouest de Paris	0° 131
Latitude nord	54,260
Altitude	70 ^m ,4

VARIATIONS DE g AVEC LA HAUTEUR

Peu de temps avant les mesures dont il vient d'être rendu compte, M. Thiesen avait déterminé la variation de l'accélération de la pesanteur avec la hauteur, en effectuant des comparaisons de deux poids, dont l'un était placé sur le plateau d'une balance installée dans les greniers de l'observatoire, tandis que l'autre était suspendu au-dessous du plateau, à 11 mètres plus bas. De nombreuses pesées faites dans ces conditions donnèrent, pour la différence de poids d'un kilogramme étalon, une valeur égale à 2,84mg, d'où l'on déduit, pour la variation correspondant à 1 mètre de hauteur, 0,278 mg.

Si l'on se reporte aux indications données précédemment sur la sensibilité des balances, on verra qu'en la poussant jusqu'à sa plus extrême limite, on devra pouvoir mettre en évidence la différence de poids d'un étalon de 1 kilogramme, lorsque sa hauteur variera de 1 centimètre. Sans aller aussi loin, on pourra certainement apprécier, par de bonnes pesées, un changement d'équilibre de la balance lorsque, après avoir placé deux poids de 1 kilogramme dans un plateau l'un à côté de l'autre, on les mettra l'un sur l'autre. Cette remarque nous donne un exemple de plus des minutieuses précautions dont il est nécessaire d'entourer les mesures de haute précision.

ÉTABLISSEMENT D'UN TÉMOIN INVARIABLE DU MÈTRE (TRAVAUX DE M. A.-A. MICHELSON)

L'idée de rapporter les mesures à des témoins naturels est fort ancienne. Dans un ouvrage publié en 1670, Mouton proposait, par exemple, de prendre pour unité la minute du degré, qui serait ensuite divisée suivant le système décimal. Plus tard, Cassini, dans son célèbre ouvrage *De la grandeur et de la figure de la Terre*, recommandait l'adoption d'une unité qui aurait pu être choisie comme égale à la six-millième partie de la minute du grand cercle, ou bien à une longueur à peu près double, donnée par la dix-millionième partie du rayon terrestre. Mais une semblable idée reçut pour la première fois son exécution lors de la création du système métrique.

Peu après, la loi anglaise promulguée le 17 juin 1824, prescrivit que, si l'étalon du yard venait à être perdu, on le reconstituerait en partant de la relation suivante : « Le pendule battant la seconde dans le vide, à la latitude de Londres et au niveau de la mer est au yard comme 39,1393 est à 36 ». Mais, lorsque les étalons du yard eurent été détruits par l'incendie du Parlement, survenu en 1834, on n'eut garde d'avoir recours à cette relation, qui, dans les dix années écoulées, avait été déjà reconnue comme sensiblement erronée, et on reconstruisit le yard au moyen de quelques copies que l'on rassembla.

Il est certain aussi que si, à une époque quelconque du XIX^e siècle le Mètre des Archives avait été perdu ou détérioré, on n'aurait point eu l'idée de rétablir l'unité fondamentale du système en partant des dimensions de la Terre. Quels que fussent les soins pris dans les mesures des triangles destinés à faire connaître les dimensions de la Terre en vue de la construction du Mètre elles devaient laisser échapper des erreurs supérieures à celles que l'on commet dans la comparaison des étalons, et on ne doit pas être surpris si les mesures modernes ont conduit à attribuer au Mètre une valeur qui diffère de 1 dixième de millimètre environ de celle qu'on avait cherché à réaliser. Bien que cette différence fût connue à l'époque des réunions de la Commission internationale de 1872, cette assemblée pas, plus que la commission britannique de 1834, ne voulut recourir à la définition théorique, et s'en tint aux valeurs fournies par les étalons.

Ce double exemple, dans lequel les décisions des assemblées les plus compétentes se sont trouvées en désaccord avec les intentions des premiers législateurs nous montre que l'idée de prendre une unité en relation avec les dimensions de notre globe ne correspond plus avec l'état actuel de la Métrologie.

Cependant, les tentatives qui ont été faites en vue de contrôler la permanence des étalons par des unités prises dans la nature témoignent d'une préoccupation à laquelle il est malaisé d'échapper, et que les travaux modernes ont rendue plus intense, en montrant que les métaux qui paraissent les plus stables

peuvent éprouver, dans le cours du temps, des variations dépassant les plus petites grandeurs mesurables.

Depuis que l'on a appris à mesurer la longueur des ondes lumineuses avec une certaine précision, et conclu de la concordance de mesures faites dans les circonstances les plus diverses à leur invariabilité absolue dans des conditions semblables de propagation, on a proposé plusieurs fois de prendre les mieux définies d'entre elles comme les repères naturels susceptibles de constituer des témoins les plus parfaits des unités de longueur.

Jusqu'à ces dernières années cependant, les meilleures mesures faites par la méthode des réseaux étaient encore trop imparfaites pour permettre un repérage des longueurs d'un ordre de précision comparable aux variations hypothétiques, certainement très petites, si même elles existent, des étalons en platine iridié. Il fallait, pour une telle vérification, posséder des procédés de mesure encore sensiblement plus précis, et c'est à l'étude de tels procédés que s'est attaché M. A. A. Michelson, aujourd'hui professeur à l'Université de Chicago, et membre du Comité international des Poids et Mesures.

En 1892, M. Michelson, acceptant l'invitation du Comité international de mettre en œuvre ses procédés au Bureau, vint à Sèvres, emportant les appareils construits d'après ses plans aux États-Unis, et les installa dans la salle VI, où il travailla pendant près d'un an, avec la coopération de M. Benoit, afin d'arriver à une détermination directe de la longueur d'onde de quelques radiations, avec une certitude et une précision inconnues jusqu'alors.

Ce travail avait d'ailleurs été précédé de longues recherches, au cours desquelles M. Michelson avait examiné un grand nombre de sources lumineuses, et notamment les radiations émises par diverses vapeurs métalliques, excitées par les décharges d'une bobine, dans un tube à vide. L'application de ses procédés exigeant, comme nous le verrons, l'emploi de raies d'une extrême finesse, il était nécessaire d'éliminer d'emblée toutes les sources ne remplissant pas cette condition.

Finalement, M. Michelson s'arrêta au spectre du cadmium, qui, pour des raisons que nous étudierons plus loin, se trouva remplir très complètement toutes les conditions qui pouvaient lui être imposées. Le spectre visible du cadmium se compose de quatre groupes, dont un est constitué par une raie rouge unique et très fine, un second par plusieurs raies vertes très fines aussi, les deux autres chacun par une raie bleue et une raie violette moins fines que les précédentes. M. Michelson n'avait observé qu'une raie verte, toujours la même : les autres, trouvées plus tard par M. Hamy et M. Chappuis, apparaissent dans des conditions particulières, mais l'une d'elles peut parfois surpasser en éclat la raie utilisée par M. Michelson.

Exposé de la méthode. — La méthode repose sur l'observation des phénomènes

d'interférence qui se produisent entre deux faisceaux lumineux parcourant le même chemin après s'être réfléchis sur des miroirs différents, et donnant, par les apparences observées, la distance optique de ces plans.

Un faisceau part d'une source S (fig. 68) et tombe sur un miroir semi-argenté A, où il se sépare en deux parties que l'on rend sensiblement égales en intensité en donnant au miroir un pouvoir réfléchissant convenable. Une partie va se réfléchir sur C et revient en arrière, tandis que l'autre, après avoir traversé le premier miroir, est renvoyée par le miroir D. Le premier faisceau trouve, sur son chemin, une lame épaisse B, qu'il traverse deux fois, de manière que le passage à travers la lame A soit exactement compensé. Le phénomène d'interférence est observé en E.

Ce phénomène peut prendre un aspect très différent suivant la source em-

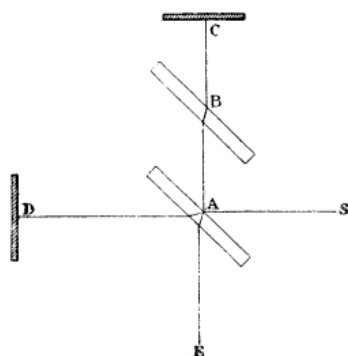


Fig. 68.

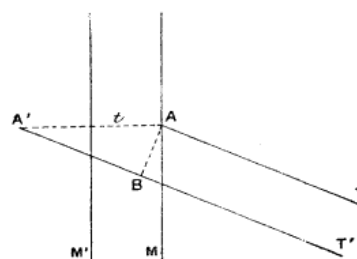


Fig. 69.

ployée et suivant la distance optique et l'inclinaison relative des plans C et D ou plutôt du plan C et de l'image du plan D dans le miroir A. Ces plans peuvent, par exemple, occuper des positions qui, au point de vue du phénomène optique, sont rigoureusement équivalentes à celles des deux mêmes plans amenés au contact parfait, ou même à l'intersection sous un angle quelconque. On pourra ainsi réaliser des apparences analogues aux anneaux de Newton, mais sans être limité par l'impénétrabilité de la matière, comme dans le cas où le phénomène est produit directement entre deux surfaces existant *réellement* et non plus *optiquement* au voisinage l'une de l'autre.

En pratique, les interférences utilisées sont de deux genres bien distincts : Si les plans sont optiquement parallèles entre eux, et situés à une certaine distance l'un de l'autre, on observe des anneaux concentriques, circulaires et centrés autour du pied de la perpendiculaire abaissée sur les surfaces en partant du centre optique de la lunette employée pour l'observation (1).

(1) La théorie de ces phénomènes est assez complexe ; elle est exposée très complètement dans le mémoire de M. Michelson inséré au tome XI des *Travaux et Mémoires du Bureau international*.

Soient M et M' (fig. 69) les deux surfaces, et A' l'image du point A. Les rayons AT et A'T' partant de A et A' dans la même direction, formant un angle δ avec l'axe de la lunette, ont une différence de phase

$$\Delta = A'B = 2t \cos \delta$$

qui, en fonction de la longueur d'onde de la lumière employée, s'écrit

$$\Delta = 2t - n\lambda.$$

L'angle δ étant très petit, nous pourrions remplacer son cosinus par $1 - \frac{\delta^2}{2}$, et nous aurons, pour l'expression du demi-diamètre angulaire des anneaux,

$$\delta_n = \sqrt{\frac{n\lambda}{t}}$$

où n est le numéro d'ordre de la frange considérée, t la distance des plans.

Si cette distance est très petite, on ne sera plus limité à une lumière monochromatique; dans l'emploi de la lumière blanche, les franges d'interférence présentent l'apparence de bandes colorées, parallèles à la droite d'intersection des surfaces; ou, lorsque celles-ci sont exactement parallèles, on observe une teinte plate, parfaitement uniforme, si les surfaces sont rigoureusement planes. Lorsque les surfaces sont inclinées d'un angle φ , la distance des bandes successives de même teinte est

$$f = \frac{1}{2} \frac{\lambda}{\varphi}.$$

Quand les chemins optiques parcourus par les deux faisceaux interférents sont les mêmes, les couleurs des franges se présentent suivant le même ordre que celui des anneaux de Newton, vus par réflexion, si la lame de verre A (fig. 68) n'est pas argentée. Si, au contraire, l'argenture est suffisamment épaisse, les couleurs sont complémentaires des précédentes, et la frange centrale, correspondant à l'intersection, devient blanche, de noire qu'elle était.

Nous allons jeter maintenant un rapide coup d'œil sur la méthode permettant de déterminer directement les longueurs d'onde en fonction du mètre; les opérations métrologiques seront décrites plus en détail en même temps que les instruments servant à les effectuer.

La pureté des diverses radiations fournies par le cadmium permet d'obtenir des interférences avec une différence de marche supérieure à 20 centimètres, au moins avec les trois premiers groupes de radiations; on pourra donc réaliser directement des interférences entre des surfaces distantes de 10 centimètres. Si l'on parvient à exprimer en longueurs d'onde la distance de ces surfaces, montées sur une pièce rigide susceptible d'être transportée sur une glissière sans se déformer, on pourra, en la déplaçant dix fois de sa propre longueur, comparer

sa position de départ et sa position d'arrivée aux deux traits terminaux d'une règle de 1 mètre de longueur. Dans chacun des déplacements de cette pièce, on pourra établir le contact optique de son plan *avant* et de son plan *arrière* avec un plan auxiliaire que nous nommerons le *plan de référence*, de telle sorte que ces déplacements pourront être mesurés avec la précision inhérente à l'emploi des phénomènes d'interférence.

Par exemple, dans la fig. 68, le plan de référence sera en D, et le plan C représentera la position à laquelle arrivent successivement le plan arrière et le plan avant de l'étalon de 10 centimètres qui seront amenés au contact optique ou à l'intersection optique avec le plan D. Lorsque la surface avant sera arrivée en C, on déplacera le plan D jusqu'au contact avec la surface arrière, et on pourra repousser l'étalon de sa propre longueur.

Il s'agit maintenant de déterminer la distance, en longueurs d'onde, des deux plans définissant l'étalon de 10 centimètres. Cette opération peut être exécutée à l'aide d'étalons intermédiaires, dont chacun est égal à la moitié du précédent, et dont le dernier est assez petit pour permettre la détermination directe du nombre d'ondes qu'il contient. M. Michelson a employé 9 étalons, que nous désignerons par I, II, ... VIII, IX, et dont le plus petit est, en conséquence de ce qui vient d'être dit, sensiblement égal à 10.2^{-8} centimètre, c'est-à-dire à 0,390 625 millimètre. Connaissant la longueur de cet étalon, on pourra le placer à côté de celui de 0,78 125 millimètre, puis, établissant le contact optique entre le plan de référence et les deux plans avant des étalons, on déterminera leur distance optique. Ensuite, on amènera le plan de référence au contact du deuxième plan de l'étalon court, et, déplaçant celui-ci de sa propre longueur, on substituera son plan avant au plan arrière. Enfin, on ramènera le contact optique entre le plan de référence et les deux plans arrière des étalons. De cette façon, on aura déterminé optiquement la valeur du deuxième par rapport au double du premier, différence qui, si les étalons ont été convenablement ajustés, sera égale à un petit nombre de longueurs d'onde.

Ces comparaisons des étalons successifs entre eux comportent une grande précision ; cependant, si la méthode n'admettait aucun contrôle, les erreurs s'accumuleraient dans les déterminations de chacun des neuf étalons, et, surtout, l'erreur commise dans la mesure du plus petit étalon se reporterait en valeur relative sur les plus grands, et, par conséquent, sur le résultat final de la mesure. Mais la méthode admet une vérification qui annule à chaque instant les erreurs précédemment commises, et supprime leur accumulation. Cette vérification est obtenue par la mesure de l'excédent fractionnaire de l'étalon sur un nombre entier de longueurs d'onde. La détermination de la phase dans laquelle se trouvent les franges circulaires sur les deux plans terminaux de chaque étalon permet ce contrôle, ainsi que nous le verrons plus loin. De cette

façon, il suffit que la comparaison de deux étalons successifs ne laisse pas de doutes sur le nombre *entier* de franges pour qu'immédiatement on connaisse à la fois ce nombre entier et la fraction excédente avec la précision inhérente à ce genre de mesures. L'étalon IX pourra être mesuré encore avec la même précision et c'est seulement dans sa comparaison avec le mètre, par dix déplacements successifs, que l'erreur pourra s'accumuler. Cette erreur sera seulement décuple de celle que l'on aura commise sur la détermination de l'excédent fractionnaire pour cet étalon, tandis que, si l'on n'avait pas eu le contrôle de cet excédent, on aurait conservé, dans le résultat, une erreur environ 2600 fois plus grande.

Nous verrons même que, grâce à l'emploi de longueurs d'onde diverses, l'erreur commise originellement sur chaque étalon pourrait atteindre plusieurs franges sans que l'incertitude sur sa valeur finale en fût augmentée.

DESCRIPTION DES APPAREILS

La disposition générale de l'appareil de M. Michelson est un peu différente de celle que représente la fig. 68. Le plan de référence devant se déplacer autant que l'étalon de 10 centimètres, c'est-à-dire de 1 mètre environ, il eût été

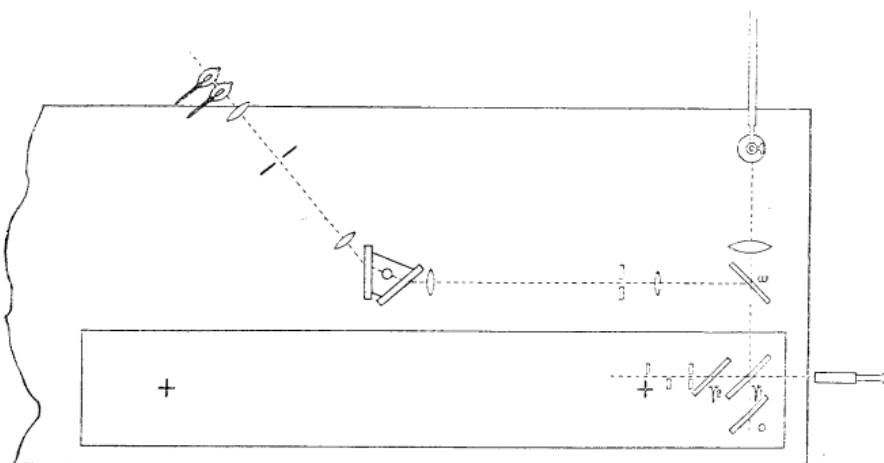


Fig. 70. — Plan d'ensemble de l'appareil Michelson.

incommoder de laisser le faisceau AD se propager à angle droit du faisceau AB, et l'on a préféré lui faire subir une nouvelle réflexion le ramenant dans une direction parallèle à ce dernier. On a pu, de cette façon, disposer parallèlement les coulisses de déplacement des étalons et du plan de référence, comme le montre la figure 70, qui représente, en projection horizontale, les principaux organes de l'appareil, dont l'ensemble est indiqué dans les figures 71 et 72.

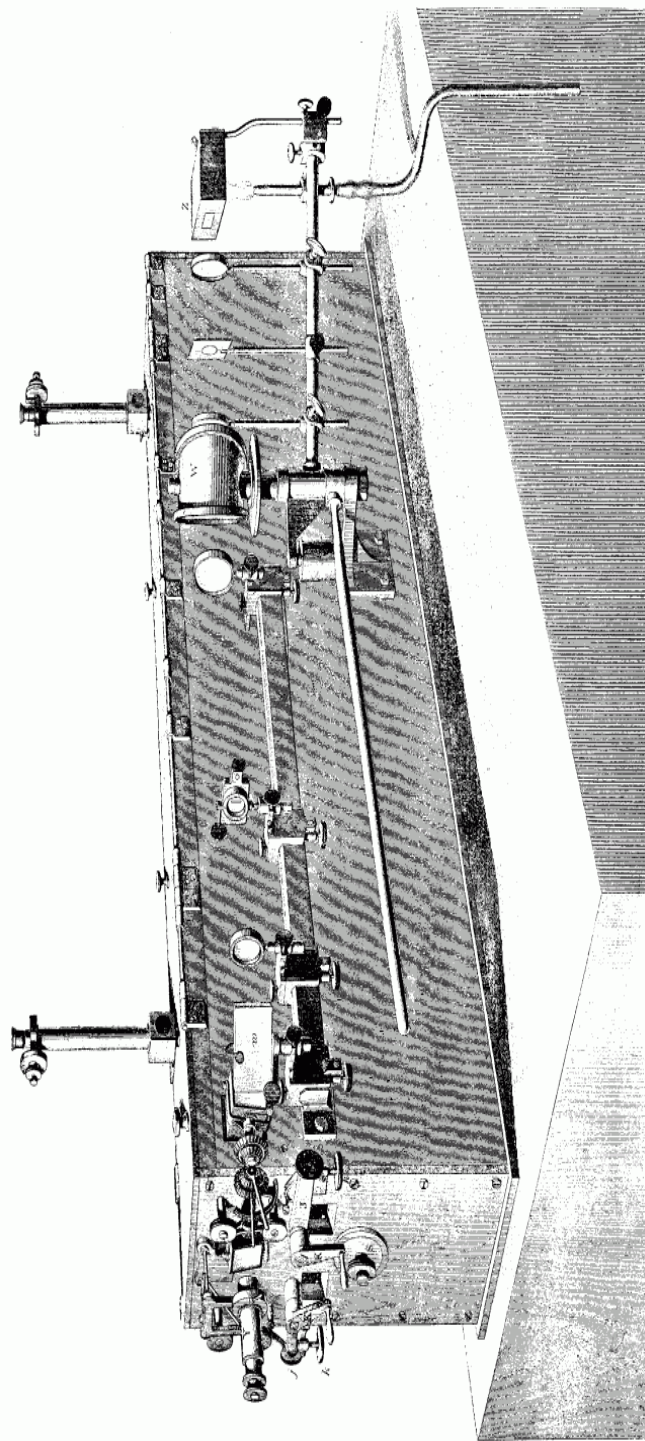


Fig. 71. — Appareil Michelson, partie optique extérieure.

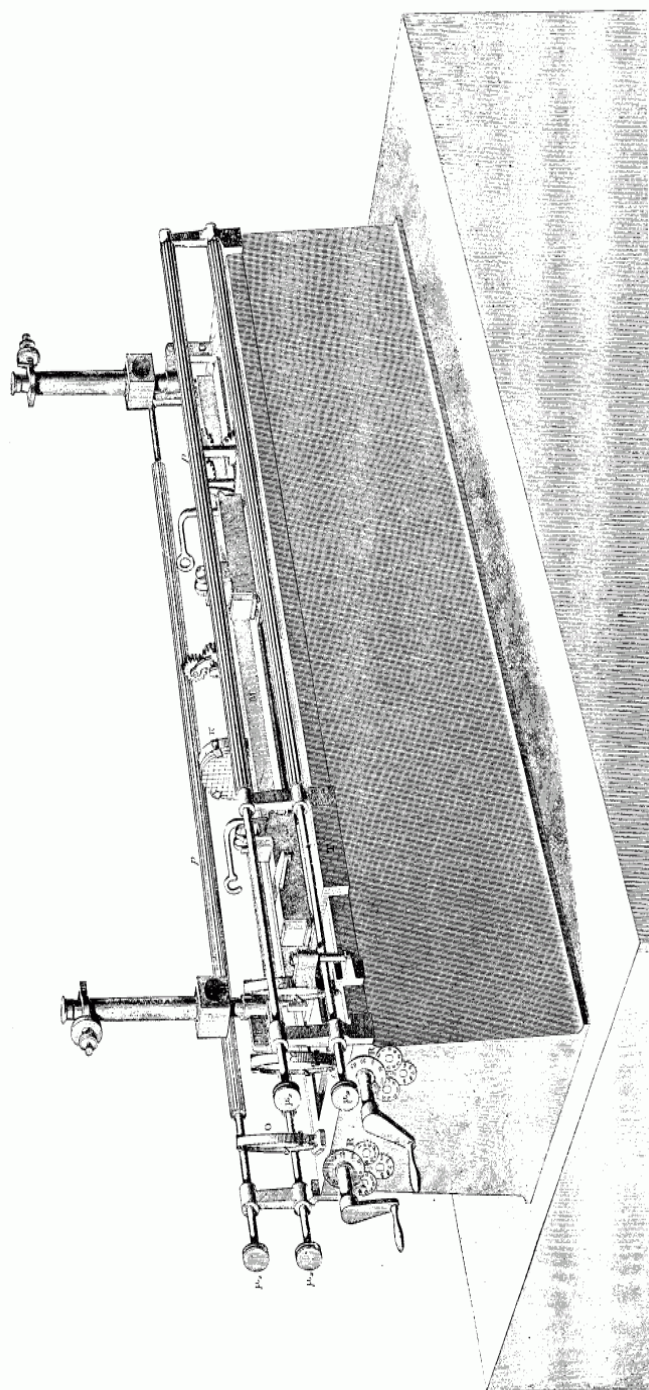


Fig. 72. — Appareil Michelson, intérieur.

Cette dernière représente l'appareil découvert, et portant seulement les organes qui ont déjà été décrits, savoir les plans γ_1 et γ_2 le plan de référence π , et le miroir auxiliaire O ; puis sur la glissière de droite, deux étalons à des distances diverses de l'origine, et dont l'un est placé sur un support fixe T ; enfin la règle M , les deux microscopes micrométriques U , des compteurs de tours R , et une série de manettes de commande μ , ajustées sur des tringles cannelées p dont nous verrons l'usage dans un instant. Dans la figure 71, l'appareil est représenté tel qu'il est monté pour les mesures, c'est-à-dire enveloppé d'une caisse de fonte qui porte la source lumineuse Z , et un système optique composé de

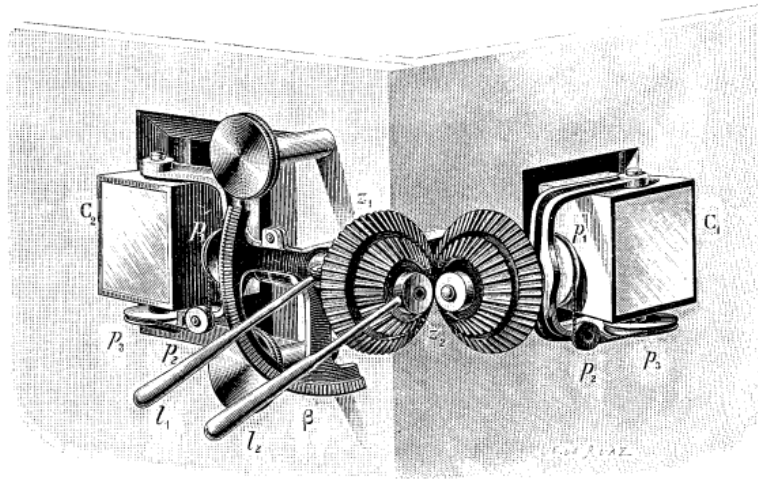


Fig. 73. — Dispositif servant à déplacer simultanément les faisceaux à l'entrée et à la sortie de l'appareil.

quatre lentilles, d'un prisme W et d'une fente; ce système peut être orienté de manière à amener sur le miroir w celle des radiations émanées de la source que l'on se propose d'utiliser. Nous retrouvons les mêmes manettes que dans la figure 72, mais nous voyons en outre la lunette d'observation Y , montée sur un parallélépipède, et susceptible de se déplacer dans tous les sens tout en conservant une direction invariable.

La figure 73 donne le détail d'un organe reproduit à plus petite échelle dans la figure d'ensemble, et dont le rôle est fort important. Il se compose de deux cubes de verre, C_1 et C_2 , montés chacun sur un système de deux axes rectangulaires et auxquels on peut, au moyen de deux rotations combinées, donner des directions quelconques solidaires l'une de l'autre. Le cube C_1 est traversé par le faisceau pénétrant dans l'appareil, l'autre par le faisceau sortant. Une inclinaison du premier amène, en des points divers de la fenêtre, les rayons lumineux,

toujours horizontaux qui, après réflexion sur les miroirs intérieurs, reviennent au point correspondant du deuxième cube, mais émergent toujours en un endroit placé semblablement au point où le premier cube a été frappé par sa face extérieure. De cette façon, si l'on veut produire le phénomène d'interférence sur des

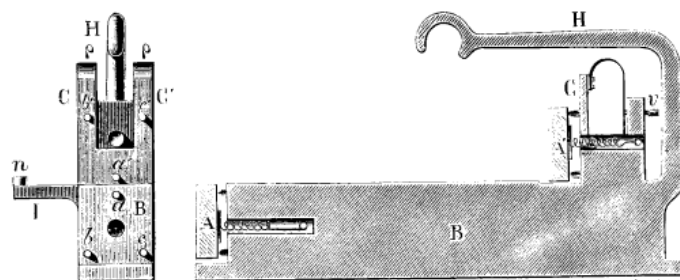


Fig. 74. — Étalon Michelson.

miroirs placés en divers points du champ, on peut néanmoins les observer sans avoir à déplacer la lunette, ce qui facilite beaucoup les opérations. Les deux manettes l_1 l_2 , servent à actionner respectivement les deux axes rectangulaires,

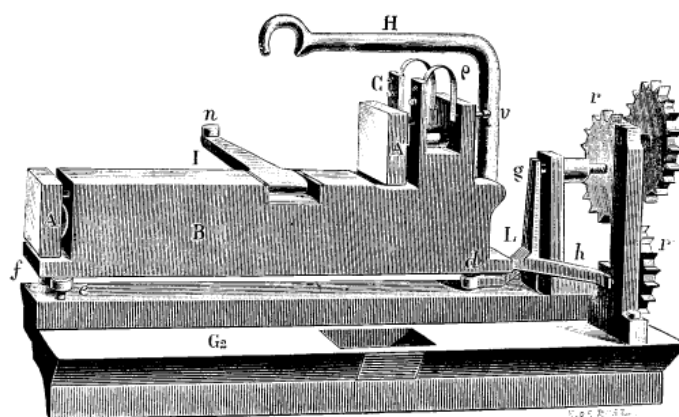


Fig. 75. — Étalon Michelson sur son support.

l'un directement, l'autre par l'intermédiaire d'un fil, le mouvement se répétant identiquement sur l'autre cube par l'engrenage à angle droit.

Les étalons dont s'est servi M. Michelson sont des pièces de bronze (fig. 74), munies d'un bras H servant à les porter, et auxquelles on a adapté deux plans de verre très parfaits, A, A', légèrement pressés par des ressorts à boudin contre des saillies a , b , c , a' , b' , c' , incrustées dans le bronze, et que l'on rode pro-

grossièrement de manière à donner aux deux plans dont elles règlent la position

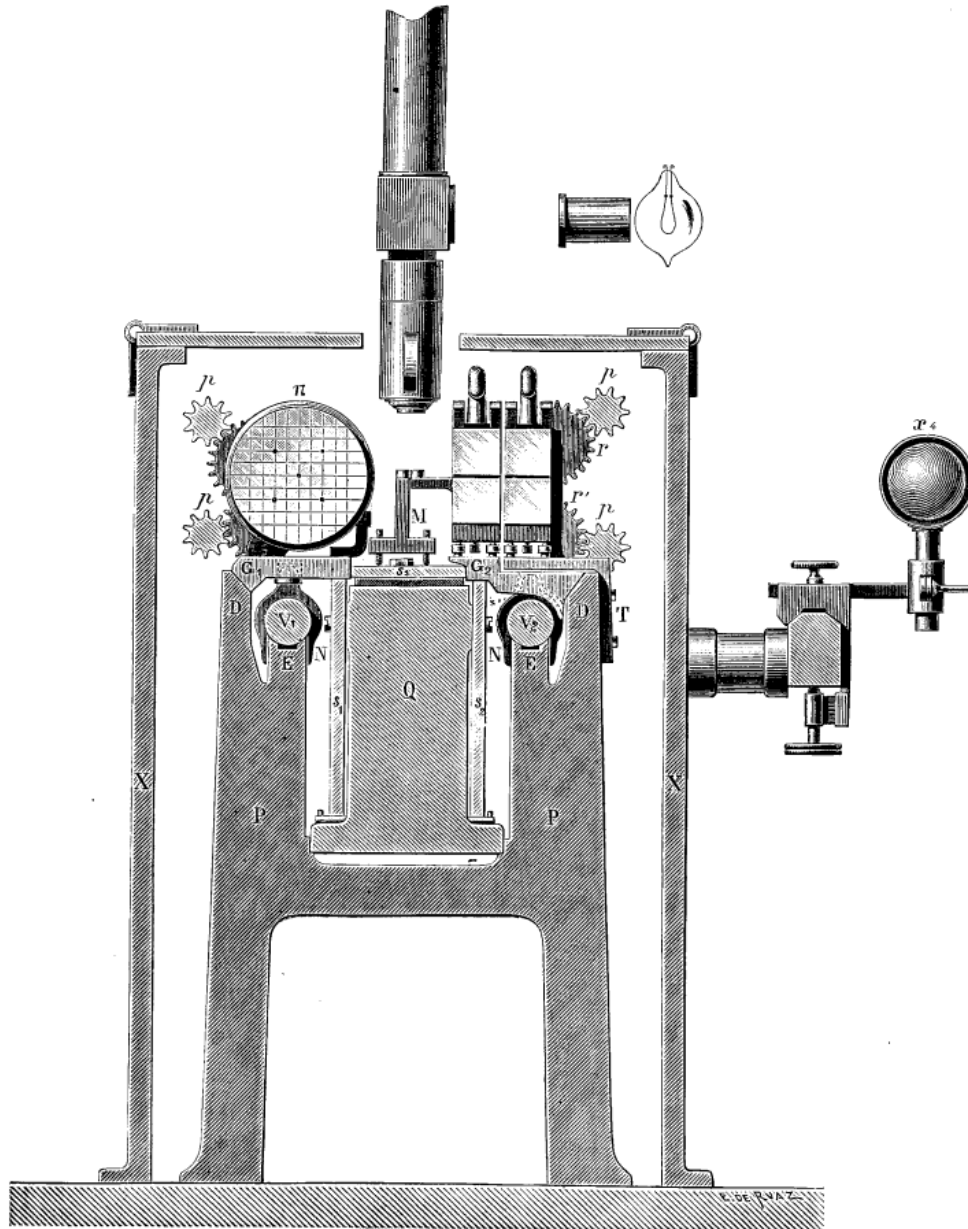


Fig 76. — Appareil Michelson, vu de face ; détail des pièces intérieures.

la distance exacte qu'ils doivent avoir, et un parallélisme aussi parfait que

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Mars 1902.

23

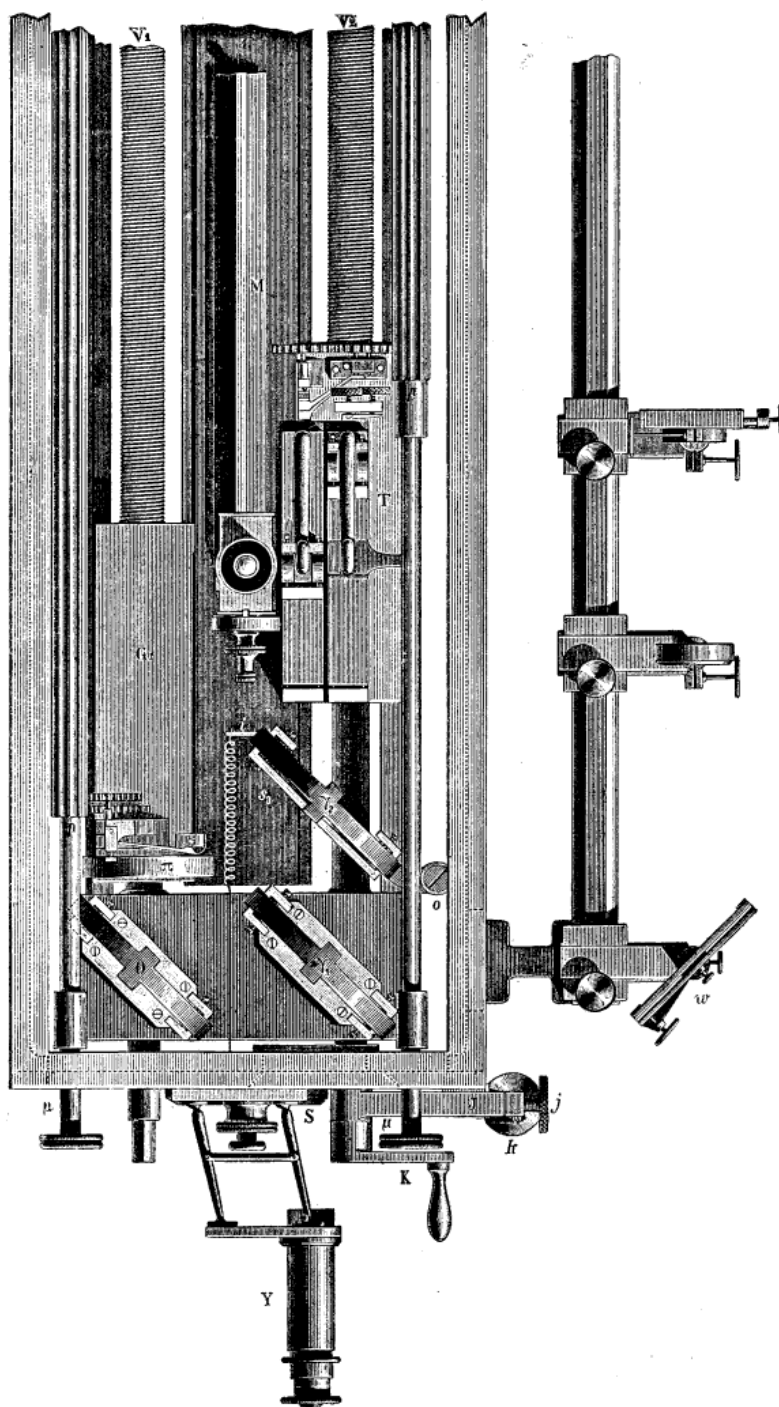


Fig. 77. — Appareil Michelson; plan de détail.

possible. Deux des pointes supérieures sont portées par une partie amincie du support, prolongée par deux ressorts sur lesquels on peut agir par des vis. De cette manière on peut, par un réglage d'une extrême délicatesse, corriger encore la position de deux des butées, pour obtenir le parallélisme définitif.

L'étalon de 10 centimètres diffère des autres en ce qu'il porte un index I (fig. 74 et 75) muni d'un petit bouton *n*, poli et portant un trait de repère; c'est ce trait qui, dans les mesures, viendra en coïncidence successivement avec les deux traits limitatifs du mètre. Dans la dernière figure, l'étalon est représenté sur le chariot destiné à le déplacer sur les coulisses de l'appareil. L'un de ses pieds repose sur une pièce L, à laquelle on peut donner deux mouvements rectangulaires permettant de régler parfaitement la direction de l'ensemble de l'étalon. On agit sur cette pièce par des vis commandées par des roues dentées engrenant avec les tringles cannelées *p* (fig. 72). Ces roues sont très évidées, de manière à permettre un petit mouvement de recul de la tringle de commande, afin de libérer parfaitement l'engrenage et de le laisser dans un repos complet.

On voit, dans les figures 76 et 77, la disposition des étalons pour la comparaison, les deux chariots G_2 et G_1 portant, l'un l'étalon que l'on veut déplacer, l'autre le plan de référence. Tous deux sont mus par de fortes vis V_1 , V_2 , sur lesquelles on peut agir directement ou par l'intermédiaire d'un bras J (fig. 71) commandé lui-même par une vis *k*. Lorsque l'étalon a été mis en place, la vis peut aussi faire un mouvement en arrière de manière à le laisser reposer sur la coulisse sans effort horizontal.

Il reste à décrire le procédé de réglage de la lame de verre, dont il est nécessaire de pouvoir modifier très peu l'inclinaison. Cette lame (fig. 78) est encadrée dans une pièce de bronze fixée à un axe rigide *o*, serré à bloc. A l'autre extrémité vient s'attacher un ressort à boudin que prolonge un fil de soie s'enroulant sur une poulie à gorge F, portant un cercle divisé S. La variation de tension du ressort, que l'on provoque en tournant le disque S, fléchit l'axe d'une quantité très petite, et modifie l'inclinaison de la lame. On peut ainsi altérer le chemin optique du faisceau de droite, et amener le phénomène d'interférence à une phase déterminée.

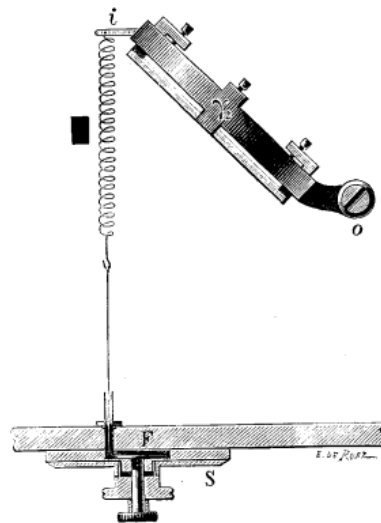


Fig. 78. — Organe pour le déplacement des franges.

Les divers organes qui viennent d'être décrits sont portés par un banc de fonte très lourd et extrêmement robuste, complètement entouré de plaques de fonte. Par surcroît de précaution, on l'enveloppa d'un manteau de feutre et d'une caisse de bois, et la salle, spacieuse et bien isolée, dans laquelle on l'installa, sur un lourd pilier indépendant du bâtiment et soustrait aux trépidations, fut, pendant toute la durée des mesures, entretenue à une température sensiblement constante.

Dans les travaux d'installation, il faut mentionner encore le dressage des coulisses guidant le mouvement des étalons et du plan de référence, et qui a besoin d'être exécuté avec une grande perfection ; il est nécessaire, en effet, que, dans toutes les positions qu'ils peuvent occuper, les chariots de droite et de gauche reprennent leur parallélisme assez exactement pour qu'il ne puisse jamais y avoir aucune ambiguïté sur l'ordre de la frange que l'on observe. Le réglage parfait s'achève au moyen des organes qui viennent d'être décrits.

Mesures.

La première opération consiste dans la détermination du nombre de franges contenues dans l'étalon le plus court ; voici comment M. Michelson décrit cette opération.

« R, R' (fig. 79) représentent deux positions du plan de référence, parallèles l'une et l'autre à un miroir fixe C (l'un des miroirs de l'étalon II par exemple), placé à une distance convenable pour avoir des franges circulaires de grandeur commode pour en faire le compte. A, B représentent les deux miroirs de l'étalon I, qui est légèrement incliné, de manière à donner, dans la lumière blanche, des franges rectilignes, verticales, convenablement espacées. L'erreur introduite par cette légère inclinaison est complètement négligeable.

« Après avoir abandonné quelque temps l'appareil à lui-même, pour laisser s'établir un équilibre définitif, on amène, au moyen du ressort qui agit sur le compensateur, la frange noire en I en coïncidence exacte avec un trait vertical tracé sur le plan de référence ; les réglages ainsi terminés, l'aspect présenté par les quatre miroirs est celui de la figure 80, A ; on fait alors la lecture *a* de la tête divisée S (fig. 78). Ensuite, encore au moyen du compensateur, on produit en II, avec la lumière rouge du cadmium, la phase nulle, c'est-à-dire celle dans laquelle on a une tache noire uniforme au centre des anneaux, et l'on inscrit la nouvelle lecture *b*. Alors on commence à tourner lentement et régulièrement la vis V₂, qui déplace le plan de référence, et l'on compte les franges circulaires à mesure qu'elles viennent, en se contractant, disparaître au centre. Pendant ce mouvement, il n'est pas possible de conserver rigoureusement le parallélisme des surfaces ; toutefois, dans la petite longueur dont il s'agit, la coulisse est tel-

lement près d'être parfaitement rectiligne que la modification de phase résultant de ce fait ne dépasse jamais quelques dixièmes de frange; de plus, ce qui est plus important, ces changements ne se font jamais brusquement, en sorte qu'il n'y a pas, de ce fait, de danger de perdre le compte des anneaux.

« Lorsqu'on a ainsi parcouru, à quelques ondes près, la distance qui sépare les deux surfaces de l'étalon, on voit les franges en lumière blanche apparaître sur le miroir supérieur. On continue le mouvement très lentement jusqu'à ce que la frange centrale noire en I soit près de coïncider avec le trait de repère, tout en poursuivant le compte des anneaux en II. A ce moment, on rectifie très exactement le parallélisme du plan de référence avec la surface II par le procédé indiqué plus haut; ce nouveau réglage doit être fait avec assez de lenteur et de

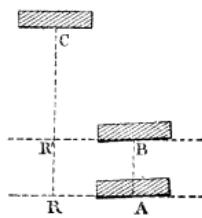


Fig. 79.

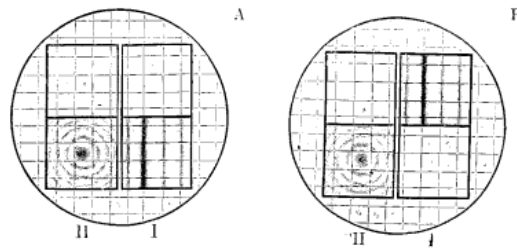


Fig. 80.

précaution pour être sûr de ne point laisser passer, sans s'en apercevoir, une frange entière.

« L'aspect présenté alors par les surfaces des miroirs est figuré ci-dessus (fig. 80 B); on ramène, d'un côté, les anneaux en II, à la phase nulle, au moyen du compensateur, et on fait la lecture correspondante b_1 ; d'un autre côté, on fait de nouveau coïncider exactement la frange achromatique en I avec la ligne de repère, et l'on inscrit la lecture a_1 .

« Le nombre d'ondes, en lumière rouge du cadmium, contenu dans la longueur de l'étalon I, est alors

$$N + \frac{1}{\tau_r} (b - b_1) - \frac{1}{\tau_b} (a - a_1),$$

expression dans laquelle N est le nombre entier de franges comptées, et τ_r , τ_b les tares du compensateur en lumière rouge et en lumière blanche.

« On a obtenu de cette manière, les 20 et 21 octobre 1892, les résultats qui suivent (les franges étaient comptées alternativement par M. Benoît et par moi-même, chacun comptant 100 franges consécutives).

Première mesure	1 212,61
Deuxième mesure	1 211,83
Moyenne	1 212,22

La concordance de ces deux mesures pourrait paraître insuffisante, et le serait en effet si l'emploi des radiations du cadmium n'assurait immédiatement un contrôle, que nous retrouvons à chaque pas, et qui donne réellement à la méthode une parfaite sécurité.

Des mesures antérieures (de M. Rowland et de M. Ames, par exemple) avaient donné des valeurs déjà très approchées des longueurs d'onde des différentes radiations fournies par le cadmium. Or, si l'on mesure successivement, en fonction de ces diverses échelles, la distance de deux plans de l'étalon, on devra trouver des nombres de franges dont les rapports seront les mêmes que ceux des longueurs d'onde. Pendant le temps très court qui est nécessaire pour faire passer sur la fente du spectroscope les diverses radiations du cadmium et déterminer la phase du phénomène, c'est-à-dire l'excédent fractionnaire pour chaque radiation, la distance des deux plans terminant l'étalon ne peut pas se modifier d'une quantité appréciable; on mesurera donc bien, dans cette opération, la même distance en fonction des diverses échelles; la fraction sera donc connue avec l'approximation même de la lecture, c'est-à-dire à quelques centièmes de frange près.

Admettant provisoirement le nombre 1212 comme rigoureux, on a fait une nouvelle mesure de l'excédent pour les quatre radiations, et calculé, conformément au tableau suivant, les nombres entiers de franges dans les trois couleurs les plus réfrangibles. En supposant la fraction exacte pour la radiation rouge, on trouve, pour les autres couleurs, les fractions portées dans la dernière colonne.

Radiations.	Longueurs d'onde admisses.	Nombres de franges dans la longueur de l'étalon I.		
		Obs. : M. Michelson.	Obs. : M. Benoît.	Calculé.
	μ			
Rouge	0,64389	1212,37	1212,34	1212,35
Verte.	0,50863	1534,79	1534,79	1534,75
Bleue.	0,48000	1626,18	1626,16	1626,29
Violette.	0,46789	1668,54	1668,52	1668,38

A titre de contrôle, on peut tenter de refaire le calcul en adoptant, par exemple, 1214 ou 1213 franges en lumière rouge. On trouve alors, dans les autres couleurs, des excédents fractionnaires calculés ne présentant plus aucun parallélisme avec les excédents observés. Il en est de même pour tous les nombres voisins, jusqu'à une grande distance de 1212.

« On ne saurait, dit M. Michelson, insister trop sur l'importance et la haute valeur de ce contrôle; car il se retrouve à chaque nouvelle étape du travail, et est également applicable à tous les étalons intermédiaires, y compris le dernier. Sa sûreté est telle qu'il pourrait servir à retrouver directement, sans autre opération, le nombre entier cherché à chaque fois; et les comparaisons des étalons

entre eux, avec l'emploi de la lumière blanche, peuvent être considérées comme destinées simplement à faciliter le choix du nombre entier qui seul peut, dans chaque cas, établir la concordance entre les nombres fractionnaires observés et calculés. »

Comparaison de deux étalons. — Nous venons de voir comment on peut, par un procédé fondé entièrement sur les interférences, passer d'un étalon à celui dont la longueur est sensiblement double ; il nous reste maintenant à décrire l'aspect des phénomènes que l'on observe dans les diverses phases de l'opération.

Pour éliminer autant que possible les erreurs dues à la courbure, d'ailleurs extrêmement faible, du plan de référence, on place toujours la frange centrale noire, observée en lumière blanche, sur les lignes du quadrillage, pratiqué dans l'argenture du plan de référence, qui se projettent tout près des bords voisins des surfaces des deux étalons que l'on compare. Les fig. 81, A, B, C, D, repré-

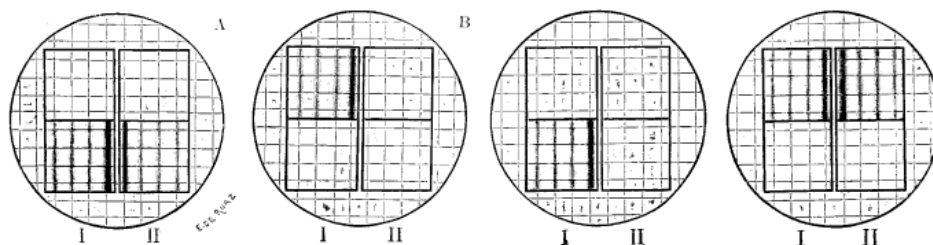


Fig. 81.

sentent les quatre phases de la comparaison. Dans la première, les surfaces antérieures des étalons I et II sont en contact optique avec le plan de référence ; dans la seconde, celui-ci est placé au contact de la surface postérieure, en un endroit où l'on amène, immédiatement après, la surface antérieure de l'étalon I, par un mouvement de recul de sa propre longueur. Enfin, dans la quatrième, le plan de référence est reculé jusqu'au contact des plans postérieurs. Pour établir ici la coïncidence sur les bords intérieurs, il est généralement nécessaire de donner à l'étalon I un petit mouvement supplémentaire, dont on détermine l'amplitude par le nombre de franges qui passent devant le repère.

Dans chacune des positions, on s'aide, d'ailleurs, du compensateur, pour arriver à la coïncidence exacte, qu'il serait difficile d'obtenir par le mouvement même de l'étalon ou du plan de référence, quelque délicat que soit le procédé de réglage que l'on emploie.

La comparaison ainsi effectuée donne le nombre entier de franges comprises dans l'étalon II, et seulement une valeur approchée de la fraction.

Pour déterminer celle-ci plus exactement, on place le plan de référence en avant ou en arrière de l'étalon, pour les étalons courts, ou entre les miroirs,

pour les plus longs, de manière à avoir, dans tous les cas, des franges circulaires suffisamment serrées; puis on mesure les excédents fractionnaires avec les quatre radiations principales du cadmium, en calculant leurs rapports au moyen des relations fournies par la détermination du premier étalon. Voici, à titre d'exemple, le résultat de la mesure de l'étalon II, faite par M. Michelson :

	Calculé.	Observé.	Obs.-calc.
Rouge.	2 423,93	0,92	— 0,01
Vert.	3 071,09	0,14	+ 0,03
Bleu	3 253,96	1,06	+ 0,10
Violet.	3 338,72	0,75	+ 0,03

Comme les valeurs absolues des fractions n'ont pas d'importance, on peut rendre la concordance des résultats encore plus apparente en appliquant, à tous les nombres observés, une petite correction qui rende minima les valeurs absolues des différences Obs-Calculé. Cette correction, inversement proportionnelle à la longueur d'onde de chaque couleur, serait ici de 0,03 pour le rouge, et 0,04 pour les autres couleurs. L'écart pour le rouge deviendrait alors égal à 0,04, et celui pour le bleu, à 0,06. La faiblesse des écarts ne laisse de nouveau aucun doute sur l'exactitude du nombre entier de franges; car, si l'on adoptait, par exemple, pour la lumière rouge, les nombres 2424 ou 2426, ou tout nombre voisin, on trouverait, pour les autres lumières, des excédents fractionnaires calculés n'ayant aucune ressemblance avec les excédents observés.

Mesure absolue de l'étalon IX. — « La mesure des excédents fractionnaires sur l'étalon IX constitue la plus importante et la plus délicate des opérations de tout le travail. Avec cette différence de marche (10^{cm}), les franges sont plus petites qu'avec les étalons plus courts, et moins distinctes, surtout pour la radiation bleue. En outre, l'effet des variations de la température et de la pression, qui va en croissant avec la longueur de l'étalon, devient très important; et, comme il s'agit ici d'une mesure, non plus relative, mais absolue, ces éléments doivent être déterminés avec beaucoup de soin. Le nombre d'ondes contenu dans la double distance des surfaces étant de l'ordre de 400 000, une variation de 0,01 degré correspond à une différence de 0,03 onde, quantité facilement appréciable. L'observation du thermomètre doit donc comporter ce degré de précision, et les variations de température doivent être assez lentes pour permettre d'assurer que sa lecture (corrigée) représente réellement la vraie température de l'étalon placé à côté de lui.

« On a fait beaucoup plus d'observations sur l'étalon IX que sur les autres. De plus, comme, pour ce dernier, ce sont les valeurs absolues qu'il importe d'obtenir exactement plutôt que des valeurs relatives, on a, dans les mesures des fractions, modifié un peu l'ordre des observations : on achevait la mesure de

la phase au moyen du compensateur, pour l'une des radiations, sur les deux surfaces, avant de passer à la radiation suivante. On court la chance, avec cette manière d'opérer, que les portions utilisées des surfaces de l'étalon se trouvent être un peu différentes pour chacune des trois radiations; si l'inclinaison des deux surfaces l'une par rapport à l'autre est sensible, la concordance des résultats observés et calculés devient alors forcément moins parfaite. Dans la pratique, cependant, on n'a pas vu qu'il en fût ainsi, ce qui permet de conclure que, dans le plus grand nombre des observations effectuées, cette cause d'incertitude n'est point intervenue.

« On doit mentionner encore que, tandis que, dans les mesures précédentes, l'ajustement du parallélisme des surfaces, après avoir été fait très soigneusement, était conservé pour toutes les mesures aussi longtemps qu'il paraissait satisfaisant, dans les mesures de l'étalon IX, au contraire, on modifiait fréquemment et ajustait de nouveau avec le plus grand soin la position et l'inclinaison du plan de référence, afin d'éliminer les erreurs systématiques. »

On a trouvé ainsi les valeurs suivantes de l'étalon IX en longueurs d'onde des trois couleurs conservées :

	Rouge.	Vert.	Bleu.
M. Michelson.	{ 310 678,48	393 307,92	416 735,19
	{ 310 678,63	393 308,10	416 736,07
M. Benoît.	310 678,66	393 308,09	416 736,02

Comparaison avec le mètre. — La règle de 1 mètre, faisant partie de l'appareil de M. Michelson, a été d'abord complètement étudiée, au point de vue de sa longueur absolue, de sa dilatation et de son module d'élasticité, par M. Benoît et moi. Elle a été comparée à l'étalon n° 26 du Bureau, dont l'équation par rapport au Mètre international est parfaitement connue. Puis, par le procédé précédemment indiqué, on a amené le trait de repère de l'étalon IX en coïncidence avec le premier trait de la règle, la position de chacun des traits étant alors mesurée au moyen d'un microscope à micromètre. Ensuite, après dix déplacements successifs, repérés par le plan de référence, on a amené le même trait de repère en coïncidence du deuxième trait de la règle et, de cette façon, on a pu déterminer l'excédent de la règle métrique sur le décuple de l'étalon IX, excédent qui était d'environ 28^μ.

Finalement, en tenant compte de la longueur de la règle X, à la température de 15° à laquelle toutes les expériences ont été réduites, on a trouvé, dans trois séries d'expériences indépendantes, ramenées à la pression normale :

M. Michelson	{ 1 mètre = 1 553 162,7 λ _R
	— = 1 553 164,3 λ _R
M. Benoît.	— = 1 553 163,6 λ _R

En tenant compte des rapports des longueurs d'onde des diverses radiations, mesurés par les excédents fractionnaires de l'étalon IX, on trouve, comme résultat final du travail, les nombres suivants de longueurs d'onde mesurées dans l'air, à 15° de l'échelle du thermomètre en verre dur, et à la pression de 760 millimètres de mercure

Rouge.	1 mètre = 1 553 463,5 λ_R
Vert	1 966 249,7 λ_V
Bleu	2 083 372,1 λ_B

et inversement, pour la valeur des longueurs d'onde dans les mêmes conditions.

$$\begin{aligned}\lambda_R &= 0,643\,847\,22 \\ \lambda_V &= 0,508\,582\,40 \\ \lambda_B &= 0,479\,991\,07\end{aligned}$$

La radiation violette, trop peu homogène, avait été abandonnée dans les mesures faites sur l'étalon IX; on aura cependant une valeur approchée de la longueur d'onde correspondante en se rapportant aux nombres trouvés pour les étalons plus petits; on trouve ainsi :

$$\lambda_{Vi} = 0,467\,815\,2$$

Le travail dont on vient de lire un court résumé a ainsi conduit, pour la première fois, à rapporter la longueur du Mètre à un étalon naturel, apparemment invariable, avec une précision qui semble être de l'ordre du micron. Une répétition des mesures, dans des conditions différentes, montrera si la précision réellement atteinte concorde avec celle que l'on peut déduire de l'exactitude apparente de chacun des éléments de la première détermination; puis, dans un avenir plus ou moins éloigné, une nouvelle mesure des mêmes longueurs d'onde en fonction de l'étalon international indiquera le plus ou moins de probabilité d'un changement réel et appréciable survenu dans la longueur de cet étalon. D'après tout ce que nous savons, à la fois sur la permanence relative d'étalons de platine iridié soumis à des actions diverses, et de l'exactitude réelle des procédés de M. Michelson, il ne semble pas qu'un tel contrôle puisse soit confirmer la permanence des étalons, soit mettre hors de doute une variation possible avant une période de l'ordre d'un demi-siècle.

LES LONGUEURS D'ONDE DES RADIATIONS DU CADMIUM UTILISÉES COMME ÉTALONS DE MESURE

Les longueurs d'onde des radiations du cadmium peuvent constituer non seulement un contrôle permanent de la longueur du Mètre, mais sont de véri-

tables étalons de longueur, susceptibles de servir d'intermédiaires entre le Mètre et toute longueur de faible étendue que l'on se propose de déterminer. L'avantage résultant de leur emploi consiste en ce que, entre certaines limites, la précision relative des mesures reste à peu près constante, de telle sorte que la précision absolue augmente en même temps que l'intervalle à mesurer diminue. On pourra donc fonder, sur les phénomènes d'interférence faisant intervenir les radiations du cadmium, des procédés d'une extrême délicatesse pour la mesure de petites longueurs.

Cette idée a été réalisée pour la première fois par M. Benoît (1), qui a mesuré directement, en partant de ces radiations, des étalons à traits du millimètre et du centimètre; puis elle a été appliquée par M. Chappuis d'une part, et par MM. Macé de Lépinay, Perot et Fabry d'autre part, pour déterminer des épaisseurs définies par la distance des faces planes et parallèles d'un corps transparent. J'indiquerai, à l'occasion de la mesure de la masse du décimètre cube d'eau, le détail des procédés employés dans ce dernier cas, et m'arrêterai seulement ici sur la mesure des longueurs à traits.

Un étalon Michelson, de la forme particulière A représentée figure 82, porte, à l'avant, deux miroirs étagés, et munis des réglages de parallélisme des étalons précédemment décrits. A l'arrière, et à peu près à la hauteur moyenne des miroirs, la surface de l'étalon est placée de manière à servir de support à une réglette divisée R, disposée au-dessous d'un microscope O à fort grossissement.

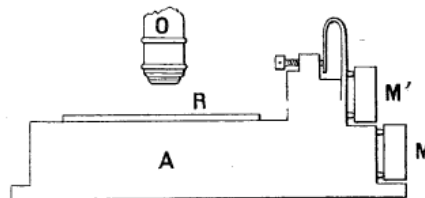


Fig. 82. — Détermination d'une échelle divisée au moyen d'un procédé interférentiel.

La détermination d'une échelle divisée comprend deux opérations distinctes. La première consiste à mesurer la distance des deux miroirs M et M', exprimée directement en longueurs d'onde du cadmium; dans la seconde, on déplace l'étalon de sa propre longueur, en se servant du plan de référence comme repère fixe, et, dans chacune des positions extrêmes, on pointe, à l'aide du microscope, les traits limitatifs de la longueur à déterminer sur la réglette, et qui, si tout est parfaitement ajusté, ont dû se substituer à très peu près l'un à l'autre dans le champ.

Les étalons construits par M. Benoît avaient respectivement 1 millimètre et 1 centimètre de longueur. Le premier servait à déterminer les intervalles successifs d'un centimètre subdivisé, tandis que, par le moyen du deuxième étalon,

(1) *Journal de physique*, t. VII, p. 37. M. Macé de Lépinay avait appliqué antérieurement la radiation du sodium à des mesures d'épaisseur, dans des expériences sur lesquelles nous reviendrons.

on contrôlait la longueur totale, dans la mesure de laquelle les erreurs commises sur chacun des millimètres s'étaient additionnées. « Dans ces opérations, dit M. Benoît, une simplification est immédiatement possible, en utilisant les résultats du premier travail. Dans celui-ci il avait fallu commencer par compter le nombre de longueurs d'ondes comprises entre les deux glaces d'un petit étalon qui avait servi de point de départ, c'est-à-dire pratiquement le nombre de franges qui passaient dans le champ de la lunette, quand on déplaçait progressivement cet étalon sur sa coulisse d'une quantité égale à la distance de ces deux plans. Aujourd'hui, les rapports des longueurs d'ondes des diverses radiations du cadmium ont été établis par ce premier travail avec une précision qui dispense de cette opération préliminaire, et permet d'obtenir immédiatement la distance cherchée par la simple mesure de l'*excédent fractionnaire*, même pour une distance bien supérieure à 1 centimètre. Si cette distance a été mesurée approximativement, si par conséquent le nombre entier de longueurs d'ondes auquel elle correspond est connu d'avance à quelques unités près, le chiffre de l'unité exacte sur ce nombre peut être fixé, sans aucune ambiguïté, par cette simple mesure de la partie fractionnaire qui l'accompagne, à la condition de faire simultanément cette mesure avec les diverses radiations que fournit le spectre du cadmium. La comparaison des valeurs des fractions obtenues par l'expérience, dans les diverses couleurs, avec celles qui résulteraient des rapports des longueurs d'ondes correspondantes, conduit immédiatement à la fixation de cette unité, avec une sûreté absolue.

« Je reproduirai d'abord, à titre d'exemple, une détermination de la longueur absolue d'un étalon Michelson par la simple mesure des excédents fractionnaires; afin de montrer la sûreté du procédé, je prendrai cet exemple dans les mesures du centimètre, où les difficultés sont sensiblement plus grandes.

« La mesure des excédents fractionnaires avait conduit pour ces excédents, dans les quatre couleurs, aux valeurs suivantes (moyennes de cinq mesures au compensateur) :

Rouge.	Vert.	Bleu.	Violet.
0,82	0,00	0,79	0,93

« Pour fixer les nombres entiers correspondants, on avait fait une comparaison préliminaire avec un centimètre étalonné, comparaison d'après laquelle la longueur de l'étalon devrait être de 2^u,5 à 3^u environ inférieure à la valeur exacte du centimètre. Il fallait donc chercher *le nombre entier*, en lumière rouge, d'après la longueur d'onde correspondante donnée plus haut, aux environs des nombres 31054 et 31055. Or, les rapports des quatre longueurs d'onde donnent,

dans le voisinage des nombres précédents, les nombres entiers et fractionnaires qui suivent :

Rouge.	Vert.	Bleu.	Violet.
31 048,82	39 306,70	41 648,06	42 732,04
9,82	7,97	9,40	3,41
50,82	9,23	50,74	4,79
1,82	10,50	2,08	6,17
2,82	1,76	3,42	7,54
3,82 (*)	3,03 (*)	4,77 (*)	8,92 (*)
4 82	4,30	6,11	40,30
5,82	5,56	7,45	1,67
6,82	6,83	8,79	3,05
7,82	8,09	60,13	4,42
8,82	9,36	1,47	5,80
31 059,82	39 320,63	41 662,81	42 747,18

« Il est évident qu'il n'y a aucune ambiguïté sur les valeurs à choisir, les seules qui correspondent aux observations étant celles qui ont été marquées d'un astérique. On pourrait, en supposant l'erreur sur la mesure préliminaire beaucoup plus considérable encore qu'elle n'était et l'incertitude du nombre à chercher beaucoup plus grande, prolonger ce tableau de part et d'autre, sans rien changer à cette conclusion. On voit que les différences entre les fractions observées et les fractions calculées n'excèdent pas 3 centièmes de frange, c'est-à-dire 15 millièmes de longueur d'onde.

« Les longueurs, en microns, correspondant aux nombres de longueur d'ondes ainsi déterminés, seraient pour les quatre radiations :

9 996 μ ,958	9 996 μ ,950	9 996 μ ,964	9 996 μ ,960
------------------	------------------	------------------	------------------

« L'exemple précédent, pris au hasard parmi 115 déterminations semblables, donnera une idée de la précision moyenne atteinte dans la mesure de l'excédent fractionnaire. La valeur moyenne des 450 écarts obtenus, dans ces expériences, entre les nombres calculés pris en valeur absolue et sans tenir compte de leurs signes, a été trouvée égale à 0,023 frange, ce qui correspond à environ 0 μ ,006 dans la mesure de la distance des deux plans. L'erreur probable d'une mesure calculée de la manière ordinaire, tomberait un peu au-dessous de ces valeurs. Toutes les fois qu'on a eu un tube à cadmium fonctionnant bien, c'est-à-dire fournissant un spectre pur et brillant, on a obtenu des concordances de cet ordre. »

On peut ajouter que les longueurs ainsi déterminées par M. Benoît ont été comparées aux divers millimètres-étalons tracés sur les règles principales du Bureau international, et servant jusqu'alors à mesurer la tare des micromètres. On a trouvé ainsi une petite différence pour le millimètre de la règle normale

en bronze, tandis que les millimètres tracés sur les mètres de platine iridié et qui en avaient été déduits autrefois, se trouvent concorder, dans les limites du dixième de micron, avec les nouveaux étalons. On en conclut que, par suite de nettoyages nombreux de la bande d'argent portant la division de la règle normale, et qui avaient pu modifier très légèrement l'aspect de l'un des traits assez larges définissant le millimètre-étalon, la longueur de ce dernier avait dû se modifier après l'époque où l'on avait établi des copies. La parfaite concordance de ces dernières et des nouveaux étalons témoigne de l'exactitude du premier étalonnage de la règle normale, fait par M. Benoît, et du report de la valeur du millimètre sur les règles du Bureau en même temps que sur celles qui ont été livrées aux États. Dans la suite, on s'est servi en général des nouvelles échelles pour déterminer la tare des micromètres.

(*A suivre.*)

MÉTALLURGIE

SUR L'ÉQUILIBRE DES SYSTÈMES FER-CARBONE, PAR **G. Charpy** ET **L. Grenet**.

M. Bakhuis Roozeboom a donné, en 1900 (1), une interprétation des faits connus relativement à la constitution des métaux formés de fer et de carbone qui est irréprochable au point de vue théorique, mais dont quelques points restent douteux par suite de l'insuffisance de données expérimentales précises. En particulier, les conditions dans lesquelles M. Roozeboom admet que le carbone se sépare sous forme de graphite dans les fontes blanches soumises au recuit, ont paru en contradiction avec un certain nombre de faits observés antérieurement dans la fabrication de la fonte malléable. MM. Le Chatelier et Stansfield ont fait des objections à ce point de vue et cité des expériences de Royston, Mannesman, etc., d'après lesquelles la séparation du graphite se ferait suivant un diagramme notablement différent de celui qui a été adopté par M. Roozeboom. Dans ces expériences, faites à un point de vue pratique, il n'a pas été tenu compte des substances autres que le carbone contenues dans les fontes, bien que certaines de ces substances, le silicium, le manganèse, etc., aient une influence incontestable sur la séparation du graphite. On pourrait donc croire, comme semble l'admettre M. Hugh P. Tiemann, dans un travail tout récemment publié (2), que les abondantes séparations de graphite, observées par M. Royston, étaient dues à la présence du silicium dans les fontes employées.

Nous avons effectué un grand nombre d'expériences à ce point de vue; nous signalerons, en particulier, les résultats obtenus sur cinq fontes contenant sensiblement la même teneur en carbone total, et dans lesquelles les autres éléments n'existaient qu'en petites quantités, sauf le silicium qui existait à des teneurs variables.

(1) H. W. BAKHUIS ROOZEBOOM. Le fer et l'acier au point de vue de la doctrine des phases. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, novembre 1900.

(2) HUGH P. TIEMANN. The temperature limits for the separation of graphite from martensite in pure cast iron. *The metallographist*, octobre 1901.

Le tableau suivant donne la composition de ces fontes :

	CARBONE.	SILICIUM.	MANGANÈSE.	SOUFRE.	PHOSPHORE.
N° 1.	3,60	0,07	0,03	0,01	traces
N° 2.	3,40	0,27	traces	0,02	0,02
N° 3.	3,25	0,80	traces	0,02	0,03
N° 4.	3,20	1,25	0,12	0,01	0,01
N° 5.	3,30	2,10	0,12	0,02	0,01

Ces fontes avaient été coulées dans l'eau froide et ne contenaient pas de proportion appréciable de graphite, sauf la dernière, où on en trouvait 0,20 p. 100.

Des fragments de ces fontes étaient soumis à des recuits plus ou moins prolongés à diverses températures; ces températures étaient atteintes soit en montant d'une façon continue, soit en descendant, après avoir atteint une température plus élevée; dans chaque cas, on terminait l'opération par une trempe à l'eau froide. Dans les échantillons ainsi traités, on dosait le carbone total et le carbone graphitique, la différence donnant le carbone combiné.

Le graphite était dosé, suivant le procédé indiqué par Ledebur, en dissolvant le métal dans de l'acide azotique de densité 1,18 et brûlant dans l'oxygène le résidu resté insoluble après une heure d'ébullition.

Il ne nous paraît pas inutile de spécifier que ce que nous appelons graphite dans ce travail, ainsi que c'est l'habitude dans les recherches métallurgiques, est le résidu de carbone insoluble dans l'acide azotique.

On reprenait aussi, sur chaque échantillon, le dosage du silicium.

De l'ensemble de ces essais, on peut déduire les résultats suivants, relatifs à la séparation du carbone graphitique par recuit. Nous donnons, dans chaque exemple, les chiffres observés pour le graphite et pour le carbone combiné, dont la somme n'est pas rigoureusement constante pour un même échantillon. Il faut donc tenir compte des valeurs de ces deux chiffres pour pouvoir éliminer l'influence des variations de carbone dues soit à une décarburation partielle au cours des recuits, soit à des irrégularités de composition dans un lingot, et que nous n'avons pas cru devoir corriger.

1° *La séparation du graphite s'amorce à une température d'autant plus basse que la teneur en silicium est plus forte.*

Ainsi, pour la fonte n° 1, qui ne contient que des traces de silicium, un chauffage prolongé à une température de 1100° ou à une température inférieure ne

donne lieu à aucune séparation de graphite. Mais, à 1150°, la séparation de graphite se produit.

Dans la fonte n° 2, après chauffage pendant quatre heures à 700°, 800°, 900° et 1000°, on n'observe pas trace de graphite. Mais le graphite apparaît après chauffage à 1100°.

Dans la fonte n° 3, le graphite apparaît à l'état de traces après chauffage à 800°.

Dans les fontes n° 4 et 5, il suffit d'un chauffage à 650° pour le séparer du carbone. Dans la dernière, en particulier, après un chauffage de 6 heures à 650°, la teneur en graphite passe de 0,10 à 2,83 p. 100.

2° *La séparation du graphite, une fois commencée, se continue aux températures inférieures à celle où s'amorce la réaction.*

Ainsi, un morceau de fonte n° 1, chauffé à 1170° et trempé, contenait seulement 0,50 de graphite et 2,61 de carbone combiné. Un autre fragment de la même fonte, chauffé en même temps à 1170° et refroidi lentement jusqu'à 700°, puis trempé, contenait 1,87 p. 100 de graphite et 0,43 de carbone combiné.

De même, un fragment de fonte n° 3, chauffé à 1170° et trempé, contenait 1,42 p. 100 de graphite et 1,69 de carbone combiné. Un autre fragment, chauffé à 1170° et refroidi lentement jusqu'à 700°, puis trempé, contenait 2,56 p. 100 de graphite et 0,38 p. 100 de carbone combiné.

3° *A température constante, la séparation du graphite s'effectue progressivement avec une vitesse d'autant plus faible que la température est plus basse et la teneur en silicium plus faible.*

Ainsi, pour la fonte n° 3 à 0,80 de silicium, on obtient :

CHAUFFAGE.	TEMPÉRATURE.	GRAPHITE.	CARBONE COMBINÉ.
	degrés.		
1 heure	800	0,10	3,19
4 —	800	0,22	3,07
1 —	900	0,30	2,97
2 —	900	0,60	2,40
4 —	900	1,58	1,14
1 —	1 000	0,37	2,94
2 —	1 000	1,50	1,41
4 —	1 000	1,47	1,29

Voici, maintenant, quelques chiffres relatifs à la fonte n° 4 à 1,20 de silicium :

CHAUFFAGE.	TEMPÉRATURE.	GRAPHITE.	CARBONE COMBINÉ.
	degrés.		
1 heure	700	0,06	3,42
2 —	700	0,11	3,30
4 —	700	0,20	3,43
1 —	800	0,12	3,08
2 —	800	0,51	2,47
4 —	800	1,64	1,56
1 —	900	2,28	0,90
2 —	900	2,32	0,90
4 —	900	2,35	0,99

Enfin, les chiffres suivants sont relatifs à la fonte n° 5 à 2 p. 100 de silicium :

CHAUFFAGE.	TEMPÉRATURE.	GRAPHITE.	CARBONE COMBINÉ.
	degrés.		
1 heure	700	1,39	1,90
2 —	700	2,09	1,49
4 —	700	2,67	0,28
1 —	800	2,36	0,78
2 —	800	2,31	0,89
4 —	800	2,43	0,54
1 —	900	2,33	0,88
2 —	900	2,32	0,90
4 —	900	2,33	0,90

On voit que, pour cette dernière fonte, l'équilibre est atteint au bout d'une heure à 900°, puisque la teneur en graphite ne varie plus quand on prolonge le chauffage pendant quatre heures. Dans la fonte n° 3, à 0,80 de silicium, l'équilibre est loin d'être atteint au bout de quatre heures à la même température. Pour les fontes plus pauvres en silicium, le phénomène n'est pas nettement observable parce que la transformation ne s'amorce pas aux températures inférieures à 1100°, malgré des chauffages prolongés.

4° *La teneur en carbone combiné qui correspond à l'équilibre à une température déterminée diminue quand la teneur en silicium augmente.*

Le tableau suivant donne les chiffres observés après quatre heures de chauffage à différentes températures. Pour les fontes n°s 1 et 2, on avait amorcé la

réaction en chauffant d'abord à 1150° et à 1100°, et refroidi lentement jusqu'à la température considérée :

FONTES.	A 1100°.		A 1000°.		A 900°.		A 700°.	
	GRAPHITE.	CARBONE combiné.	GRAPHITE.	CARBONE combiné.	GRAPHITE.	CARBONE combiné.	GRAPHITE.	CARBONE combiné.
N° 1	1,15	1,74	1,03	1,74	»	»	1,87	0,43
N° 2	1,26	1,93	1,00	1,62	»	»	»	»
N° 3	1,61	1,26	1,60	1,52	1,67	1,17	2,56	0,38
N° 4	2,10	1,02	2,20	0,98	2,32	0,90	»	»
N° 5	2,18	1,00	2,10	0,93	2,33	0,90	2,67	0,28

5° La teneur en carbone combiné qui correspond à l'équilibre diminue quand la température s'abaisse.

Les chiffres cités précédemment indiquent déjà cette diminution. Nous donnerons, en outre, les résultats obtenus dans deux séries d'expériences, dans lesquelles on a cherché à s'approcher, autant que possible, de l'état d'équilibre. Pour cela, les échantillons des fontes 1 et 3, entourés de charbon de bois pulvérisé, ont été chauffés à 1170°, puis refroidis très lentement : à raison de 50° par heure environ, jusqu'à différentes températures; on maintenait ces températures pendant deux heures et on trempait. Pour les températures inférieures à 900°, les opérations devant durer plus d'un jour ont été faites en plusieurs fois, c'est-à-dire qu'on arrêtait à 900° et on laissait refroidir, le lendemain on réchauffait à 900° et on reprenait le refroidissement lent.

On a obtenu ainsi les résultats suivants :

TEMPÉRATURES.	FONTE N° 1.		FONTE N° 3.	
	GRAPHITE.	CARBONE COMBINÉ.	GRAPHITE.	CARBONE COMBINÉ.
degrés.				
1 170	0,50	2,61	1,42	1,69
1 100	1,15	1,74	1,49	1,48
1 000	1,03	1,74	1,35	1,55
900	»	»	1,91	0,99
800	1,15	1,31	2,09	0,43
700	1,87	0,43	2,56	0,38

L'examen microscopique des divers échantillons traités confirme les résultats de l'analyse chimique, sans y ajouter beaucoup d'enseignements. A l'état

primitif, les fontes présentent toutes l'aspect connu des fontes blanches. La figure 1 reproduit l'un de ces échantillons; les parties blanches correspondent à



Fig. 1. — Fonte blanche.

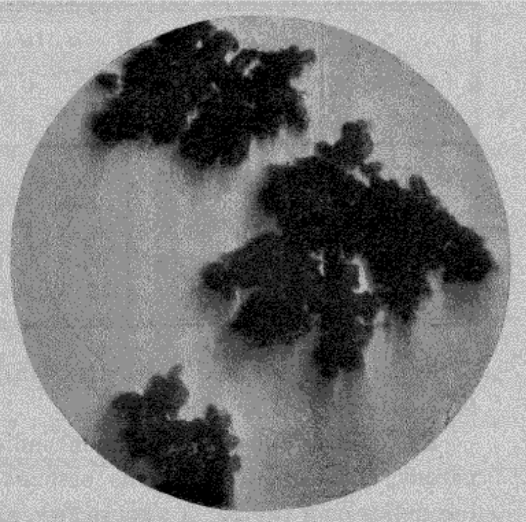


Fig. 2. — Fonte n° 2 chauffée à 1 000°
(simple polissage).

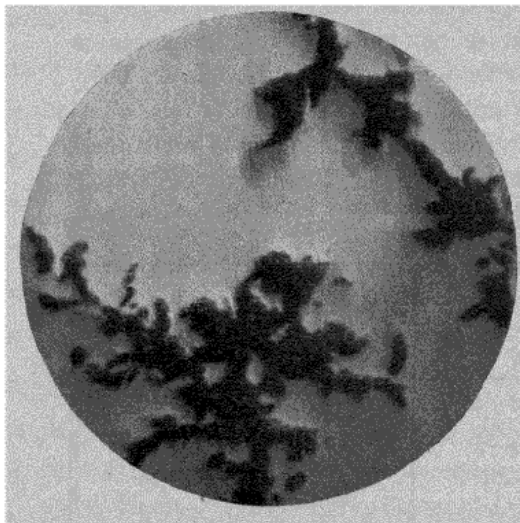


Fig. 3. — Fonte n° 3 chauffée à 1 000°
(simple polissage).

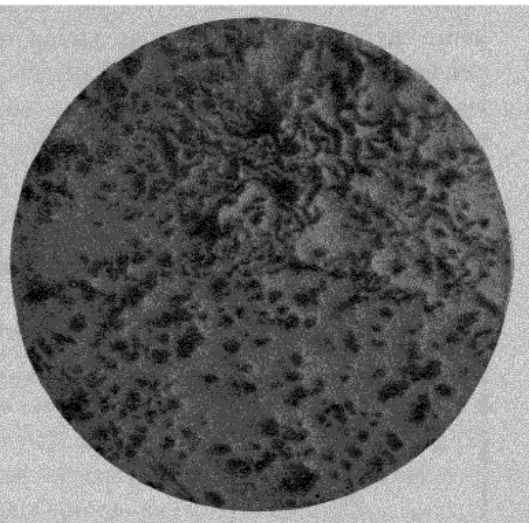


Fig. 4. — Fonte n° 5 chauffée à 1 000°
(simple polissage).

la cémentite, les parties sombres à la martensite. Quand on recuit à différentes températures les fontes dépourvues de silicium, on modifie les dimensions respectives de ces éléments, et on fait varier la concentration de la martensite sui-

vant les lois déjà connues; dans les fontes siliciées, on voit, en outre, apparaître le graphite facilement visible par simple polissage, sans attaque chimique. L'aspect du graphite séparé varie avec la température de séparation et avec la teneur en silicium. Nous donnons ici quelques-unes des microphotographies obtenues.

Quand on examine certains échantillons dans lesquels on a cherché à réaliser l'équilibre aux basses températures, on reconnaît que la transformation est plus avancée dans certaines régions où le graphite se trouve directement en contact avec la ferrite (1).

La figure 6 en donne un exemple obtenu sur la fonte n° 1, qui ne contient le

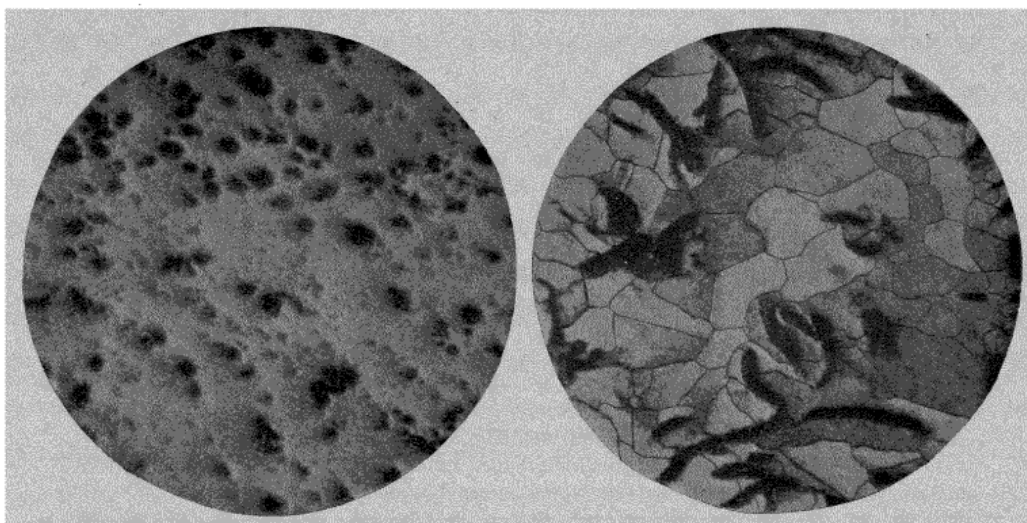


Fig. 5. — Fonte n° 3 chauffée à 800° (simple polissage).

Fig. 6. — Ferrite et graphite.

silicium qu'à l'état de traces. Il est assez naturel d'admettre que ces régions sont celles où la transformation est complète; par conséquent, l'état stable à froid des systèmes fer-carbone correspondrait à la coexistence des deux phases fer pur et graphite; toutes les autres formes obtenues dans les fers et aciers, et notamment la cémentite, seraient métastables à basse température. Le cas des systèmes fer-carbone serait à rapprocher de celui du phosphore, pour lequel la forme stable à froid est le phosphore rouge, mais que l'on obtient et que l'on utilise le plus souvent sous la forme métastable du phosphore blanc.

Nous avons déterminé aussi les *points critiques* des fontes étudiées par la méthode pyrométrique. Pour ces différentes fontes, nous avons toujours observé deux points critiques très nets, sensiblement aux mêmes températures. Le pre-

(1) M. OSMOND a déjà signalé un cas dans lequel il a observé de la ferrite au contact du graphite. *Bulletin de la Société d'Encouragement* du 30 novembre 1900, page 637.

mier, qui se produit aux environs de 700°, correspond à la résolution de la perlite. Il est trop connu pour qu'il y ait lieu d'y insister. Le second s'observe aux environs de 1150°; il est extrêmement net, comme l'indique la figure 7, qui reproduit les courbes d'échauffement et de refroidissement observées sur une fonte

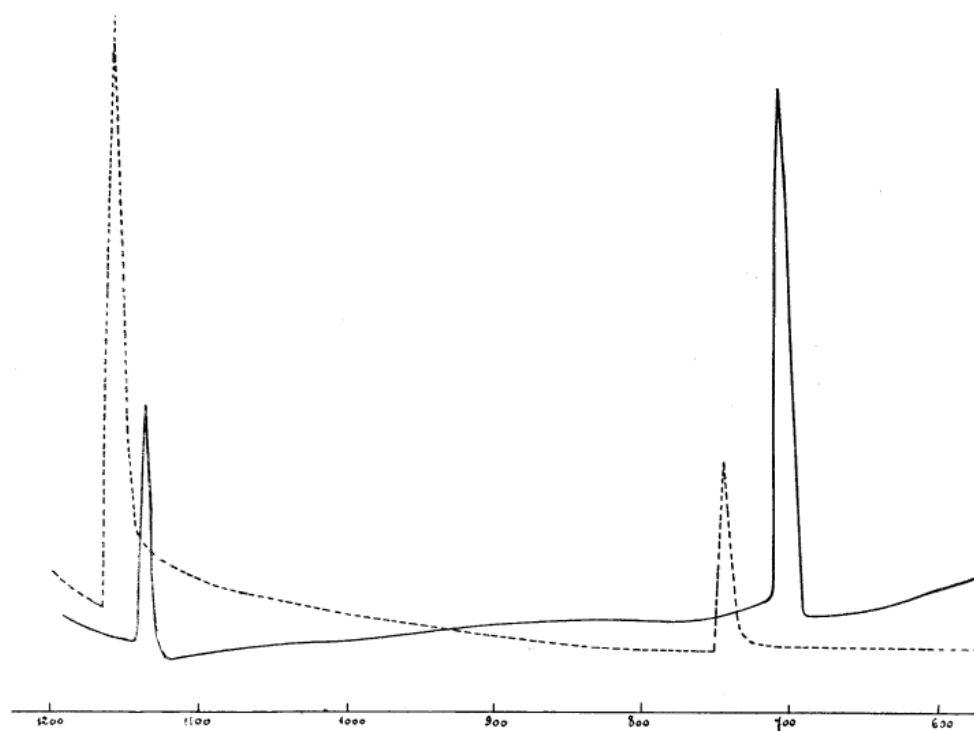


Fig. 7.

----- Échauffement.
 ———— Refroidissement.

pauvre en silicium. Il se produit dans les mêmes conditions avec les fontes siliciées ou non siliciées.

Le tableau suivant indique les températures auxquelles il a été observé pour les diverses fontes :

FONTES.	ÉCHAUFFEMENT.	REFROIDISSEMENT.
N° 1.	1 140	1 120
N° 2.	1 165	1 145
N° 3.	1 137	1 130
N° 4.	1 165	1 137
N° 5.	1 165	1 145

Il ne nous a pas été possible de déterminer si ce point critique correspond à la résolution du mélange eutectique martensite-graphite ou à celle du mélange eutectique martensite-cémentite. Peut-être englobe-t-il les deux transformations qui seraient beaucoup plus rapprochées que ne l'indique le diagramme Roozeboom. Une particularité intéressante à signaler, c'est que ce point critique de 1150° est, dans toutes les fontes, beaucoup plus accentué à l'échauffement qu'au refroidissement. C'est l'inverse de ce que l'on observe d'ordinaire pour les points critiques.

Les observations contenues dans cette note indiquent déjà qu'un certain nombre de points du diagramme de Roozeboom doivent être modifiés; mais il semble nécessaire d'avoir encore d'autres expériences avant de proposer un nouveau tracé.

ÉTUDE DES TRANSFORMATIONS DES ACIERS PAR LA MÉTHODE DILATOMÉTRIQUE.

Note de MM. **Georges Charpy** et **Louis Grenet** (1).

Les transformations que subissent à haute température les alliages ferreux ont été étudiées surtout par la méthode pyrométrique établie par M. Osmond et modifiée par M. Roberts-Austen, qui consiste à relever les dégagements ou absorptions de chaleur qui se produisent au cours du refroidissement ou de l'échauffement d'un fragment de métal. L'étude des dilata-tions permet de suivre de plus près les transformations du métal, d'opérer avec une vitesse aussi faible qu'on le veut, et même à température stationnaire; enfin elle fournit des indications quantitatives, tandis que celles de la méthode pyrométrique sont plutôt qualitatives.

Nous résumerons ici les résultats obtenus par le procédé décrit dans une précédente note sur des aciers à diverses teneurs en carbone, ne contenant les autres éléments qu'à l'état de traces. Les résultats obtenus concordent qualitativement quand on opère soit par échauffement, soit par refroidissement, et avec différentes vitesses; les phénomènes de retard, qui prennent une importance considérable dans les aciers contenant des éléments tels que le nickel et le manganèse, ne sont cependant pas négligeables dans les aciers au carbone, et, pour obtenir des valeurs numériques précises, il est préférable d'opérer par échauffement et avec des vitesses suffisamment faibles pour qu'une nouvelle diminution de vitesse n'amène aucune modification des températures de transformation; ce résultat est obtenu, pour les aciers au carbone, avec une vitesse d'échauffement de 200° à l'heure environ.

Pour tous les aciers et les fontes ne contenant que du fer et du carbone, les transformations commencent, à très peu de chose près, à la même température, qui est voisine de 700° . Aux températures inférieures à 700° , même en les maintenant pendant plusieurs heures, on n'observe aucun indice de transformation.

A 700° , on observe une contraction brusque dont l'amplitude augmente d'abord avec la teneur en carbone, atteint un maximum pour l'acier contenant environ 0,85 de carbone, et diminue ensuite quand la teneur en carbone tend à augmenter.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 10 mars 1902.

Le tableau suivant donne les résultats obtenus sur quelques aciers :

Teneur en carbone.	Température du commencement de la contraction. degrés.	Température de la fin de la contraction. degrés.	Amplitude de la contraction.	Point critique α_1 de la méthode pyrométrique.
0,03	700	700	} à peine appréciable.	»
0,07	680	680		»
0,15	717	724	1,50	710
0,25	700	710	4,50	712
0,64	703	715	13,0	700
0,93	708	715	13,0	715
1,23	710	713	10,0	715
1,50	694	708	11,0	730
3,50	695	700	9,0	710

Après cette contraction brusque, on observe, en élevant graduellement la température, une zone de transformation plus étendue; la dilatation du métal recommence avec un coefficient beaucoup plus faible qu'avant la transformation, coefficient qui diminue rapidement quand la température s'élève, s'annule et devient négatif; il se produit donc une nouvelle contraction, mais elle n'est pas brusque et se répartit sur un certain intervalle de température; puis, à partir d'une température variable avec la nature de l'acier, la dilatation recommence avec les coefficients indiqués dans notre précédente note.

Cette deuxième période de transformation s'étend sur un intervalle de température d'autant plus étendu que la teneur en carbone est plus faible; elle cesse d'être nettement observable pour les aciers contenant plus de 0,65 de carbone; pour ces aciers, on n'observe donc nettement que la contraction brusque à 700 et au-dessus, il se produit seulement une légère déviation de la courbe de dilatation dont il n'est pas possible de fixer les limites exactement.

Le tableau suivant donne pour quelques aciers doux les limites de cette transformation :

Teneur en carbone.	Commencement de la deuxième période.	Température du maximum de dilatation. degrés.	Fin de la deuxième période.	Points critiques de la méthode pyrométrique (1).	
				α_2 .	α_3 .
0,03	700	860	890	770	890
0,07	680	803	865	770	875
0,15	724	790	840	770	840
0,20	715	740	815	770	825
0,25	710	»	790	770	805

Ainsi, par la méthode dilatométrique, on observe dans les alliages fer-carbone deux transformations : l'une brusque, se produisant à 700° avec contraction de volume et qui correspond à l'absorption de chaleur observée au point critique α_1 dans la méthode pyrométrique; la deuxième, graduelle, semblant correspondre à une contraction pour les aciers à moins de 0,85 de carbone et à une dilatation pour les aciers à plus de 0,85 de carbone, et prenant fin à une température voisine de celle du point critique α_1 de la méthode pyrométrique. Le point critique α_2 , qu'on observe vers 750° par la méthode pyrométrique, ne correspond à aucune variation dans les phénomènes de dilatation.

Les résultats contenus dans cette note s'interprètent très complètement au moyen de l'hypothèse qui consiste à assimiler les transformations des systèmes fer-carbone aux environs de 800° à celles qui se produisent dans la solidification d'un mélange de deux corps ne donnant pas de cristaux mixtes. La transformation de 700° correspondrait à la résolution du mélange

(1) D'après Roberts-Austen.

eutectique (perlite) de fer (ferrite) et de carbure de fer (cémentite). La transformation graduelle au-dessus de 700° correspondrait à la dissolution de la ferrite en excès (avec contraction) dans les aciers hypo-eutectiques, de la cémentite en excès (avec dilatation) dans les aciers hypereutectiques.

SUR LA DILATATION DES ACIERS AUX TEMPÉRATURES ÉLEVÉES.

Note de MM. **Georges Charpy** et **Louis Grenet** (1).

Nous avons effectué une série de mesures de dilatations sur un assez grand nombre d'échantillons comprenant des aciers au carbone et des aciers à diverses teneurs en nickel. Nous avons employé la méthode dilatométrique établie par MM. Le Chatelier et Coupeau, c'est-à-dire l'application de la méthode de Poggendorf, au moyen d'un miroir de silice fondue, à la comparaison des dilatations d'un échantillon d'acier et d'un support de porcelaine, en y introduisant quelques modifications qui nous ont paru de nature à augmenter la précision des résultats.

L'appareil de chauffage est un tube en terre réfractaire entouré d'une spirale de platine dans laquelle passe un courant électrique; autour de ce tube est enroulé du cordon d'amiante sur une épaisseur variable aux différents points, de façon à uniformiser la température et à combattre l'influence refroidissante des extrémités; nous avons pu obtenir, de cette façon, que trois pyromètres placés au milieu et aux deux extrémités de l'échantillon d'acier étudié, de 0^m,06 de long, fussent d'accord à 5° ou 6° près. Le support de porcelaine ne repose pas sur le tube chauffé; c'est une tige de porcelaine qui traverse le four de part en part et repose sur deux supports extérieurs. On peut ainsi placer le support et le morceau d'acier symétriquement par rapport à l'axe du four et à égale distance des parois, ce qui est nécessaire pour qu'ils soient constamment à la même température. On s'est assuré, en remplaçant le fragment d'acier par un morceau de porcelaine, que le support ne prenait pas de flexion pendant le chauffage. La dilatation du support a été déterminée par rapport à celle du quartz parallèle à l'axe et trouvée égale à 4×10^{-6} , en supposant pour le quartz une dilatation moyenne de 0,70 pour 100 entre 13° et 370°. Enfin, nous avons reconnu la nécessité de mettre le pyromètre non pas à côté de l'échantillon d'acier, mais dans un trou percé dans cet échantillon.

Nous considérons seulement ici les résultats relatifs aux aciers recuits, dans les intervalles de température où ils ne subissent pas de transformations, nous réservant de revenir sur l'étude des périodes de transformation et des aciers écrouis ou trempés.

Les chiffres inscrits dans le tableau suivant donnent les résultats fournis directement par l'expérience, sans aucune correction, pour un certain nombre d'aciers au carbone.

Composition des aciers.					Coefficients moyens de dilatation de				
C.	Mn.	Si.	Ph.	S.	15° à 200°.	200° à 500°.	500° à 650°.		
0,03	0,01	0,03	0,013	0,023	$1,18 \times 10^{-6}$	$14,3 \times 10^{-6}$	$17,0 \times 10^{-6}$	$21,5 \times 10^{-6}$	Entre 880° et 950°.
0,25	0,04	0,05	0,010	0,010	11,5	14,5	17,5	23,3	Entre 800° et 950°.
0,64	0,12	0,14	0,009	0,010	12,1	14,1	16,5	23,3	Entre 720° et 950°.
0,93	0,10	0,05	0,005	0,010	11,6	14,9	16,0	27,5	» »
1,23	0,10	0,08	0,005	0,009	11,9	14,3	16,5	33,8	» »
1,50	0,04	0,09	0,010	0,010	11,5	14,9	16,5	36,7	» »
3,50	0,03	0,07	0,005	0,010	11,2	14,2	18,0	33,3	» »

On voit que les coefficients de dilatation, qui augmentent quand la température s'élève, restent presque rigoureusement égaux pour les diverses teneurs en carbone jusqu'à 650°. Ce résultat est conforme à ceux obtenus par M. H. Le Chatelier. Le fait que du fer à peu près

(1) *Comptes rendus* du 3 mars 1902.

pur se dilate de la même façon qu'une fonte blanche contenant 3,50 p. 100 de carbone, soit près de 50 p. 100 de carbure de fer Fe_3C (cémentite), semble indiquer que le fer et le carbure de fer ont sensiblement le même coefficient de dilatation.

Au-dessus de la zone de transformation, on retrouve des coefficients de dilatation à peu près égaux pour les aciers contenant moins de 0,85 de carbone ; au-dessus de cette teneur, les coefficients sont beaucoup plus élevés, mais il est possible que les transformations ne se terminent complètement qu'à une température bien supérieure à 700° et interviennent par suite dans ces valeurs numériques.

Pour les aciers au nickel, nous signalerons seulement les résultats obtenus sur un certain nombre de métaux pour lesquels le point de transformation est inférieur à la température, qui, par conséquent, ne subissent pas de transformation au cours des expériences (aciers réversibles de M. Guillaume).

Composition des aciers.			Coefficients moyens de dilatation entre :				
Ni.	C.	Mn.	15° et 100°.	100° et 200°.	200° et 400°.	400° et 600°.	600° et 900°.
26,9	0,33	0,30	$11,0 \times 10^{-6}$	$18,0 \times 10^{-6}$	$18,7 \times 10^{-6}$	$22,0 \times 10^{-6}$	$23,0 \times 10^{-6}$
28,9	0,35	0,36	10,0	21,5	19,0	20,0	22,7
30,1	0,33	0,34	9,5	14,0	19,5	19,0	21,3
34,7	0,36	0,36	2,0	2,5	11,75	19,5	20,7
36,1	0,39	0,39	4,5	4,5	11,75	17,0	20,3
32,8	0,29	0,66	8,0	14,0	18,0	21,5	22,3
35,8	0,31	0,69	2,5	2,5	12,5	18,75	19,3
37,4	0,30	0,69	1,5	1,5	8,5	19,75	18,3
25,4	1,01	0,79	12,5	18,5	19,75	21,0	35,0
29,4	0,99	0,89	11,0	12,5	19,0	20,5	31,7
34,5	0,97	0,84	3,0	3,5	13,0	18,75	26,7

On voit, dans ce tableau, que les dilatations aux basses températures présentent les curieuses variations avec la teneur en nickel signalées et étudiées par M. Ch.-Ed. Guillaume ; mais les coefficients de dilatation augmentent rapidement avec la température de façon à masquer ces variations, de sorte que des aciers dont les dilatations à 100° varient dans le rapport de 1 à 10 présentent des dilatations très voisines à 500° et au-dessus.

MÉTALLURGIE

FER ET PHOSPHORE, PAR J. E. Stead (1)

CHAPITRE II

Les métaux dont la section présente des masses juxtaposées de phosphore et de carbure de fer ne peuvent être étudiés par le procédé d'attaque à l'acide. M. Osmond et moi nous avons découvert séparément que la méthode à employer dans ce cas est celle qu'ont inaugurée les professeurs *Behrens* et *Martens*; elle consiste à provoquer par l'action de la chaleur des teintes d'oxydation sur une surface polie du métal. Le carbure prend les diverses couleurs du spectre, le phosphore aussi, mais moins rapidement.

On place le métal sur une feuille de tôle chauffée à feu nu, jusqu'à ce que sa surface polie devienne orange; on le refroidit alors rapidement en le posant sur un bain de mercure, l'oxydation s'arrête et le microscope fait voir le carbure coloré en rouge

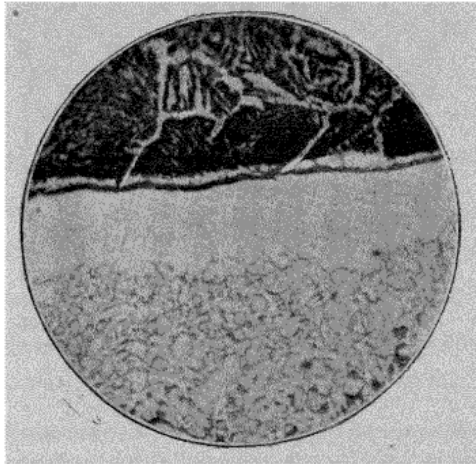


Fig. 8. — Barre d'acier doux plongée dans de l'eutectique en fusion, section du métal refroidi montrant la dissolution partielle de la barre. La partie foncée de la figure représente la barre d'acier avec la bande blanche de solution de phosphore dans le fer que traversent les courants de Fe_3P ; au-dessous on aperçoit la structure des métaux de la classe II. Grossissement : 80.

et le phosphore en jaune pâle. Si l'on avait chauffé jusqu'au bleu, le carbure aurait été bleu et le phosphore brun ou saumon. Cette manipulation demande une certaine pratique; mais si l'opération manque, il n'y a qu'à polir de nouveau la surface et à recommencer. Le phosphore étant un peu moins dur que le carbure est un peu creusé au polissage, mais la différence de relief est si faible qu'elle ne peut servir de caractère distinctif; d'ailleurs le phosphore est encore trop dur pour pouvoir être coupé par l'outil le mieux trempé.

Les premières recherches ont eu pour objet le mode d'action du carbone sur des solutions saturées ou presque saturées de phosphore de fer dans le fer. Le métal employé contenant 1,75 p. 100 de phosphore, soit 12 p. 100 de Fe_3P , fut fondu dans un creuset brasqué de magnésie avec des quantités variables de charbon de bois cal-

(1) *Bulletin* de janvier 1902, p. 76.

ciné. L'expérience montra que le carbure, au moment de la solidification, expulse de la solution un eutectique, formé de phosphore et de perlite, le composé juxtaposé au phosphore étant ici de la perlite et non plus la solution solide de phosphore de fer. La quantité d'eutectique ainsi expulsé croît constamment avec la teneur en carbone : si cette teneur est petite, l'eutectique se présente en trainées sinueuses contournant les grains cristallins et les enveloppant plus ou moins, ces trainées sont bordées de franges sombres de perlite. Tel est l'aspect des photographies n^{os} 9 et 10, elles se rapportent à des métaux contenant 1,75 p. 100 de phosphore et 0,125 de carbone. Avec 0,7 p. 100 de carbone, les grains sont constitués par la perlite, mais présentent, en outre, des espaces remplis de phosphore en solution solide saturée.

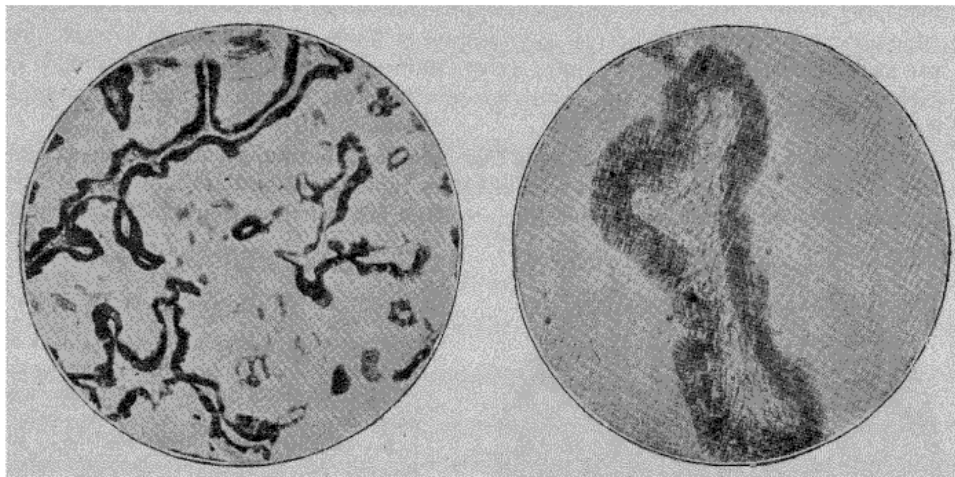


Fig. 9. — Lingot contenant 1,74 p. 100 de phosphore et 0,18 p. 100 de carbone. Les bandes noires sont de la perlite, les parties nacrées qu'elles enclosent sont de l'eutectique phosphoreux, la masse fondamentale blanche est une solution solide de phosphore de fer dans le fer. Grossissement : 48.

Fig. 10. — Portion de l'échantillon de la figure précédente vu à un plus fort grossissement. On peut remarquer la structure frangée de la perlite et l'aspect haché de l'eutectique. Grossissement : 280.

La quantité d'eutectique et de perlite augmente avec la proportion de carbone jusqu'à 0,8 p. 100, alors les grains sont entièrement formés de perlite. Lorsque la teneur en carbone atteint 1,4 p. 100, l'eutectique phosphoreux est entouré par une couche solide de cémentite (carbure de fer) qui augmente d'épaisseur avec la proportion de carbone. Ces enveloppes de carbure sont solides et homogènes, tandis que l'eutectique qu'elles enclosent a l'aspect concassé caractéristique de ce constituant : si l'on chauffe la surface métallique de manière que l'eutectique devienne jaune, les enveloppes de cémentite prennent la teinte rouge et l'on voit alors combien la limite de séparation de ces deux corps est nette. (Photographie n^o 11.)

Si l'on réchauffe le métal à 900° environ et si on le laisse ensuite se refroidir assez lentement, l'aspect de la coupe change : la plus grande partie de la cémentite, au lieu d'entourer des espaces remplis d'eutectique phosphoreux, se présente à l'état de masses indépendantes qui divisent les anciens gros grains de perlite en un grand

nombre de plus petits. Ce fait semble montrer que l'eutectique phosphoreux ne se diffuse pas dans le métal à 900°, par contre, le carbure passe en solution solide à cette température, puis se distribue de nouveau, lors du refroidissement, entre les grains nouvellement formés de perlite : bref, les modifications sont identiques à celles que subissent, dans ces conditions, les aciers fortement carburés et dépourvus de phosphore. Quoique l'eutectique ait gardé sa situation première, il a certainement pris l'état liquide à 900°, puisqu'il a modifié sa structure, les deux corps qui le constituent sont, en effet, plus finement disposés et, pour les séparer, un plus fort grossissement est nécessaire.

Le tableau suivant donne les résultats des analyses d'une série d'échantillons contenant du phosphore dans la proportion de 1,75 p. 100 environ et du carbone en quantité variable :

NUMÉROS D'ORDRE.	CARBONE p. 100.	PHOSPHORE.		
		ENTRANT DANS LE phosphate libre Fe_3P p. 100.	EN SOLUTION p. 100.	TOTAL. p. 100.
1	0	0	1,75	1,75
2	0,125	0,18	1,37	1,55
3	0,180	0,39	1,18	1,77
4	0,70	1,00	0,75	1,75
5	0,80	1,06	0,70	1,76
6	1,40	1,16	0,60	1,76
7	2,00	1,18	0,55	1,73
8	3,50	1,40	0,31	1,71

Vu la forte teneur en carbone, on s'attendait à voir une plus grande proportion de phosphore chassé de la solution. Les échantillons étaient petits et se solidifiaient par suite assez vite ; il est probable que si leur masse avait été plus considérable et le refroidissement moins rapide, la proportion de phosphore chassé de la solution eût été différente : d'ailleurs, la méthode suivie pour déterminer le phosphore libre est la meilleure dont on ait pu pratiquement disposer, mais elle ne donne que des résultats approximatifs, les erreurs, toutefois, ne dépassent pas 3 p. 100 de la masse métallique totale. Quoi qu'il en soit, ces résultats sont intéressants parce qu'ils prouvent que le carbone ne met pas tout le phosphore à l'état libre, et qu'il en reste au contraire toujours en solution, même avec 3,50 p. 100 de carbone. Si ce dernier élément est encore plus abondant, il se produit de la cémentite en quantité massive et considérable et l'on observe un eutectique entièrement nouveau : l'ancien eutectique de phospho-perlite dissout une certaine quantité de carbure de fer et ne s'en sépare plus ; il en résulte, après solidification, un mélange composé complexe dans lequel le microscope distingue aisément les stries fines et parallèles de carbure tranchant sur l'eutectique de phospho-perlite.

Cet eutectique ne paraît se former que lorsque la teneur en carbone approche de 2 p. 100 : il y en a constamment dans la fonte blanche phosphorée ; sa composition n'a pas été encore déterminée. L'eutectique peut être isolé en comprimant à la presse

hydraulique le composé, mais il est difficile d'obtenir ce dernier en quantité suffisante et dépourvu de silicium, manganèse et autres éléments étrangers. On obtint par liquation d'une petite quantité de métal un constituant fusible ayant la composition suivante :

	p. 100
Phosphore	7,05
Carbone	1,30
Fer	91,60
TOTAL	99,90

Ce constituant n'était pas pur et ces chiffres ne représentent qu'approximativement la composition de l'eutectique.

Effet du carbone sur le fer non saturé de phosphure. — Quand la proportion de

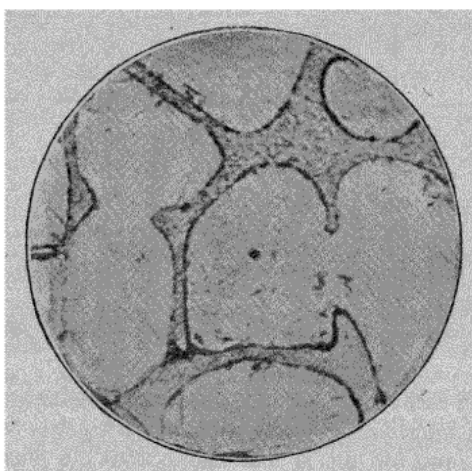


Fig. 11. — Lingot contenant 1,7 p. 100 de phosphore et 1,4 p. 100 de carbone. L'échantillon poli a été chauffé de manière à donner une teinte jaune pâle à l'eutectique. La bande foncée est du carbure de fer; les grains de perlite étaient bleus avec des raies brunes de cémentine. Grossissement : 280.

phosphore est très inférieure à 1,7 p. 100, le carbone peut encore déterminer la séparation du phosphure, s'il est en quantité suffisante. Un excellent exemple de ce fait a été donné par M. E. H. Saniter à propos d'un échantillon de métal à moitié converti, recueilli sur la sole d'un four Martin basique en réparation; en voici l'analyse :

	p. 100
Carbone (par combustion)	1,23
Manganèse	0,45
Silicium	0,06
Soufre	0,18
Phosphore	1,38

Cette analyse a été faite dans mon laboratoire; M. Saniter a de son côté déterminé la composition d'un fragment du même échantillon de la manière suivante :

	p. 100
Carbone	0,98
Manganèse	0,42
Silicium	0,033
Soufre	0,018
Phosphore	0,84

La divergence de ces résultats montre combien il est difficile d'obtenir deux échantillons identiques d'une même masse de métal très phosphoré et lentement refroidi.

Les remarques suivantes ne s'appliquent donc qu'au fragment que m'a envoyé M. Saniter et qui a environ 3 centimètres de côté. Une portion fut réduite en poudre grossière et l'on y chercha la proportion de phosphore sous les différents états que prend ce composé, on obtint les chiffres suivants :

	p. 100
Phosphore du { phosphore libre	0,76
{ phosphore en solution	0,62

Le phosphore de fer était extrêmement cassant et se trouvait surtout placé à l'extérieur des grains, de sorte qu'en broyant l'échantillon la plus grande partie de ce composé constituait la poussière la plus fine, celle-ci fut séparée par tamisage, les plus gros grains soumis à l'analyse donnèrent alors :

	p. 100
Phosphore du { phosphore libre	0,222
{ phosphore soluble	0,606
Phosphore total	0,828

Ces résultats sont très sensiblement ceux que l'on aurait pu prévoir, ils montrent que les grains de perlite contiennent environ 0,61 de phosphore. Le microscope constate la présence de gros grains de perlite séparés par de minces cloisons de cémentite; au centre des grains il y a encore des masses arrondies d'eutectique phosphoreux entourées de cémentite et accompagnées de cristaux idiomorphiques de Fe^3P . Les cloisons n'ont pas les caractères de l'eutectique, elles paraissent massives et homogènes sauf dans les espaces que laissent entre eux trois grains rapprochés, la matière des cloisons est là plus ou moins interrompue par des inclusions de perlite. Sous l'action de la chaleur les cloisons ne prennent cependant pas une coloration uniforme, leurs parties externes deviennent rouges et au milieu de leur épaisseur on distingue une ligne jaune pâle : ce fait montre la nature complexe de ces cloisons dont le milieu est formé de phosphore de fer et la périphérie de cémentite. La matière qui remplit les espaces triangulaires compris entre trois grains, autour des inclusions de perlite, est presque entièrement constituée de phosphore de fer. (Photographie n° 43.)

Ces observations concordent avec celles que l'on fait communément sur les alliages : si l'eutectique est peu abondant et le refroidissement très lent, le constituant le plus dur se sépare, se réunit et devient massif, tandis que le constituant le plus mou, refoulé, s'unit avec la plus grande partie du métal environnant ; par contre, si le métal en expérience avait été refroidi moins lentement, la partie centrale des

cloisons aurait vraisemblablement présenté la structure complexe de l'eutectique. Pour s'en assurer, on chauffa l'échantillon à 900° et on le laissa se refroidir en quelques minutes de 900° à 500° : le microscope fit voir alors, sur une coupe polie et colorée, que les cloisons présentaient la véritable structure de l'eutectique ; elles étaient bien plus épaisses et occupaient en général un bien plus grand espace que dans le cas précédent ; cet eutectique ressemblait à ceux que l'on rencontre dans la fonte blanche ou dans l'acier fondu phosphoré. Si l'on brise une coupe polie et colorée, on s'aperçoit que le trait de fracture passe dans l'axe des cloisons.

Avant de s'être livré aux études systématiques de micrographie dont il a été question, M. Saniter examina cet échantillon : il observa que les cloisons étaient beaucoup plus larges que ne pouvait le faire supposer la faible teneur de 0,98 p. 100 de carbone. Sachant que la matière des cloisons était beaucoup plus fragile que la perlite des grains, il conçut l'idée de les séparer en broyant le métal et en passant sa poussière au tamis. Cette manière d'opérer toute mécanique ne pouvait évidemment être parfaite, mais en employant concurremment les procédés chimiques, on put atteindre cependant des résultats importants, dont rendent compte les chiffres du tableau suivant :

CONSTITUANTS.	Le métal grossièrement pulvérisé est passé au tamis.			
	Résidu n'ayant pas traversé le tamis de 40 mailles. Ce résidu qui s'élève à 97,3 p. 100 est ensuite pulvérisé aussi finement que possible.			
	Partie du résidu précédent n'ayant pas traversé le tamis de 80 mailles. (76,5 p. 100).	Partie du résidu précédent ayant passé au tamis de 80 mailles. (20,8 p. 100).	Partie ayant passé au tamis de 40 mailles, mais non au tamis de 80 mailles. (1,2 p. 100).	Partie ayant passé au tamis de 80 mailles. (1,5 p. 100).
Carbone. . .	p. 100 0,64	p. 100 "	p. 100 "	p. 100 1,10
Silicium. . .	0,005	"	"	0,093
Soufre. . . .	0,014	"	"	0,472
Phosphore. .	0,620	0,88	2,33	8,200
Manganèse. .	0,430	"	"	1,510
Phosphore soluble dans $\text{So}^4 \text{H}^2$. . .	0,000	"	"	0,20

« Si l'on fait abstraction des résultats intermédiaires, dit M. Saniter, on peut admettre qu'à gauche du tableau précédent se trouve l'analyse des grains de perlite, et à droite, celle de la matière facilement pulvérisable des cloisons ; cette dernière est surtout intéressante parce qu'elle montre que si le phosphore de fer est en excès au

delà d'une certaine limite, ce composé se sépare, aussi bien que le carbure de fer. C'est là, sans doute, l'effet le plus nuisible du phosphore dans les aciers hautement phosphorés.

« Voici l'analyse du résidu insoluble obtenu en traitant une partie de la matière

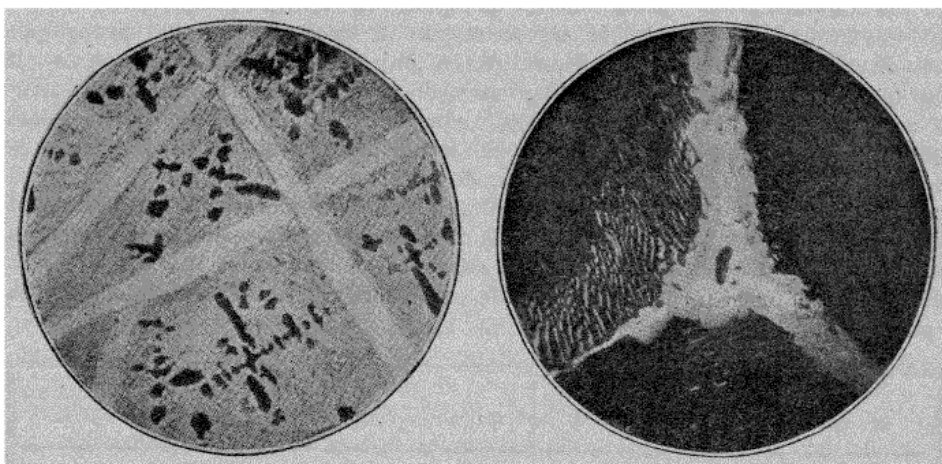


Fig. 12. — Métal contenant 6 p. 100 de phosphore et 1,6 p. 100 de carbone; la figure montre les sections claires des plaques de cémentine, la masse fondamentale formée d'eutectiques et les taches noires de perlite. Grossissement : 80.

Fig. 13. — Acier lentement refroidi provenant de la tôle d'un four Martin en réparation et contenant 1,2 p. 100 de carbone et 1,3 p. 100 de phosphore. La coupe fut d'abord lavée à l'acide pour foncer la perlite puis chauffée jusqu'à rendre jaune pâle la partie extérieure des cloisons. La figure montre en blanc l'intérieur des cloisons qui est du phosphure de fer; en demi-teinte, la portion marginale extérieure des cloisons, qui est de la cémentite; en noir, la perlite. Grossissement : 200.

intergranulaire par un grand excès d'acide sulfurique étendu et froid, pendant 18 heures :

	p. 100
Carbone	2,07
Phosphore.	10,77
Fer	85,00
TOTAL.	97,84

« Cette composition correspond à peu près à celle d'un corps formé de deux molécules de Fe^3P pour une molécule de Fe^3C .

« Considérons l'eutectique qui renferme 0,64 p. 100 de carbone et 0,62 p. 100 de phosphore; si l'on rapporte le fer au carbone d'après la formule de la perlite Fe^{24}C , nous constatons que le reste du fer est au phosphore dans la proportion de Fe^{25}P ; ce résultat est intéressant à cause de l'analogie de cette dernière formule avec celle de l'eutectique carbone. Il se peut qu'il n'y ait là qu'une coïncidence, et il faudra sans doute faire de longues recherches avant de pouvoir s'assurer si le phosphore forme ou non un eutectique analogue à celui que le carbone fait avec le fer.

« D'après ce qui précède, voici la composition des grains de perlite :

	p. 100	
Fe ²⁴ C.	71,41	} formule 2,6 Fe ²⁴ C, Fe ²⁵ P.
Fe ²⁵ P.	28,77	

Ces résultats, publiés par M. Saniter quelques années avant l'achèvement de mes propres travaux, s'accordent bien avec ceux qui ont été obtenus à Middlesbrough. Le peu de carbone trouvé dans le résidu finement pulvérisé peut être attribué à ce fait que quelques particules relativement grosses du carbure de la perlite ont dû être arrêtées par le tamis. Lorsqu'il y a une quantité considérable de phosphore, il est possible que la perlite puisse contenir 0,6 p. 100 de cet élément, et si l'un des tableaux précédents indique une moindre proportion de phosphore en solution dans un métal contenant 3,5 p. 100 de carbone, cela peut venir de ce que la perlite ne correspond dans cet échantillon qu'à 41 p. 100 de la masse totale. Si la perlite et la cémentite massive de ce même échantillon à 3,5 p. 100 de carbone contenaient respectivement 0,75 p. 100 et 6,666 p. 100 de carbone, le calcul ferait attribuer à cet échantillon la constitution suivante :

	p. 100		CARBONE p. 100	PHOSPHORE p. 100
Carbure de fer (massif)	48	×	0,0666	== 3,19
Perlite.	41	×	0,0075	== 0,30
Phosphure de fer (libre).	9	×	0,1536	== 1,40
Phosphure de fer (dissous)	2	×	0,1536	== 0,31
TOTAL.	100,00		3,49	1,71

La perlite contiendrait 0,75 p. 100 de carbone, au lieu de 0,60; mais dans l'un de ces cas le métal a été refroidi beaucoup plus rapidement que dans l'autre et ce fait peut bien rendre compte de la différence; d'ailleurs cette proportion donnée par le calcul est à peu près celle à laquelle on arrive avec le métal à 1,77 p. 100 de phosphore et 0,80 p. 100 de carbone, métal formé de perlite sans carbure massif libre. La quantité de phosphore en solution dépend des conditions dans lesquelles s'opère la solidification, et ce fait contredit l'hypothèse d'un composé Fe²⁵P chimiquement défini.

L'expérience suivante a pour but de rechercher ce que l'on obtiendrait en décarburant par la chaleur l'échantillon de M. Saniter. Un fragment de ce métal fut introduit dans un tube en fer forgé, au milieu de battitures d'oxyde de fer fournies par une tréfilerie; ce tube, fermé à ses extrémités par des tampons d'argile fut ensuite mêlé à la charge ordinaire d'un four à fonte malléable. Après refroidissement on constata qu'une quantité considérable de battitures avaient été réduites à l'état métallique et adhéraient fortement au métal de l'échantillon. Voici les résultats de l'analyse :

	Avant le traitement. p. 100	Après le traitement. p. 100
Phosphore	1,38	0,91
Carbone.	1,23	traces
Phosphore du phosphure Fe ²³ P libre.	0,76	0,18
— — — — — en solution	0,62	0,73

La perte de phosphore pendant l'opération monte à 33 p. 100, ce résultat est assez étonnant pour arrêter l'attention. On a donné plus haut des analyses relatives à la décarburation d'un métal contenant 1,8 p. 100 de phosphore et 0,18 p. 100 de carbone et dont la coupe est représentée dans la photographie n° 10; dans cet exemple, les espaces occupés par l'eutectique sont discontinus et là où il y avait communication entre ces espaces et la surface extérieure, l'eutectique s'écoula simplement en laissant derrière lui une cavité : il est vraisemblable, par suite, que si ces espaces avaient été reliés les uns aux autres, l'écoulement d'eutectique eût été bien plus abondant. C'est précisément cette disposition qui s'est trouvée réalisée dans l'échantillon de M. Saniter; de gros grains cristallins y sont entièrement enveloppés de phosphore et de carbure de fer, et ces composés forment un ensemble continu de cloisons analogues à la cire d'un rayon de miel; dès lors, aussitôt atteinte la température de 90°, la matière des cloisons s'est combinée avec une portion des grains voisins de manière à former un eutectique liquide qui s'est écoulé au dehors, les cloisons disparurent, et les grains n'étant plus séparés, tombèrent les uns sur les autres en reconstituant un tout homogène. C'est pour cela que la coupe ne présente pas d'espaces vides. Les grains du métal décarburé ne sont plus entourés de cémentite ni de phosphore, cependant, après polissage sur parchemin, on voit sur la coupe de larges bandes réticulées qui correspondent aux anciennes cloisons, et restent brillantes longtemps après que les aires qu'elles circonscrivent sont devenues ternes; les régions jadis occupées par le phosphore sont donc encore particulièrement riches en phosphore; telle est la conclusion à laquelle conduit le simple examen de la surface polie, et que confirment d'ailleurs les autres méthodes d'investigation, telles que l'attaque à l'acide et la coloration des surfaces par la chaleur. En d'autres termes, une portion du phosphore, qui a pu être évaluée à 0,11 p. 100, a diffusé pendant la décarburation dans la matière même des grains sans y pénétrer profondément. Le phosphore libre qu'indique en outre l'analyse chimique est en partie localisé sur la coupe du métal décarburé en un ou deux endroits où il forme en quelque sorte des lacs solides; ces points correspondent dans l'échantillon primitif à des espaces relativement vastes compris entre plusieurs grains; il est raisonnable de conclure que, dans ces conditions, le métal environnant n'a pas pu se réunir en chassant l'eutectique liquide; celui-ci est donc resté emprisonné pendant que tout le reste de l'eutectique situé entre les faces des grains voisins s'écoulait hors du métal.

Si l'eutectique a abandonné le métal, on doit en retrouver les éléments dans le garnissage d'oxyde de fer. Voici, en effet, les résultats de l'analyse d'une portion des battitures avant et après le traitement :

	Avant le traitement. p. 100.	Après le traitement. p. 100.
Fer	74,6	96,3
Phosphore.. . . .	0,06	0,24

Ces chiffres montrent nettement que le phosphore a passé du métal au garnissage pendant la décarburation.

Un autre fait intéressant est à noter : la couche extérieure du métal, sous une épaisseur de 1 millimètre, réagit comme du fer pur; ainsi, par exemple, si l'on en met une partie en digestion avec un acide étendu, on n'obtient pas de résidu noir, tandis que le reste du métal devient, dans les mêmes conditions, semblable à de la suie. On

ne peut expliquer ce fait qu'en admettant qu'une portion du phosphore de la couche extérieure ait diffusé dans le garnissage, après que les battitures qui le formaient eurent été réduites par le carbure à l'état métallique.

Cette expérience ne permet pas de répondre d'une manière satisfaisante à cette question. Lorsque les aciers du commerce, contenant au moins 0,9 p. 100 de carbone, passent de l'état liquide à l'état solide, ce carbone a-t-il pour effet de chasser le phosphore présent de la solution?

Pour résoudre cette question, on prit des morceaux d'acier contenant 1 p. 100 de carbone et 0,02 de phosphore et on les fonda séparément avec des doses différentes de phosphore de fer, de façon à former des lingots renfermant de 0,06 à 0,24 p. 100 de phosphore. Afin d'avoir des résultats exactement comparables, on procéda de la manière suivante : Un grand creuset de plombagine fut rempli de magnésie plastique et l'on pratiqua dans cette substance, près des parois du creuset, quatre trous cylindriques équidistants; la magnésie fut ensuite séchée au feu. Après avoir reçu des poids convenables d'acier et de phosphore, les trous furent fermés avec un bouchon de magnésie, la garniture fut recouverte de plombagine et l'on mit sur le tout le couvercle du creuset; on chauffa ce dernier pendant une heure dans un four à air chaud, puis on laissa le foyer se refroidir peu à peu pour ralentir la solidification du métal; quand elle fut complète, on détermina le poids du lingot et on le compara à la somme des poids de ses constituants. Un morceau d'acier pris comme terme de comparaison fut fondu sans addition de phosphore.

Voici les chiffres obtenus :

	Acier.	Phosphore.	Poids avant fusion.	Poids après fusion.	Perte ou gain.
1	11,810	»	11,810	11,814	+ 0,004
2	13,070	0,050	13,120	13,120	0
3	12,950	0,100	13,053	13,048	- 0,002
4	11,630	0,200	11,830	11,830	0

Résultats des analyses.

	Carbone.	Phosphore.
1	1,05	0,070
2	1,06	0,058
3	1,05	0,118
4	1,06	0,245

Microstructure. — Le n° 1 présentait un léger réseau de cémentite, mais on n'y découvrit aucune apparence de phosphore. Le n° 2 avait un réseau plus considérable que le précédent, et en colorant la coupe par la chaleur, on mit le phosphore en évidence. Le n° 3 avait un réseau encore plus marqué et une plus forte quantité de phosphore. Le n° 4 présentait une notable quantité de phosphore. Quoique ce dernier composé fût nettement visible dans les lingots, il paraissait cependant n'y en avoir qu'une très petite partie à l'état libre. Dans le cas du n° 4, si tout le phosphore s'était séparé, il y aurait eu environ 3 p. 100 de l'eutectique visible, tandis que l'on n'observait environ que le tiers de cette quantité.

On fit ensuite un autre essai sur une plus grande échelle : 20 kilogrammes environ de métal fondu furent coulés successivement dans cinq petits moules en terre. Lorsque le premier moule fut plein, on jeta un bâton de phosphore dans l'acier liquide du

creuset, où il fut dissous rapidement, on agita la masse et l'on remplit un second moule. Un second bâton de phosphore fut ajouté au creuset, on remplit un troisième moule et ainsi de suite, chaque fois qu'un moule était plein, le creuset recevant une nouvelle dose de phosphore. Voici les résultats de l'analyse des cinq lingots ainsi obtenus :

	Carbone.	Phosphore.	Phosphore du phosphore libre.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
1	0,95	0,037	0
2	0,96	0,099	0,002
3	0,95	0,122	0,033
4	0,96	0,347	0,065
5	1,02	0,548	0,163

On ne put découvrir de phosphore libre à l'aide du microscope dans le n° 1, la présence de ce composé parut douteuse dans le n° 2, le n° 3 en présentait des traces, les n° 4 et 5 en renfermaient des quantités distinctes. Le lingot n° 5 était très cassant, le premier coup de marteau le mit en pièces.

Comme la perlite dissout et retient en solution 0,60 p. 100 de phosphore dans les métaux fortement phosphorés, il était naturel de penser qu'un acier riche en perlite ne présenterait de phosphore libre que quand cette teneur serait dépassée; les résultats précédents prouvent, au contraire, que, pendant la solidification, une portion du phosphore se sépare même quand la teneur en phosphore n'est que de 0,06 p. 100. D'ailleurs, les conditions dans lesquelles le lingot se solidifie semblent influencer sur sa structure; ainsi, dans les expériences de laboratoire où le refroidissement du métal est lent, le phosphore libre se sépare en plus grande quantité que dans les essais qui comportent inévitablement une solidification rapide.

On a observé que le fer carburé se dissout beaucoup plus vite dans les acides dilués lorsqu'il contient du phosphore que lorsqu'il n'en contient pas : cette propriété qu'a le phosphore d'accélérer ainsi la dissolution du fer s'exerce donc de la même façon, que ce métal soit ou non associé au carbone. On vérifia ce fait en plaçant 5 grammes de rognures, provenant de chacun des cinq lingots précédents, dans des vases renfermant un mélange de 20 centimètres cubes d'acide concentré et 250 centimètres cubes d'eau : le n° 1, pratiquement dépourvu de phosphore, mit dix heures à se dissoudre; le n° 5, avec 0,548 p. 100 de phosphore s'est dissous en deux heures; aux autres lingots correspondirent naturellement des espaces de temps compris entre ces deux extrêmes. Tous ces métaux laissèrent un résidu noir, semblable à de la suie, dont la quantité était en rapport avec leur teneur en phosphore.

Un grand nombre d'échantillons provenant d'aciers du commerce et contenant de 0,10 à 0,6 p. 100 de phosphore, ont été examinés, aucun ne présentait de phosphore libre, même quand la proportion de cet élément dépassait 0,1 p. 100. Ce résultat n'a rien d'étonnant, car dans ces métaux partiellement saturés de carbone, il y a toujours plus ou moins de ferrite libre, et ce constituant, excellent dissolvant du phosphore, doit le retenir en solution solide. L'étude du mode d'action des acides dilués sur les aciers carburés conduit à considérer comme très probable que le carbone a pour effet de concentrer le phosphore en solution soit dans la ferrite massive, soit dans la ferrite de la perlite, soit dans les deux à la fois.

Dans un article intitulé *Théorie cellulaire* (*Mém. de l'Artillerie de Marine*, 1887, vol. 11), MM. Osmond et Werth ont rendu compte d'expériences faites en mettant

4 grammes de divers métaux dans 25 centimètres cubes d'acide chlorhydrique concentré et en chauffant ensuite jusqu'à dissolution complète. Les auteurs résument ainsi leurs recherches :

« On voit clairement qu'il n'y a pas de relation entre le poids total du phosphore et celui qui s'est dégagé, à l'état de PH_3 , ce dernier dépend entièrement de la proportion de carbone; c'est ainsi que des métaux relativement plus phosphorés ne donnent naissance qu'à une quantité insignifiante de PH_3 , tandis que des fers et des aciers doux dégagent dans les mêmes circonstances un notable volume du même gaz; le même acier donne plus de PH_3 après décarburation, qu'après un traitement ayant pour effet de le carburer de nouveau. Le manganèse est sans action, puisque le spiegeleisen et le fer de la Moselle se conduisent de même.

« Toutes choses égales d'ailleurs, le dégagement de PH_3 varie aussi avec la concentration de l'acide.

« Une fraction de phosphore semble donc combinée au fer, avec lequel il forme un phosphure que HCl décompose en partie, tandis que le surplus est engagé dans une combinaison complexe avec le carbone du ciment. »

La méthode de Weyl donne des résultats identiques avec l'échantillon ayant la la composition suivante :

	p. 100.
Carbone	0,490
Silicium	0,075
Soufre	0,024
Phosphore	0,041
Manganèse	0,037

Si l'on traite le phosphore dans les résidus auxquels on parvient par cette méthode, on trouve :

ACIER.	FORGÉ et SOIGNEUSEMENT refroidi.	FORGÉ ET RECUIT.	TREMPÉ A L'EAU FROIDE.	TREMPÉ ET RECUIT.	MOYENNE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Résidu sec pour 100 parties d'acier	3,310	4,110	1,620	4,140	»
Phosphore traité pour 100 parties de résidu sec. . .	0,840	0,640	1,940	0,760	»
Phosphore évalué sur 100 parties d'acier.	0,028	0,026	0,031	0,031	0,029
				P. 100.	POUR 100 PARTIES DE PHOSPHORE.
Moyenne du même acier (phosphore)				0,041	67
Phosphore dégagé à l'état de PH_3				0,0135	33

Ces résultats sont très importants et mes propres recherches les ont pleinement confirmés. Je n'ai jamais rencontré d'acier très carburé qui ne donnât naissance à un dégagement de PH_3 correspondant à plus d'une petite fraction du phosphore total; par

contre, en dissolvant dans l'acide chlorhydrique concentré des métaux contenant peu de carbone, j'ai constaté que la plus grande partie du phosphore passait à l'état gazeux.

Le tableau suivant donne les résultats auxquels est arrivé le baron Juptner; on a ajouté une colonne dont les chiffres, calculés au moyen des autres données, représentent la proportion de phosphore contenu dans le dégagement de PH^3 :

NUMÉROS.	CARBONE p. 100 (pesées).	PHOSPHORE p. 100 (pesées).	PHOSPHORE DU DÉGAGEMENT DE PH ³ .		REMARQUES.
			p. 100 parties du lingot.	p. 100 parties du phosphore total.	
A. — Fonte.					
1	2,385	0,1315	0,0263	2,00	Fonte blanche.
2	3,418	0,0744	0,0026	3,5	Fonte gris foncé.
3	3,418	0,0744	0,0058	7,8	Fonte gris foncé, dissoute dans parties égales d'eau et d'acide sulfurique.
4	2,296	1,048	0,0383	3,6	Métal appelé «Panzergruss» pour barreaux de grilles.
B. — Fer forgé et acier.					
5	0,2254	0,0970	0,0054	5,50	Fragile.
6	0,1800	0,0396	0,0020	3,30	—
7	0,1510	0,0690	0,0012	1,71	—
8	0,239	0,1010	»	»	Bon métal.
9	0,259	0,0860	0,0015	1,70	—
10	»	0,0964	0,0162	16,00	Très fragile.
11	0,273	0,0469	0,0054	11,00	Légèrement cassant à froid.
12	0,308	0,1242	0,0243	20,00	Cassant à froid.
13	0,343	0,5649	0,0248	4,0	—
14	0,122	0,6212	0,0190	3,0	—
15	0,375	0,0847	0,0171	20,0	De plus en plus cassant.
16	0,217	0,0677	0,0184	27,0	
17	0,168	0,0704	0,0177	25,0	
18	0,137	0,0648	0,0218	32,0	
19	0,222	0,0829	0,0218	26,0	Se soude aisément. Extrêmement cassant. Se soude aisément. Très cassant.
A	0,110	0,442	0,355	80,33	
B	0,123	0,456	0,289	63,35	

En résumé, lorsque la proportion de phosphore est élevée, il se forme peu de PH^3 : les métaux n^{os} 12 et 13 offrent des exemples remarquables de ce fait ; toutes les observations s'accordent d'ailleurs à le prouver, sauf celles de Baron : cet auteur, en étudiant des échantillons contenant peu de carbone, obtint en effet des quantités d'hydrogène phosphoré qui semblent en contradiction avec les expériences précédentes. Peut-être ces aciers avaient-ils un caractère particulier, et ne nous sommes-nous jamais rencontrés avec des métaux de cette espèce ; peut-être aussi, faut-il rapporter aux méthodes employées la divergence des résultats. Quoi qu'il en soit, mes recherches, ainsi que celles de MM. Osmond et Werth, conduisent à affirmer que l'influence du carbone est importante et s'exerce généralement en empêchant le métal mis en présence des acides de dégager PH^3 . Si l'on en cherche la raison, on est amené à suppléer à l'expérimentation incomplète par des raisonnements inductifs basés sur une hypo-

thèse : les faits interdisent de supposer que des combinaisons phosphocarbonées aient une existence réelle ; il est plus probable que dans les aciers contenant à la fois carbone et phosphore, il se fait un mélange complexe de solutions, l'une de phosphure de fer dans le fer, l'autre de carbure de fer dans le fer ; cette dernière est la plus stable, elle s'empare d'abord du fer qui lui est nécessaire pour se former et abandonne le reste du métal au phosphore ; la solution de phosphore est donc, en définitive, plus ou moins concentrée suivant la quantité de carbone présent. Lors de la solidification, les deux solutions deviennent solides : au premier point d'arrêt du refroidissement, le carbure se sépare, laissant de la ferrite et de la ferrite plus ou moins saturée de Fe^3P .

Il est admis que le phosphore augmente la fragilité des aciers fortement carburés, ce fait confirme les conclusions précédentes : il a été prouvé que si le phosphore se sépare à l'état libre, c'est avec 0,06 p. 100 de phosphore, et environ 1 p. 100 de carbone ; comme il se forme alors un réseau autour des grains cristallins, la résistance de la masse doit évidemment être réduite. Si le carbone, au contraire, était peu abondant, dans la proportion, par exemple, de 0,5 à 0,8 p. 100, le phosphore se concentrerait dans une partie du métal et cette région serait dès lors plus de nature à se prêter à de soudains efforts que si elle ne contenait pas autant de phosphore.

On ne peut dire, d'une manière absolue, que plus il y a de carbone dans le fer, moins on recueille d'hydrogène phosphoré ; les particularités du traitement préparatoire, température à laquelle a été porté le métal fondu, recuit, etc., doivent certainement avoir de l'influence à cet égard en déterminant les conditions dans lesquelles le phosphore se concentre dans l'acier. Cette question importante est, en somme, encore très obscure, et il est à souhaiter qu'elle attire l'attention des métallurgistes et qu'elle soit l'objet de nouveaux travaux.

Influence de la trempe sur l'état du phosphore dans l'acier. — Ce sujet a été étudié par E. D. Campbell et S. C. Babcock : leur méthode consistait à dissoudre les aciers dans une solution acide de bichlorure de mercure et à doser le phosphore resté en dissolution. Voici l'analyse des trois échantillons expérimentés :

	1	2	3
	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone.	0,100	0,37	1,22
Phosphore	0,119	0,16	0,098
Manganèse	0,484	0,82	0,780
Soufre.	»	»	0,068
Silicium.	»	»	0,058

Les résultats obtenus figurent dans les tableaux suivants :

ACIER A 0,10 P. CENT DE CARBONE.	PHOSPHORE	
	POUR 100 PARTIES du métal.	POUR 100 PARTIES du phosphore total.
Recuit.	0,999	83,2
Chauffé à 719° et trempé.	0,081	68,08
Chauffé à 825° et trempé.	0,079	66,4
Chauffé à 928° et trempé.	0,080	67,2
Chauffé à 1 028° et trempé.	0,086	72,2

ACIER A 0,36 P. CENT DE CARBONE.	PHOSPHORE	
	POUR 100 PARTIES du métal.	POUR 100 PARTIES du phosphore total.
Recuit.	0,137	85,6
Chauffé à 728° et trempé.	0,110	68,8
Chauffé à 827° et trempé.	0,066	41,2
Chauffé à 923° et trempé.	0,048	30,0
Chauffé à 1027° et trempé.	0,049	30,6

ACIER A 1,22 P. CENT DE CARBONE.	PHOSPHORE	
	POUR 100 PARTIES du métal.	POUR 100 PARTIES du phosphore total.
Recuit.	0,098	100,00
Chauffé à 719° et trempé.	0,087	89,8
Chauffé à 750° et trempé.	0,031	52,0
Chauffé à 825° et trempé.	0,018	48,3
Chauffé à 923° et trempé.	0,013	45,3
Chauffé à 1023° et trempé.	0,016	16,2

Ces résultats sont très intéressants, mais ne vérifient pas les conclusions précédentes, puisqu'ils semblent indiquer que le phosphore est plus soluble dans le réactif spécial employé lorsque l'acier est riche en phosphore, que lorsqu'il ne renferme qu'une petite quantité de cet élément. Les auteurs sont d'avis que cette étude est loin d'être complète, et qu'il y a beaucoup à faire avant de connaître l'état dans lequel le phosphore se trouve dans le fer, les conditions dans lesquelles ces divers états se produisent et l'influence de ces états sur les propriétés du métal.

Effet du carbone introduit par cémentation dans un acier phosphoré. — Behrens et Van Linge, en étudiant la constitution des barres d'acier cémenté de Dannemora, qui ne contenaient que 0,02 p. 100 de phosphore, constatèrent la séparation du phosphore et du carbure. Il semble ressortir de ces expériences, qu'en dissolvant le métal cémenté, les auteurs trouvèrent un peu de phosphore associé au carbure non dissous, et calculèrent que si la totalité du phosphore était à l'état de Fe_3P , il y en aurait environ 0,2 p. 100 d'insoluble.

Il m'a semblé qu'un métal ne contenant que 0,02 p. 100 de phosphore n'était pas celui qui convenait le mieux à l'examen des réactions qui se produisent pendant la cémentation. M. T. W. Sorby de Sheffield m'a procuré plusieurs échantillons de barres phosphorées, carburées par cémentation, qui ont été l'objet d'une étude attentive. Le premier échantillon était un morceau de fer provenant d'un convertisseur basique après le sursoufflage, il contenait encore 0,6 p. 100 de phosphore. Le second échantillon était un morceau de fer puddlé, renfermant 0,5 p. 100 de phosphore. Voici le résultat des analyses :

<i>Fer basique (cémenté).</i>	
	p. 100.
Carbone	1,16
Phosphore	0,63
Phosphore du phosphure libre.	0,02
— en solution solide.	0,61

Le microscope montra qu'il n'y avait de phosphure libre que dans la couche extérieure. Le carbone étant plus abondant dans cette région, on pouvait s'attendre en effet que le phosphure libre se trouvât là plutôt qu'ailleurs.

Fer puddlé (cémenté).

Cet échantillon était loin d'être homogène et s'écaillait légèrement.

	CARBONE.	PHOSPHORE		
		TOTAL.	A L'ÉTAT de phosphure libre.	EN SOLUTION solide.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Couche extérieure : 3 millimètres. . .	1,35	0,495	0,054	0,441
Seconde couche : 6 millimètres. . .	0,96	0,490	0,028	0,462
Troisième couche : 9 millimètres. . .	0,73	0,500	0,000	0,500

On voit encore que, sauf dans la région extérieure plus riche en carbone, le métal ne contenait pas de phosphure libre, c'est ce que confirma l'examen microscopique.

Ces deux échantillons furent fondus dans des creusets de magnésie, puis refroidis lentement, afin qu'on pût déterminer la proportion de phosphure qui se séparerait pendant la solidification. On obtint les résultats suivants :

	CARBONE.	PHOSPHORE		
		TOTAL.	A L'ÉTAT de phosphure libre.	EN SOLUTION solide.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Fer basique.	1,16	0,63	0,27	0,36
Fer puddlé	1,10	0,50	0,21	0,29

L'expérience suivante porta sur un morceau de métal contenant 1,96 p. 100 de phosphore : c'était un bloc très irrégulier, d'environ 6 centimètres de diamètre dans sa partie la plus large ; lorsqu'on le sortit du ciment, sa surface était très accidentée, comme si le métal fluide s'était répandu au dehors en minces filets ; la face inférieure adhérait à un culot solidifié qui provenait évidemment par liquation de l'échantillon lui-même, ce culot fut détaché et réservé pour l'analyse. La photographie 19 représente l'aspect curieux de la cassure du métal : avant le traitement, la structure était grossièrement cristalline, avec des faces de clivage de 3 centimètres en tous sens ; après la carburation, sauf dans un petit noyau resté intact, un grand changement

s'était produit. La couche extérieure était grossièrement granuleuse, mais, dans l'espace qui la séparait du noyau central, le métal était disposé en colonnes, ainsi que le montre clairement la photographie. Le tableau suivant donne les résultats de l'analyse des prises prélevées en divers points de l'échantillon :

	CARBONE.	PHOSPHORE			
		TOTAL.	A L'ÉTAT de phosphore libre.	EN SOLUTION solide.	PORTE.
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Centre du noyau.	traces	1,96	0,94	1,02	"
Moyenne du noyau.	0,23	1,94	0,94	1,00	"
1	0,89	1,52	0,86	0,66	0,42
2	0,93	1,30	0,61	0,69	0,64
3	1,20	1,63	0,38	0,67	0,89
4 (couche extérieure)	1,31	0,91	0,29	0,62	1,03

Le culot qui s'est écoulé par liquation de la masse métallique contenait :

Phosphore. 4,86 p. 100

Cette expérience prouve que le carbone en passant dans le métal de l'échantillon a eu pour effet d'expulser le phosphore en ne laissant qu'environ 0,63 p. 100 de ce composé en solution : il se produisit alors assez de fer γ pour déterminer une réorganisation complète de la structure : le phosphocarbure eutectique liquide, en se séparant et s'étendant d'une manière continue jusqu'à la surface externe, s'élimina simplement par liquation. Tandis que le carbone passait dans le fer β contenant le phosphore en solution solide, une transformation allotropique s'effectuait graduellement sous l'influence du carbure ; la structure cristalline a dû de même se modifier de l'extérieur au centre, suivant les progrès de la pénétration du carbone. La disposition colonnaire qui s'est produite s'observe également dans la fonte blanche, le zinc et d'autres métaux versés dans des moules froids, alors que le changement d'état se fait de proche en proche de la surface au centre.

Microstructure du métal cémenté. — Le noyau central où le carbone n'a pas pénétré était coupé d'étroites bandes de phosphore libre et avait le même aspect que celui de la photographie n° 20 qui représente l'échantillon au sortir du four de recuit : cette similitude de structure montre que ce n'est pas aux influences oxydantes qu'il faut rapporter les changements produits dans l'organisation du phosphore par le traitement du métal. Dans la région où les colonnes cristallines confinaient au noyau, l'eutectique était bordé d'une belle frange de perlite, des lames de cémentite rayonnaient du noyau vers l'extérieur et tranchaient à leurs bases sur un fond d'eutectique de phosphoperlite ; le noyau, vaguement sphérique, était entouré d'une couche de la même substance, et cette sorte d'enveloppe étant très fragile, il fut facile de briser l'échantillon de manière à en extraire le noyau intact. Les masses colonnaires rayonnantes étaient enfermées dans une formation d'eutectique phosphoreux, ce dernier constituant étant entouré d'une bordure dentelée de cémentite. Les colonnes étaient composées de perlite dans laquelle étaient inclus des globes réguliers ou ovales d'eutectique dont

quelques-uns étaient revêtus d'une gaine de cémentite ; la proportion d'eutectique phosphoreux décroissait de la périphérie au centre. Les colonnes s'arrêtaient à 1^{cm},3 du centre et étaient remplacées par des grains polygonaux ordinaires dont les interstices contenaient très peu de phosphure, mais assez de carbure pour que ce constituant puisse former autour de chacun d'eux une enveloppe complète ; l'eutectique se trouvait soit en petits globes dans la partie centrale des grains, soit en masses irrégulières dans l'espace compris entre trois grains.

Ces observations conduisent aux conclusions suivantes :

Tandis que le carbone diffusait vers le centre de la masse, le phosphure sortait de solution et tendait à s'échapper au dehors : avec le progrès de la carburation, le métal modifiait son état allotropique, de fer β se changeait en fer γ , puis recristallisait en présentant l'aspect bien connu des grains polygonaux ; à l'intérieur du métal transformé, l'eutectique liquide se produisait continuellement et refluait aussitôt vers l'extérieur en suivant les interstices, mais laissait un résidu derrière lui. Les grains néoformés devaient être plus petits que ceux que l'on put observer dans l'échantillon refroidi : c'est probablement sous l'action prolongée de la chaleur qu'ils modifièrent leur orientation et se soudèrent les uns aux autres de manière à former des colonnes ; l'eutectique ne put, pendant ce temps, s'éliminer complètement, un reliquat demeura emprisonné, se divisa en gouttes oblongues, et ces dernières constituèrent ensuite en se contractant les inclusions globulaires dont on constate la présence.

Cette manière de voir est pleinement justifiée par les faits observés depuis plusieurs années dans l'étude de la métallographie, les progrès de cette science qui permettent jusqu'à un certain point de se rendre ainsi compte des phénomènes, montrent combien l'emploi du microscope a été important et fécond dans cet ordre de recherches.

Action du phosphore pour limiter la quantité de carbone associé au fer. — Cette action est mise en évidence par ce fait que l'on trouve toujours moins de carbone dans les variétés correspondantes d'acier Bessemer, de fonte Cleveland et d'autres métaux phosphorés.

Les résultats suivants sont des moyennes relatives à des analyses comparées de fonte d'hématite East Coast ou de Cleveland ; ils montrent une différence d'environ 0,35 p. 100 de carbone en moins dans les métaux phosphorés :

	Hématite. p. 100.	Cleveland. p. 100.
Carbone combiné.	0,15	0,12
Graphite	3,95	3,63
Manganèse.	0,85	0,75
Silicium.	2,80	2,80
Soufre.	0,03	0,03
Phosphore	0,04	1,56

La proportion de 1,56 p. 100 de phosphore du métal de Cleveland, équivalent à 40 p. 100 de phosphure de fer. Si l'on en faisait abstraction, le reste contiendrait :

4,16 p. 100, carbone total
contre 4,10 — dans la fonte d'hématite.

Si nous établissons nos calculs, en supposant que tout le fer est uni au phosphore Fe^3P et que ce composé empêche ce métal de se combiner au carbone dans les conditions où s'effectuent les réactions du haut fourneau, nous trouvons qu'entre le fer pur d'un côté et le phosphore pur de l'autre, la proportion de carbone susceptible de se combiner serait d'environ 4,6 p. 100 dans le fer pur et zéro dans le phosphore ; de plus, la quantité de carbone associé à des métaux intermédiaires entre ces deux extrêmes, dépendrait du phosphore qu'ils contiendraient.

C'est ce que met nettement en évidence le tableau suivant :

FER PUR p. 100.	PHOSPHORE p. 100.	PHOSPHORE p. 100.	PROPORTION DE CARBONE ABSORBÉ d'après le calcul. p. 100.
100	0	0	4,60
75	25	3,89	3,45
50	50	7,78	2,30
25	75	11,67	1,15
0	100	15,58	0

Il importait de savoir si l'expérience vérifiait ces raisonnements ; afin de s'en assurer, on fit des mélanges de phosphore de fer et de fer pur, de manière à réaliser au moins approximativement les proportions du tableau précédent et on les fondit dans un creuset brasqué au charbon, portant cinq trous séparés. La température fut réglée de telle sorte qu'elle ne dépassa pas celle d'un haut fourneau et n'était certainement pas suffisante pour fondre le fer pur.

L'analyse des produits obtenus donna les résultats suivants :

COMPOSITION DES MÉLANGES		CARBONE DES MÉTAUX FONDUS p. 100.	CASSURE
FER p. 100.	PHOSPHORE p. 100.		
100	0	4,15	blanche.
96	4,10	3,25	"
93	7,90	2,00	"
87	13,00	0,70	"
83	16,00	0	"

Ces résultats ne vérifient pas complètement ceux que le calcul a fournis, ils s'en approchent assez toutefois pour montrer que les hypothèses qui ont servi de base sont acceptables : on sait d'ailleurs, sans que l'on ait pu expliquer ce fait d'une manière satisfaisante, que la proportion de carbone varie considérablement dans les fontes n° 1, sortant du haut fourneau ; mais, toutes choses égales d'ailleurs, il est certain que la température est une cause très importante de ces différences.

Une seconde série d'essais comparatifs portèrent sur des métaux phosphorés que

l'on carburait après coup par le procédé ci-dessus décrit, mais à plus basse température que dans les expériences précédentes.

Voici les résultats obtenus :

Phosphore des métaux.	Carbone dans les métaux carburés.
p. 100.	p. 100.
1,83	3,50
4,17	2,50
6,03	1,50
10,15	0,65

Ici le carbone total est bien moins abondant que dans le cas précédent, mais on voit nettement que le phosphore s'oppose à l'absorption du carbone.

Un métal très intéressant se produisit, il y a quelques années, dans un haut fourneau d'East Coast; la valeur marchande des scories basiques n'était pas alors connue, aussi avait-on cherché à les utiliser en les substituant à la chaux pour le revêtement du four.

Voici la composition de ce métal :

	p. 100.
Fer (par différence)	64,927
Carbone combiné	traces.
Graphite	0
Manganèse	4,550
Silicium	0,396
Soufre	0,050
Phosphore	17,910
Vanadium	1,711
Chrome	0,446

La température était évidemment très élevée, vu la forte proportion de manganèse, de vanadium et de chrome réduits, cependant il n'y avait pratiquement pas de carbone, ce qui prouve d'une manière convaincante qu'une quantité suffisante de phosphore a pour effet de détruire les combinaisons de fer et de carbone, ou d'empêcher leur production : à cet égard, cette quantité de phosphore joue donc exactement le même rôle que 0,20 p. 100 de silicium.

Action du phosphore sur la séparation du phosphore à l'état de graphite et sur la production de la fonte blanche. — On a souvent posé la question suivante : Le phosphore s'oppose-t-il à la séparation du carbone à l'état de graphite et a-t-il une action sur la production de la fonte blanche ? Les résultats pratiques observés à Cleveland sur les fontes d'hématite et les fontes phosphorées, montrent que le phosphore n'a pas cette propriété, et qu'il n'empêche à aucun degré la séparation du carbone à l'état de graphite. En observant de très près les échantillons, on note cependant une différence entre la teinte grise des fontes fortement phosphorées et celle des fontes pratiquement dépourvues de phosphore; mais cette différence doit être rapportée à ce fait que le phosphore libre dans un métal rend sa cassure blanche, et que les deux espèces de fonte ne contiennent pas d'ailleurs la même proportion de graphite, la quantité de carbone combiné étant à peu près la même dans chacune d'elles.

Il restait à déterminer l'effet d'une haute teneur en phosphore en présence du silicium : dans ce but, on effectua divers mélanges de fer et de silicophosphure de fer et on les fondit dans des creusets brasqués au charbon à plusieurs trous. La tempéra-

ture fut intense, beaucoup plus élevée certainement que celle des hauts fourneaux. On obtint les résultats suivants :

	1	2	3	4	5
	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.	p. 100.
Carbone combiné.	1,10	0,56	0,41	0	0
Graphite.	2,62	1,73	1,88	1,69	0,83
Silicium.	0,92	1,96	1,96	2,84	2,36
Manganèse.	traces.	traces.	traces.	traces.	traces.
Phosphore	0,21	4,93	6,83	8,33	12,86

Les dimensions des paillettes de graphite étaient plus grandes dans ceux de ces métaux qui contenaient le plus de phosphore. Le métal n° 1 avait une cassure grise, les autres moins gris, et en général la teinte grise était en raison inverse de la teneur en phosphore. L'analyse montra que ce résultat n'était pas dû à la présence du carbone combiné dans les fontes à teintes claires, car c'est dans l'échantillon le plus phosphoré que l'on a trouvé la moindre proportion de carbone combiné, les différences d'aspect n'étaient dues qu'à la plus ou moins grande quantité de graphite présent. Il est regrettable que la teneur en silicium n'ait pas été la même dans tous ces métaux, la comparaison eût été plus exacte; quoi qu'il en soit, les résultats obtenus sont instructifs, puisque le silicium n'était pas plus abondant dans les échantillons les plus phosphorés n°s 4 et 5 que dans les fontes grises ordinaires. Il est à remarquer aussi qu'avec ces proportions de silicium, qui n'ont rien d'excessif, le carbone ne se trouvait pas à l'état combiné, tout ce que le fer a pu absorber de cet élément, existait à l'état de graphite.

RÉSUMÉ DU 2^e CHAPITRE

1. — Si l'on fond des solutions solides de phosphore de fer dans le fer en présence du carbone, ce dernier détermine la séparation du phosphore lorsque le métal se solidifie; s'il y a peu de carbone, ce phosphore figure dans le métal comme eutectique et forme autour des grains cristallins des enveloppes dont l'épaisseur croît avec la teneur en carbone; toutefois, cet élément est incapable de faire sortir de solution la totalité du phosphore, même lorsque sa teneur s'élève à 3,3 p. 100. Un résidu de phosphore reste toujours en solution, mais il est très petit si la proportion de carbone est à son maximum.

2. — Le résidu de phosphore semble être retenu par la perlite qui, si le phosphore est abondant, peut s'élever à 0,60 p. 100 dans le cas d'un refroidissement très lent, ou à 0,75 dans le cas d'un refroidissement plus rapide.

3. — Quand la teneur en carbone des aciers dépasse 0,9 p. 100, une portion de phosphore de fer correspondant à 0,10 p. 100 de phosphore se sépare de la solution; ce phosphore forme alors autour des grains cristallins des enveloppes fragiles, ce qui rend la masse plus ou moins cassante; dans ce cas, la solution solide renferme encore plus de phosphore qu'il ne s'en est séparé.

4. — Quand le fer phosphoré est soumis à un traitement de cémentation, le carbone commence par séparer le phosphore, et cet effet se continue jusqu'à ce que la solution solide contienne 0,6 p. 100 de phosphore et 1,3 p. 100 de carbone. Si, au début, le fer ne renferme qu'environ 0,6 p. 100 de phosphore, le phosphore ne commence à se séparer de la solution qu'au moment où la teneur en carbone en augmentant dépasse 1,2 p. 100. Ce résultat est donc très différent de celui qu'on obtient en fon-

dant ensemble, puis en laissant se solidifier des lingots ayant des compositions analogues.

5. — Si l'on chauffe au contact de substances absorbantes, et à une température supérieure à celle du point de fusion de l'eutectique phosphoreux, de l'acier hautement phosphoré contenant, en outre, beaucoup de carbone, l'eutectique s'écoule par liquation hors de la masse métallique et se retrouve dans les matières servant de garnissage ; pratiquement, il n'y a plus alors dans le métal que le phosphore qui y est resté en solution solide.

6. — Pendant la cémentation, après que l'eutectique phosphoreux s'est séparé sous l'influence du carbone absorbé, une grande partie de ce constituant s'écoule hors de la masse métallique par liquation et se répand à l'état liquide dans le charbon environnant.

7. — Si l'on étudie l'échauffement ou le refroidissement des solutions solides de phosphore dans le fer, on n'observe pas de point critique Ar_3 et la structure du métal n'est pas changée, même si la température dépasse $1\,000^\circ$: cette température élevée ne produit donc aucun changement allotropique de fer β en fer γ ; mais si le carbone pénètre dans la masse, une forte proportion de phosphore se sépare et le carbone absorbé détermine, à la température du four de cémentation, la conversion en fer γ de la plus grande partie du fer β ; en même temps, la structure se réorganise, et une recristallisation s'effectue : cette dernière coïncide donc strictement avec la progression centripète du carbone. Si les conditions sont favorables, les grains cristallins en se formant lentement se disposent en colonnes qui rayonnent du centre de l'échantillon. Inversement, on obtient un développement analogue de cristaux lorsqu'on décarbure une barre d'acier de cémentation à 750° environ dans un garnissage de minerai ou de calcaire. A cette température, le carbone est à l'état γ , à cause du carbure diffusé dans la masse métallique ; à mesure que le carbone s'élimine, il se forme du fer β et la recristallisation procède de la périphérie au centre, en donnant naissance à une structure colonnaire parfaite.

8. — Lorsqu'on dissout dans un acide des fers phosphorés et dépourvus de carbone, la proportion de gaz hydrogène phosphoré qui se dégage est sensiblement en raison inverse de la teneur en phosphore. Ainsi, si cette teneur atteint 1,7 p. 100, il n'y a que 4 p. 100 du phosphore qui passe à l'état de PH^3 ; mais si cette teneur ne varie qu'entre 0,03 et 0,10 p. 100, le dégagement gazeux contient 70 p. 100 environ du phosphore total.

9. — Des fers contenant de 0,03 à 0,10 p. 100 de phosphore soumis à un traitement de carburation, puis mis en présence d'un dissolvant, donnent naissance à un dégagement de PH^3 qui décroît rapidement lorsque la teneur en carbone augmente, jusqu'à ce que, cette teneur atteignant 1,2 p. 100, le dégagement gazeux ne contienne plus que 15 p. 100 du phosphore total. Ces résultats conduisent à penser qu'il y a dans l'acier, à une température supérieure à celle de sa solidification, deux solutions, l'une de carbure, l'autre de phosphore ; la solution de carbure est la plus abondante et la solution de phosphore devient de plus en plus concentrée dans les parties du métal que le carbone n'a pas envahies. On peut dès lors expliquer les phénomènes qui accompagnent la dissolution : plus le carbone refoule et concentre la solution de phosphore, moins celle-ci est capable de dégager PH^3 sous l'influence des acides.

10. — La quantité de carbone qu'un métal phosphoré peut absorber dans le haut fourneau ou le creuset, dépend de la proportion de phosphore de fer qu'il contient ;

le fer pur, sans phosphore, se combine à 5 p. 100 de carbone environ ; quand le métal est exclusivement formé de phosphure de fer Fe^3P , le carbone n'y pénètre pas ; d'une manière générale, la quantité de carbone que peut absorber un métal intermédiaire est à peu près en raison inverse de la proportion de Fe^3P qui s'y trouve.

11. — Il ne semble pas que le phosphore détermine la séparation du graphite dans les métaux hautement carburés, ni qu'il ait pour effet, au contraire, de retenir dans le métal le carbone à l'état combiné ; en somme, à ce point de vue, le phosphore paraît complètement inactif.

12. — Si l'on dissout dans l'acide sulfurique ou l'acide chlorhydrique du fer à 1,7 p. 100 de phosphore dans lequel le microscope ne décèle aucune trace de phosphure libre, il reste après cette opération un résidu lourd, insoluble, non magnétique et de composition très complexe ; ce n'est pas simplement un composé défini de fer et de phosphore, mais plutôt un produit de décomposition de phosphure de fer. On obtient une substance analogue en faisant réagir lentement les mêmes acides sur le phosphure pur Fe^3P .

(A suivre.)

NOTES DE MÉCANIQUE

LES TUYAUTERIES DE VAPEUR ET LES COUPS D'EAU, D'APRÈS *M. C. E. Stromeyer* (1).

On sait combien les grosses tuyauteries de vapeur, celles principalement des machines marines, sont exposées à des coups d'eau susceptibles d'y occasionner des explosions (2); depuis cinq années seulement que les commissaires du *Board of Trade* anglais s'en occupent, ils ont constaté 50 explosions de ce chef.

Presque toutes ces explosions ont été amenées comme il suit. Les chaudières de la batterie étaient reliées au conduit principal de vapeur par un tuyau horizontal (fig. 1) avec raccord vertical; lorsqu'on supprimait une de ces chaudières pour une réparation, ce tuyau se remplissait d'eau de condensation dont le bas était froid et le haut chauffé par son contact avec la vapeur de la conduite générale. Quand on remettait cette chaudière en service, avant d'ouvrir le robinet qui la raccorde à la conduite générale, on ouvrait le robinet de purge de ce raccord, et alors, dès que le niveau de l'eau était tombé, dans ce raccord, au bas de sa partie verticale, la vapeur de la conduite générale s'y précipitait et s'y condensait au contact de l'eau, en y provoquant une vive agitation, indiquée sur la figure 1, avec des secousses et vibrations ébranlant violemment les tuyauteries et les valves en quelques secondes. L'intensité de ces effets dépend de la rapidité de la condensation de la vapeur, des ondes qu'elle provoque et du coup d'eau qui en résulte; c'est à l'étude de ce coup d'eau que M. Stromeyer consacre son mémoire.

Considérons, pour simplifier, le cas d'une seule chaudière reliée par un tuyau unique à une machine, un marteau-pilon, par exemple; supposons qu'il se soit amassé de l'eau dans ce tuyau, près de la chaudière, et que la prise de vapeur du marteau-pilon soit légèrement ouverte; lorsqu'on ouvrira la prise de vapeur de la chaudière, le bouchon d'eau qui se trouve près de cette prise sera projeté dans le tuyau, sur la prise du marteau-pilon qu'il fermera brusquement ou brisera, rompant aussi le tuyau ou le siège de cette prise. Ce même phénomène se produirait aussi si la prise du marteau-pilon et les joints de la tuyauterie étaient fermés et assez étanches pour avoir maintenu le vide au-dessus du bouchon d'eau.

Ce bouchon d'eau, vivement projeté, agit comme un choc élastique; et, pour étudier ce phénomène très complexe, considérons une suite de petites masses 1, 2, 3 (fig. 3) reliées par des ressorts sans poids et de longueur telle que la longueur d'une de ces masses m et de son ressort l soit de $(l + a)$ quand ce ressort n'est pas comprimé, et de l quand il est soumis à une compression P ; les masses m reposent sur un plan sans frottement, avec taquets écartés de la longueur l , et que l'on peut retirer successivement à des intervalles de durée t . En figure 3, on vient de retirer le premier taquet

(1) Mémoire présenté à la *Manchester and Philosophical Society* (Engineering, 28 février, p. 295).

(2) *Bulletin* de mars 1893, p. 236.

de gauche ; mais la masse m correspondante n'a pas encore bougé. En figure 4, le ressort de cette masse s'est détendu de toute sa longueur $(l + a)$ et il a fallu, pour cette

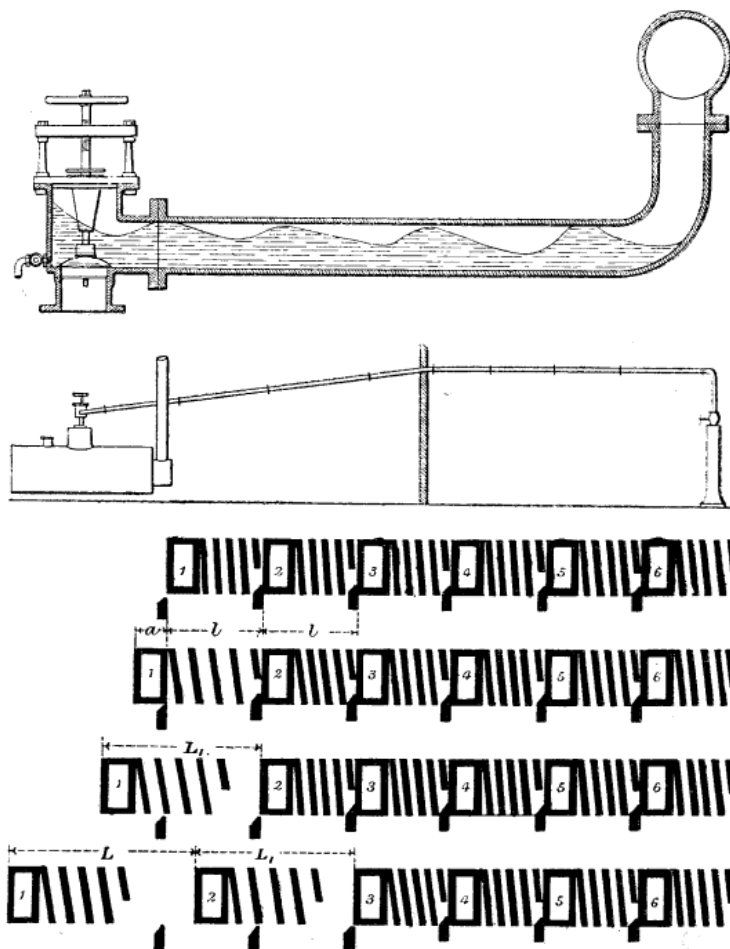


Fig. 1 à 6.

détente un temps $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{am}{P}}$, au bout duquel il aura imprimé à la masse une vitesse

$V = \sqrt{\frac{Pa}{m}}$, de sorte que, au bout du temps t , la masse l aura parcouru la longueur

$$L_1 = l + a + V \left(t - \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{am}{P}} \right) = t \sqrt{\frac{Pa}{m}} + l - a \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)$$

et au bout de $2t$ la longueur

$$L_2 = 2t \sqrt{\frac{Pa}{m}} + l - a \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right)$$

pendant que la masse 2 aura parcouru L , de sorte qu'elle se sera écartée de la masse n° 1 de $L = t \sqrt{\frac{Pa}{m}}$. Après un intervalle de nt , les n masses se seront écartées les unes des autres chacune de cette même longueur L , et peuvent être alors, comme il ne s'exerce plus entre elles aucune force extérieure, considérées comme ne formant plus qu'un tout, dont les différentes parties conservent leurs distances relatives.

L'énergie exercée par chacun des ressorts, dont la tension part de zéro pour arriver graduellement à P , est de $Pa/2$, et, s'il n'y a pas séparation entre les masses et leurs ressorts, on a

$$L = a = t \sqrt{\frac{Pa}{m}}.$$

Cela est vrai, si petits que soient a et $l + a$, pourvu que t diminue d'autant, et, par conséquent, si l'on remplace les masses et leurs ressorts par des masses élastiques sans ressorts, et au contact, série de masses à laquelle on peut assimiler une longue barre ou tige élastique.

Dans le cas d'une pareille tige, P est la pression nécessaire pour en réduire la longueur dans le rapport de l à $l + a$, et $P = \frac{Ea}{l + a}$, E étant le module d'élasticité de la tige.

Soit m la masse d'une tige de longueur $l + a$ et de masse μ par unité de longueur, il vient

$$m = \mu (l + a) \quad \text{et} \quad V = \sqrt{\frac{E a^2}{\mu (l + a)^2}} = \sqrt{\frac{P^2}{\mu E}}.$$

V étant la vitesse de rappel de cette tige. Sous une autre forme, la tige de longueur l se raccourcit de P/E sous la pression P , en emmagasinant, par unité de section, une énergie $P/2 \times P/E$, égale au produit $\frac{\mu V^2}{2}$, ce qui conduit au même résultat que la formule précédente, et ce qui signifie que l'énergie emmagasinée dans une barre ou tige tendue ou comprimée et immobile est égale à la force vive de la barre étendue et lancée par sa détente.

La vitesse de propagation W de l'onde de compression le long de la barre diffère suivant que l'on considère la longueur l de la tige raccourcie ou sa longueur naturelle $l + a$, car le temps t ne change pas, il est, comme nous l'avons vu, de $t = a \sqrt{\frac{m}{Pa}}$ dans le cas des masses élastiques en contact libre, de sorte que dans le cas de la tige non tendue et de longueur comprimée $l + a$, on a

$$W = \frac{l + a}{t} = \frac{l + a}{a} \sqrt{\frac{Pa}{m}} = \frac{E}{P} \sqrt{\frac{P^2}{E \mu}} \sqrt{\frac{E}{\mu}}.$$

C'est la vitesse même du son dans une barre élastique de module d'élasticité E et de masse μ par unité de section, et l'on a

$$W/V = \frac{l + a}{a} \sqrt{\frac{Pa}{m}} \sqrt{\frac{m}{Pa}} = \frac{E}{P}.$$

Pour une barre d'acier avec $E = 20\,000$ kilogrammes par millimètre cube et pesant 8 milligrammes au millimètre cube, il vient

$$W = \sqrt{\frac{20\,000 \times g}{0\,008}} = 5\,000 \text{ mètres par seconde}$$

de sorte que, si cette barre tombe avec une vitesse de 3 mètres par seconde sur une enclume en acier, on a, pour la pression P exercée par ce choc :

$$P = E \cdot V/W = 20\,000 \times \frac{3}{5\,000} = 12 \text{ kilogr. par millim. cube.}$$

Cette pression du choc est indépendante de la longueur de la barre ; quand la tige, animée de la vitesse V , arrive au contact de l'enclume supposée rigide, son extrémité de contact s'arrête seule immédiatement, et l'autre extrémité continue à se mouvoir avec la vitesse V jusqu'à ce que l'onde de pression y arrive ; toute la tige est alors au repos ; mais, un instant après, le bout libre se meut, par détente, à la vitesse V , avec une onde de réaction marchant vers l'enclume à cette vitesse V .

La durée du choc est le temps que les ondes de pression et de détente mettent à parcourir, en aller et retour, deux fois la longueur de la tige ; cette durée est donc indépendante de la vitesse V de la tige ; pour $l = 1$ mètre elle est de $\frac{2}{5\,000}$ de seconde.

Ces formules ne s'appliqueraient exactement qu'au choc de corps parfaitement élastiques, et leurs résultats sont, en pratique, considérablement atténués par la plasticité des métaux ; néanmoins, on peut les appliquer, comme cas extrême, au choc du marteau d'eau, dont elles expliquent parfaitement les effets. Pour le démontrer, M. Stromeyer cite l'expérience suivante : prenant un tube de verre fermé aux deux bouts, avec, à l'une de ses extrémités, un vide de $0^m,60$ de long, et à l'autre, de l'eau sur une longueur de 150 millimètres, si l'on casse le tube à cette extrémité, l'eau, soumise tout à coup à la pression de l'atmosphère, est violemment projetée sur l'autre extrémité du tube, qu'elle atteint avec une vitesse V de 28 mètres par seconde, d'où une pression hydrostatique de choc égale à

$$P = E \cdot 28/W = \frac{22\,400 \times 28}{1\,410} = 448 \text{ kilogr. par centimètre carré.}$$

W , étant la vitesse de son dans l'eau et E le module d'élasticité de l'eau ; c'est une pression en tous sens, plus que suffisante pour faire éclater le verre, et pour, tout au moins, fausser un tube en acier ; les rapports du *Board of Trade* relatent d'ailleurs nombre d'explosions de tuyauteries survenues dans des circonstances analogues.

Pour reproduire les conditions du marteau d'eau de la figure 1, on prend un tube de verre en L, relié en son extrémité supérieure à un ballon dans lequel on produit de la vapeur, et qui représente la chaudière ; l'autre bout est fermé par un bouchon de caoutchouc qui représente la soupape de prise de la chaudière à la conduite principale de vapeur ; dès que la vapeur monte, et qu'on vide l'eau du tube par son purgeur, il se produit des marteaux d'eau qui chassent le bouchon de caoutchouc.

RÉGULATEURS DE PRESSION *Foster*.

Ces régulateurs détendeurs, construits par la *Foster Engineering Co*, de Newark, sont très répandus aux États-Unis ; ils sont remarquables par l'exactitude et la facilité

de leur réglage. La vapeur admise par A (fig. 1 et 2) sort par B, au travers de la soupape à double siège H, dont la tige G est librement articulée aux leviers amplificateurs XX, commandés en N par le diaphragme F, dans la chambre D duquel la vapeur pénètre par un canal E, réglable au moyen du pointeau M. Ce diaphragme F est chargé par les ressorts J, réglables par le boulon KB, au moyen du genou T *a*; ces ressorts tendent à ouvrir la soupape Hg, et, dès que la pression en A augmente ou baisse, le diaphragme se lève ou s'abaisse de manière à ouvrir ou étrangler la soupape H et à maintenir ainsi la pression invariable en B.

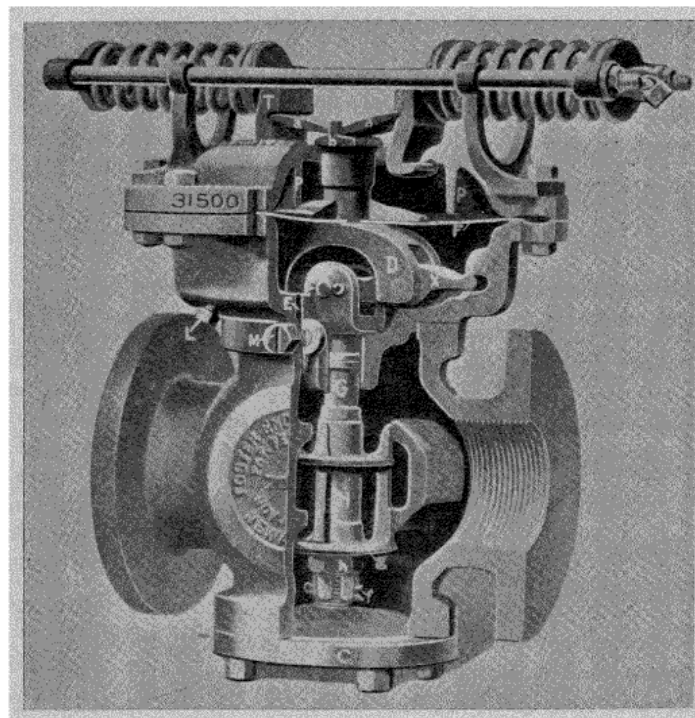
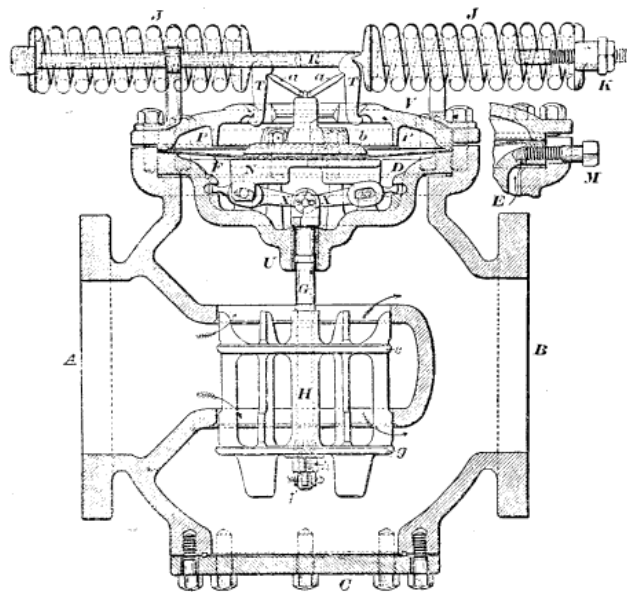
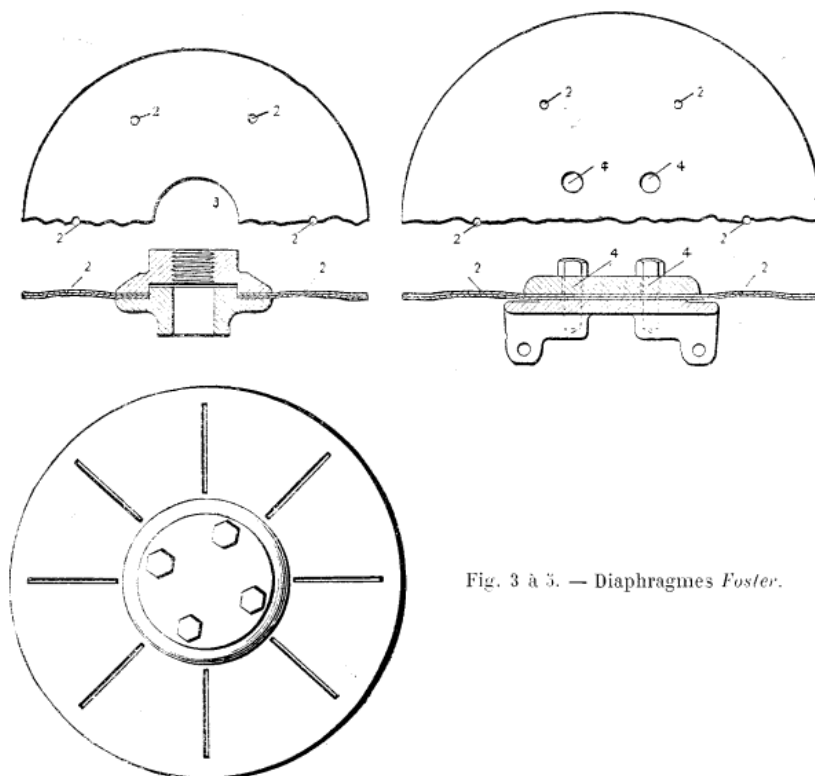


Fig. 1. — Régulateur de pression *Foster* de 80 millimètres.

Comme le genou *aa* s'ouvre à mesure que les ressorts J se compriment, l'augmentation de tension de ces ressorts se trouve à peu près compensée dans toutes les positions de la soupape H, et les leviers amplificateurs XX permettent, d'autre part, de réduire notablement les flexions du diaphragme, par exemple à 4 millimètres de part et d'autre de sa position moyenne pour le diaphragme de l'appareil (fig. 2), dont le diamètre est de 300 millimètres, et qui n'éprouve ainsi, du fait de ses flexions, que très peu de fatigue. En outre, pour éviter l'accumulation de vapeur ou d'eau entre les lames de ce diaphragme, les disques supérieurs sont (fig. 3) percés de petits trous 2; ces disques sont ondulés légèrement à la presse hydraulique, ce qui en augmente l'élasticité au point de permettre de n'en employer plus que 2 au lieu de 3, et, pour les très hautes pressions, les trous du type précédent sont (fig. 5) remplacés par des

Fig. 2. — Régulateur *Foster* de 300 millimètres.Fig. 3 à 5. — Diaphragmes *Foster*.

fentes radiales qui en augmentent la flexibilité et la résistance ; ces diaphragmes sont en acier de scies.

Pour les basses pressions, jusqu'à un atmosphère et au-dessous, comme dans la plupart des chauffages à la vapeur, on emploie le type représenté par les figures 6 et 7. avec tige 10, à garniture en rainures sans segments ; quand la pression augmente au débit B, le diaphragme 6 s'abaisse et ferme la soupape H. Quand le débit de la vapeur est tel que la pression est forcément un peu plus forte, au sortir même de la soupape H, qu'on ne la veut dans la canalisation, on tourne le bas de l'appareil en desserrant

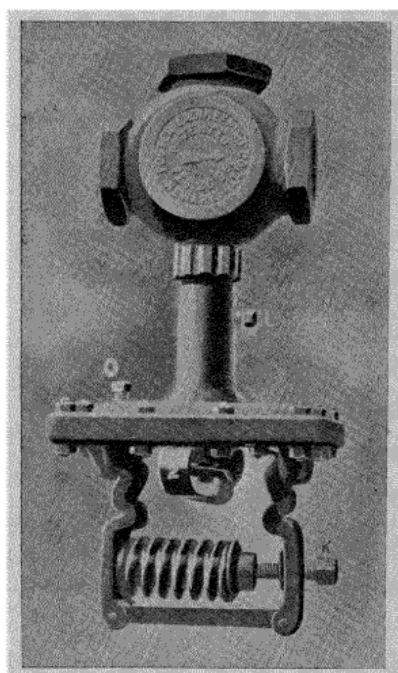


Fig. 6. — Régulateur *Foster* à basse pression.

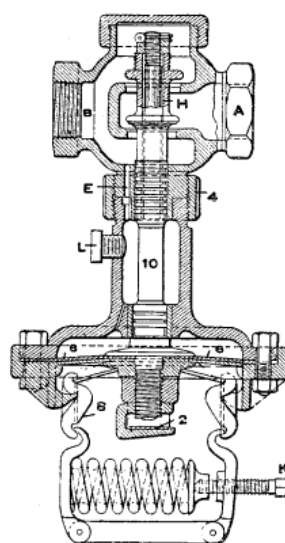


Fig. 7. — Régulateur *Foster* à basse pression.

l'écrou 4, de manière à fermer l'ouverture E, et l'on fait communiquer le diaphragme par un raccord en L, avec le point de la canalisation à partir duquel on veut maintenir la pression réglementaire. Le diaphragme 6 est en caoutchouc armé de rondelles en acier.

Le ressort auxiliaire 2, qui tend à fermer la soupape, intervient pour en empêcher l'ouverture lorsqu'on veut maintenir un certain vide dans la canalisation ; on peut ainsi fonctionner avec un vide allant jusqu'à 500 millimètres de mercure.

La figure 8 représente l'application de ce régulateur à une canalisation d'air comprimé 17, recevant son air du tuyau 16 au travers de la valve C et du régulateur A, complété par une valve auxiliaire B, avec diaphragme qui, lorsque la pression augmente en 17, admet, par 3, de l'air comprimé sous le diaphragme de la valve C et la ferme,

de sorte que cette valve est toujours toute grande ouverte ou fermée, et dès qu'elle

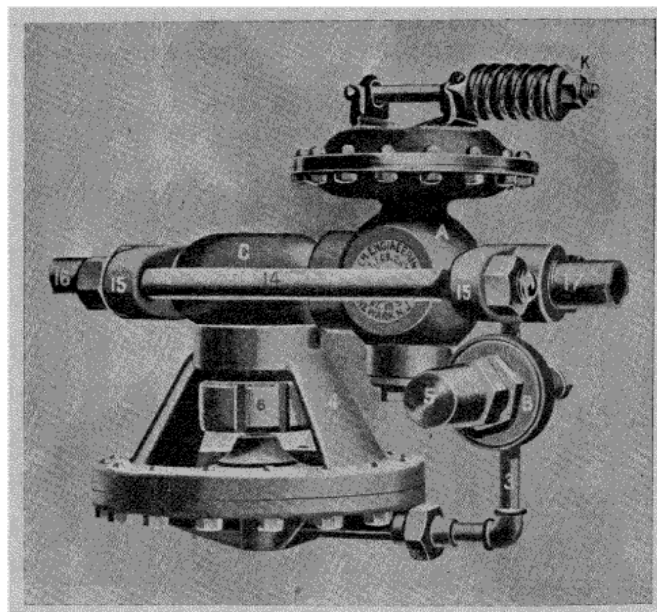


Fig. 8. — Régulateur de sûreté *Foster*.

se rouvre, elle envoie en A une chasse d'air suffisante pour en balayer et nettoyer le siège des poussières qui pourraient s'y être accumulées.

EMPLOI DE LA VAPEUR SURCHAUFFÉE SUR LES LOCOMOTIVES

Les propriétés bien connues de la vapeur surchauffée ont incité quelques constructeurs à l'employer sur les locomotives. Les figures 1 à 3 se rapportent à une locomotive avec surchauffeur Schmidt dans la boîte à fumée (1). La surchauffe à 300° est réalisée en amenant au surchauffeur directement une partie des gaz du foyer par un tube de 280 à 300 millimètres de diamètre, fixé au bas des plaques tubulaires entre les tubes de la chaudière. Le surchauffeur est constitué par 62 tubes de 30 à 33^{mm},5 de diamètre intérieur et de 38 à 41^{mm},5 de diamètre extérieur, courbés en trois anneaux concentriques, débouchant au fond de deux chambres placées l'une à droite et l'autre à gauche de la cheminée, dans la boîte à fumée.

Le surchauffeur est enfermé dans une caisse en tôle que l'on peut fermer de chaque côté de la boîte à fumée, en haut, par des clapets manœuvrés par le mécanicien. La chambre à vapeur à droite de la boîte à fumée, divisée par une cloison médiane, reçoit, lorsqu'on ouvre le régulateur, la vapeur saturée qui traverse le surchauffeur et arrive dans la chambre de gauche, qui n'a pas de cloison, de sorte que la

(1) *Zeitschrift des Vereiner der Deutscher Ingenieure*, 1^{er} et 8 février 1902.

vapeur ainsi réchauffée retourne par les tubes d'avant dans la partie antérieure de la chambre à vapeur de droite d'où elle passe aux conduites d'admissions.

Les gaz chauds amenés directement au surchauffeur lèchent les tubes du surchauffeur et s'échappent par les clapets; leur aspiration par le tirage est proportionnelle

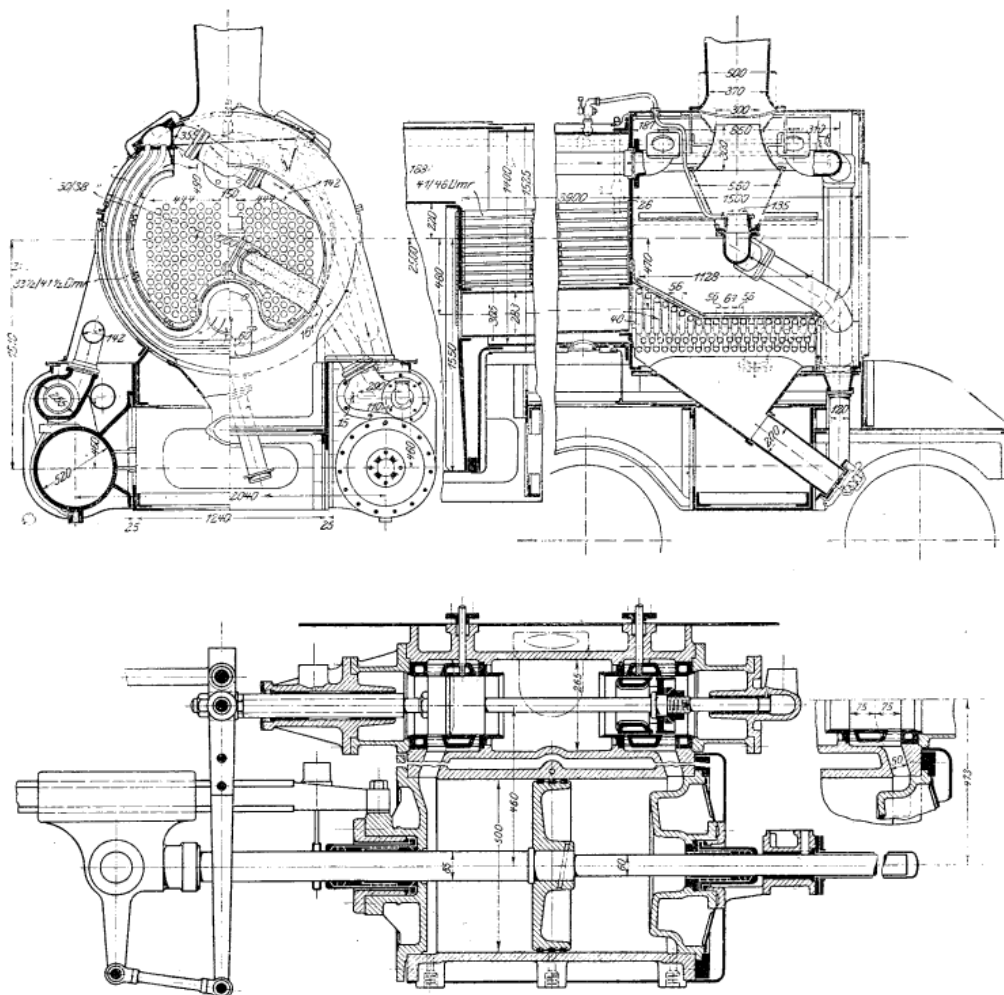


Fig. 1 et 2. — Surchauffeur Schmidt. — Fig. 3.

au travail de la locomotive et cesse presque complètement lorsqu'on ferme le régulateur. Leur débit peut être, en outre, renforcé ou atténué par les clapets de la caisse du surchauffeur. Grâce à la disposition particulière des tubes, les parois de la caisse ne peuvent pas s'échauffer outre mesure et devenir rouges. De plus, pour préserver le surchauffeur et les parois de la caisse, la tige du souffleur est reliée à celle des clapets de façon qu'ils se ferment lorsque le souffleur est ouvert.

La chute de température des gaz chauds de leur tube à la cheminée peut être estimée à 800° ; elle suffit pour porter la vapeur saturée de 192° à 333° lorsque la machine fonctionne pendant un certain temps continuellement. Mais des mesures ont montré qu'il règne au milieu de l'espace du surchauffeur une température moyenne de 700° et que les gaz qui s'échappent ont en moyenne 350° .

Les groupes inférieurs de tubes du surchauffeur sont assez espacés pour que les escarbilles entraînées par le tube tombent dans la trémie de la boîte à fumée, de sorte que le faisceau de tubes du surchauffeur ne s'engorge pas. De plus, les tôles de revêtement démontables des parois latérales de la caisse du surchauffeur permettent d'in-

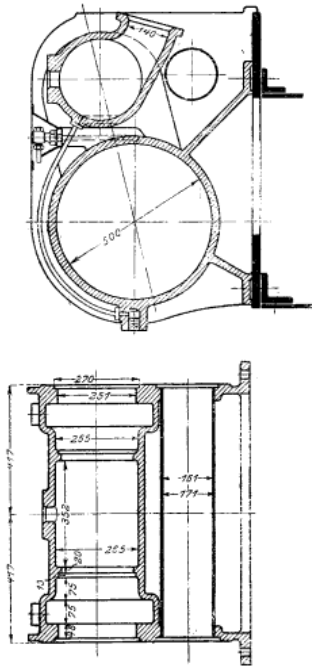


Fig. 4 et 5.

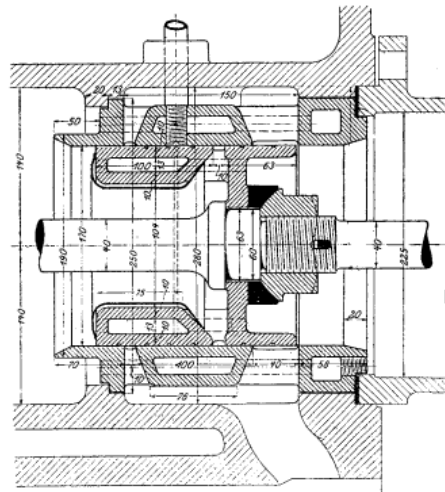


Fig. 6. — Tiroir protégé.

specter ces tubes. La suie qui s'accumule sur les tubes du surchauffeur est chassée de temps en temps en ouvrant une prise de vapeur à la portée du mécanicien. Cette prise envoie de la vapeur sèche du dôme dans deux tubes placés à l'intérieur de la boîte à fumée, transversalement par rapport aux tubes du surchauffeur, et percés de petits trous. Les jets de vapeur, dirigés vers le bas, passent entre les tubes du surchauffeur et les nettoient.

L'adjonction du surchauffeur n'exige qu'un agrandissement peu important de la boîte à fumée.

Les tiroirs sont (fig. 3 à 5), cylindriques, avec admission intérieure, et équilibrés. Les presse-étoupes de la boîte du tiroir ont pu être supprimés, puisque, sur les faces extérieures des tiroirs, la pression est égale à celle de la vapeur d'échappement; en outre, de ce fait, quelle que soit la pression de la chaudière, les tiroirs peuvent être

Après beaucoup de tâtonnements on s'est arrêté au piston suédois à 3 segments (fig. 7 et 8) qui se comporte très bien; les segments ne supportent aucunement le poids du piston, ce qui en diminue l'usure. Chaque segment est muni d'une gorge d'où partent plusieurs petits trous. Lorsque le 1^{er} et le 2^e segments sont comprimés

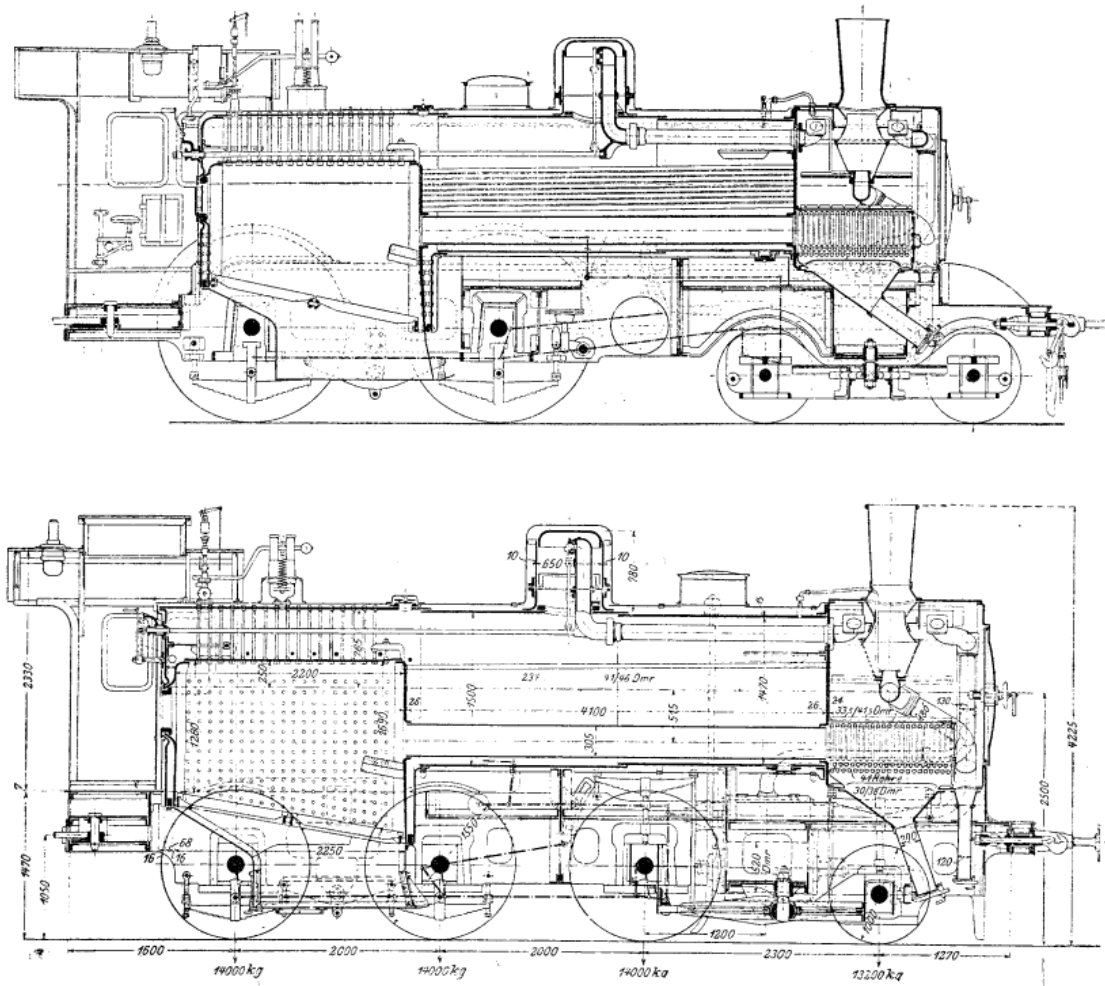


Fig. 12 et 14.

par la vapeur, celle-ci sort immédiatement par ces trous à l'intérieur du piston, supprime la contraction des deux premiers segments, et serre le troisième.

Plus tard on a adopté le tiroir, figure 9, avec boîte pouvant être chauffée (fig. 10 et 11), par la vapeur, de la sorte la boîte est assez rapidement dilatée pour que le tiroir ne puisse pas gripper. La même boîte est représentée (fig. 6) avec un tiroir pouvant être rafraîchi et sans bagues d'étanchéité. Ce tiroir est protégé à l'intérieur par une douille en tôle contre l'action directe de la vapeur surchauffée et il est en outre

refroidi par six conduits qui font communiquer son intérieur avec la vapeur d'échappement. L'échauffement ne peut donc avoir lieu que graduellement: ces tiroirs ont donné de bons résultats après un fonctionnement de cinq mois.

Des diagrammes pris sur une locomotive à grande vitesse et à surchauffe de la vapeur remorquant un train de 41 essieux sur la ligne de Grunewald à Belzig (62^{kil},5)

Fig. 13.

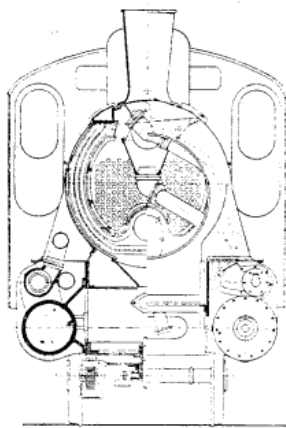


Fig. 17.

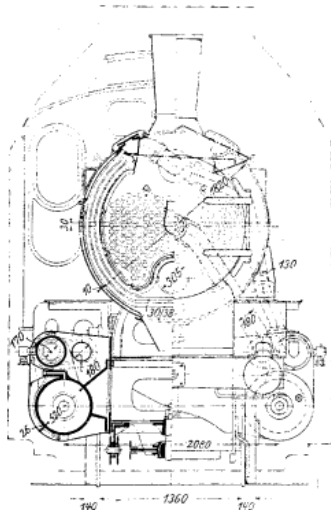
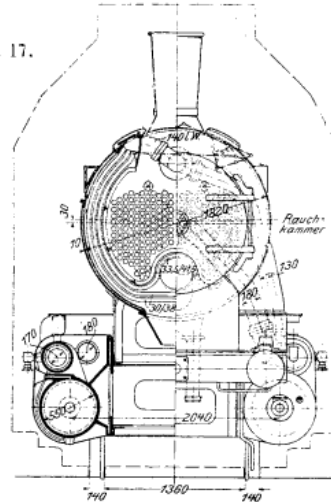


Fig. 15.

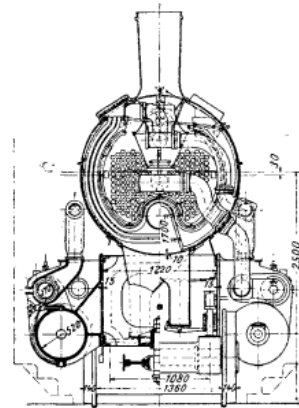
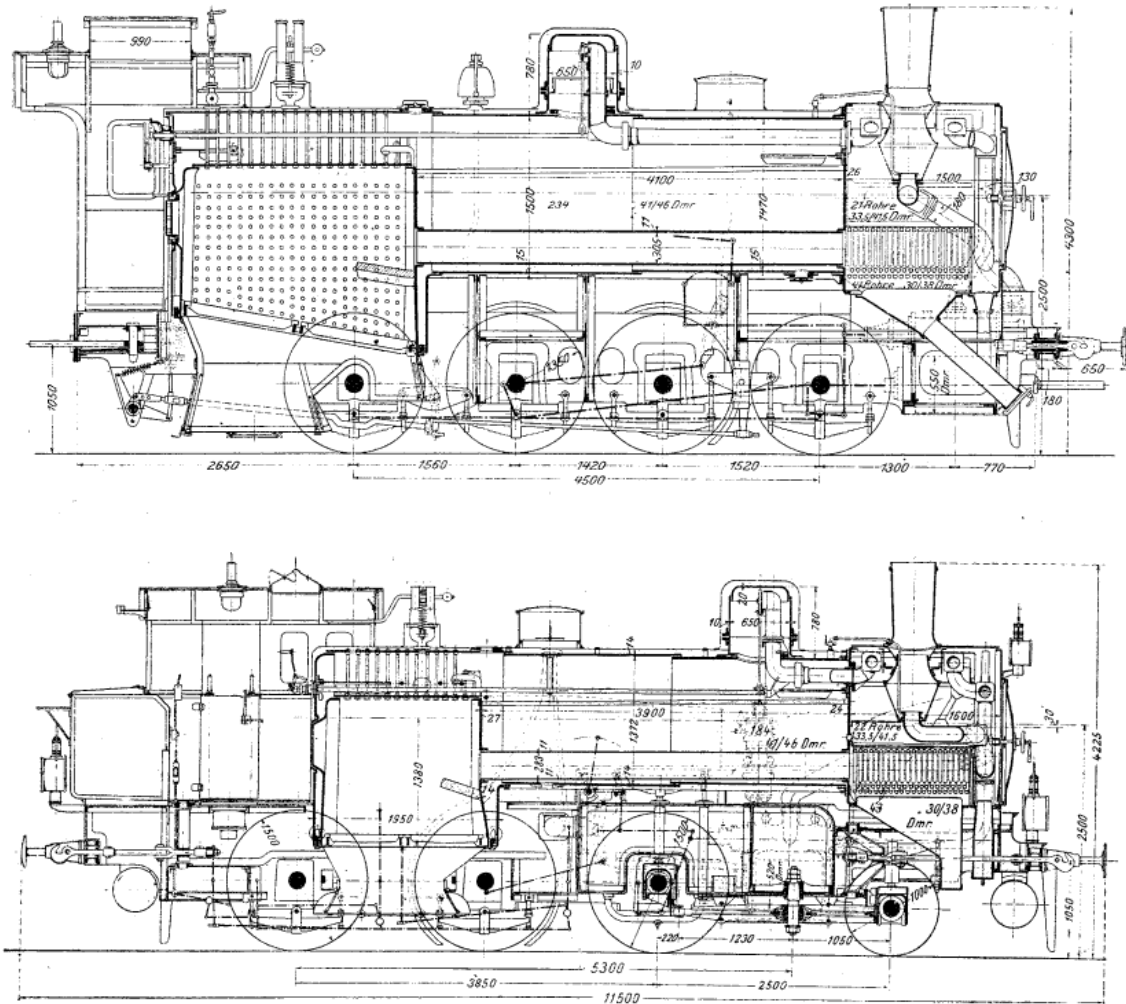


Fig. 19.

et retour, ont montré que les introductions étaient très faibles. La locomotive à surchauffe a dépensé, par train-kilomètre, 9^{kil},61 de charbon et 38^{kil},2 d'eau, et deux locomotives compound ordinaires respectivement 10^{kil},66 et 10^{kil},78 de charbon et 78^{kil},5 d'eau; soit, en moyenne, 11,5 p. 100 de charbon et 30 p. 100 d'eau de plus que la locomotive à surchauffe pour le même travail.

- 1^o Locomotive à grande vitesse à 2 essieux couplés (fig. 12 et 13);
- 2^o Locomotive à marchandises à 3 essieux couplés (fig. 14 et 15), destinée à remorquer les trains les plus lourds, dans des pays montagneux;



3° Locomotive à marchandises à 4 essieux couplés (fig. 16 et 17), destinée aux trains lourds et au transport de l'armée ;

4° Locomotive-tender pour trains de voyageurs et de marchandises (fig. 18 et 19) destinée à remplacer les locomotives de lignes secondaires, celles de la ligne de ceinture de Berlin et celles des lignes de banlieue.

Dans ces nouvelles locomotives, on revient à la disposition symétrique par l'emploi de deux cylindres identiques, à droite et à gauche, et échangeables. Les chaudières seront placées très haut, comme dans les types américains.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 28 février 1902

Présidence de M. LINDER, Président.

CORRESPONDANCE. — M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. P. Vierhaut, 6, rue de Lyon, à Saint-Étienne, demande le concours de la Société pour un moyen de *prévenir les abordages*. (Arts mécaniques.)

M. Quéfféléant, 6, passage Montgallet, demande un brevet pour une *hélice aérienne*. (Arts mécaniques.)

M. Dabouville, 2, rue de Bellefond, présente un *moteur rotatif*. (Arts mécaniques.)

M. L. Izart, 15, rue Froment, à Levallois, présente un *système de roues à rais mobiles*. (Arts mécaniques.)

M. A. Delagneaux, contremaître à l'usine Blache, 20, rue Manin, présente une *transmission par poulies extensibles*. (Arts mécaniques.)

M. le Ministre de l'Agriculture envoie des cartes de circulation pour visiter le concours général d'animaux gras qui se tiendra au Grand Palais des Champs-Élysées, du 1^{er} au 3 mars 1902.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — M. Collignon présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 309 du *Bulletin* de février.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

MM. Popineau, ingénieur des arts et manufactures à Saint-Denis, présenté par MM. Collignon et Marchand-Bey;

Vizet fils, ingénieur-constructeur à Saint-Denis, présenté par MM. Collignon et Marchand-Bey;

Dumas, Louis, ingénieur conseil de la Société de Commentry-Fourchambault à Paris, présenté par MM. Osmond et Pourcel;

Richie, Georges, directeur de la fabrique de blindage de M. Beardmore et C^o à Glasgow, présenté par MM. Le Chatelier et Stead.

CONFÉRENCE. — M. Hitier fait une conférence sur le *Sol et les Systèmes de culture*.

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

CORRESPONDANCE

A PROPOS D'UNE ASSERTION DE M. L'ABBÉ LE DANTEC (1)

Le hasard nous met sous les yeux un article publié par M. l'abbé Le Dantec dans le *Bulletin* de la Société d'Encouragement (2) et relatif à des expériences faites par lui, sur la résistance de l'air au mouvement des corps.

Cet article contient des assertions tellement hasardées sur les expériences que nous avons faites à la tour Eiffel, qu'il nous est impossible de les laisser passer sans les relever, bien que l'auteur de l'article ne cite pas nos noms, et qu'il se borne à nous désigner sous le nom d'*expérimentateurs en plein vent*.

M. l'abbé Le Dantec commence par insinuer que nous avons imité sa méthode expérimentale; or nos expériences étaient déjà publiées en juillet 1892 (2), alors que les premiers essais de M. l'abbé Le Dantec, d'après ses indications mêmes, ne remontent qu'en 1893.

M. l'abbé Le Dantec considère comme un perfectionnement très sérieux apporté à ses appareils de 1893 l'addition d'un enregistreur électrique, en l'année 1898.

Dans la critique qu'il fait de nos expériences, il ajoute « *Qu'on ne peut rien obtenir de bon sans cet appareil* », s'il s'était donné la peine de lire le compte rendu de nos recherches, il aurait vu que toute notre méthode repose précisément sur l'emploi d'un tel enregistreur, qui nous a permis d'analyser la chute des corps, non par seconde, comme M. l'abbé Le Dantec semble le désirer, mais bien par cinquantièmes de seconde; il aurait vu également que, loin de ne pouvoir assigner un chiffre au coefficient de résistance de l'air, toutes nos recherches ont abouti à établir la valeur de ce coefficient à 0,071, avec les unités que nous avons adoptées.

Cette valeur, différente de celle qui était admise jusqu'alors, a d'ailleurs été confirmée, depuis ce temps, par d'autres expérimentateurs. Enfin, M. l'abbé Le Dantec aurait vu également comment nous avons procédé pour comparer les résistances éprouvées par des surfaces égales, de formes différentes et de même poids.

En consultant les graphiques publiés par nous et relatifs, par exemple, à une surface carrée et à une surface triangulaire, il aurait pu constater, qu'au début de la chute, la surface triangulaire paraît, en effet, éprouver une résistance un peu plus grande que la surface carrée, mais que cette différence tend à disparaître aux grandes vitesses, de telle sorte que, pour les 120 mètres de chute utilisés par nous, il n'y a pas une différence d'un cinquantième de seconde dans les durées de parcours des deux mobiles.

(1) Numéro de juillet 1899, page 102.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CXV, page 13.

Comptes rendus de la Soc. française de Physique, séance du 4 novembre 1892.

Tome 102. — 1^{re} semestre. — Mars 1902.

Quant à la perturbation apportée par l'agitation de l'air, M. l'abbé Le Dantec a mauvaise grâce de nous reprocher de ne pas nous en être préoccupés, puisque nous la signalons en terminant notre mémoire, et en indiquant en même temps ce que nous avons fait pour éviter autant que possible son influence.

Les expériences de M. l'abbé Le Dantec faites, sur une hauteur de chute de 25 mètres, peuvent être exactes dans les conditions où il les a réalisées, mais est-il prudent d'en déduire ce qui doit se passer pour la hauteur de chute de 120 mètres que nous avons utilisée?

M. l'abbé Le Dantec nous paraît un peu hardi quand il affirme que les causes perturbatrices, dues à l'agitation de l'air, peuvent agir avec la même intensité, soit sur des surfaces légères, qui, comme celles qu'il emploie, ne parcourent que quelques décimètres, soit sur des surfaces comme celles que nous avons employées, et qui, lestées par des poids considérables, parcourent 20 à 25 mètres pendant le même temps.

Que M. l'abbé veuille bien se souvenir que, s'il suffit de souffler sur une feuille de papier tombant lentement dans l'air pour troubler absolument sa chute, il ne saurait en être de même si l'on soufflait sur un pavé tombant de la hauteur d'un *quarantième étage*.

CAILLETET ET COLARDEAU.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MARS 1902

Du Ministère de l'industrie et du travail de Belgique. **Les salaires dans l'industrie Gantoise.** 1. Industrie cotonnière, par M. L. Varlez. In-8° Coop. Bruxelles. O. Schepens. **Les industries à domicile en Belgique**, vol. 2. et 3. La **Revue du travail**, année 1901. **Annuaire de la législation du travail.** Année 1900. In-8°, 900. p. **Rapports annuels de l'inspection du travail**, année 1900.

Du Ministère du commerce. **Brevets d'invention**, n° 295797-296478 et n° 297663 et 298670 (1900). **Seconde enquête sur le placement des employés.** In-8°, 189 p. Imprimerie nationale.

Du Ministère de l'Intérieur. **Situation financière des départements, en 1899**, par M. Bruman. In-4°, 470 p. Melun, Imprimerie administrative.

La Crise industrielle russe par M. J. Cordewener. *Geologie des Krivoï Rog (de Donetz) et de Kertsch.* In-8°, 320 p. Paris, Béranger.

Du Comité international des poids et mesures. **Procès-verbaux des Séances** (1901). In-8°, 180 p. Paris, Gauthier-Villars.

De la Smithsonian Institution. **Bureau J., American Ethnology. Annual Report.** 1896-97. part. 2. In-8°, 500 p. Washington.

De M. Cacheux. **Le sacrifice de la propriété privée. La mobilisation du sol.** 2 brochures extraites du *Bulletin des sciences économiques et sociales au comité des travaux historiques et scientifiques.*

Législation des chutes d'eau, par M. C. Pinat. In-18, 72 p. Lyon, imprimerie Bonnaviat.

Les Ennemis du blé, essai d'entomologie pratique, par M. A. de Champville. In-8°, 150 p. Paris, de Launay.

Jahres-Bericht über der Chemischen Technologie, par M. F. Fischer (1901), 1^{re} partie. *Chimie inorganique.* In-8°, 604 p. O. Wigand. Leipsick.

Les Locomotives à l'Exposition de 1900, *Locomotives à vapeur, locomotives et automoteurs électriques*, par MM. Godfernaux et Barbier. In-4°, 313 p., 73 pl. Paris, Dunod.

De la collection Scientia. Paris, Naud. **Le phénomène de Kerr**, par M. E. Neculcea. **La géométrie non euclidienne**, par M. E. Barbarin. **Les franges d'interférence**, pa

M. Macé de Lépinay. **Cryoscopie**, par M. F. M. Raoult. **Géométrographie** ou art des constructions géométriques, par M. E. Lemoine. **Théorie de la Lune**, par M. H. Audoyer.

L'Arquebuserie française. Études et perfectionnements successifs des armes, par M. A. Nouvelle. In-8°, 146 p. Paris, Didot.

La Bauxite, par M. C. Aichino, une brochure, 46 p. Extraite de la *Rassegna Mineraria*, Turin, Cassonne et Candeleffi.

La Chimie alimentaire et l'œuvre de Parmentier, par M. A. Balland. In-8°, 448 p. Paris, J.-B. Baillière.

Électromoteurs, par M. G. Roessler (*Traduction Samitea*). I. Courants continus. In-8, 152 p. Paris, Dunod.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Février au 15 Mars 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo-
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	rantes.
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>PC.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	<i>RCp.</i> Revue générale de chimie pure
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	et appliquée.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer
<i>CN.</i> Chemical News (London).	et tramways.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Dp.</i> Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
<i>E.</i> Engineering.	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>E'</i> The Engineer.	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>Rt.</i> Revue technique.
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de
<i>Ef.</i> Économiste français.	la métallurgie.
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	(Bulletin).
<i>Ge.</i> Génie civil.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri-
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	ciens (Bulletin).
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle
<i>Im.</i> Industrie minérale de St-Étienne.	de Mulhouse
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	France (Bulletin).
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de législation.
<i>Ln.</i> La Nature.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de
<i>Lo.</i> Locomotion.	France (Bulletin).
	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
	<i>USR.</i> Consular Reports to the United
	States Government.
	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher
	Ingenieure.
	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen
	Ingenieure und Architekten-
	Vereins.

AGRICULTURE

- Betteraves** fourragères. Expériences de Capelle. *Ag.* 1-15 Mars, 335-441.
 — (Choix des) pour l'alimentation du bétail. *Ag.* 15 Mars, 426.
- Bétail.** Conformation des bêtes bovines (de Lapparent). *Ag.* 22 Fév., 281.
 — Spécialisation des bêtes bovines. *Ag.* 8 Mars, 376.
- Engrais.** Le Phosphate alcalin. (Hugues). *SA.* 14 Mars, 356. Ammoniac-magnésien (Sellier). *RCp.* 23 Fév., 77.
 — Nitrates de soude et les cultures du printemps (Grandeau). *Ap.* 13 Mars, 343. Potassiques et sols riches en potasse. *Ap.* 6 Mars, 309.
 — Inoculation des sols destinés à la culture de la luzerne ou du trèfle (Dehéraïn). *SNA.* 8 Janv., 30.
 — L'acide phosphorique (Dehéraïn). *SNA.* 8 Janv., 41.
- Fromagerie.** Caves d'affinage. Estimation de la caséine coagulée par la présure. *Ap.* 20 Fév., 246, 248.
 — (Chimie de la fermentation des). (Sutherst). *Cs.* 28 Fév., 219.
- Fruits véreux** et la *Corpocapsa pomonella*. *Ag.* 15 Mars, 419.
- Ferme des Marquises.** *Ap.* 13 Mars, 351.
- Lait.** Utilisation du lait de beurre. *Ap.* 6 Mars, 322.
- Machines agricoles.** En 1900. (Charrues). *VDI.* 22 Fév., 275.
- Orge.** Semailles. *Ap.* 20 Fév., 245. Fumure. *Id.* 276.
- Pommes de terre.** Expérience de Capelle. *Ag.* 22 Fév., 292.
- Prairies** humides (Fumure des). *Ap.* 20 Fév., 256.
- Vignes** à haut rendement, du midi de la France (Muntz). *CR.* 17 Fév.; 10 Mars, 392, 575.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer** en Tunisie. *Gc.* 22 Fév., 281.
 — Métropolitains de New-York. *E.* 21-28 Fév., 244, 276.
 — — Suisses en 1899. Statistique. *Rgc.* Mars, 206.

- Chemins de fer** de Berlin. *E.* 21 Fév., 255.
VDI. 22 Fév., 261. *Gc.* 15 Mars, 321.
 — de Chine. *E.* 14 Mars, 351.
 — Vibrations des chemins tubés. *E'.* 21 Fév., 192; 14 Mars, 256.
 — Électriques. Traction par unités multiples. *Id.* 10 Mars, 103.
 — — (les). *E.* 7 Mars, 317. (Swinburne). *Id.* 14 Mars, 359.
 — — de Berlin. *VDI.* 22 Fév., 261; 1^{re} Mars, 302.
 — — Londres. *Rgc.* Mars, 218.
 — — Paris. *Sie.* Fév., 136.
 — — Meynier et Legros. *Elé.* 22 Fév., 120.
 — — Fayet-Chamounix (Geoffroy). *APC.* n° 37.
 — — à grandes vitesses en Allemagne. *Rgc.* Mars, 193, 220.
- Ligne de Toul à Pont-Saint-Vincent.** *Ac.* Mars, 34.
- Locomotives** à l'Exposition de 1900. *VDI.* 1^{re} Mars, 315.
 — Compound des chemins de l'Adriatique. *Gc.* 8 Mars, 303.
 — Express du Furness Ry. *E'.* 21 Fév., 194.
 — Central New-Jersey. *RM.* Fév., 173.
 — Américaines (Oudet). *RM.* Fév., 110.
 — (Équilibrage des). *E'.* 28 Fév., 206.
 — Distribution Walshaerts. Histoire (Bouvin). *RM.* Fév., 105.
 — Pare-étincelles américains. *E'.* 7 Mars, 246.
 — Réchauffeur d'alimentation Forney. *RM.* Fév., 174.
- Trains.** Services anglais et français en 1901. (Rous Marten). *E'.* 21 Fév., 187.
- Triage des petits colis** à la gare d'Austerlitz (Orléans). *Rgc.* Mars, 171.
- Voitures.** Matériel indien (Bamford). *E.* 21 Fév., 235. 7-14 Mars, 303-340.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobiles.** Exposition de Crystal Palace. *E'.* 21 Fév., 185.
 — Industriels en France. *E'.* 28 Fév., 203.
 — Conseils et recettes (Baudry de Saunier). *La* 8 Mars, 156.

Automobiles au pétrole. Clément. 8 chev. *La.* 22 Fév., 117.

- — Riegel (Transformateur). *id.* 124.
- — G. Richard. *La.* 1^{er} Mars, 133.
- — Dechamps, *id.*, 8-15 Mars, 151, 168.
- — Eldin et Lagier. *Pm.* Mars, 34.
- — Les moteurs. *Société d'Encouragement de Berlin*, Fév., 29.
- — (Refroidissement des). (Lavergne). *Ri.* 15 Mars, 109.

— à vapeur. Barrière. *La.* 6 Mars, 150.

— Frein. Rochet et Schneider. *La.* 8 Mars, 156.

Plate-forme roulante pour transports dans Paris (Casalonga). *IC.* Janv., 72.

Tramways électriques. Londres (Prix des). *E'*. 21 Fév., 182.

— — Interurbains américains. *E.* 7 Mars, 306.

— — (Moteurs des) (Hanchett). *EE.* 8 Mars, 349.

— — Etude comparée des systèmes et appareils de traction (Berg). *EE.* 22 Fév., 275; 1^{er} Mars, 311.

— — Freins de Sin Hewitt et Rhodes. *Ri.* 22 Fév., 75.

— — Dangers du câble aérien. *E.* 7 Mars, 319.

— Rail. Francq. *AC.* Mars, 46.

— Nettoyeur de rails. *Gc.* 15 Mars, 334.

Velocipèdes. Frein Rassinier. *La.* 6 Mars, 144.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acides sulfurique. Procédé au contact (Kaltersbach). *RCp.* 23 Fév., 79. Accident dans la fabrication (Carula). *Cs.* 28 Fév., 226.

— carbonique liquide, préparation et application (Mathias). *Rgds.* 28 Fév., 180.

Acétylène. (Éclairage à l'incandescence par la carburation de l') (Cars). *Rep.* 23 Fév., 84.

Alcool. Combinaisons avec les chlorures de manganèse et de cobalt (Bourion). *CR.* 3 Mars, 533.

Antimoine. Poids atomique (Friend et Smith). *CN.* 14 Mars, 124.

Bismuth. (Oxyde de). Action sur diverses solutions métalliques (Aloy). *ScP.* 5 Mars, 129.

Brasserie. Divers. *Cs.* 28 Fév., 267.

— Expériences sur la fabrication du malt (Salomon). *IoB.* Janv., 2.

— Formation des spores parmi les saccharomycètes (Barker). *Id.* 27.

— Levures anglaises les (Jorgensen). *Id.*, 97.

Diffusion. Étude par observations optiques (Thovet). *CR.* 10 Mars, 594.

Caoutchouc. Extraction par solvants ou traitements mécaniques (Gerber). *Ms.* Mars, 161.

Céramique. Analyse des glaçures des produits céramiques (De Luynes). *CR.* 24 Fév., 480.

Ciments. État actuel des essais en Allemagne (Congrès de Buda-Pesth). *Le Ciment.* Fév., 29.

— Divers. *Cs.* Fév., 237.

Chlorate de potasse. Explosion par la chaleur. (Dupré). *Cs.* 28 Fév., 217.

Eaux contaminées. Recherche des acides gras (Causse). *CR.* 24 Fév., 481.

Eau oxygénée. Fabrication et propriétés (Fawcitt). *Cs.* 28 Fév., 229.

Égouts. Incinération des ordures à Milwaukee. *Gc.* 22 Fév., 280.

Essences et parfums. Divers. *Cs.* 28 Fév., 273.

— d'oranges (Theuler). *RCp.* 9 Mars, 97.

— Action sur l'oxyde de zinc. *CR.* 10 Mars, 601.

Éthane et méthane. Préparation par réaction de l'hydruide de potassium sur l'iodeure d'éthyle et le chlorure de méthyle (Moissan). *CR.* 17 Fév., 389.

Fer. Cristallisation du peroxyde (Ditte). *CR.* 3 Mars, 507.

Fermentation alcoolique, chaleur dégagée (Brown). *Ms.* Mars, 225.

Gaz. Loi de Boyle. Application aux très basses températures (Battelli). *ACP.* Mars, 289.

Gélatine. Action mécanique sur les solides et sur le verre en particulier (Cailletet). *CR.* 17 Fév., 400.

Houilles du Bengale et du Japon. *Cs.* 28 Fév., 237.

Huile d'arachide. Nouvelles recherches sur sa détermination (Tortelli et Ruggeri). *Ms.* Mars, 315.

- Hydrogène*. Stratifications (Crookes). *CN.* 21, 28 Fév., 85, 97.
- Action sur les sulfures et sélénures (Pelabon). *ACP. Mars*, 365.
- Hydruure de silicium*. Préparation et propriétés (Moissan et Smiles). *CR.* 10 Mars, 569.
- Laboratoire**. Analyses pour aciéries. Bibliographie (Brearley). *VDI.* 21-28 Fév., 87, 101.
- — Des résidus pyritiques (Monozzi). *CN.* 14 Mars, 123.
 - — Industriel du minium (Sterkher). *Rcp.* 9 Mars, 101.
 - Laveur à potasse Tervet. *CN.* 7 Mars, 112.
 - Dosage du carbone dans l'acier par combustion directe. *CN.* (Rudolphe et Lefler). 14 Mars, 121.
 - — de l'arsenic en petite quantité dans la bière. *CN.* 14 Mars, 122.
- Méthane*. Nouvelles synthèses (Sabatier et Sauderens). *CR.* 3 Mars, 514.
- Méthodes et théories électriques en chimie* (Nerst). *Rjds.* Fév., 193.
- Optique**. Théorie de la loupe et de ses grossissements (Qusneville). *Ms. Mars*, 233, 228.
- Jumelle à prismes Porro. *E.* 28 Fév., 375.
- Oxygène et azote*. Poids atomique au point d'ébullition de l'oxygène (Dewar). *RSL.* 7 Mars, 360.
- Phosphate ammoniacal-calcique* (Lasne). *ScP.* 5 Mars, 131.
- Physico-chimie* (la). Arndt. *Société d'Encouragement de Berlin*, Fév., 53.
- Pyrite et Marcassite* (Stoker). *CN.* 21 Fév., 91; 14 Mars, 125.
- Radio-activité**. Du plomb (Giesel). *CN.* 21 Fév., 89.
- et la théorie des électrons (Crookes). *N.* 27 Fév., 400. *CN.* 7 Mars, 109.
 - Du thorium (Hosmann et Zuban). *CN.* 28 Fév., 100.
- Résines et vernis*. Divers. *Cs.* 28 Fév., 264.
- Silicium et calcium* (Moissan et Delthey). *CR.* 3 Mars, 503.
- Sucres*. Divers. *Cs.* 28 Fév., 265.
- Teinture**. Appareil à chlorer à la vapeur (Depierre). *SiM. Oct.* Fixation de l'indigo par vaporisages au moyen de soude caustique et de dextrine (Wilhelm). *Id.*, 515.
- Teinture**. Divers. *CS.* 28 Fév., 247-249.
- Bleu carmin. Étude sur le (Sisley). *MC.* 1^{er} Mars, 57.
 - à l'Exposition de 1901. Rapport de M. Prudhomme, *Ms. Mars*, 191-214.
 - Noir Vidal et noir d'aniline. *Ms. Mars*, 218.
 - Noir du soufre. Action sur la cellulose (Matos). *Cs.* 28 Fév., 224.
 - Emploi du permanganate de potasse dans le blanchiment des matières organiques (Schmidt). *Ms. Mars*, 219.
 - Influence du rouge-indigo sur la teinture à l'indigo (Matthews). *Cs.* 28 Fév., 212.
- Thermostat*. Dorian. *Ln.* 1^{er} Mars, 96.
- Thallium*. Quelques combinaisons (Thomas). *CR.* 3 Mars, 545.
- Vanadium*. Chaleur spécifique et poids atomique (Matignon et Monnet). *CR.* 3 Mars, 542.
- Verreries**. Divers. *Cs.* 28 Fév., 255.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

- Arbitrage obligatoire* (l'). Musée social. *Fév.*, 53.
- Associations ouvrières de production et leur Chambre consultative*. *Ef.* 8 Mars, 305.
- Bourses du travail* (les). *Ef.* 1^{er} Mars, 272.
- Brevets*. Loi anglaise. *E.* 28 Fév., 285. *Cs.* 28 Fév., 213.
- Canadiens français et leurs relations avec l'Angleterre* (Preston). *SA.* 28 Fév., 289.
- Écoles ménagères à Roubaix*. *Rso.* 1^{er} Mars, 287.
- Féminine d'imprimerie d'Autun. *Rso.* 1^{er} Mars, 295.
 - Des filles de la ville de Paris (Duval-Arnould). *Rso.* 16 Mars, 425.
- Égypte*. Sa régénération par le barrage d'Assouan (Ruffel). *Rs.* 1^{er} Mars, 268.
- Famille* (l'État) contre la (Doumic). *Rso.* 1^{er} Mars, 399.
- France**. État stationnaire de la population. Est-il un danger (Richet)? *Rs.* 1^{er} Mars, 257.
- Horlogerie suisse*. *Ef.* 15 Mars, 313.

- Imagerie d'Épinat* (I') (Grimillot). *Rso.* 16 Mars, 438.
- Inde.* Développement industriel (Wagle). *SA.* 14 Mars, 334.
- Métallurgie en Allemagne.* *Ef.* 8 Mars, 303.
- Mineurs jaunes.* (Revendication des) (Haillot). *Rso.* 1^{er} Mars, 267.
- Paris.* Consommation et approvisionnement de la viande. *Ef.* 8 Mars, 307.
- Retraites ouvrières* de l'agriculture. *Musée social.* *Fév.*, 65.
- Socialisme collectiviste.* Programme du (Cora-jeux). *Rso.* 16 Mars, 441.
- Sociétés économiques.* Les (V. Brants). *Rso.* 1^{er} Mars, 345.
- Sucres.* Crise sucrière (la). (Tissier). *Rs.* 22 Fév., 239.
- Convention internationale des. *Ef.* 8 Mars, 301.
- Trust.* De l'acier aux États-Unis (Willoughby). *Musée social.* *Fév.*

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

- Ateliers,* rue Saint-Charles. *Ac.* Mars, 38.
- Béton.* (Briques moulées en) avec armature intérieure. *Le Ciment.* *Fév.*, 22.
- Ciment armé.* (Poteaux en). *Le Ciment.* *Fév.*, 27.
- (Épreuve des poutres en). (Sanders) *Gc.* 8 Mars, 313.
- Excavateur.* Ruston. Proctor. *E'*. 28 Fév., 212.
- Ponts* du Neckar à Mannheim. *VDi.* 22 Fév., 233.
- de Roath. Great Western. *Pr.* *E'*. 29 Fév., 207.
- Viaduc du Vaur (Théry). *APC.* N° 38.
- Expérimentation des (Rabut). *APC.* N° 36.
- Poutres en tôle. (Résistance des) (Gribble). *E.* 21 Fév., 236, 253; 14 Mars, 338.
- Voirie.* Arrosage à Paris. *Gc.* 22 Fév., 275.
- Voûtes.* Théorie des. *Ac.* Mars, 42.

ÉLECTRICITÉ

- Accumulateurs* au nickel. *E.* 14 Mars 355.
- Canalisations électriques.* *Sie.* *Fév.*, 104.
- Conjoncteur-disjoncteur.* Fievé. *Pe.* 15 Mars 391.

- Dynamos.** La Commutation (Boy de la Tour). *Ie.* 23 Fév., 79, 107.
- Alternateurs auto-exciteur shunt et séries. *Ie.* 23 Fév., 77; 10 Mars, 101.
- Anneaux à collecteurs. Propriétés des (Poincaré). *EE.* Mars, 301.
- Compoundage des alternateurs (Heyland). *EE.* 1^{er} Mars, 313.
- Moteurs d'induction ayant l'unité comme facteur de puissance. *Elé.* 22 Fév., 103.
- Régularisation des moteurs primaires et couplage des alternoateurs en parallèle (Steinmetz). *EE.* 22 Fév., 295.
- Pertes des moteurs. (Détermination des) par les méthodes d'accélération. *Ie.* 23 Fév., 85.
- Éclairage à arc.** Lampe Cooper Hewitt. *Elé.* 15 Mars, 165.
- Incandescence.** Lampe à Osmium Auer. *Elé.* 8 Mars, 153.
- Électro-aimants** industriels. Beneke. *EE.* 15 Mars, 397.
- Électro-chimie.** Divers. *Cs.* 28 Fév., 259.
- Fabrication du graphite Acheson. *EE.* 8 Mars, 352.
- de la soude à Middlewich. *E.* 14 Mars, 352; *E'*. *id.*, 266.
- Rendement de la fabrication des hypochlorites et chlorates alcalins. *Id.*, 354.
- Traitement des minerais sulfurés complexes. Procédé Aschroft. *Id.*, 360.
- des cuivres gris Simon, *id.*, 361.
- L'industrie électro-chimique (Brochet). *Rs.* 15 Mars, 321.
- Aux États-Unis. *Elé.* 15 Mars, 170.
- Théories modernes (Minet). *RCp.* 9 Mars, 104.
- *Électro-métallurgie en 1900* (Chalon). *Ri.* *Fév.*, 78.
- Mesures.** Voltmètre et milliampermètre combinés pour le service télégraphique. *Elé.* 22 Fév., 118.
- Arc chantant. Application à la mesure des faibles coefficients de self-induction (Janet). *CR.* 24 Fév., 462.
- Oscillographes. Application à la méthode de résonance (Armagnat). *EE.* 15 Mars, 373.
- Électromètre capillaire (Boley). *CR.* 24 Fév., 463.

Mesures. Emploi pour la mesure des différences de potentiel au contact des amalgames et des électrolytes (Poincaré). *CR.* 3 Mars, 527.

- Mesure de l'angle de décalage dans un circuit triphasé au moyen de volt-mètre (Allister). *EE.* 15 Mars, 401.

Relais électrostatique. Crémieu. *CR.* 3 Mars, 524.

Station centrale de Berlin en 1900. *VDI.* 1^{er} Mars, 293.

Survolteurs pour batteries-tampon. *Elé.* 8 Mars, 151.

Télégraphie sans fil (Ferrié). *Sie. Janv.*, 9 Fév., 85.

- Multiplex Mercadier. *EE.* 8 Mars, 364.
- Sous-marine. Le câble impérial. *E'.* 21 Fév., 179.
- — Revêtement des câbles. Établissement des formules. *EE.* 22 Fév., 265; 8 Mars, 342.

HYDRAULIQUE

Distribution d'eau de Pittsburg. *E.* 21 Fév., 288.

Eaux. Essais de limpidité. Calibrage des turbidimètres. *Technology Quarterly. Déc.*, 285.

Pompes rotative. Anceau. *Ln.* 22 Fév., 189.

- de puits électriques Merryweather. *E.* 28 Fév., 293.
- Express Riedler. *E. Mars*, 310. Schmidt. *RM. Fév.*, 181.
- Centrifuge. Sulzer. *RM. Fév.*, 180.

Turbines. Installations hydro-électriques dans les Alpes (de la Brosse). *APC.* N° 34.

MARINE. NAVIGATION

Amélioration de la rivière Whampon par la suppression de la barre de Woosung (Challot). *IC. Janv.* 45.

Canal de la mer du Nord. Écluses d'Ymuiden. *E.* 21-28 Fév., 243, 271.

Constructions navales. Déformation et résistance des coques (Chaigneau). *Rt.* 23 Fév., 54.

Docks d'Avonmouth. *E'.* Mars, 232.

Gouvernail du cuirassé Good Hope. *E.* 7 Mars, 322.

Machines marines. Les condenseurs des cuirassés. *E'.* 7 Mars, 240.

Marines de guerre. Cuirassés pour la guerre d'escadre. *Rmc. Fév.*, 269.

- Américaine. Son extension. *E'.* 28 Fév., 215; *Rmc. Mars*, 432, 506.
- Anglaises. *Rmc. Fév.*, 326. Budget. *E.* 21-28 Fév., 251, 288. Croiseur armé Good Hope. *E.* 28 Fév., 286; 7 Mars, 322. Cuirassé Queen. *E'.* 8, 14 Mars, 242, 266.
- Allemande. *Rmc. Fév.*, 325; *Mars*, 494.
- Russe. Cuirassé Pobieda. *E'.* 28 Fév., 213.
- Française. *E'.* 8 Mars, 239.

Paquebots transatlantiques Lorraine et Savoie. *E.* 14 Mars, 341.

Pas-de-Calais (Services du). *E'.* 21 Fév., 180.

Phares. Vision des feux associés (Joly). *APC.* N° 35.

- de l'île Vierge. *Ln.* 15 Mars, 232.

Signaux acoustiques (les). (P. Edwards). *SA.* 7 Mars, 315.

Touage électrique sur le canal du Nivernais. *E.* 7 Mars, 312.

Vapeurs et coillures du monde entier. *Ef.* 15 Mars, 340.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Notes sur (l'). (Fayet). *La.* 8 Mars, 146.

- Voyage au long cours. *Gm. Janv.*, 37.
- Ballon dirigeable, le Girardot. *La.* 27 Fév., 134.
- Progrès de (l'Espitalier). *Gc.* 1, 8, 15 Mars, 289, 309, 331.
- Aéronautique maritime (Surcouf). *IC. Janv.*, 87.

Broyeur. Wegerif et Chester. *RM. Fév.*, 189.

Chânes. Renold (transmissions à). *AMa.* 1^{er} Mars, 325.

Chaudières. Marines (les). *E.* 21 Fév., 254.

- à tubes d'eau. En mer. *RM. Fév.*, 169.
- Rapport de l'amirauté. *E.* 28 Fév., 278; 7 Mars, 326; *E'.* 7 Mars, 227.
- En Allemagne. *Rmc. Fév.*, 234.
- Climax (Essai). *E.* 14 Mars, 342.
- Watkinson. *RM. Fév.*, 168.

Chaudières. Accidents en Angleterre en E. 1900. 14 Mars, 354.

- Filtre Airedale. E. 14 Mars, 357.
- Grille Whitehead. RM. Fév., 170. Mac Clave, Id., 171.
- Injecteur Friemann Metcalfe. RM. Fév., 172.
- Soupape de sûreté progressive. Schaeffer Budenberg. Ri. 1^{er} Mars, 83.
- Tube de niveau Copper. E. 7 Mars, 325.

Tuyauteries. Explosion par coups d'eau (Stromeyer). E. 28 Fév., 295.

Engrenages. Usure des (Buchner). VDI. 22 Fév., 278.

- Hélicoïdaux diagramme (des). AMA. 15 Mars, 296.

Imprimerie. Toucheur électrique pour machines à composer Robelet. Bam. Fév., 304.

Indicateurs anciens de Watt. E'. 8 Mars, 236.

- Rosenkranz pour vapeur surchauffée. Ri. 8 Mars, 99.
- multiple Oliver. AMA. 15 Mars, 289.

Levage. Estacade mobile pour le transport du charbon, mines de Dombrau. Gc. 1^{er} Mars, 294.

Machines-outils modernes (Oreutt). E. 28 Fév., 290. (Ruppert). VDI. 8 Mars, 344.

- Ateliers de constructions navales. Emploi de l'électricité (Walker). EM. Mars, 854.
- Alésoir double. Noble et Lund. E. 21 Fév., 247.
- Cintreuse Rushworth. E. 21 Fév., 247. pour rails. Pm. Mars, 46.
- Comparateur Rogers. AMA. 1^{er} Mars, 237.
- Forge à l'étampe (Horner). E. 28 Fév., 269; 14 Mars, 333.
- Four à recuire les fraises. Ri. 24 Fév., 58.
- Fraiseuse raboteuse Muir. E'. 21 Fév., 197; Liebert et Von Phelp pour manivelles. RM. Fév., 181.
- Jauges limites anglaises. AMA. 24 Fév., 179.
- Machine à forger Ryder et Halling. RM. Fév., 185.
- Perceuses Jones. AMA. 22 Fév., 93.
- Poinçonneuse Nather. RM. Fév., 187.

Machines-outils. Raineuse Baker. AMA. 22 Fév., 187.

- Taille des crémaillères, machine Muir. E'. 21 Fév., 196.
- Tubes sertisseurs hydrauliques Burton. AMA. 15 Mars, 299.
- Raboteuse latérale Cincinnati. AMA. 22 Fév., 189.
- — Sellers. E. 28 Fév., 277.
- Toc Turton. E. 14 Mars, 357.
- Tour vertical, Ducommun. Gc. 22 Fév., 273; Wilkenon. E'. 28 Fév., 221.
- — à revolver Suédois. RM. Fév., 154.
- Vis, taille des vis à filets carrés. AMA. 1-15 Mars, 226, 137. Machine Schmutz et Dormer. E. 14 Mars, 344.
- Vitesse de coupe des outils (Littledale). AMA. 15 Mars, 139.

Machine à écrire Remington. RM. Fév., 150.

Machines à vapeur. Exposition de Glasgow. VDI. 15 Mars, 369.

- écart angulaire (mesure de l'), procédé Sartori. Sie. Janv., 57.
- Triple expansion Sulzer. Ri. 22 Fév., 74.
- Sisson. Gc. 1^{er} Mars, 296.
- Condenseur (Les) à récupération (Nadat). RM. Fév., 128.
- — à cheminée König Kressling. Ri. 22 Fév., 73.
- — centraux (Sorm). Bam. Fév., 25.
- Distributions Sulzer. Ri. 1^{er} Mars, 81.
- — Stumpf, Lenke et Doerfel, Weyher et Richemond, Fives-Lille. RM. Fév., 195.
- Régulateur volant Finkef. VDI. 15 Mars, 382.
- Turbine Schultz. RM. Fév., 193.
- Volants pour moteurs actionnant des dynamos. RM. Fév., 161.
- à gaz (les). Clerk. Cs. Fév., 1.
- — Wallman, Kihut. RM. Fév., 198.
- à pétrole. Bardou. Élé. 1^{er} Mars, 129.
- — L'économique. Ri. 8 Mars, 94.
- — Allumage (Lavergne). Ri. 22 Fév., 76; 1^{er} Mars, 82.
- — Carburateur Hamilton. RM. Fév., 202.
- — Pompe Hoghesand. RM. Fév., 204.
- à alcool, Japy. Ri. 15 Mars, 104.

Poulies étagées, calcul des transmissions par (Muret). IC. Fév., 69.

Résistance des matériaux. Fonds de réservoirs (Bach). *VDI.* 8, 15 Mars, 333, 375.
Ventilateurs Davidson. *RM.* Fév., 190.

MÉTALLURGIE

Alliages. Propriétés électriques et magnétiques. *E.* 14 Mars, 350.

— Binaires (discussions). *Fi.* Mars, 221.

Aluminium. Fabrication électro-chimique. Expériences. *Cs.* 28 Fév., 260.

Cuivre de l'Amérique du Sud. *E.* 21 Fév., 253.

— Production en Amérique. *E.* 7 Mars, 320.

— Usine d'Anaconda. *Eam.* 1^{er} Mars, 311.

Fer et Acier. Procédé Stockman, Talbot, Duplis et Daelen, emploi du pétrole (Gautier). *Pm.* Mars, 37.

— — Martin. Basique. *SuE.* 1^{er} Mars, 269.

— — Mélangeurs nouveaux. *SuE.* 15 Mars, 307.

— — Réchauffeurs d'air (les). (Teichgraber). *SuE.* 15 Mars, 323.

Fer et acier. Laminier à roues Lindernam. *SuE.* 15 Mars, 312.

— Laminier à cornières. Davis et Primrose. *E.* 14 Mai, 259.

MINES

Bitume en Chine. *Eam.* 1^{er} Mars, 434.

Côte-du-Nord. Recherches minérales. *Ge.* 15 Mars, 333.

Électricité (emploi de l'). *Eam.* 1^{er} Mars, 307.

Étain. Mines de la Nouvelle-Galles du Sud. *Eam.* 8 Fév., 212.

Haveuse électrique Mavoz. *E.* 8 Mars, 243.

— mécaniques en Angleterre (Walker). *Eam.* 1^{er} Mars, 348.

Houillères de Coos Bay. *Eam.* 15 Fév., 238.

Mexique. District de Guanajuato. *Eam.* 8 Fév., 206.

Parachute. Malissard. *Pm.* Mars, 37.

Tonkin. Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du (Leclère). *AM.* Oct. 287.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

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

AGRICULTURE

RAPPORT *fait par M. Tétard, au nom du Comité d'Agriculture, sur l'ouvrage de M. Hélot : « Le sucre de betterave en France, de 1800 à 1900 ».*

MESSIEURS,

M. Jules Hélot est un des agriculteurs les plus distingués de cette région du Nord qui a fourni à la France tant d'hommes illustres qui, par leur science et leurs travaux, ont monté si haut la réputation agricole de cette région.

M. Hélot fait valoir à Noyelles-sur-Escaut, une exploitation de 200 et quelques hectares; en 1880, il y adjoignit une sucrerie, dont il n'a cessé de poursuivre le développement par l'application de tous les procédés de fabrication les plus perfectionnés et les plus économiques.

Vice-président de la Chambre de commerce de Cambrai et secrétaire général honoraire du Syndicat des fabricants de sucre de France, il était plus en situation et plus autorisé que quiconque pour écrire l'*Histoire du sucre de betteraves en France, de 1800 à 1900*, ce bel ouvrage que vous m'avez chargé de vous analyser.

Ce volume a été tout spécialement écrit et présenté comme contribution de l'Industrie sucrière à l'exposition centennale de l'Exposition de 1900.

Ce livre est un véritable monument élevé à l'une de nos plus grandes industries; c'est l'histoire complète de ses origines, de sa législation, de ses vicissitudes et de ses progrès. Véritable monographie du sucre de betteraves en France, cet ouvrage est venu combler un grand vide dans les annales de la sucrerie française; il constitue un monument historique et scientifique dont peut s'enorgueillir à juste titre cette industrie agricole, qui a contribué dans une si large mesure au développement de la richesse nationale.

Après avoir fait l'historique de la découverte de l'existence du sucre dans la betterave par Margraff, chimiste de Berlin, en 1749, confirmée en 1793 par Achard, et signalé le rapport fait à l'Institut par Deyeux, en l'an VIII, M. Hélot décrit d'abord les procédés primitifs employés pour l'extraction du sucre par les auteurs de la découverte. Il suit ensuite pas à pas l'évolution de la sucrerie; il nous met sous les yeux, avec les commentaires voulus, toute une suite de dessins, plans et élévations qui montrent ce qu'était une sucrerie en 1825, en 1837, en 1859, en 1870, en 1889 et ce qu'elle aurait été en 1902, si les événements si graves, qui viennent de frapper l'industrie sucrière dans son existence même, n'avaient arrêté la construction de cette usine modèle.

Cet ouvrage est, en un mot, un trésor inépuisable de renseignements de toutes sortes; tel, qui n'avait aucune idée de l'industrie du sucre, peut se flatter, après l'avoir lu, d'en comprendre tout le mécanisme.

L'auteur fait ensuite une étude très approfondie des 98 lois, ordonnances, règlements et décrets qui ont régi cette industrie depuis son origine; il établit, d'un côté, l'influence néfaste qu'a eue l'instabilité de la législation sur le développement et la prospérité d'une industrie qui a été si souvent sur le point de disparaître, et qui ne doit son existence actuelle qu'à l'intervention si opportune et si dévouée de ce grand ami de l'agriculture, M. Méline qui, en 1884, fit, comme ministre de ce département, voter cette loi de sauvetage, qui ramena la prospérité dans nos campagnes, dont le Trésor et les consommateurs eux-mêmes tirèrent le plus grand profit et qui cependant va disparaître entièrement, sur les injonctions de l'étranger; de l'autre côté, l'auteur fait ressortir les avantages que les Allemands, qui n'ont eu que deux législations dans le courant du siècle, ont tiré de cette stabilité pour le développement et les progrès de leur industrie.

Cette publication est de plus agrémentée d'un certain nombre de des-

sins allégoriques; je citerai, entre autres, la reproduction d'une gravure satirique publiée par le *Charivari* en 1840, époque à laquelle fut fortement agitée la question de l'interdiction de la fabrication du sucre en France, sur les réclamations des colonies françaises, justement alarmées de la concurrence que la betterave commençait à faire à la canne.

Nous ne saurions donc trop appeler, sur cet ouvrage si documenté et si intéressant, l'attention de ceux de nos collègues qui s'intéressent à l'étude de ces questions spéciales, ils verront avec quel soin, quelle science pratique cette œuvre a été traitée dans tous ses détails par son auteur.

Aussi nous vous demanderons de vouloir bien décider l'insertion du présent rapport au *Bulletin*, et remercier M. Hélot de sa très intéressante communication.

Signé : J. TÉTARD, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 11 avril 1902.

COMMERCE

DÉVELOPPEMENT DES ASSOCIATIONS D'INGÉNIEURS EN ANGLETERRE ET EN ALLEMAGNE,
PAR **M. Alby**, *ingénieur des ponts et chaussées* (1).

I. — ANGLETERRE

L'échange des idées et la documentation sont des besoins communs aux ingénieurs de toute nationalité et de toute spécialité.

Aucun enseignement d'école ne peut être, à l'heure actuelle, assez développé pour satisfaire complètement à ces besoins ; d'ailleurs, au bout de quelques années, ces enseignements ne laissent, dans l'esprit de ceux qui les ont reçus, que des souvenirs affaiblis et trop peu précis pour qu'ils puissent aborder les problèmes de la réalité sans autre secours.

Les Anglais, chez qui l'industrie s'est développée plus tôt que chez les autres peuples de l'Europe, et chez qui aussi l'action de l'État est la plus restreinte en matière d'éducation technique, ont ressenti les premiers, et très vivement, le besoin de former des associations d'ingénieurs pour grouper et mettre à la disposition de tous les résultats de l'expérience acquise par les efforts isolés.

Il est donc naturel de trouver chez eux un développement important de ces associations. Les principales ont leur siège à Londres. Nous citerons en première ligne :

- Institution of Civil Engineers ;
- Institution of Mechanical Engineers ;
- Institution of Electrical Engineers ;
- Iron and Steel Institute ;
- Institution of Naval Architects ;
- Society of Chemical Industry.

Ces six sociétés sont considérées, en Angleterre, comme les plus importantes : ce sont les seules qui soient appelées à nommer des délégués pour représenter les intérêts de l'industrie dans les conseils du Laboratoire national de physique, qui est placé sous la direction de la Royal Society.

A côté de ces associations, il convient de citer un certain nombre d'associations dont le siège est en province et qui ont une réelle importance :

(1) Communication faite le 14 février à la Société d'Encouragement.

- North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Newcastle ou Tyne);
- Institution of Mining Engineers (Newcastle on Tyne);
- North East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders (Newcastle on Tyne);
- Institution of Engineers and Shipbuilders of Scotland (Glasgow).
- Enfin, certaines associations récentes ont groupé des catégories d'ingénieurs dont l'importance s'est accrue rapidement dans ces dernières années :
- Association of Municipal and County Engineers;
- British Association of Waterworks Engineers.
- Institution of Civil Engineers* (fig. 1). — La plus ancienne et la plus

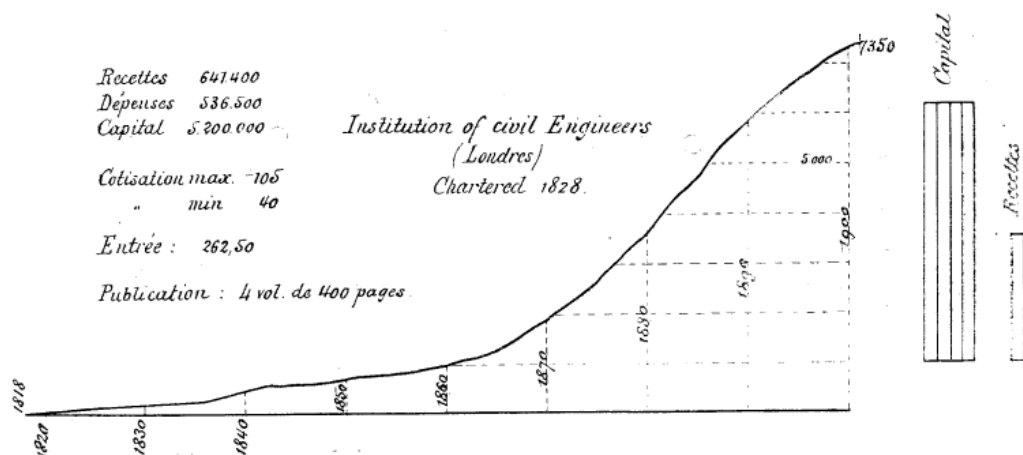


Fig. 1.

connue est l'*Institution of Civil Engineers*, qui date de 1818. Elle a obtenu, dès 1828, une charte royale et elle occupe une place prépondérante parmi les associations techniques anglaises.

Son objet, tel qu'il est défini par ses statuts, embrasse toutes les branches de l'art de l'ingénieur et les comprend toutes effectivement : chemins de fer, navigation intérieure et maritime, machines, mines et métallurgie, construction de bateaux, distributions d'eau, égouts, gaz, applications de l'électricité. Toutes ces spécialités sont représentées dans son conseil.

En raison de la généralité de son objet, de son ancienneté, de sa richesse, cette association se trouve en situation de remplir, à l'égard des autres associations plus jeunes et spécialisées, le rôle de société mère.

Cette évolution est en train de s'accomplir, non sans quelques oppositions passagères auxquelles il convient de ne pas attacher trop d'importance. Une évo-

lution de même nature s'est produite, dans le cours du XIX^e siècle, dans le groupe des sociétés scientifiques.

La Royal Society, la plus ancienne et la plus illustre d'entre elles, qui compte Newton parmi l'un de ses premiers présidents, a vu naître à côté d'elle une foule de sociétés à objet spécialisé, dont la concurrence l'a, pendant de nombreuses années, inquiétée et fait réfléchir; mais elle est parvenue, par de sages réformes intérieures, notamment par la limitation du nombre des admissions, à relever son prestige, à asseoir son autorité. Elle a ainsi rendu un immense service à la science anglaise, qui possède, dans le faisceau des sociétés scientifiques spécialisées, librement groupées autour de la Royal Society, des organes adaptés à tous ses besoins, pleins d'activité et travaillant harmonieusement.

L'Institution of Civil Engineers, comme la plupart des associations anglaises, possède une organisation des plus simples : c'est sur la qualité du personnel plus que sur la complication de la réglementation que repose le système.

Elle est administrée par un conseil unique de 35 membres, y compris le président et quatre vice-présidents. Les présidents ne restent pas plus de deux ans en exercice et, chaque année, le conseil est renouvelé effectivement pour 1/5 du nombre de ses membres. Les présidents sont choisis parmi les vice-présidents et le conseil contient statutairement quatre anciens présidents au choix du conseil.

Ce système est très harmonieux, car il assure en même temps la conservation des traditions et le rajeunissement du conseil; comme, d'autre part, les fonctions de membres du conseil sont assez chargées, en raison du nombre considérable d'affaires qui leur sont soumises, les réunions sont fréquentes, mais le *quorum* statuaire est très faible.

Les affaires de l'Institution sont conduites par un secrétaire, qui travaille sous la direction immédiate du conseil. Le rôle de ce secrétaire, qui est membre de l'Institution et qui reçoit, d'ailleurs, une large rémunération, est des plus actifs et des plus considérés. L'Hôtel de l'Institution étant situé dans le quartier de Westminster, où se trouvent groupés en très grand nombre les bureaux des ingénieurs résidant à Londres, le contact entre le secrétaire et les membres du conseil est continu : le secrétaire travaille effectivement sous leur inspiration.

L'activité de l'Institution se manifeste par des réunions hebdomadaires où sont lues et discutées des communications sur des sujets choisis par le conseil; la discussion de certaines de ces questions a une très grande ampleur; les avis donnés en séance sont complétés par les avis écrits des membres compétents que l'Institution sollicite par invitations spéciales.

L'Institution fait, en outre, étudier par des commissions, nommées par le conseil, toutes les questions qu'elle juge mériter une étude d'ensemble. C'est ainsi qu'une commission s'occupe, à l'heure actuelle, de l'uniformisation des profils des fers usités dans la construction.

Les réunions hebdomadaires n'attirent à Londres, comme ailleurs, qu'un nombre de membres très restreint, aussi l'Institution a-t-elle organisé des visites-conférences sur les chantiers ou dans les ateliers intéressants. Ces tournées sont très appréciées.

Elle a de plus, depuis peu, organisé des congrès d'ingénieurs bisannuels. Le dernier, tenu à Londres, en 1899, a eu un grand succès; plus de 300 personnes y ont pris la parole. Ce congrès comprenait sept sections.

L'Institution of Civil Engineers publie chaque année, depuis 1837, le compte rendu de ses travaux (sous le nom de *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers*). Ces comptes rendus se sont progressivement développés. A l'origine, deux années se trouvaient réunies en un seul volume. A l'heure actuelle à chaque année correspondent quatre forts volumes. Chaque volume est divisé en trois sections. La première comprend le compte rendu des séances et les discussions des sujets qui y ont été traités. La seconde comprend toutes les communications qui n'ont pas été lues en séance, mais que le conseil a jugé utile de publier. La troisième section, créée depuis 1874, est un recueil d'abstracts ou analyses succinctes des travaux publiés par les journaux, revues, bulletins, comptes rendus ou autres publications techniques d'Angleterre ou de l'étranger.

La publication des *Minutes of Proceedings* est faite par les soins du secrétaire, qui est secondé, surtout pour la rédaction des abstracts, par plusieurs « assistants ».

Comme toutes les associations datant du commencement du siècle dernier, l'Institution of Civil Engineers a organisé un système d'encouragements au moyen de prix et de médailles destinés aux auteurs des meilleurs mémoires; elle donne également une bourse d'études.

Enfin, l'Institution met à la disposition de ses membres les ressources d'une splendide bibliothèque de plus de 50 000 volumes, très largement aménagée. Trois grandes salles sont affectées, l'une à la lecture des périodiques, l'autre aux collections de périodiques, la troisième à la bibliographie générale.

Parmi les questions d'ordre général que l'Institution a prises en main, figure au premier rang celle de l'éducation technique des ingénieurs anglais.

L'Angleterre ne possédant pas de grandes écoles d'État pour les jeunes gens se destinant à la carrière d'ingénieur, et la reconnaissance de la qualité d'ingénieur résultant précisément de l'admission dans une société d'ingénieurs, l'Institution s'est trouvée naturellement désignée pour exercer une action considérable dans cette matière. Préoccupée dès l'année 1867, à la suite de l'Exposition de Paris, des progrès réalisés par l'industrie du continent, elle a procédé, de 1867 à 1870, à une enquête sur les méthodes d'éducation technique des nations du continent. Cette question n'a cessé d'être à son ordre du jour depuis cette

époque; plusieurs particularités curieuses de son organisation et du système d'admission de ses membres s'y rattachent.

L'Institution comprend diverses catégories d'affiliés :

Les membres honoraires, personnages princiers ou hautes personnalités techniques de l'Angleterre et des pays étrangers, forment une toute petite section dont le nombre est limité au maximum de 20.

Les deux catégories des membres et des membres associés comprenant environ, l'une 2 000, l'autre 4 000 membres, forment la masse des membres titulaires (*corporate members*). Ces deux catégories diffèrent par la limite d'âge, qui est de 30 ans dans la première, de 25 dans la seconde, et aussi par la situation occupée. Les membres doivent avoir exercé la profession d'ingénieur dans des positions à responsabilité directe, « *responsible situation* ». Passer d'une classe à l'autre est une sorte d'avancement.

L'Institution comprend encore une classe peu nombreuse, et dont l'importance diminue de jour en jour (300 à l'heure actuelle), d'associés qui n'exercent pas la profession d'ingénieurs.

Indépendamment de ces catégories d'affiliés, l'Institution a créé, en 1867, une classe spéciale pour les jeunes gens de 18 à 25 ans sous le nom de *students*.

Les *students* jouissent des mêmes avantages que les membres : ils ont accès à la bibliothèque, aux réunions, aux tournées; ils ont même des réunions spéciales dans l'amphithéâtre, et certaines visites sont organisées spécialement pour eux. Ils sont groupés en associations, dont cinq ont leur centre hors de Londres : à Manchester, Glasgow, Birmingham, Newcastle et dans le Yorkshire. Les *students* ne sont admis qu'après un examen ou sur la présentation de diplômes dont l'équivalence a été déterminée à l'avance. Ils forment une classe d'environ un millier de jeunes gens. A vingt-cinq ans, ils doivent quitter l'Institution ou se faire admettre comme membres associés.

Depuis 1898, cette admission est subordonnée à un examen. C'est une grosse innovation par laquelle l'institution a voulu marquer l'importance que son conseil attachait aux études théoriques dans l'éducation de l'ingénieur : cette mesure, qui est de nature à éloigner de l'institution un certain nombre de personnes, fortifiera dans l'avenir sa position morale.

Cette réforme n'a d'ailleurs pas pris un caractère absolu : il est encore possible d'être admis dans l'Institution, comme autrefois, en présentant une thèse ou même, sans présenter de thèse, en justifiant de l'exécution de travaux d'importance. Mais ces derniers modes d'admission sont plutôt exceptionnels, et l'examen est devenu la règle.

L'examen ne dispense d'ailleurs nullement les candidats d'apporter les références personnelles rigoureuses, qui sont exigées et qui servent à garantir l'ho-

norabilité et la capacité générale. La demande doit, en effet, porter la signature de six membres au moins.

L'Institution of Civil Engineers dispose de ressources considérables. Le compte de recettes de l'exercice se terminant au 31 mars 1901 s'élevait à plus de 25 650 livres, soit 650 000 francs (1) en chiffres ronds.

Les cotisations entrent dans ce total pour la plus grosse part : environ 19 000 livres, soit 475 000 francs.

Les revenus des placements mobiliers et immobiliers, pour 2700 livres, soit 67 500 francs.

Contrairement à un préjugé assez répandu chez nous, les revenus des fondations sont peu importants ; ils atteignent environ 12 000 francs.

Les cotisations sont fort élevées, car elles varient de 4 guinées (107 francs) pour les membres résidant à Londres, à 2 guinées pour les simples students et 1 guinée et demie au minimum (soit 39 fr. 50) pour les students non résidents. Le droit d'entrée est aussi très considérable, 10 guinées (soit 262 fr. 50).

Les dépenses n'atteignent pas 21 500 livres, laissant ainsi un boni de plus de 4 000 livres (plus de 100 000 francs).

La plus grosse dépense est celle qu'entraîne la publication des Minutes of Proceedings : 200 000 francs en chiffres ronds, soit 50 000 francs par volume. Après viennent les dépenses du personnel : presque 150 000 francs.

Les autres dépenses sont relatives aux frais généraux, à l'entretien de l'hôtel. Les frais généraux comprennent notamment un dîner annuel et une réception (conversazione), coût 35 000 francs.

La fortune de l'Institution dépasse cinq millions de francs, en y comprenant l'hôtel estimé à 3 millions ; elle s'accroît rapidement, bien que les dépenses soient largement faites.

Dès 1864 l'Institution a créé sous le nom de Benevolent Fund une caisse de secours dont la gestion est absolument indépendante de celle de la Société ; cette caisse a plus de 100 000 francs de revenus annuels, et son capital dépasse 50 000 livres, soit 1 250 000 francs.

Institution of Mechanical Engineers (fig. 2). — Aucune autre société technique anglaise n'est aussi riche et aussi puissante que l'Institution of Civil Engineers. L'Institution of Mechanical Engineers vient immédiatement après elle par l'ancienneté de sa fondation, l'importance de ses ressources. Fondée en 1847 par un groupe d'ingénieurs, parmi lesquels on trouve le nom de George Stephenson, cette association a eu son siège à Birmingham jusqu'en 1877. Transférée à Londres elle a pendant plus de vingt ans occupé un local restreint dans Victoria street et tenu ses séances à l'Institution of Civil Engineers.

(1) Dans les comptes ne figure pas le loyer de l'immeuble occupé par l'Institution.

Depuis 1899, l'Institution of Mechanical Engineers occupe un hôtel dans une situation très agréable sur St James's Park à très petite distance de ses anciens hôtes.

L'objet de l'association, d'après les statuts, diffère à peine de celui de l'Institution of Civil Engineers, circonstance qui s'explique par l'origine provinciale de la Société : elle tend aujourd'hui à se spécialiser, la construction des machines étant devenue un champ d'une importance considérable.

L'organisation de l'association est fondée sur les mêmes principes que celle de l'Institution of Civil Engineers. Elle n'en diffère que par des détails. Les réunions sont moins fréquentes ; elles sont mensuelles ; la publication en quatre fascicules des proceedings est très bien faite, quoique son importance soit moindre que celle des proceedings des Civil Engineers. Elle ne contient pas d'abstracts (1). La bibliothèque ne contient que 12 000 volumes environ : une

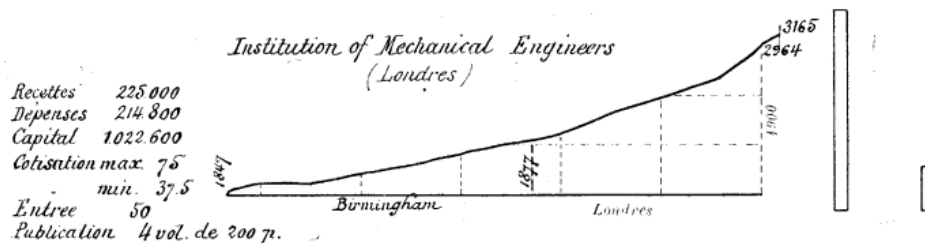


Fig. 2.

salle spéciale est consacrée aux périodiques ; la grande salle est très confortablement installée avec une vue merveilleuse sur St James's Park. Au centre de la bibliothèque on trouve, dans un casier, méthodiquement classées, les coupures des articles récemment parus sur les divers sujets de la construction mécanique. C'est une sorte d'argus technique mis à la disposition des sociétaires.

L'Institution of Mechanical Engineers a organisé depuis 1856 des réunions d'été « péripatétiques », c'est-à-dire des réunions tenues en des villes différentes chaque année. Ce système de réunion, emprunté à la British Association, qui l'a inauguré en 1831, a très bien réussi : on le retrouve dans nombre d'autres associations anglaises. Institution of Mechanical Engineers a des commissions d'études et une classe d'étudiants sous le nom de graduates.

La situation financière de l'Institution est prospère ; son budget de recette est en progression, et il atteint 225 000 francs. Il est vraisemblable que les avan-

(1) Pendant longtemps le secrétaire de l'Institution of Mechanical Engineers a coopéré à la publication des abstracts dans les Proceedings of Civil Engineers. Depuis la nouvelle installation ses occupations ne lui en laissent plus le loisir, et il a imaginé le système spécial d'argus qui rend des services analogues.

tages de la nouvelle installation attireront de nouveaux sociétaires; c'est l'espoir légitime de cette association. En ce moment, elle a quelques années difficiles à traverser sans pouvoir augmenter son capital à cause des lourdes charges qu'a entraînées le changement de local; les dépenses et les recettes s'équilibrent tout juste; mais la progression rapide du nombre des sociétaires permet à l'Institution of Mechanical Engineers d'envisager l'avenir avec tranquillité.

Le compte des dépenses comprend 40 000 francs pour la publication, 58 000 francs pour le personnel et 25 000 francs pour le service de l'emprunt contracté dans le but de couvrir les dépenses de construction de l'hôtel. Ce sont les plus gros articles.

Les ressources proviennent presque exclusivement des cotisations et des droits d'entrée, tous deux d'ailleurs moins élevés qu'aux Civil Engineers.

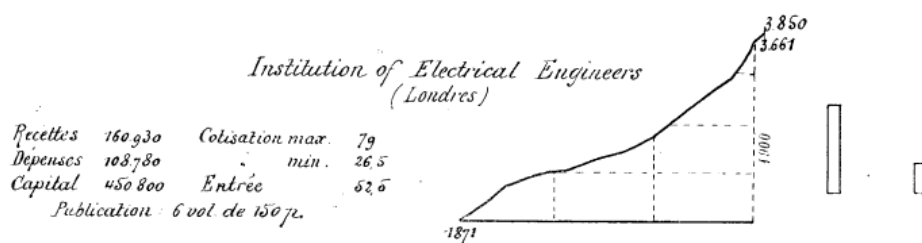


Fig. 3.

Le capital de l'association dépasse un million de francs; mais il n'a pas été suffisant pour couvrir les frais de construction de l'hôtel qui se sont élevés à 1 400 000 francs. Il a donc fallu recourir à l'emprunt.

Institution of Electrical Engineers (fig. 3). — L'Institution of Electrical Engineers date seulement de 1871 : elle s'est constituée d'abord comme une association des ingénieurs télégraphistes; depuis quelques années son objet s'est généralisé, il s'est étendu à toutes les applications de l'électricité et l'association a pris un développement considérable : elle est en voie de rapide progression.

Le nombre des sociétaires de toutes catégories atteignait 3 850 en 1901, malgré l'élévation de la cotisation qui a été successivement augmentée et portée pour les membres à 3 guinées, soit 79 francs, et malgré l'élévation relative du droit d'entrée (3 guinées également).

Le type de l'organisation de l'Institution of Electrical Engineers est le même que celui des deux précédentes. Réunions périodiques bimensuelles. Réunions péripatétiques tenues à l'étranger : en Suisse, en 1899; à Paris, en 1900; en Allemagne, en 1901. Publication d'un Bulletin mensuel. Classe spéciale de stu-

dents. Mais ce qui la caractérise, c'est une politique encore plus active et à tendances cosmopolites : l'Institution a sept sections locales hors de Londres (1), dont deux aux colonies.

Les étrangers sont admis non seulement parmi les membres de toutes classes, mais dans le conseil ; il existe, en outre, une catégorie spéciale de membres étrangers à cotisations réduites, et la Société a des représentants à l'étranger sous le titre de secrétaires honoraires étrangers.

L'Institution of Electrical Engineers s'est associée avec la Physical Society pour la publication en commun d'abstracts qui sont adressés chaque mois à tous les sociétaires sous le nom de *Science abstracts* : c'est pour assurer le service de cette publication spéciale que la cotisation a été élevée jusqu'au taux actuel. On trouve encore parmi ses fondations des bourses d'études et un Benevolent fund ou caisse de secours.

L'ambition de l'association est de faire construire un hôtel dans lequel elle puisse installer pour ses membres une bibliothèque confortable. Elle a constitué

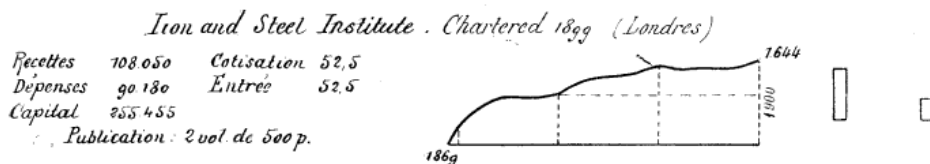


Fig. 4.

dans ce but une caisse spéciale dans laquelle elle verse toutes ses économies qui dépassent le chiffre de 170 000 francs. Elle occupe en attendant un local restreint dans Victoria street. Sur un budget de recettes de 160 000 francs, l'Institution met de côté 50 000 francs par an qui sont versés à différents comptes de capitalisation. Dans le budget des dépenses les publications absorbent plus de 45 000 francs (2), le personnel plus de 25 000.

La fortune totale de l'association dépasse 450 000 francs : la caisse de la construction alimentée uniquement par les économies n'en représente qu'une partie ; les souscriptions perpétuelles et les fondations (Trust funds) sont capitalisées à part, et de plus l'association a un fonds de réserve pour ses besoins généraux.

Iron and Steel Institute. — L'Iron and Steel Institute (fig. 4) a un caractère un peu différent. C'est une association d'industriels fondée en 1869, dont l'objet est relativement restreint : elle est moins importante que les associations déjà

(1) Birmingham, Dublin, Glasgow, Manchester, Newcastle, Calcutta, Capetown.

(2) La part contributive versée pour la publication de *Science abstracts* est de 660 livres, soit 16 500 francs.

passées en revue, par le nombre des membres et les ressources; mais elle a une très grande situation morale en raison de la richesse de l'industrie du fer et de l'acier en Angleterre. Iron and Steel Institute a reçu en 1899 une charte royale.

Le type de son organisation dérive toujours du type général de l'Institution of Civil Engineers, mais il est très simplifié. Deux réunions par an, une classe unique de membres, un local restreint. Une des deux réunions est péripatétique. Iron and Steel suit les expositions étrangères; on l'a vu à Liège, à Paris, à Dusseldorf, à Vienne, à New-York, à Stockholm, à Bruxelles. Les étrangers sont largement admis dans son sein. Son annuaire est classé par nationalité, et sur un effectif de 1650 membres plus de 300 sont étrangers.

Iron and Steel publie chaque année un journal en deux volumes. Le secrétaire rédige, à la suite du compte rendu de chacune des séances, une revue méthodique de tout ce qui paraît sur les questions métallurgiques.

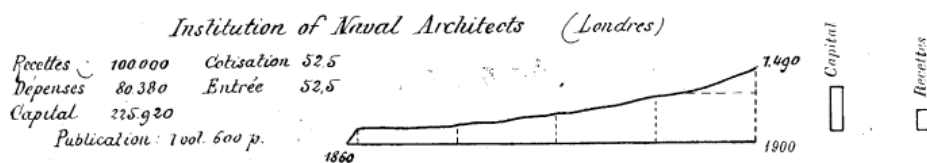


Fig. 5.

La situation financière de l'association est prospère, ses ressources s'élevant à près de 110 000 francs; ses dépenses n'atteignant guère que 90 000. Sur ce total les frais de personnel atteignent environ 30 000 francs, et les frais de la publication un chiffre égal. La cotisation, comme le droit d'entrée, s'élèvent chacun à 2 guinées, soit 52 fr. 50.

En raison de sa situation toute particulière, Iron and Steel Institute a reçu de M. Carnegie une généreuse donation de 6500 livres, pour la délivrance d'une bourse de recherches, dont le caractère est très curieux en ce sens que le concours est international et sans distinction de sexe.

Institution of Naval Architects. — Les débuts de l'Institution of Naval Architects (fig. 5) ont été assez difficiles. A l'époque où cette association a été fondée, en 1860, le nombre des ingénieurs des constructions navales était assez restreint, aussi les fondateurs ont-ils fait appel, en même temps qu'aux Naval Architects, à tous ceux qui s'intéressaient à la construction des différentes parties du navire, aux officiers de marine et en général à tous ceux qui s'intéressaient à la navigation.

Les deux catégories de membres de cette association correspondent à cette distinction faite dès l'origine. Sont membres les Naval Architects; les autres ne

peuvent être qu'associés. Ceux-ci, en grande majorité à l'origine et pendant de longues années (environ 260 associés contre 110 membres à l'origine), ne représentent aujourd'hui qu'un tiers de l'effectif des sociétaires.

L'Institution of Naval Architects reçoit une subvention de l'Amirauté (250 livres), subvention qui l'a fortement aidée dans ses débuts et dont à l'heure actuelle elle n'aurait plus besoin.

Ces difficultés expliquent deux particularités de son organisation : la permanence de la personne du président, qui est une sorte de protecteur pour elle, et la présence, à côté du conseil, d'un groupe de vice-présidents qui constituent une sorte de comité de patronage permanent.

Sauf ces deux particularités, l'organisation de l'Institution of Naval Architects diffère à peine de celle d'Iron and Steel.

Les réunions sont réduites à deux par an, dont l'une a lieu hors de Londres, quelquefois à l'étranger. La publication consiste en un volume de Transactions et ne contient pas d'abstracts.

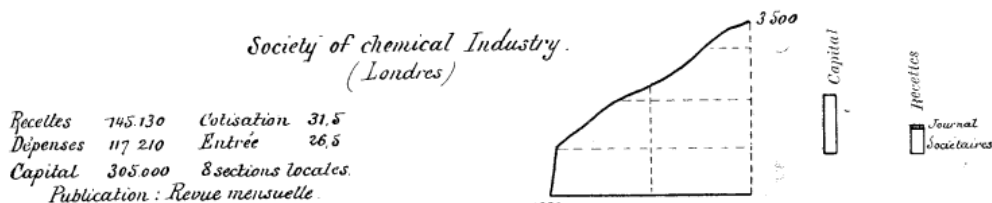


Fig. 6.

Les cotisations, le droit d'entrée sont les mêmes que ceux d'Iron and Steel institutée : 2 guinées, soit 52 fr. 50.

La situation financière de l'association est aujourd'hui très prospère :

Des recettes s'élevant à 100 000 francs contre des dépenses atteignant environ 80 000, et un capital mis en réserve de 250 000 francs.

Les dépenses de personnel et celles faites pour la publication s'élèvent, à peu de chose près, à 32 000 francs par année. C'est un budget qui ressemble beaucoup à celui d'Iron and Steel.

Le local occupé par l'association est restreint : la bibliothèque occupe la pièce unique mise à la disposition des sociétaires, dans une jolie situation sur Adelphi Terrace. Les réunions de Londres se tiennent à la Society of Arts dont le local est tout à fait voisin.

Society of Chemical Industry. — La Society of Chemical Industry (fig. 6) est de date toute récente. Fondée en 1881, elle est d'un type nouveau : les Anglais ont vu prospérer en Allemagne des associations d'un type très différent du type traditionnel chez eux et le groupe de l'Industrie chimique s'en est inspiré.

Le but principal de la société est la fondation d'un journal périodique, organe des intérêts de l'industrie : la société est une fédération qui groupe une série de sections locales qui lui sont étroitement liées (1). Il n'y a qu'une réunion générale annuelle, péripatétique.

Le journal est bi-mensuel. Le secrétaire de la société y collabore simplement ; il ne pourrait assumer la charge complète de la rédaction. Cette charge est confiée à un éditeur appointé par la société et assisté par un groupe de 50 abstractors.

La cotisation a été réduite au minimum : elle est de 25 shillings, soit 32 francs par an. Chaque numéro du journal comprend 64 pages de texte ; le journal apporte à la société des ressources par sa publicité, par sa vente au numéro. Ces bénéfices ne sont pas négligeables et doivent s'accroître lorsque le tirage aura encore progressé.

Au bout de vingt ans, la Society of Chemical Industry compte huit sections,

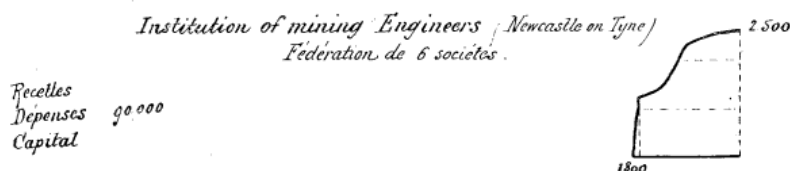


Fig. 7.

plus de 3 500 membres, plus de 145 000 francs de recettes, et a pu constituer un capital de plus de 300 000 francs. La plus grande partie des recettes provient des cotisations ; les recettes propres du journal, vente au numéro et publicité, ne figurent que pour 25 000 francs dans le total.

Les dépenses sont inférieures à 118 000 francs, total sur lequel le journal absorbe près de 85 000 francs.

Le succès de la formule nouvelle a été complet en Angleterre. Cette formule a d'ailleurs été adaptée. Si le modèle de l'organisation fédérale et le type du journal ont été empruntés à l'Allemagne, la société a conservé l'organisation traditionnelle des sociétés anglaises pour son conseil. Le journal a un comité de rédaction distinct du conseil de la société, un éditeur appointé, qui n'est pas le secrétaire de la société. La première place est occupée dans ce journal par les comptes rendus des travaux des sections de la société.

Institution of Mining Engineers (fig. 7). — Ce succès explique la tentative faite dix ans plus tard, en 1890, par les associations d'ingénieurs des mines pour créer une fédération sous le nom d'*Institution of Mining Engineers*. Cette

(1) Liverpool, Londres, Manchester, New-York, Newcastle, Nottingham, Scotland (Glasgow), Yorkshire (Leeds).

fédération, dont North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers a pris l'initiative, a groupé à l'heure actuelle 6 sociétés, 2 500 adhérents.

Le but est la publication d'un organe commun contenant des abstracts nombreux et bien faits.

North of England Institute de Newcastle (fig. 8), vieille société datant de 1852, et pourvue d'une charte depuis 1876, a servi de centre au groupement : son secrétaire est en même temps secrétaire de la fédération.

L'organisation d'une fédération entre sociétés déjà anciennes est plus laborieuse qu'une création toute neuve. La nouvelle Institution a développé progressivement sa publication et elle dépense aujourd'hui près de 90 000 francs par an. Elle est encore en pleine évolution et elle n'a pas encore trouvé sa formule définitive ; mais sa formation est un phénomène très intéressant : elle est le signe d'une nouvelle orientation de l'activité des associations anciennes.

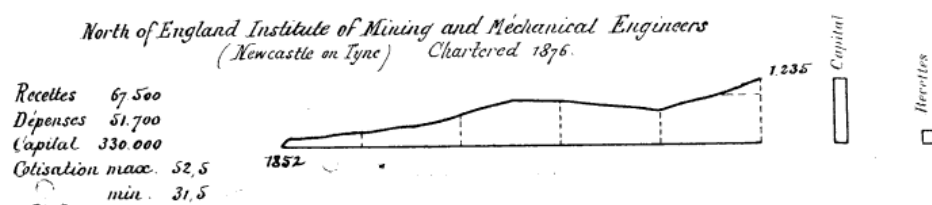


Fig. 8.

Traits généraux des associations anglaises. — Les associations anglaises ont toutes des traits de ressemblance très marqués qui leur donnent une physionomie propre.

Leur organisation des plus simples dérive de celle de l'Institution of Civil Engineers : cette organisation a été à peine modifiée dans les sociétés à objet plus spécialisé, pour tenir compte des conditions particulières de chaque branche de l'industrie.

Partout on trouve un conseil unique qui détermine la ligne de conduite à suivre : les présidents restent peu d'années en exercice (nous avons expliqué l'exception à cette règle que l'on rencontre chez les Naval Architects).

Sous l'inspiration du conseil, travaille un secrétaire, personnage choisi avec soin, souvent parmi les sociétaires, très actif, bien rémunéré, et très considéré. Le secrétaire est la cheville ouvrière de l'association : il est généralement chargé d'éditer la publication. Celle-ci est le recueil des communications acceptées par le conseil, des discussions auxquelles ont donné lieu celles qui ont été faites en séance, et des travaux des commissions. Les associations qui sont assez riches complètent ce recueil par la publication d'abstracts ou résumés des articles publiés par les revues et journaux et de tous autres documents anglais ou étrangers, et qui se rapportent au sujet d'étude de l'association.

Les abstracts occupent environ 400 pages dans les proceedings of the Institution of Civil Engineers.

La revue de l'industrie métallurgique publiée dans le Journal of Iron and Steel Institute occupe également 400 ou 500 pages ; le nombre d'abstracts qui la compose dépassait 1 300 d'après un des derniers comptes rendus. L'Institute of Electrical Engineers distribue les Science Abstracts à ses sociétaires et paie dans ce but une contribution annuelle de 16 500 francs à la Physical Society.

La Society of Chemical Industry est allée plus loin encore : son journal bimensuel aujourd'hui, avec 64 pages de texte, contient, dans chaque numéro, une revue générale de l'industrie divisée en 24 articles, et comprenant près de 40 pages, œuvre de la collaboration de près de 50 abstractors.

L'Institution of Mining Engineers, fondée pour l'édition en commun d'une revue, augmente chaque année l'importance de ses abstracts, dont le nombre dépasse déjà 200.

L'information large et bien faite est la fonction principale des associations.

Tous les moyens qui peuvent contribuer à la développer sont essayés ; les visites sur place sont généralement plus profitables que les comptes rendus verbaux ou par écrit : de là, le succès des réunions péripatétiques et des voyages à l'étranger. De pareils moyens ne peuvent être employés que s'il y a réciprocité : les Anglais l'ont très bien compris, et c'est ce qui explique les tendances cosmopolites de plusieurs associations, qui reçoivent de très bonne grâce dans leur sein les étrangers qui les ont bien accueillis.

L'Anglais apprécie l'information sûre ; il sait qu'elle a une valeur et qu'il faut la payer ; il donne donc de larges cotisations ; le budget des associations est principalement alimenté par les cotisations. Les plus récentes seulement tirent quelques profits de leurs publications ; l'Institution of Electrical Engineers, et la Society of Chemical Industry ont seules quelques revenus de cet ordre.

Après avoir pourvu au besoin d'information, les sociétés pensent à leur bibliothèque, aux locaux de réunion, enfin aux secours.

Deux seulement jusqu'à ce jour : l'Institution of Civil Engineers et l'Institute of Mechanical Engineers, ont été assez riches pour construire un hôtel à Londres. L'Institution of Electrical Engineers commence à s'en préoccuper sérieusement ; deux ont institué des Benevolent funds. A proprement parler, le seul important est celui des Civil Engineers ; celui des Electrical Engineers est de création toute récente.

Les associations anglaises sont demeurées très rigoureusement cantonnées dans le domaine technique ; elles se sont volontairement interdit certains sujets, comme les questions ouvrières et les questions purement commerciales. L'information qu'elles fournissent est nécessairement un peu lente, toutes les communications passant sous le contrôle du conseil. Aussi, bien que leur activité soit

très considérable, elles ont laissé un large champ à la presse technique proprement dite, qui compte des organes très importants et très florissants, comme : *Engineering et the Engineer*, *The Electrician Review*.

Un trait particulier aux associations anglaises est le souci qu'elles prennent de l'éducation technique. Trois d'entre elles, à Londres seulement, les trois plus importantes par le nombre des membres et par les ressources financières, ont créé des classes spéciales de sociétaires, afin de mettre à la disposition des jeunes gens les facilités d'études qu'elles offrent. Leur situation morale s'est trouvée rehaussée. Dans cet ordre d'idées l'*Institution of Civil Engineers*, comprenant le rôle spécial que sa situation prépondérante lui imposait, est allée aussi loin qu'elle le pouvait, plaçant un examen au seuil même de sa porte, et ne conférant son brevet qu'à des ingénieurs justifiant de sérieuses études théoriques.

En étudiant de près l'histoire de ces sociétés, on a le sentiment que l'on se trouve en face d'organismes très vivants, ayant chacun une physionomie propre et qui, sans renoncer à leurs traditions, évoluent doucement de manière à harmoniser leurs efforts sans jamais perdre leur énergie en une stérile concurrence. Ces associations se connaissent et se pénètrent réciproquement; on y reconnaît à chaque pas la marque du caractère anglais : nette conception du but, énergique volonté d'atteindre un résultat utile, suppression de tout organe superflu, attention toujours éveillée sur les efforts et les moyens des concurrents étrangers.

Les moyens employés ne paraissent pas toujours les plus efficaces et l'on trouve un peu de chaos dans les idées. Cette apparence tient au respect des traditions qui laisse subsister les anciennes formules, formules sous lesquelles les organismes restent très vivants et savent se transformer. Les Anglais n'ignorent pas les critiques que les continentaux leur adressent. Au congrès de Venise sur l'éducation technique, sir Henri Trueman Wood, le très distingué sociétaire de *Society of Arts*, s'exprimait ainsi à propos de l'aspect chaotique de l'enseignement technique en Angleterre.

« Je sais, dit-il, que nos méthodes empiriques horripilent les penseurs profonds et les personnes qui ont le tour d'esprit logique. J'ose à peine dire qu'elles ont quelque mérite; mais je puis peut-être faire remarquer qu'elles ont leurs avantages.

« La méthode anglaise, comme le système de philosophie de notre grand penseur Darwin, repose sur la survivance du plus apte et la favorise. En fin de compte, nous obtenons des résultats excellents, malgré peut-être un peu de gaspillage de matériaux et quelques conséquences désagréables pour les éléments qui constituent ces matériaux. »

Ces paroles sont exactement applicables aux associations techniques.

Si les Anglais connaissent les critiques, ils ont aussi conscience de la solidité de leurs œuvres et les résultats obtenus leur laissent regarder l'avenir avec

confiance, car ils ont une très remarquable netteté de conception du but à atteindre. Nous avons trouvé un exemple frappant de cet état d'esprit dans les discours reproduits dans le journal of Iron and Steel Institute. Nous terminerons par deux citations empruntées à ces discours, l'un prononcé en 1869 par John Jones, développant le programme de la société à créer, et l'autre récemment, par M. H. Webb, l'un des plus anciens sociétaires, dans une des réunions générales.

John Jones s'exprimait ainsi :

« Je présume que l'industrie du fer retirerait un grand bénéfice d'un plus libre échange des idées entre ses membres, par des réunions plus fréquentes et par la discussion des questions qui intéressent profondément cette industrie nationale; en un mot, par une plus grande diffusion des renseignements techniques entre les membres de l'industrie. » Et, après avoir développé le plan d'organisation à peu près tel qu'il existe, il ajoutait :

« L'objet d'une telle Institution serait de réunir dans un même foyer tout ce qui touche les intérêts impériaux par opposition avec les intérêts locaux. Comme aucun essai de cette nature n'a été tenté dans l'industrie du fer, il n'est pas possible de dire à l'avance quelle serait la forme qui rendrait le plus de services à l'industrie. Ce pourrait ne pas être un succès au début, à cause des préjugés et des jalousies qu'il faudrait vaincre par-ci par-là; mais tout progrès doit avoir un commencement, et son début n'apporte pas moins de promesse de succès parce qu'il se produit sans bruit et discrètement. »

Trente ans plus tard, H. Webb pouvait dire en rappelant les résultats atteints :

« Le premier est l'œuvre considérable réalisée par l'Institut en brisant ce que je me permettrai d'appeler l'esprit d'égoïsme (selfishness) dans le personnel de l'industrie du fer et de l'acier. Lorsque j'étais jeune, toutes les usines étaient des lieux fermés; on n'y entraient pas. Si quelqu'un s'avisait de demander quelque renseignement, il était reçu avec un sourire moqueur et équivoque qui voulait dire : « Vous ne voudriez pas qu'on vous le donne. » Depuis, la scène a changé.

« Je ne pense pas que personne ait tiré plus de profit du libre échange des idées que nos amis d'Amérique.

« Dans les premiers temps de l'Institut, leurs ressources naturelles illimitées et leurs richesses étaient encore peu connues; les usines de notre pays, avec leur longue expérience, leur furent ouvertes. Beaucoup de personnes présentes ici se rappellent combien d'entre elles sont venues et ont tiré profit de cette expérience; maintenant, il faudrait se convaincre que, construisant sur les bases de l'expérience des Anglais, les Américains ont pu faire mieux, et qu'il y a, de ce côté-ci de l'Atlantique, quelque chose à apprendre d'eux. Les Américains ont très cordialement usé de retour et, chaque fois que nous allons les voir, ils

ouvrent leurs usines avec générosité, et tout ce que nous pouvons désirer voir nous est montré. »

Ce ne sont d'ailleurs pas là de vaines paroles : nous avons vu que M. Carnegie avait fondé une bourse internationale à l'Iron and Steel Institute. Le même industriel a fait aussi une généreuse donation à l'université d'Écosse mettant en pratique la réciprocité, un des plus nobles traits du caractère anglais.

II. — ALLEMAGNE

En Allemagne le spectacle est absolument différent de celui que nous avons trouvé en Angleterre.

L'État a pourvu abondamment aux besoins de l'éducation technique. Les écoles techniques nombreuses, très fréquentées, délivrent des diplômes constatant l'acquisition du bagage scientifique nécessaire pour exercer la profession d'ingénieur. Les universités et les écoles techniques ont des bibliothèques bien installées et très riches.

Le champ d'action des associations techniques s'est trouvé, en Allemagne, circonscrit à deux objets : les intérêts professionnels, la diffusion des progrès techniques.

Ces associations se sont néanmoins formées en très grand nombre, en raison, d'une part, du développement particulier de l'esprit d'association dans la race germanique, et d'autre part de la division du pays en un grand nombre d'États, où l'esprit local est très vivace. Ces associations se sont groupées naturellement en fédérations, et leur étude se trouve par là très simplifiée.

Les groupements principaux sont :

Verein deutscher Ingenieure ;

Verband deutscher Architekten und Ingenieure Vereine ;

Verband deutscher Electrotechniker ;

Verein deutscher Eisenhüttenleute ;

Schiffbautechnische Gesellschaft.

Nous citerons pour mémoire le Verein für Eisenbahn Kunde, dont le nombre des membres est beaucoup moins important ;

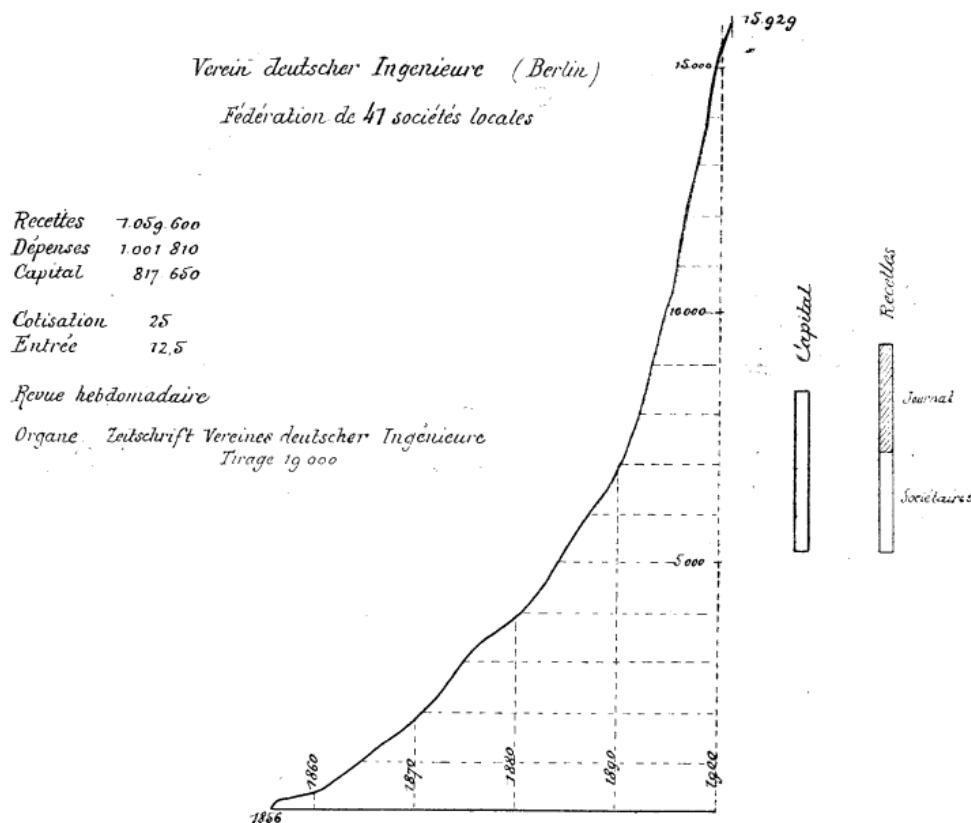
La Schiffbautechnische Gesellschaft créée il y a deux ans à peine, à l'imitation de Institution of Naval Architects, a un type qui diffère nettement des quatre autres ; mais elle est trop récente pour qu'on puisse déduire aucune conclusion à son égard ; on ne peut aujourd'hui que signaler son existence et les conditions de sa création.

Verein deutscher Ingenieure. — Le type le plus remarquable des associations techniques allemandes est (fig. 9) le Verein deutscher Ingenieure. Ce Verein s'est

développé d'une manière si complète et les résultats obtenus sont si considérables que sa formule mérite d'être étudiée avec soin.

L'objet du Verein est le progrès de toutes les branches de l'industrie allemande; son siège est à Berlin.

D'après ses statuts, ses moyens d'action sont les suivants :



- « Réunions et discussions du Verein et de ses sections locales;
- « Publication d'un Bulletin;
- « Cercles, salles de lecture, bibliothèques;
- « Création de prix et recherches pour faciliter la solution de problèmes techniques importants;
- « Encouragement à la publication d'ouvrages techniques. »

Le Verein a une seule réunion générale par an; elle est tenue, chaque année, dans une ville différente de l'Allemagne: elle est l'occasion de fêtes, promenades, visites et de discussions sur quelques sujets choisis à l'avance par le

conseil et dans des conditions soigneusement déterminées. Cette réunion est une sorte de congrès avec tout l'appareil ordinaire de ce genre de cérémonies.

Les autres réunions sont tenues par les sections locales ou *Bezirkverein*, dans les conditions fixées par leurs règlements particuliers.

Il n'y a pas de salle de réunion au siège du *Verein* à Berlin ; il n'y a pas non plus de bibliothèque : les ressources très restreintes des sections locales ne leur permettent pas d'avoir des installations bien considérables. En réalité, c'est là le côté secondaire.

La principale manifestation de l'activité du *Verein* est la publication du *Bulletin* ou *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*. C'est l'objet capital du *Verein*, et c'est de son succès que dépend toute l'opération, car c'est lui qui est la principale source des revenus et qui permet d'alimenter la caisse des recherches et d'encourager efficacement la publication d'ouvrages techniques.

L'organisation du *Verein* est très solide. Il est administré par un bureau ou *Vorstand*, composé d'un président, d'un vice-président et de trois adjoints. Le *Vorstand* prend l'avis d'un conseil formé par les délégués des groupes locaux ou *Vorstandrat*. L'assemblée générale statue sur les questions les plus importantes.

Le *Vorstandrat* ne se réunit effectivement qu'au moment de l'assemblée générale ; mais le président peut le consulter par écrit au moyen de lettres circulaires.

Un des membres du bureau, indéfiniment rééligible, prend le titre de curateur ; il exerce un contrôle permanent sur la marche du *Verein* dont il conserve les traditions.

Les autres membres du *Vorstand* restent en exercice pendant deux ans et ne sont pas rééligibles.

Le *Verein* a, depuis 1891, la personnalité juridique, et c'est le bureau qui le représente.

Les statuts définissent minutieusement les règles à suivre pour le fonctionnement des divers organes du *Verein*. Le curateur seul reçoit une indemnité ; les autres fonctions sont honoraires.

Sous la haute direction du *Vorstand*, les affaires sont gérées par un directeur appointé, choisi par le conseil. Ce directeur a voix consultative dans toutes les réunions. Les relations entre le directeur, le bureau et le conseil sont minutieusement déterminées dans un règlement qui entre dans tous les détails, fixant même les tarifs des frais de voyage et de séjour.

Le directeur est chargé de la publication du *Bulletin* : il est secondé dans ce but par une série d'agents qui sont réunis au siège du *Verein*, ou *Geschäftsstelle*.

Le *Bulletin* est un véritable journal : il paraît toutes les semaines. Chaque numéro contient trente-six pages de texte. Vingt-cinq environ sont consacrées

aux articles de fond. Le compte rendu des réunions des sections locales, reproduit en abrégé, occupe seulement quelques pages. Le journal contient une revue des revues : Zeitschriftenschau; une chronique : Rundschau, et une revue de brevets : Patentbericht.

A chaque partie du journal correspond une tabulation spéciale. Les gravures sont nombreuses et bien faites; il y a des planches hors texte en grand nombre.

Les articles de fond proviennent soit des communications originales d'auteurs étrangers à la rédaction, soit des travaux de rédacteurs. Sept ingénieurs collaboraient à la rédaction au cours de l'année dernière, et un bureau de dessin de plus de vingt personnes s'occupait de la préparation des planches et des figures.

Avec une organisation de cette importance, le journal est rédigé très remarquablement. Dans les articles, aucune autre préoccupation que celle de fournir une information exacte et précise et sous le moindre volume possible; un système de renseignements merveilleusement organisé: chaque section locale se trouvant naturellement en correspondance avec la rédaction, et intéressée au succès du journal, fournit sans frais tout ce qui intéresse l'Allemagne; des rédacteurs sont envoyés en mission à l'étranger pour tous les sujets qui présentent un sérieux intérêt.

La réussite a été complète: la qualité du journal a attiré un nombre considérable d'adhésions au Verein; le nombre des adhésions a fourni au journal, par la publicité, des revenus considérables qui lui ont permis de perfectionner son œuvre.

Les résultats acquis l'année dernière étaient les suivants:

Le Verein comprend 41 sections locales ou Bezirksverein; un effectif de 16 000 membres.

Le journal tire à plus de 19 000 exemplaires; la cotisation est de 25 francs (20 marks) avec un droit d'entrée de 12 fr. 50 (10 marks). Sur cette cotisation, un quart est versé à la section locale, de telle sorte que le prix de l'abonnement ne ressort pas à 20 francs.

Le compte des recettes de l'exercice 1900 accusait un total de près de 1 060 000 francs (847 573 m. 36), dans lequel les cotisations ne représentent pas la moitié, soit 382 000 francs; les revenus des placements mobiliers ou immobiliers, pas la vingtième partie à peine, 38 000 francs. L'article le plus important des recettes est le prix du fermage de la publicité, qui dépasse 560 000 francs (449 658 m. 25).

Les dépenses dépassent légèrement un million de francs (801 449 m. 87).

Le plus gros article est celui du journal, qui absorbe près de 714 000 francs.

Les missions et travaux scientifiques figurent pour 72 500 francs. Enfin, 80 000 francs sont versés aux sections locales; ce sont les plus gros articles.

Les sociétaires paient en chiffres ronds 300 000 francs de cotisation pour le journal; ils reçoivent une publication dont le prix de revient ressort à plus du double.

Le capital du Verein n'est pas très considérable, 817 000 francs environ. La politique du Verein n'est pas de thésauriser, mais de rendre des services : plus es ressources augmentent, plus il entreprend d'opérations. En ce moment il a pris en main la publication d'un *Technolexikon* ou Vocabulaire technique international en trois langues, œuvre de longue haleine, qui demandera de fortes avances d'argent.

Verband deutscher Architekten und Ingenieure Vereine. — Le succès du

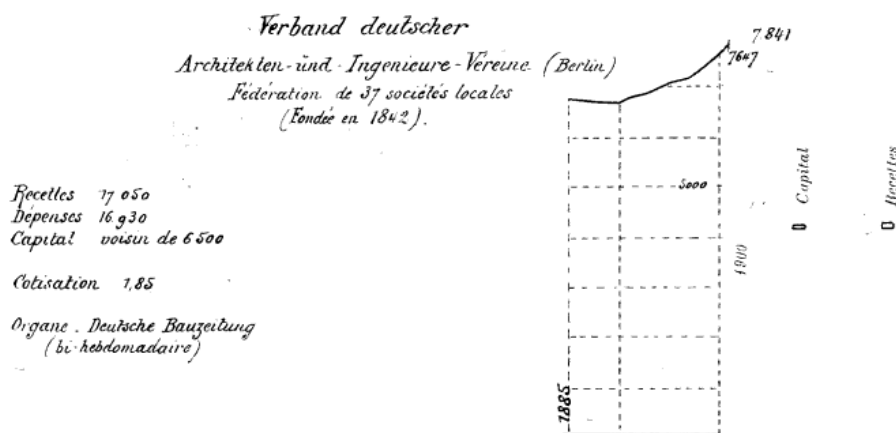


Fig. 10.

Verein deutscher Ingenieure, dont les progrès dans les vingt dernières années sont tout à fait remarquables, a tracé la voie aux autres associations allemandes.

Le Verband deutscher Architekten und Ingenieure Vereine (fig. 10), fédération de 37 sociétés locales qui comprend près de 8 000 membres et qui date de 1842, comptait, il y a dix ans déjà, plus de 6 000 membres, presque autant que le Verein deutscher Ingenieure. Ce Verband comprend les ingénieurs des divers services publics qui sont recrutés par voie d'examen et il réunit ainsi des sociétaires de haute compétence technique. Malgré ces éléments excellents, il se développait péniblement depuis une dizaine d'années. Il vient tout récemment d'entrer dans la même voie que le Verein Deutscher Ingenieure en choisissant un secrétaire général jeune et actif, et en s'associant avec un journal bi-hebdomadaire, *Deutsche Bauzeitung*, qui devient son organe et dont son secrétaire général est rédacteur en chef.

La cotisation de ce Verband est minime, moins de 2 francs (1 m. 50); aussi l'abonnement n'est-il pas servi aux sociétaires à titre gratuit.

Avec un aussi faible chiffre de cotisation, le Verband n'a pu réaliser de grosses économies; il a une faible réserve de quelques milliers de marks. Son évolution sera intéressante à suivre.

Cette association n'a d'ailleurs pas et ne peut avoir, en raison de la qualité de ses membres, fonctionnaires en grand nombre, la même indépendance d'allures que le Verein deutscher Ingenieure : le nombre de ses entreprises est très limité, car beaucoup d'entre elles sont naturellement dans le champ d'action des administrations publiques et sont prises en compte par elles, une fois lancées.

Verein deutscher Eisenhüttenleute (fig. 11). — Le Verein deutscher Eisenhüttenleute s'est constitué en 1880. Les bases de son organisation sont tout à fait les mêmes que celles du Verein deutscher Ingenieure dont il dérive. Il s'en est détaché comme un rameau. Le siège du Verein est Dusseldorf; il ne comprend à ce jour que deux sections locales, l'une à Dusseldorf, l'autre en Haute-Silésie. Depuis 1897, le Verein a obtenu la personnalité juridique.

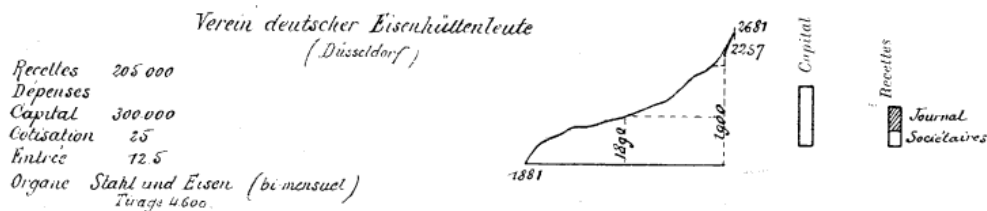


Fig. 11.

Le but de cette association est nettement industriel : « le développement pratique de l'industrie du fer et de l'acier, la représentation et l'observation des intérêts de cette industrie, le développement de la consommation du fer et de l'acier sous toute forme ».

Son organisation est des plus simples. Un conseil (Vorstand) composé de 24 membres et des anciens présidents, un comité issu du conseil comprenant le président, deux vice-présidents et deux membres. Un secrétaire général (Geschäftsführer) travaillant sous l'inspiration du comité et du conseil. C'est l'organisation d'une société industrielle et commerciale, c'est celle de la plupart des sociétés anglaises.

Les statuts sont peu explicites sur les modes d'activité du Verein, mais dans la courte notice historique qui précède ces statuts et explique la genèse de la société, on voit que la première préoccupation du Verein a été la publication d'un organe spécial, *Stahl und Eisen* qui fut, au début, mensuel.

Lorsque la revue fut fondée et la marche de l'œuvre assurée, le Verein songea à s'établir dans un local à lui et put le faire grâce à une généreuse donation de 125 000 marks faite par F. A. Krupp.

Le succès du Verein a été considérable et ses progrès très rapides.

Le nombre des membres a passé de 315 au cours de la première année, à plus de 1 100 en 1892 et à près de 2 700 à l'heure actuelle. Le *Stahl und Eisen* tire à 4 600 exemplaires. Il paraît deux fois par mois avec 64 pages de texte. Il est rédigé dans le même esprit que la *Zeitschrift Verein deutscher Ingenieure*.

La cotisation est de 25 francs (20 marks) et le droit d'entrée de 12 fr. 50 (10 marks). Le Verein a une fortune propre qui dépasse 300 000 francs à l'heure actuelle et des recettes annuelles supérieures à 200 000 francs (164 000 marks). Les cotisations ne représentant pas le tiers des revenus et les intérêts des capitaux placés n'étant qu'un faible appoint, on peut se rendre compte de l'importance déjà prise par les recettes propres du journal.

En 1892 le compte des recettes atteignait à peine 35 000 francs. Verein

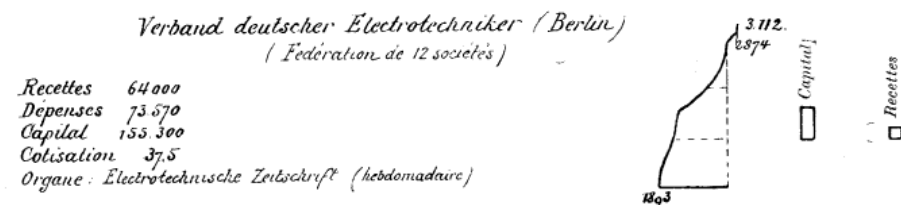


Fig. 12.

deutscher Eisenhüttenlente en adoptant les procédés de Verein deutscher Ingenieure a marché comme lui à pas de géant.

Verband deutscher Electrotechniker. — Le Verband deutscher Electrotechniker, dont le siège est à Berlin (fig. 12), est de création toute récente (1893). Les Électrotechniciens allemands frappés sans doute par le succès du Verein deutscher Ingenieure et du Verein deutscher Eisenhüttenlente songèrent à fonder une fédération.

« La fédération doit grouper tous les électrotechniciens allemands en un seul faisceau, de telle sorte que l'électrotechnique allemande ait une représentation permanente et un outil de progrès. »

Les moyens d'action principaux du Verband sont :

Un congrès annuel péripatétique des électrotechniciens ;

Les travaux des organes du Verband ;

La revue du Verband et autres publications ;

Les organes du Verband sont énumérés dans les statuts de la manière suivante :

1° Le bureau (Vorstand) (le président, deux vice-présidents et quatre membres) ;

- 2° Le comité (Ausschuss), conseil de délégués élus, les uns par les associations fédérées, les autres par l'assemblée générale;
- 3° Les commissions d'études élues par l'assemblée générale;
- 4° L'office central (Geschäftsstelle) dirigé par le secrétaire général;
- 5° L'assemblée générale (ou congrès).

Tel est l'outil forgé par les électrotechniciens à l'exemple du Verein deutscher Ingenieure. La formule est exprimée avec une parfaite netteté.

Le Verband n'a pas créé d'organe lui appartenant en propre : la concurrence des journaux déjà existant dans la spécialité aurait pu nuire à la création nouvelle. Il a préféré choisir pour organe un journal déjà lancé, *Electrotechnische Zeitschrift*.

Il a trouvé par ce moyen des facilités particulières au début et, dans l'espace de quelques années, il a pu grouper douze sociétés, réunir plus de 3 000 membres et mettre quelques économies en réserve.

La cotisation annuelle est de 37 fr. 50 (30 marks). L'*Electrotechnische Zeits-*

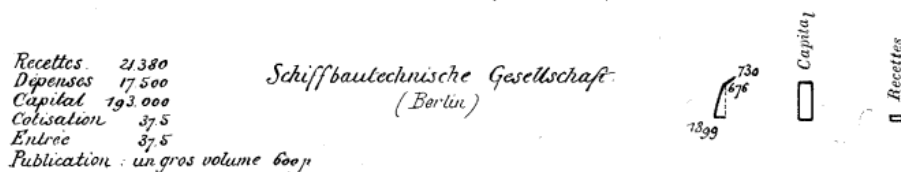


Fig. 13.

chrift est servie gratuitement aux sociétaires. Les sociétés affiliées au Verband paient une contribution de 20 marks par tête de sociétaire et conservent le surplus pour leurs propres besoins.

Le compte des recettes du Verband est d'environ 65 000 francs. Les cotisations entrent dans ce total pour 25 000 francs et les bénéfices du journal pour environ 8 500 francs.

Le Verband tire des revenus de consultations techniques dont le montant équilibre à peu près le traitement du secrétaire général.

Les dépenses du Verband ne comprennent que les frais du service général du Verband et ne comprennent aucune dépense pour le journal. Elles se sont élevées dans le dernier exercice à un total dépassant les recettes, mais la cause en est due à une circonstance passagère. Le capital mis en réserve s'élève à 155 000 francs et l'accroissement du nombre des membres est rapide.

Le succès est donc acquis dès aujourd'hui.

Schiffbautechnische Gesellschaft (fig. 13). — La *Schiffbautechnische Gesellschaft* a été créée en 1899; elle a son siège à Berlin. Elle est une des manifestations de la poussée formidable de l'énergie allemande vers les choses maritimes.

Son organisation est calquée sur celle de l'*Institution of Naval Architects*; elle a reçu de la part du gouvernement de sérieux encouragements moraux qui ont

attiré vers elle dès le début près de six cents membres et des souscriptions considérables de nombreux industriels.

Le nombre des membres atteignait 730 en 1901, le capital souscrit 200 000 francs et la première situation financière publiée comportait 21 500 francs de recettes.

Jusqu'à présent l'œuvre de la Société a consisté dans la publication de deux Jahrbuch comparables aux publications des Naval Architects.

Il sera intéressant de suivre le développement de cette association dont la formule est celle d'une société anglaise transplantée dans un milieu allemand. Quoi qu'il advienne, l'avenir est assuré au point de vue financier.

Tracts généraux des sociétés allemandes. — Lorsque l'on jette un coup d'œil d'ensemble sur les associations allemandes, on est frappé de certains traits. Elles sont avant tout allemandes; elles affirment leur nationalité dans leur titre même. Il n'y a aucune tendance cosmopolite dans leur politique, au contraire, elles sont très étroitement ouvertes à l'étranger, juste ce qu'il faut pour l'entretien des relations diplomatiques indispensables. Elles sont en position de combat. Ce sont des éléments du grand outillage technique national. Elles ont conscience qu'elles ont des fonctions importantes à remplir dans la lutte pour l'hégémonie industrielle et commerciale qui est engagée par l'Allemagne.

Leur objectif est exclusivement industriel : l'unique préoccupation est de fournir au meilleur marché la plus grande masse possible de documentation et de la meilleure qualité. Nul souci de la personne du sociétaire : il est une fiche, un numéro, un abonné : l'association n'a pas pour but de lui fournir un appui moral. C'est dans le cercle de la ville qu'il habite, dans la société locale, dans le Bezirksverein, qu'il trouvera cet élément, si tant est qu'il existe.

Les associations allemandes cantonnées sur ce terrain ont trouvé une formule remarquable qui est l'union intime du journal avec l'association techniques.

Tantôt l'organe est la propriété de l'association, tantôt il y a un simple contrat; mais dans ce cas l'union est rendue aussi intime que possible par la confusion de la personne du Geschäftsführer avec celle du rédacteur du journal.

Le nombre des sociétaires est une condition de succès, car plus le tirage du journal est élevé, plus les bénéfices indirects provenant de la publicité sont considérables.

L'entrée des associations est donc très facile.

Les réunions et les discussions orales sont la partie accessoire de l'activité des associations. Les congrès sont l'occasion de fêtes locales, ce sont des solennités dont les détails sont réglés à l'avance. Le travail utile est fait à la Geschäftsstelle, les discussions ont lieu par écrit au sein des conseils des délégués ou dans celui des commissions.

Si l'on compare les associations anglaises avec celles de l'Allemagne on aperçoit des différences profondes.

Les premières offrent et cherchent à offrir aux sociétaires des avantages matériels pour leur travail personnel : elles ont souci de rehausser la situation des sociétaires ; leur entrée n'est pas libre, elle est quelquefois difficile ; les cotisations sont élevées et la documentation fournie, toujours de très bon aloi, porte à marque d'un travail personnel, des documents originaux et des abstracts ;

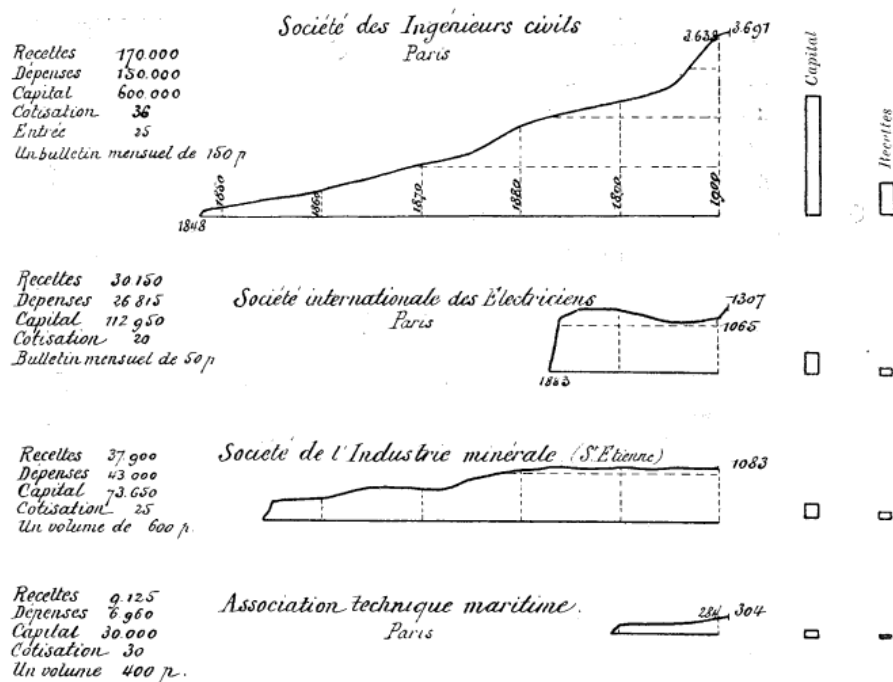


Fig. 14.

les discussions ont une grande ampleur. L'objectif de ces associations est élevé, presque d'ordre philosophique : elles sont ouvertes à toutes les nationalités.

Les secondes sont dominées par la préoccupation du succès de l'industrie allemande et du maximum de rendement : elles sont parvenues au résultat d'une manière à peu près parfaite.

Les sociétaires des Verein ou des Verband reçoivent, en échange d'une faible cotisation, dans un journal remarquablement rédigé, ce que les Anglais doivent payer deux fois : l'information sûre dans les publications des institutions et l'information rapide dans la presse technique.

Quel système est préférable ? Nous ne résoudrons pas la question, car le but

poursuivi n'est pas le même. Les Anglais ont appliqué le système allemand avec succès dans la Society of Chemical Industry. Les Allemands viennent d'emprunter la formule anglaise des Naval Architects; nous avons entendu certaines personnes à Berlin envier aux Anglais les discussions sereines de leurs Institutions et déplorer de ne pas réussir à les acclimater dans leur Verband.

Ce qui frappe surtout les yeux, c'est que, dans l'un et l'autre pays, depuis trente ans, les associations ont pris un essor considérable. Le graphique relatif à la France (fig. 14) fait voir que nous n'avons pas, dans ce domaine, développé la même activité que nos voisins. Nos associations d'Ingénieurs groupent des sociétaires bien moins nombreux, et aucun organe de notre presse technique n'a un tirage comparable aux chiffres des membres des puissantes associations anglaises ou allemandes.

Ce n'est pas que les éléments fassent défaut chez nous, nous en avons de nombreux et d'excellents, mais nos efforts sont dispersés.

ARTS MÉCANIQUES

ESSAIS DU CUIR DANS SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES, PAR **Henri Boulanger**,
industriel à Lille.

PRÉFACE

A la suite des recherches faites dans les ouvrages qui traitent de la résistance et des allongements des cuirs industriels, nous fûmes amené à constater qu'ils ne contenaient pas les renseignements qui nous étaient nécessaires dans bien des circonstances particulières.

Nous avons bien en mains quelques documents sur le cuir tanné et divers résultats d'essais de traction sur de petits échantillons de ce cuir; mais, sur les cuirs chromés, sur ceux de buffle, nous ne trouvâmes rien, et c'étaient précisément les essais sur ces cuirs et leur comparaison avec ceux des cuirs tannés par les anciens procédés qui nous intéressaient.

De plus, une nouvelle application se présente actuellement: c'est celle du cuir vert employé pour la confection des engrenages soumis à des actions vives; matière qui supprime le bruit et évite les bris de denture. Nous n'en connaissons ni la résistance ni l'élasticité, des expériences n'ayant jamais été faites en vue de la recherche de ces éléments mécaniques.

Le plus simple était donc de faire nous-même les essais utiles; pour cela, il fallait des bonnes volontés en situation de nous aider. Nous les avons rencontrées à l'Institut industriel du Nord.

D'une part: le directeur, M. Gruson, inspecteur général des Ponts et Chaussées, a bien voulu mettre à notre disposition les machines à essayer de cet établissement.

D'autre part: M. Codron, professeur ingénieur, ne nous a jamais ménagé ses conseils si autorisés et sa collaboration pour la poursuite de ce travail qui a pris des proportions auxquelles nous ne nous attendions pas.

Nous nous plaisons à remercier vivement ces Messieurs de leur gracieux et si empressé concours.

Tous nos essais ont été faits avec une machine de 10 tonnes du modèle Delaloé représentée en figure 1 travaillant à la traction.

COURROIES EN CUIR

Lorsqu'il s'agit d'utiliser une courroie en cuir ou d'en calculer la résistance, on n'ignore pas qu'elle se compose de bandes de 1^m,40 à 1^m,50 de longueur

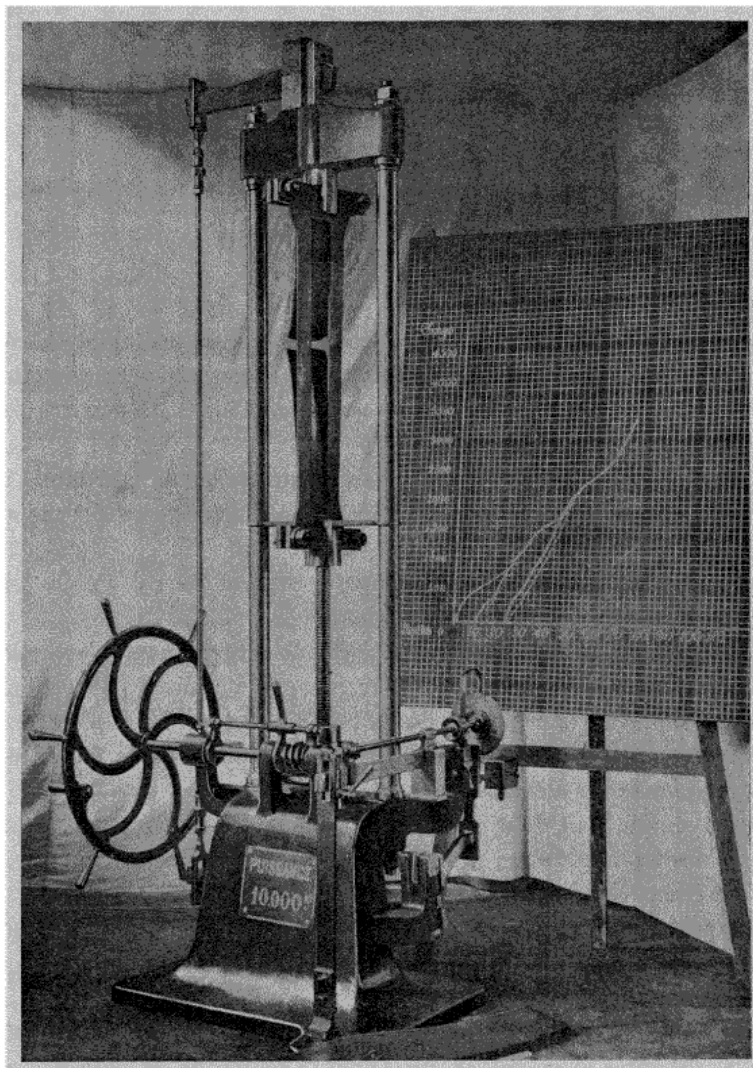


FIG. 1. — Machine à essayer *Delaloe*.

environ, jonctionnées, assemblées en un ruban; mais on est souvent porté à croire que les parties qui la composent présentent une force de résistance égale et travaillent dans les mêmes conditions.

Cependant ce principe n'est pas tout à fait exact, car, quels que soient les soins apportés dans les différentes opérations de tannage et de corroyage, il faut reconnaître que les peaux diffèrent sensiblement entre elles par leur nature; l'âge de l'animal, sa provenance, le milieu ou le climat dans lequel il vivait, sa nourriture, sa santé, etc. influent sur la qualité du cuir.

Puis, la peau ayant été découpée en bandes, pour former une courroie, les parties doivent être assemblées par des jonctions, des attaches, autant de points faibles où le cuir n'est plus à son état naturel, et qui augmentent ou diminuent de solidité suivant leur mode de confection.

Il est vrai que si l'on sait que certaines parties du cuir donnent des résistances à la rupture de 2 à 3 kilogrammes et même plus par millimètre carré de section, on a soin, dans la pratique, de ne pas trop se rapprocher de ces chiffres et de s'en tenir beaucoup au-dessous ($0^{\text{kg}},2$ à $0^{\text{kg}},5$) car on courrait le risque d'avoir des allongements, des déformations qui entraîneraient à bref délai la mise hors d'usage de la courroie.

Cependant, étant donnés les progrès continuels de la mécanique et les applications toutes spéciales que le cuir trouve journellement dans l'industrie pour la transmission de l'énergie, il nous a paru intéressant de rechercher les efforts qu'on pouvait obtenir de toutes les parties d'une courroie.

D'autre part, si le cuir tanné à l'écorce (tannage végétal) était le seul employé jusqu'à ces dernières années pour la confection des courroies, nous avons aujourd'hui d'autres agents de conservation de la peau, tels que certains sels minéraux, qui sont appelés à jouer un grand rôle dans la tannerie.

Le tannage au bichromate de potasse ou tannage au chrome paraît devoir trouver depuis quelque temps certaines applications spéciales dans l'industrie, il mérite dès lors également toute notre attention.

Aussi, pour permettre d'établir des comparaisons faciles, avons-nous étudié séparément et d'après les mêmes règles :

- 1° *Le cuir tanné à l'écorce provenant des bœufs du pays;*
- 2° *Le cuir chromé provenant des bœufs du pays;*
- 3° *Le cuir chromé provenant des buffles exotiques.*

Pour chacune de ces sortes de cuirs, nous examinerons :

La résistance et l'allongement,

- 1° Des diverses parties d'un cuir;
- 2° Des jonctions ou épissures comprises dans le corps d'une courroie.

Les expériences de résistance et d'allongement des diverses parties d'un cuir ont été faites sur des peaux entières.

Celles des jonctions ou épissures comprises dans le corps d'une courroie ont été pratiquées :

Sur les *courroies simples* d'abord,

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Avril 1902.

32

Puis sur les *courroies doubles*, soit :

A talons, c'est-à-dire doublées sur les côtés seulement,
ou *doublées* sur toute leur surface.

Enfin sur les *courroies triples*.

Pour compléter les expériences du cuir tanné, nous avons examiné également :

1° La résistance des divers systèmes d'attaches qui permettent de réunir les deux extrémités d'une courroie posée sur les poulies ;

2° Quelques courroies de fabrication spéciale; par exemple, celles où le cuir découpé en bandes travaille de champ, puis celles qui sont renforcées de cuir parcheminé ou cuir vert : cuir d'une application spéciale, utilisé pour la confection des engrenages en cuir, qui font l'objet d'une autre partie de cette étude.

CHAPITRE PREMIER

CUIRS TANNÉS A L'ÉCORCE DE CHÊNE

Résistance et allongement des diverses parties d'un cuir de bœuf tanné à l'écorce. — Si deux animaux ne se ressemblent pas exactement, tant sous le rapport de la qualité de la peau que sous celui de la taille, force, conformation, il ne faut pas perdre de vue que, même dans un seul cuir, toutes les parties n'offrent pas exactement le même degré de solidité; on trouve au contraire des différences de résistance très sensibles, non seulement dans les parties prises à côté les unes des autres, mais encore lorsque l'on veut comparer deux parties prises en face l'une de l'autre dans les deux côtés de droite et de gauche.

Cette particularité est connue des gens du métier, elle a fait l'objet de nombreuses discussions; nous n'avons cependant pas cru inutile de reprendre cette expérience très intéressante en la complétant par l'allongement constaté sous une charge normale de 80 kilogrammes par centimètre de largeur.

La peau soumise aux essais de traction jusqu'à la rupture, que nous reproduisons plus loin, n'a pas été choisie. Rien ne nous aurait été plus facile d'obtenir des résultats plus élevés soit en choisissant un cuir nerveux d'une nature spéciale soit par tout autre moyen.

La seule élimination que nous ayons faite se rapportait à la coutelure ou coups de couteaux des bouchers; il fallait en effet éviter que, de deux éprouvettes comparatives, du côté droit ou du côté gauche, l'une d'elles fût coupée.

Nous avons cherché à nous rapprocher d'une fabrication courante; le cuir qui nous a servi pour les expériences ci-dessous était celui d'un bœuf moyen de taille ordinaire.

Ce cuir pesait sec de fond 24 kilogrammes. Il était corroyé au dégras.

Nous avons dénommé n° 1 le côté gauche de l'animal, nous le voyons à notre

droite sur la photographie (fig. 3) et n° 2 le côté droit. Chacun de ces côtés a été tracé dans le sens longitudinal en **9** bandes de 70 millimètres de largeur, puis en 3 dans le sens transversal, ce qui donnait **54** parties ou éprouvettes, dans lesquelles nous en avons pris **26**, ayant soin que celles du côté gauche soient coupées exactement au même endroit que celles du côté droit.

Nous les avons dénommées A¹B¹, etc., celles du côté gauche, de la peau et A²B², etc., celles du côté droit.

5 éprouvettes complémentaires : N¹O¹, N²O² et P ont été prises dans le collet, elles peuvent également fournir des indications très utiles. Nous nous sommes arrêtés au chiffre de **31**, ne voulant pas, par la multiplicité des chiffres et des éprouvettes, nuire à la simplicité du travail.

Chaque éprouvette avait (fig. 2) les dimensions suivantes :

Longueur : 400 millimètres.

Largeur prise dans les mâchoires de la machine : 70 millimètres.

Largeur au milieu : 50 millimètres.

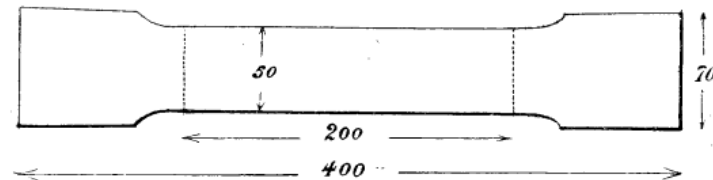


FIG. 2.

C'est sur la longueur de 200 millimètres qu'ont été mesurés :

- 1° *L'allongement sous la charge de 80 kilogrammes par centimètre de largeur;*
- 2° *L'allongement permanent après décharge et retour à zéro;*
- 3° *L'allongement progressif jusqu'à la charge de rupture.*

Les chiffres marqués en long sur les éprouvettes (fig. 3) indiquent la résistance de rupture en kilogrammes.

Les chiffres au-dessous indiquent :

Le premier, l'allongement permanent après la traction de 400 kilogrammes sur chaque éprouvette (soit 80 kilogrammes par centimètre de largeur $80 \times 5 = 400$) et le retour à zéro ;

Le second : l'allongement graduel jusqu'à la rupture.

Exemple :

A¹ 700 kilogrammes-8-34.

700 kilogrammes. Charge de rupture de l'éprouvette.

8 — Indique, qu'après avoir supporté une traction de 400 kilogrammes et après décharge complète, nous avons eu un allongement permanent de 8 millimètres.

34 — Indique, qu'au moment de la rupture, l'allongement était de 34 millimètres.

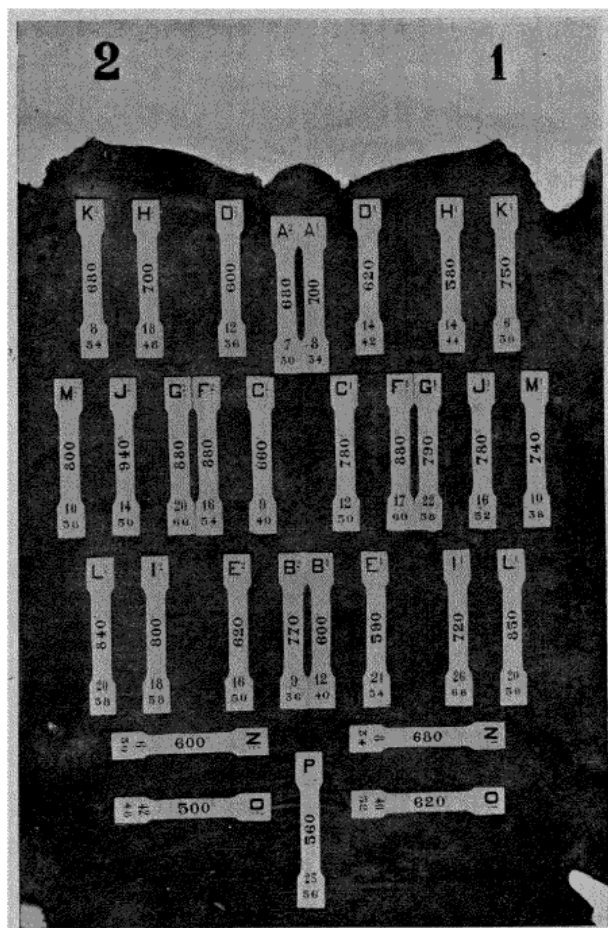
INDIQUANT :
 permanent après décharge et retour à zéro; 3° l'allongement graduel de 2 en 2 millimètres jusqu'à
 sur un cuir de bœuf tanné.

[illegible]

TABLEAU
1* Les allongements de 2 en 2 millimètres jusqu'à la charge de 400 kilogrammes; 2° l'allongement
rupture de 31 éprouvettes prélevées

[illegible]

Les graphiques (p. 499 à 504), d'autre part, indiquent du reste les allongements de chaque éprouvette; nous les avons réunis deux à deux : A' avec A², H' avec H², etc., pour permettre la comparaison des côtés droit et gauche du cuir.



Photographie n° 2.

Cuir de bœuf tanné à l'écoree.

Les épaisseurs n'ont pas été indiquées, puisque ces essais d'une peau entière sont simplement comparatifs par rapport à la largeur commune : 50 millimètres et par rapport à la longueur entre repères : 200 millimètres :

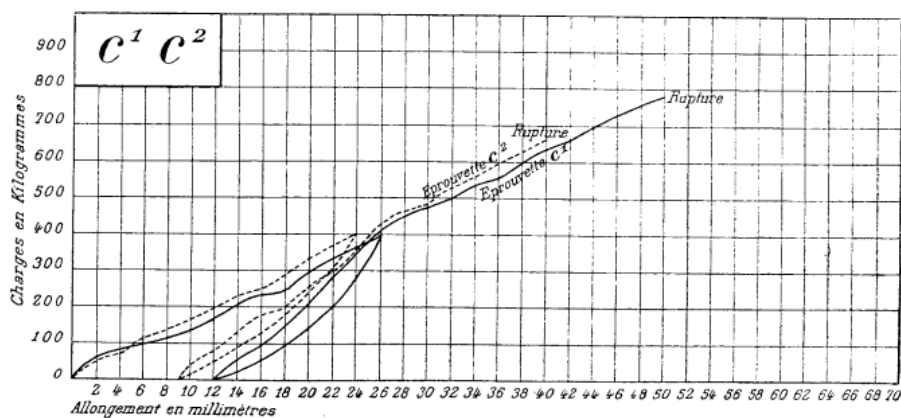
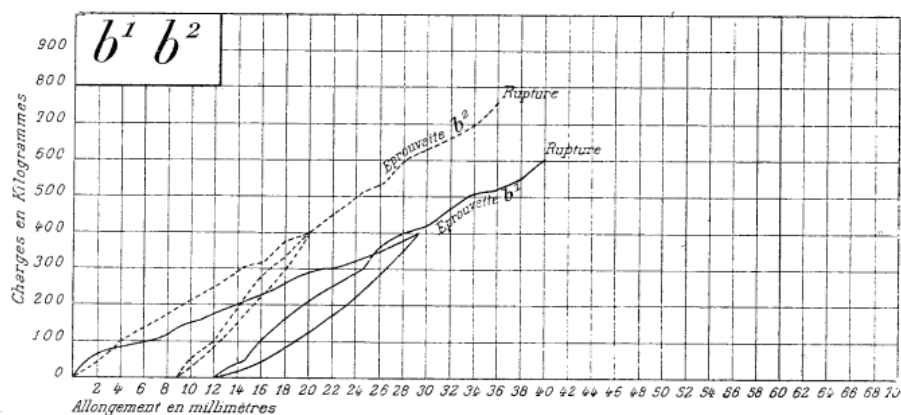
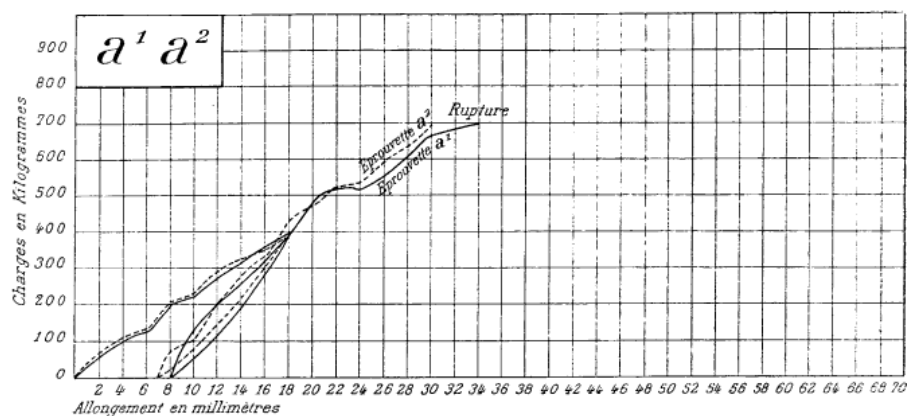
Plus loin, dans les essais de courroies, nous avons eu soin de tenir compte des épaisseurs.

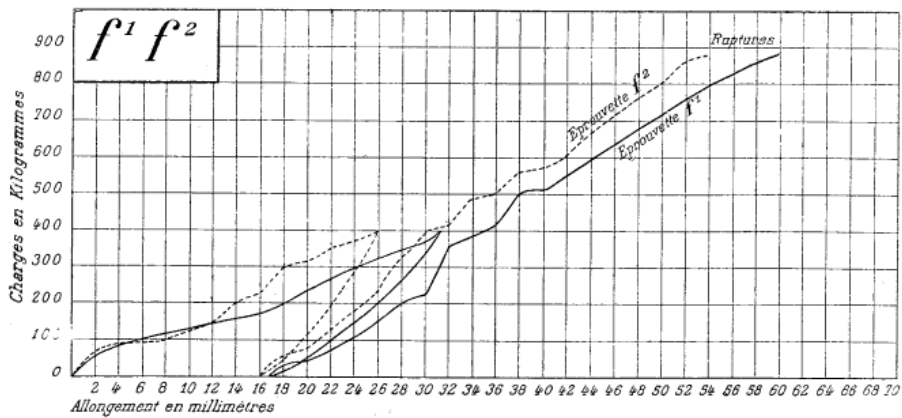
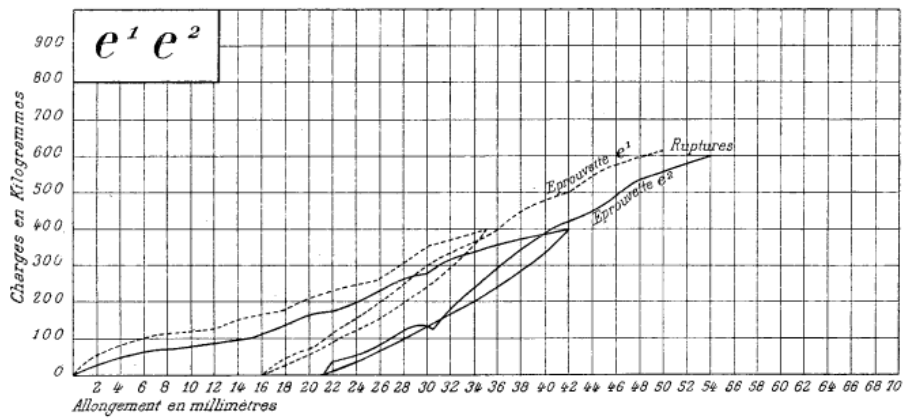
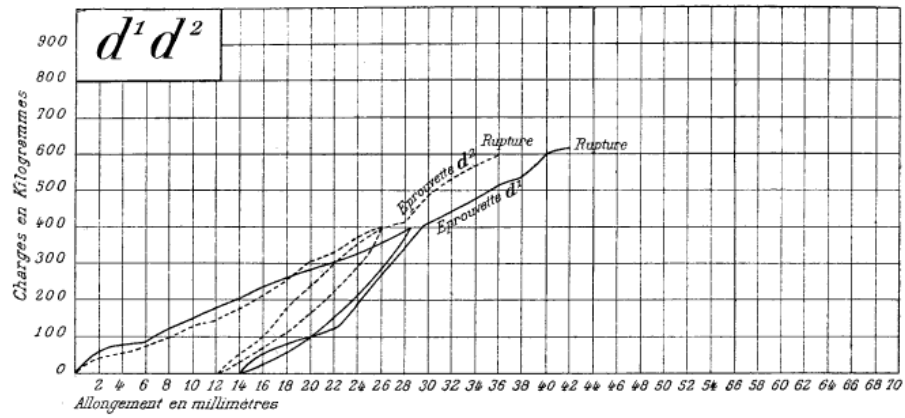
Graphiques des 31 Éprouvettes prélevées sur le cuir entier (fig. 2).

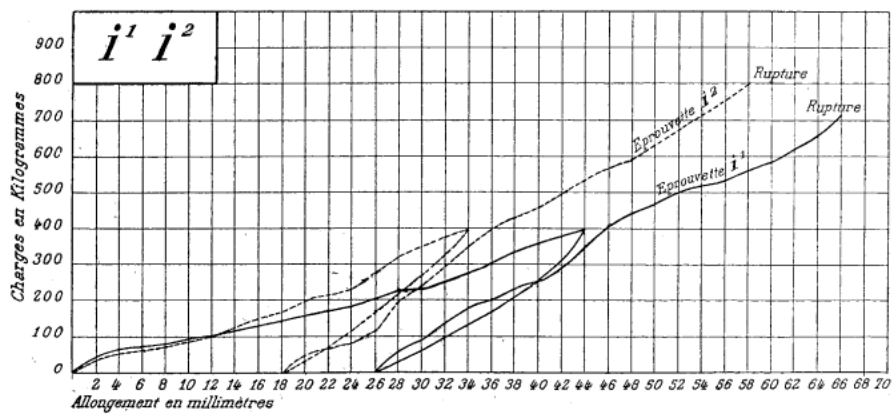
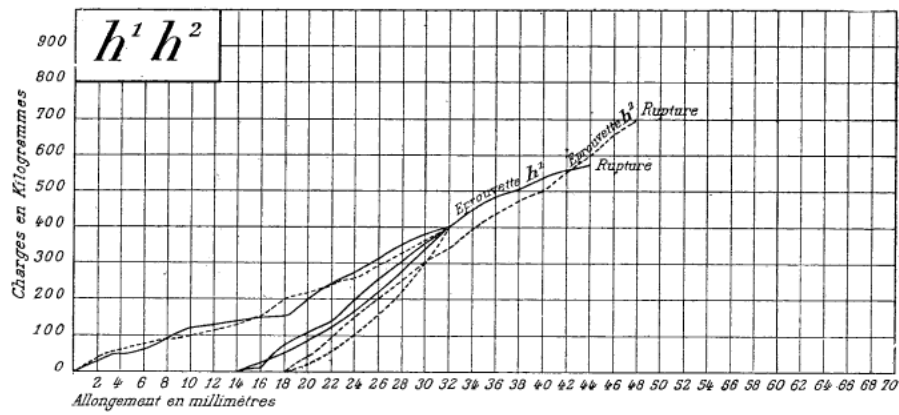
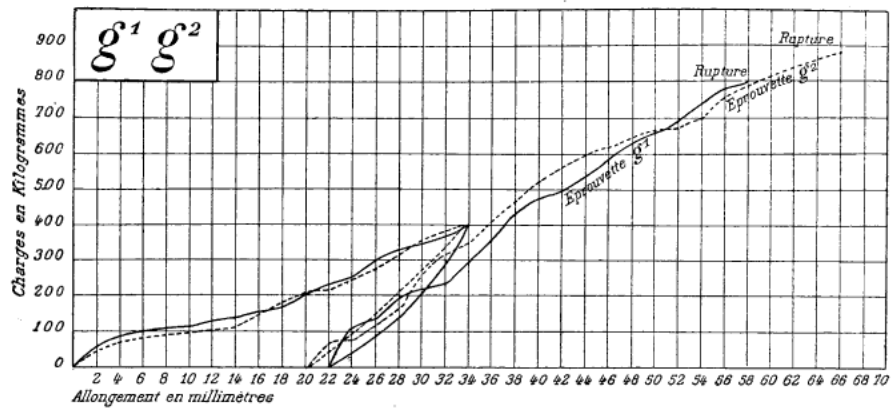
Indiquant : 1° Les allongements de 2 en 2 millimètres jusqu'à la charge de 400 kilogrammes.

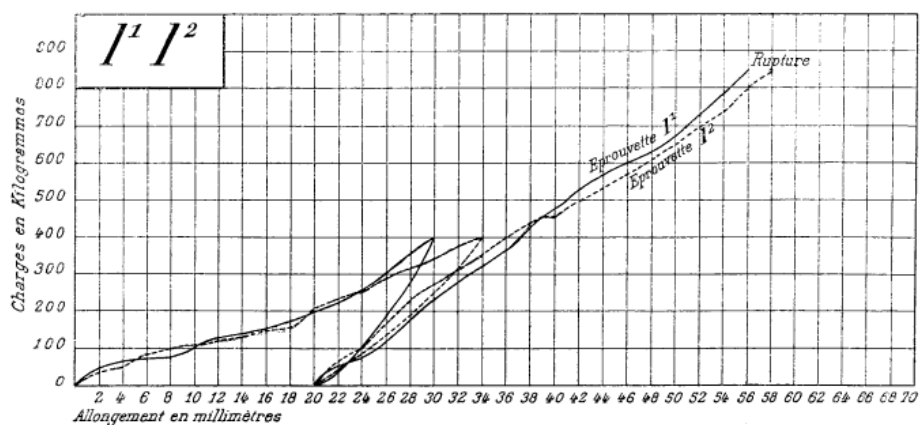
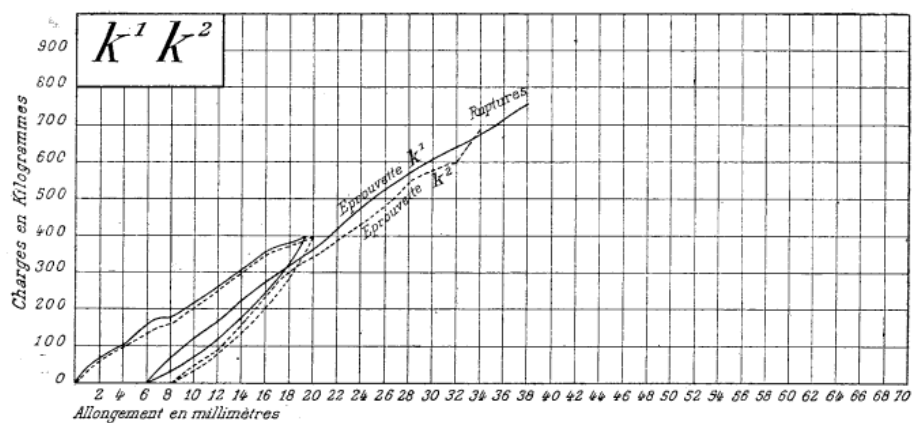
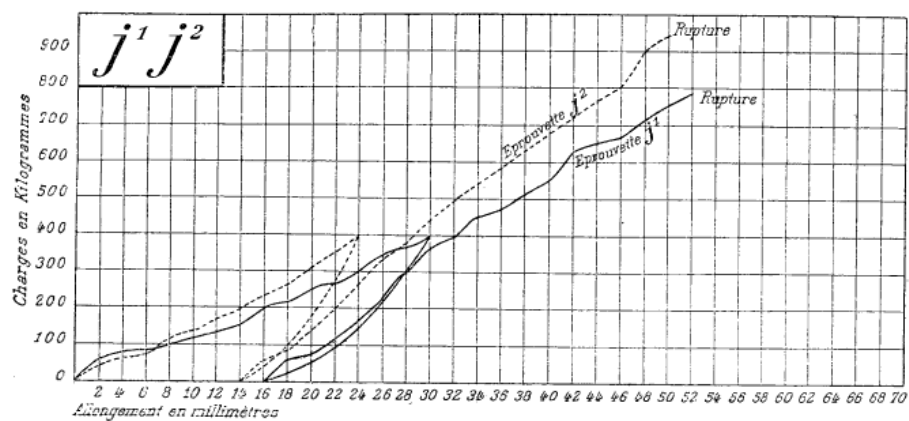
2° L'allongement permanent après décharge et retour à zéro.

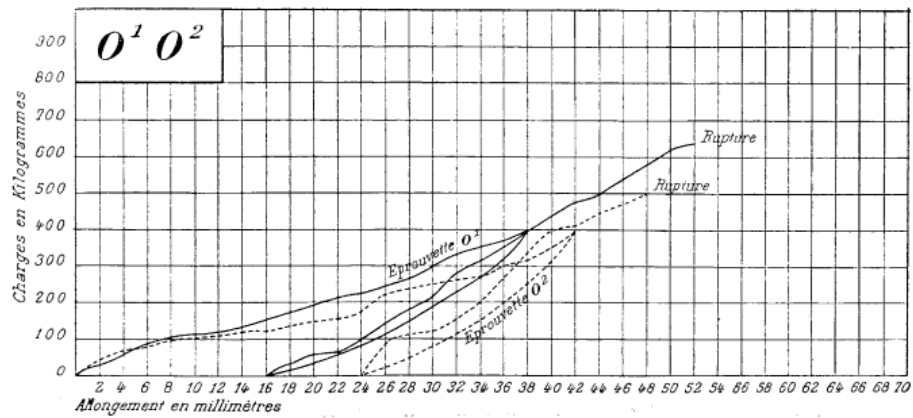
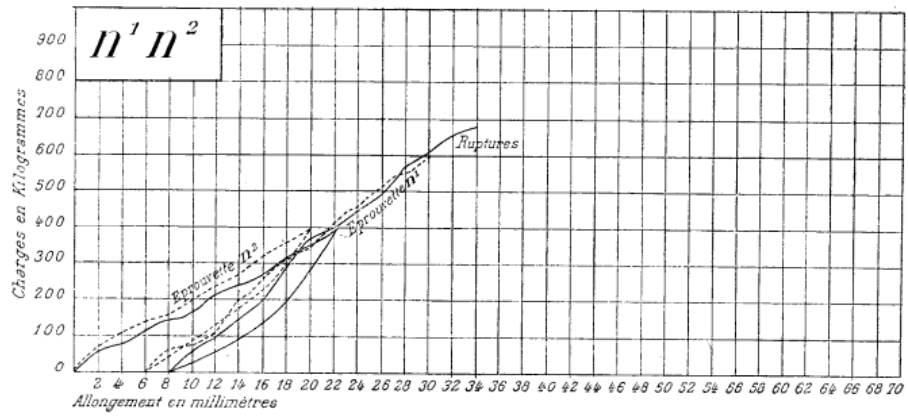
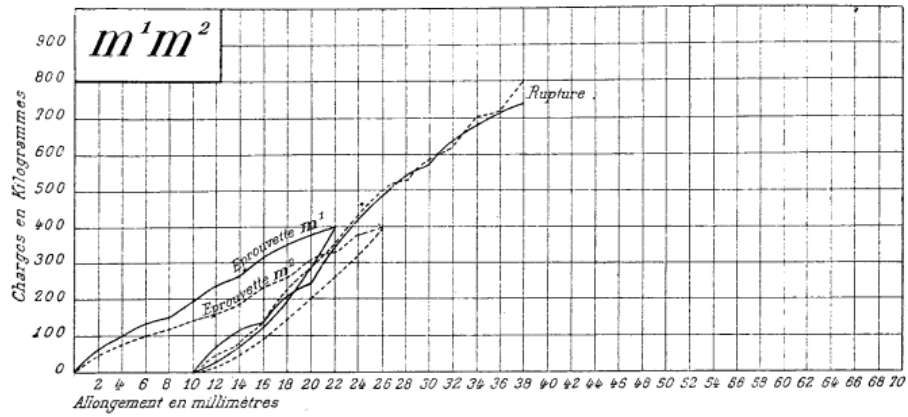
3° L'allongement graduel de 2 en 2 millimètres jusqu'à la rupture.

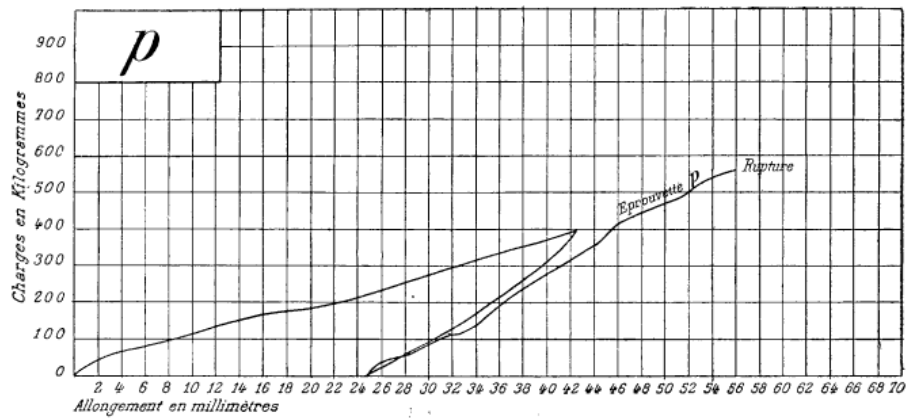












Nous avons ensuite reconstitué la peau, en remettant chaque éprouvette rompue à sa place exacte, et la photographie n° 3 ainsi obtenue montre que les cassures se font toujours en s'éloignant du milieu vers les points extrêmes des éprouvettes, points où la peau a le moins de résistance.

Partant de ces indications, il est facile de voir que non seulement les parties de la peau n'accusent pas des allongements égaux, mais qu'elles offrent de grandes différences dans la résistance; l'allongement maximum est de 66 p. 100; éprouvette G^{1/2} et I¹; l'allongement minimum est de 30 p. 100, éprouvette A² et la culée N² en travers au collet. La distance entre les repères étant de 200 millimètres, le coefficient d'allongement A a varié de 15 à 33 p. 100.

Les parties les plus solides sont celles du milieu; ainsi les éprouvettes F^{1/4}F^{1/2} accusent des charges de rupture de 880 kilogrammes, avec 54 et 60 p. 100, d'allongement, tandis que, dans le collet, à la crinière, l'éprouvette P ne résiste qu'à 560 kilogrammes, avec 56 p. 100 d'allongement tandis que, vers la culée sur l'échine, les éprouvettes A¹A² donnent 700 et 680 kilogrammes, avec 34 et 30 p. 100 d'allongement.

Plus on approche de l'estomac, plus la solidité augmente, le coefficient de résistance à la rupture R a varié de 3^{kg},76 par millimètre carré, pour l'éprouvette J², de 5 millimètres d'épaisseur, charge de rupture, 940 kilogrammes, à 2^{kg},5 pour l'éprouvette O², en travers du collet, d'épaisseur 4 millimètres, rompue sous la charge de 500 kilogrammes.

Notons encore que le module moyen d'élasticité $F = \frac{R}{\epsilon}$ (ϵ allongement proportionnel), pendant la décharge de 400 kilogrammes à 0 a varié de 32 pour l'éprouvette J² à 18 pour l'éprouvette O¹.

L'allongement élastique à la décharge s'est tenu entre 10 et 22 millimètres:

la moyenne ressort à 14 millimètres, ce qui donnerait, pour la valeur moyenne du module d'élasticité, $F = 23$.

En tablant sur un allongement moyen de 24 p. 100 et sur une résistance moyenne de rupture $R = 3$ kilogrammes par millimètre carré, l'énergie de rupture rapportée à 1 mètre de longueur ressort à :

$$\tau_1 = \frac{3 \times 0,24}{2} = 0,36 \text{ kilogrammètres.}$$

Comme la peau croît suivant la forme générale à courbures complexes de la bête, le cuir tend toujours à reprendre sa forme primitive naturelle, malgré les manipulations qu'il subit pour lui assurer la planité. Il s'ensuit qu'une large bande de cuir pour courroie prise au milieu de la poitrine se déforme plus ou moins et fait serpenter tôt ou tard la courroie.

Pour obtenir une marche rectiligne il est indispensable que chaque bande qui compose la courroie soit prise à cheval sur la raie de dos, le long de la colonne vertébrale, où les fibres de la peau ont elles-mêmes le sens longitudinal prépondérant.

Cette partie n'est cependant pas la plus résistante; mais, par contre, l'allongement proportionnel est bien moindre.

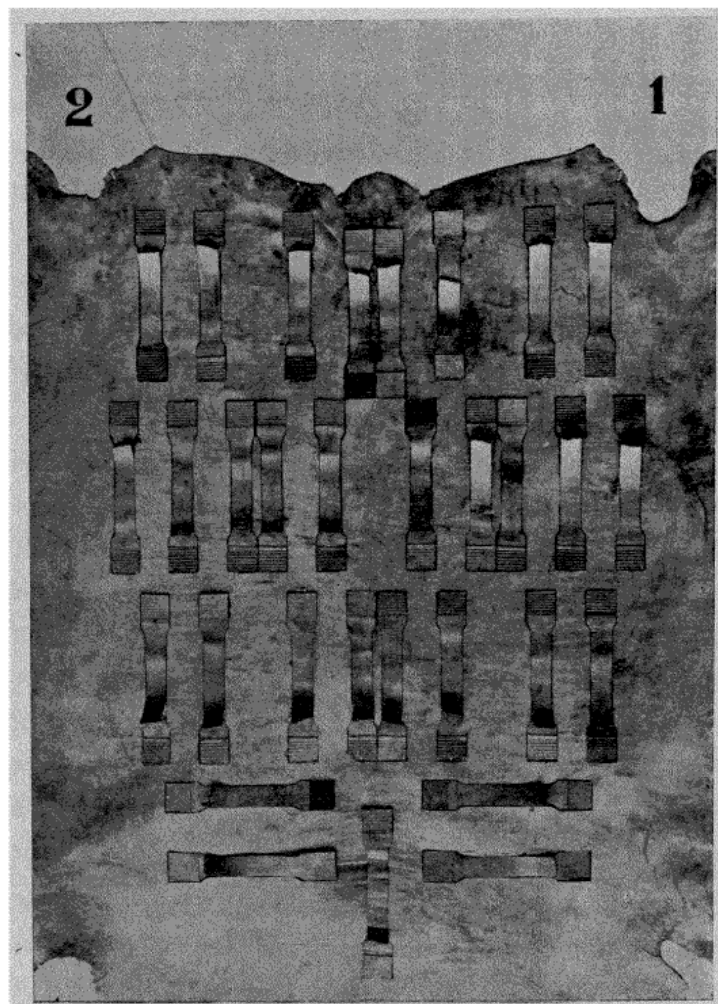
Toutefois, l'allongement du cuir n'est pas une question capitale, car dans la pratique, avant d'être utilisé, il est mis sur des tendeurs ou des appareils spéciaux qui lui enlèvent une grande partie de son extensibilité; on peut même y remédier par le tannage et le corroyage.

JONCTIONS OU ÉPISURES DANS LE CORPS D'UNE COURROIE EN CUIR TANNÉ

Il est un point important concernant la résistance des courroies, qui ne nous paraît pas avoir été suffisamment étudié : c'est celui des jonctions ou épissures. Nous avons vu, en effet, que les parties les plus faibles d'une bande prise dans le sens longitudinal sont le collet et la culée; et cependant il est indispensable que ce soient ces mêmes parties qui soient assemblées et réunies pour former les rattaches. Elles sont donc taillées en biseau pour éviter toute secousse sur les poulies, puis collées et cousues; mais ces joints supportent en marche la même charge que les parties sans solution de continuité; il y a donc lieu de tenir compte de la qualité d'une jonction et de la force qu'elle est susceptible de transmettre, d'autant plus que la pratique nous prouve que c'est par les jonctions qu'une courroie se détériore et que rarement — à moins d'accident — une bande se casse dans le milieu.

Puis encore, ce sont non seulement les parties les plus faibles qui sont assemblées pour former une jonction; mais souvent il est nécessaire qu'elles

soient percées, perforées de façon à permettre une couture des deux cuirs à l'aide de lanières ou par tout autre assemblage; c'est ainsi que l'on fait des joints collés seulement; ils offrent une grande solidité, mais pas assez de sécurité



Photographie n° 3.

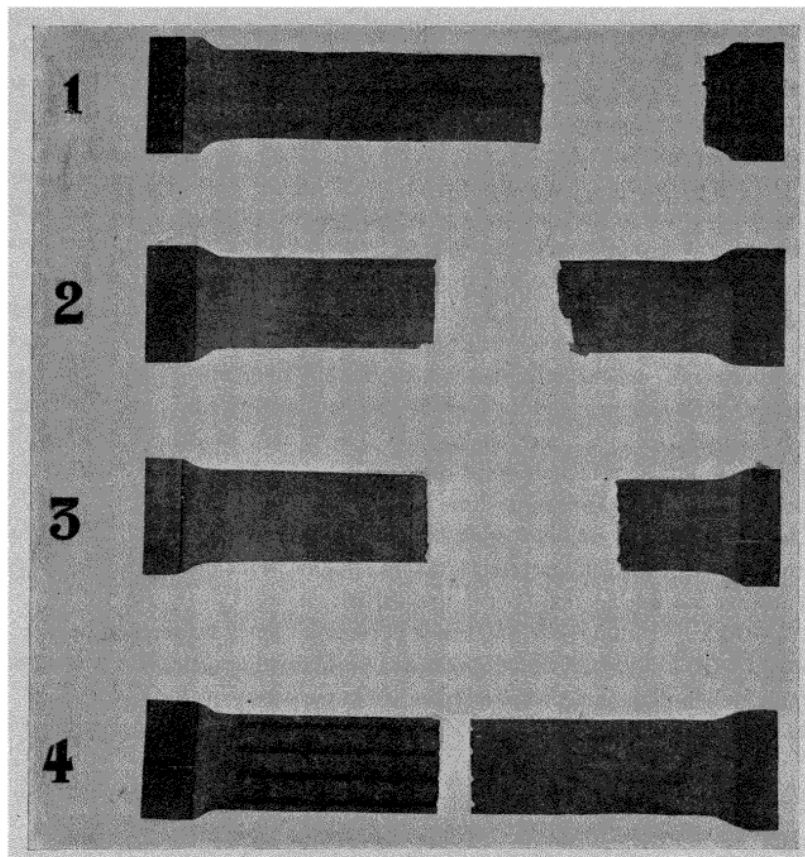
Cuir de bœuf tanné à l'écorce, avec éprouvettes reconstituées.

pour pouvoir être exposés aux variations de la température, aux projections de l'huile provenant des coussinets, à la graisse utilisée pour l'entretien des cuirs, aux secousses des débrayages, etc.

On a donc recours à la couture, aux vis, aux rivets qui maintiennent le

collage mais qui, par contre, enlèvent la solidité du cuir : autant de trous autant de perte de résistance.

La meilleure preuve que nous puissions en donner est celle qui résulte de



Photographie n° 4.

1° 2 raies de dos assemblées collet sur collet. Rupture du cuir. Fatigue insignifiante de la jonction (jonction collée seulement); 2° 2 bandes de cuir de 5 millimètres assemblées collet avec culée et cousues à 5 rangs de lanières. Rupture de la jonction à l'endroit des points de couture là où le cuir a été perforé; 3° 2 bandes de cuir de 7 millimètres assemblées culée avec culée et cousues à 5 rangs de lanières. Rupture de la jonction à l'endroit des points de couture là où le cuir a été perforé; 4° Jonction ou rattaché avec lanières corroyées. Rupture de la jonction à l'endroit des points de couture là où le cuir a été perforé.

expériences faites sur : 4 éprouvettes de 900 à 1 000 millimètres de longueur et 200 millimètres de largeur, reproduites par la photographie n° 4.

Ces dimensions sont celles que nous avons adoptées pour tous nos essais de

courroies parce qu'elles nous ont permis de relever des chiffres assez élevés, et que la largeur de 200 millimètres qui facilite bon nombre de calculs de résistance est une largeur de courroie qui se rencontre très fréquemment dans l'industrie.

D'un autre côté, il n'est pas à notre connaissance que ce travail d'essais de traction sur des pièces de ces dimensions ait jamais été entrepris; il est cependant bien plus précis et plus en rapport avec le travail mécanique demandé à une courroie que les résultats obtenus sur de petites éprouvettes prélevées soit sur un cuir pris au hasard dans un magasin, ou même sur une courroie déjà usagée.

En se reportant au résultat des essais, on voit que toutes les perforations du cuir ont enlevé une grande partie de la force; seule, la jonction collée seulement a donné autant de résistance que le cuir; partant de ce principe, nous avons pensé que la résistance d'une jonction pouvait servir de point de repère et de base pour le calcul de la force à demander à une courroie; nous avons donc entrepris une série d'essais de traction, allongement et rupture de jonctions et, pour donner une certaine importance à ce travail, nous avons opéré (comme il est indiqué plus haut) sur des bandes de cuir de 1 mètre de longueur environ et de 200 millimètres de largeur, de façon à relever non seulement la résistance de la jonction, mais en même temps celle de la partie du cuir qui offre le moins de solidité puisqu'elle confine à l'une des extrémités du croupon.

Chacune de ces jonctions avait 200 millimètres de longueur, et c'est sur 600 millimètres, soit 20 centimètres avant chaque point de soudure, que nous avons relevé les allongements et fait ressortir :

1° à 500 kilogrammes l'allongement permanent après retour à zéro;

2° à 1 000 kilogrammes l'allongement permanent après retour à zéro;

3° enfin l'allongement progressif jusqu'à la rupture.

Nous avons, de plus, classé ces éprouvettes en 3 séries (photographie n° 5) :

- | | |
|----------------------------|---|
| 1 ^{re} série..... | Jonctions collées seulement, sans couture. |
| 2 ^e série..... | Jonctions collées avec 5 rangs de coutures à la lanière. |
| 3 ^e série..... | <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">Jonctions cousues seulement à 6 rangs de lanières.</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">Jonctions collées et vissées.</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;">Jonctions collées et rivées.</div> </div> </div> |

Nous avons aussi établi, pour chaque série, les diagrammes comparatifs des charges et allongements :

- | | | |
|--|---|---|
| 1 ^{re} série.
Collées seulement. | } | N° 1. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet. Épaisseur, 5 millimètres. |
| | | N° 2. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet. Épaisseur, 6 millimètres. |
| | | N° 3. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée. Épaisseur, 7 millimètres. |

2 ^e série. Collées et cousues.	{	N ^o 4. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée. Épaisseur, 6 millimètres; 3 rangs de lanières.
		N ^o 5. Jonction formée de 2 bandes de croupon assemblées culée sur culée. Épaisseur, 7 millimètres; 3 rangs de lanières.
		N ^o 6. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culées sur collet. Épaisseur, 5 millimètres et cousue à 3 rangs de lanières. (Jonction défectueuse, puisque ces 2 parties du cuir n'ont ni le même allongement ni la même solidité.)
3 ^e série. Systèmes divers.	{	N ^o 7. Jonction formée de 2 bandes jonctionnées du côté de la chair seulement pour laisser le plus de solidité aux parties biseautées. Épaisseur, 6 millimètres; 6 rangs de lanières parcheminées.
		N ^o 8. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet; collée, puis vissée à 9 rangs de vis en laiton. Épaisseur, 7 millimètres.
		N ^o 9. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée; collée, puis rivée à 3 rangs de rivets en cuivre. Épaisseur, 7 millimètres.

Le chiffre des kilogrammes (k) indique la résistance à la rupture.

Les chiffres suivants indiquent :

Le premier, l'allongement permanent après la charge de 500 kilogrammes et retour à zéro ;

Le second, l'allongement permanent après la charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro ;

Le troisième, l'allongement graduel jusqu'à rupture.

Le tout relevé sur une longueur de 600 millimètres.

— Exemple :

N^o 1 : 2380 k. — 5-12-92

2380 kilogrammes : Charge de rupture.

5	—	Allongement permanent de 5 millimètres après charge de 500 kilogrammes et retour à zéro.
12	—	Allongement permanent de 12 millimètres après charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro.
92	—	Allongement au moment de la rupture.

De l'examen de ces expériences il ressort nettement :

Que la résistance d'une jonction collée seulement est proportionnelle à l'épaisseur du cuir et en rapport avec la partie de la peau qui a servi à la confection. Toutefois, cette jonction n'atteint pas la solidité que peut avoir le milieu même de la bande ;

Que sa plus ou moins grande solidité dépend de sa confection suivant l'un des modes d'assemblage ci-après :

Le collet avec le collet ;

La culée avec la culée ;

Ou même encore le collet réuni à la culée ;

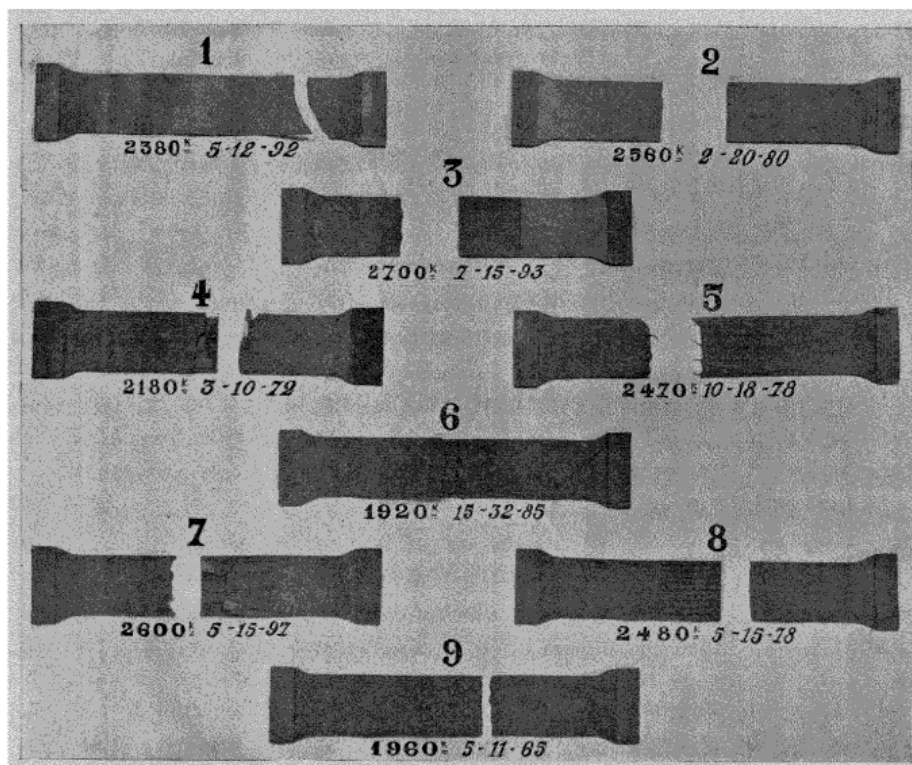
Tome 102. — 1^{er} semestre. — Avril 1902.

33

Que si les points de couture, les vis ou rivets empêchent le décollage, les trous qu'ils nécessitent sont autant de perforations qui affaiblissent le cuir ;

Qu'une jonction cousue, dans laquelle la partie chair seule est amincie (partie la plus faible), donne autant de résistance que les meilleures rattaches collées.

Malheureusement cette jonction est trop massive et n'offre pas assez de



Photographie n° 3.

Jonctions de courroies simples, cuir tanné.

souplesse pour pouvoir être employée dans les courroies spéciales, où une grande régularité est de rigueur.

Il est facile de déduire de ces essais le coefficient de résistance par unité de section pour chacune des charges considérées. Notons que, pour la moindre charge de rupture : 1920 kilogrammes, l'épaisseur étant de 5 millimètres, ce coefficient de résistance R ressort à 1,92 kilogrammes par millimètre carré et que, pour la charge de rupture maximum, l'épaisseur étant de 7 millimètres, ce coefficient est de 4^k,85, valeur peu différente de la précédente.

A l'allongement graduel de 5 en 5 millimètres jusqu'en rupture, l'éprouvette n° 9 a donné le moindre allongement : 65 p. 100.

L'éprouvette n° 7 est celle qui accuse l'allongement total maximum : 97 millimètres.

Après charge de 500 kilogrammes et retour à zéro, les allongements élastiques ont été de :

Éprouvette n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	9 m/m	8 m/m	10 m/m	10 m/m	10 m/m	13 m/m	13 m/m	10 m/m	8 m/m.

soit une moyenne générale de 10 millimètres faisant ressortir un coefficient d'élasticité moyen :

$$E = \frac{R}{i} = \frac{0,5}{0,0166} = 30$$

Le tableau suivant indique les allongements et charges jusqu'à la rupture des neuf jonctions de courroies cuir simple de 200 millimètres de largeur reproduits par la photographie n° 5. Ce tableau comprend :

Les allongements de 5 en 5 millimètres relevés sur une longueur de 600 millimètres :

1° Jusqu'à la charge de 500 kilogrammes, et l'allongement permanent après retour à zéro ;

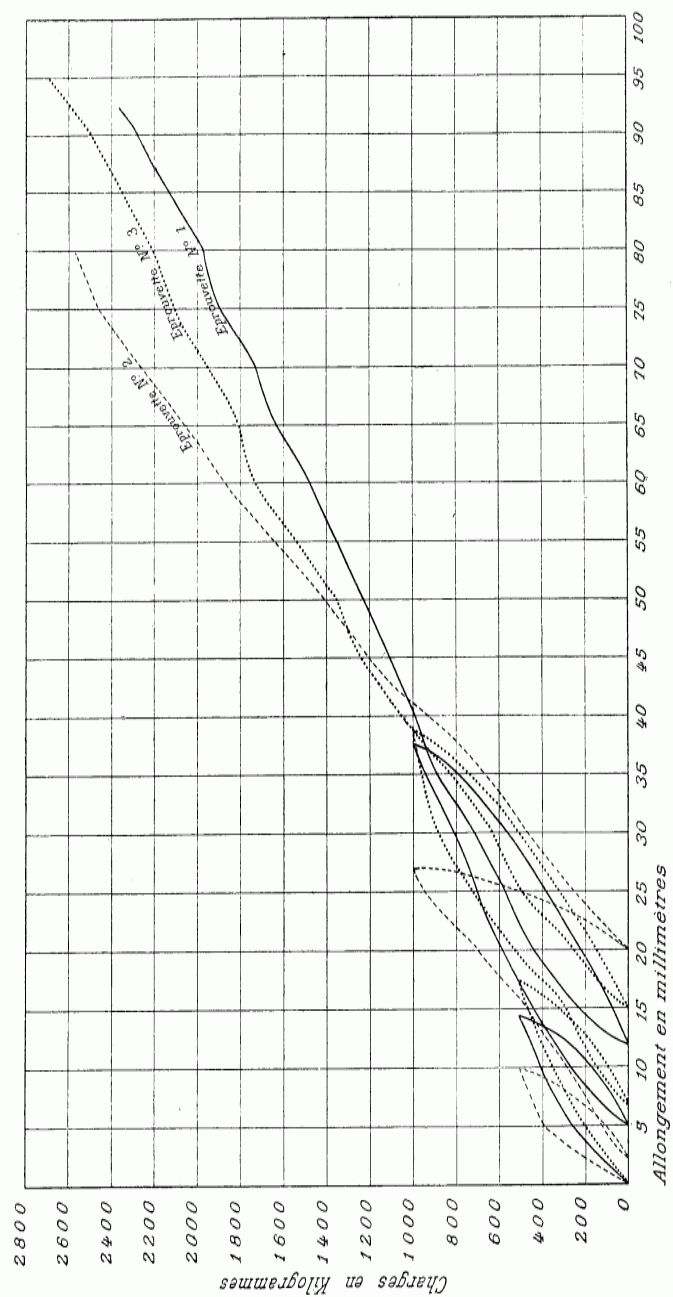
2° Jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes, et l'allongement permanent après retour à zéro ;

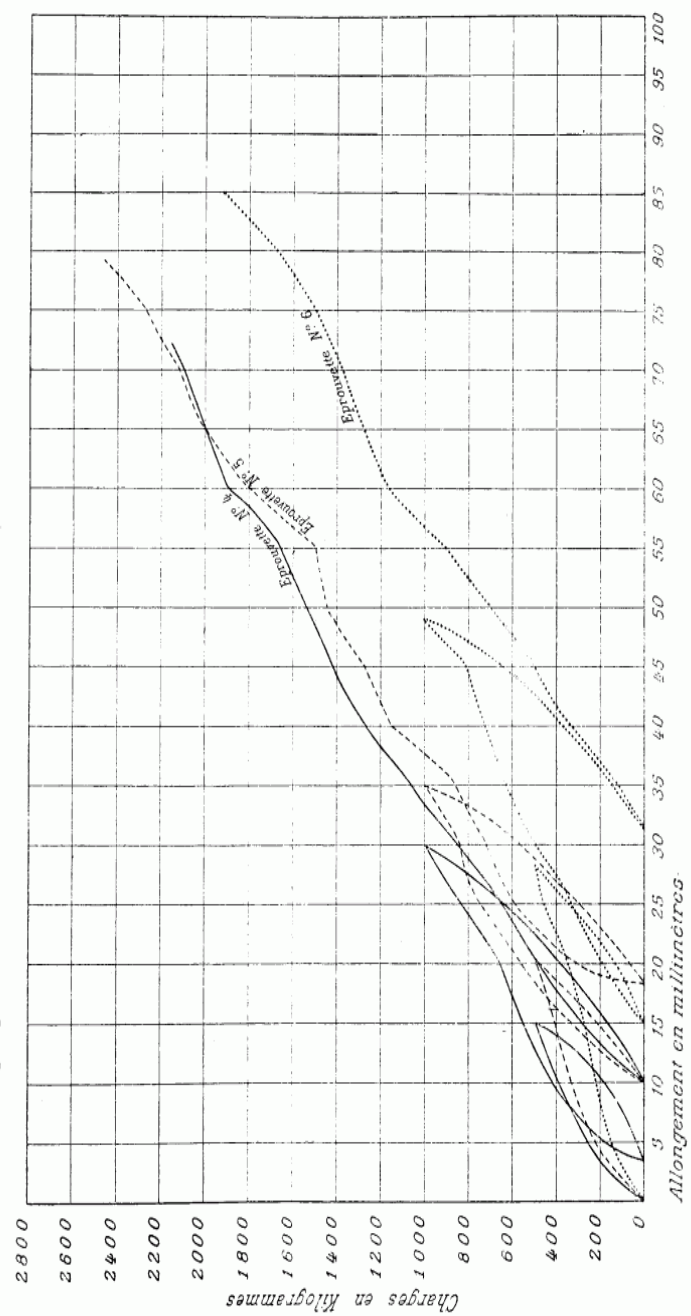
3° L'allongement graduel de 5 en 5 millimètres jusqu'à rupture.

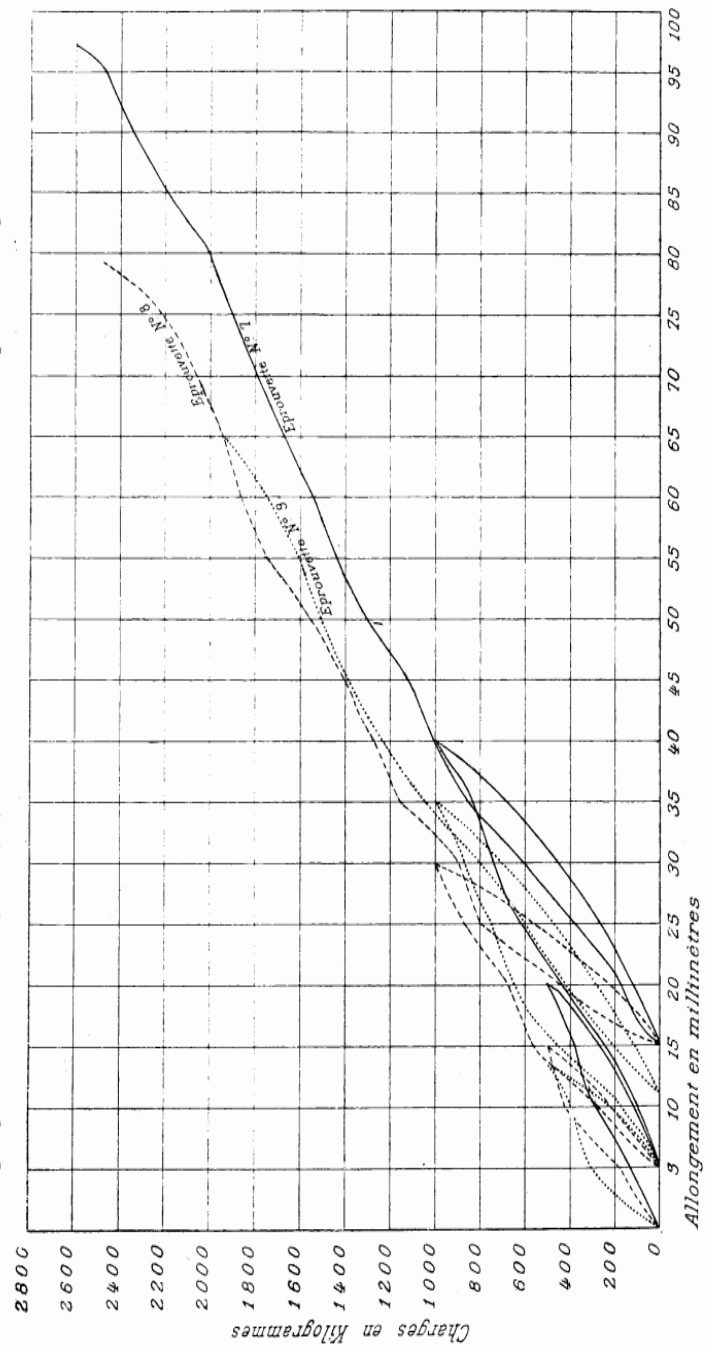
La marche de ces essais est représentée par les diagrammes p. 514-516.

TABEAU
1° les allongements et charges jusqu'à la rupture des neuf jonctions de courroies; 2° l'allongement

1 ^{re} SÉRIE				JONCTIONS COLLÉES SEULEMENT.		2 ^e		JONCTIONS COLLÉES	
				Jonction de 5 millimètres		Jonction de 6 millimètres		Jonction de 7 millimètres	
				assemblée collée sur collant.		assemblée collée sur collant.		assemblée collée sur collant.	
				Millimètres.		Millimètres.		Millimètres.	
				Charges.		Charges.		Charges.	
5	10	15	20	0	0	0	0	0	0
10	20	30	40	500	500	500	500	500	500
15	25	35	45	500	500	500	500	500	500
20	30	40	50	500	500	500	500	500	500
25	35	45	55	500	500	500	500	500	500
30	40	50	60	500	500	500	500	500	500
35	45	55	65	500	500	500	500	500	500
40	50	60	70	500	500	500	500	500	500
45	55	65	75	500	500	500	500	500	500
50	60	70	80	500	500	500	500	500	500
55	65	75	85	500	500	500	500	500	500
60	70	80	90	500	500	500	500	500	500
65	75	85	95	500	500	500	500	500	500
70	80	90	100	500	500	500	500	500	500
75	85	95	105	500	500	500	500	500	500
80	90	100	110	500	500	500	500	500	500
85	95	105	115	500	500	500	500	500	500
90	100	110	120	500	500	500	500	500	500
95	105	115	125	500	500	500	500	500	500
100	110	120	130	500	500	500	500	500	500
105	115	125	135	500	500	500	500	500	500
110	120	130	140	500	500	500	500	500	500
115	125	135	145	500	500	500	500	500	500
120	130	140	150	500	500	500	500	500	500
125	135	145	155	500	500	500	500	500	500
130	140	150	160	500	500	500	500	500	500
135	145	155	165	500	500	500	500	500	500
140	150	160	170	500	500	500	500	500	500
145	155	165	175	500	500	500	500	500	500
150	160	170	180	500	500	500	500	500	500
155	165	175	185	500	500	500	500	500	500
160	170	180	190	500	500	500	500	500	500
165	175	185	195	500	500	500	500	500	500
170	180	190	200	500	500	500	500	500	500
175	185	195	205	500	500	500	500	500	500
180	190	200	210	500	500	500	500	500	500
185	195	205	215	500	500	500	500	500	500
190	200	210	220	500	500	500	500	500	500
195	205	215	225	500	500	500	500	500	500
200	210	220	230	500	500	500	500	500	500
205	215	225	235	500	500	500	500	500	500
210	220	230	240	500	500	500	500	500	500
215	225	235	245	500	500	500	500	500	500
220	230	240	250	500	500	500	500	500	500
225	235	245	255	500	500	500	500	500	500
230	240	250	260	500	500	500	500	500	500
235	245	255	265	500	500	500	500	500	500
240	250	260	270	500	500	500	500	500	500
245	255	265	275	500	500	500	500	500	500
250	260	270	280	500	500	500	500	500	500
255	265	275	285	500	500	500	500	500	500
260	270	280	290	500	500	500	500	500	500
265	275	285	295	500	500	500	500	500	500
270	280	290	300	500	500	500	500	500	500
275	285	295	305	500	500	500	500	500	500
280	290	300	310	500	500	500	500	500	500
285	295	305	315	500	500	500	500	500	500
290	300	310	320	500	500	500	500	500	500
295	305	315	325	500	500	500	500	500	500
300	310	320	330	500	500	500	500	500	500
305	315	325	335	500	500	500	500	500	500
310	320	330	340	500	500	500	500	500	500
315	325	335	345	500	500	500	500	500	500
320	330	340	350	500	500	500	500	500	500
325	335	345	355	500	500	500	500	500	500
330	340	350	360	500	500	500	500	500	500
335	345	355	365	500	500	500	500	500	500
340	350	360	370	500	500	500	500	500	500
345	355	365	375	500	500	500	500	500	500
350	360	370	380	500	500	500	500	500	500
355	365	375	385	500	500	500	500	500	500
360	370	380	390	500	500	500	500	500	500
365	375	385	395	500	500	500	500	500	500
370	380	390	400	500	500	500	500	500	500
375	385	395	405	500	500	500	500	500	500
380	390	400	410	500	500	500	500	500	500
385	395	405	415	500	500	500	500	500	500
390	400	410	420	500	500	500	500	500	500
395	405	415	425	500	500	500	500	500	500
400	410	420	430	500	500	500	500	500	500
405	415	425	435	500	500	500	500	500	500
410	420	430	440	500	500	500	500	500	500
415	425	435	445	500	500	500	500	500	500
420	430	440	450	500	500	500	500	500	500
425	435	445	455	500	500	500	500	500	500
430	440	450	460	500	500	500	500	500	500
435	445	455	465	500	500	500	500	500	500
440	450	460	470	500	500	500	500	500	500
445	455	465	475	500	500	500	500	500	500
450	460	470	480	500	500	500	500	500	500
455	465	475	485	500	500	500	500	500	500
460	470	480	490	500	500	500	500	500	500
465	475	485	495	500	500	500	500	500	500
470	480	490	500	500	500	500	500	500	500
475	485	495	505	500	500	500	500	500	500
480	490	500	510	500	500	500	500	500	500
485	495	505	515	500	500	500	500	500	500
490	500	510	520	500	500	500	500	500	500
495	505	515	525	500	500	500	500	500	500
500	510	520	530	500	500	500	500	500	500
505	515	525	535	500	500	500	500	500	500
510	520	530	540	500	500	500	500	500	500
515	525	535	545	500	500	500	500	500	500
520	530	540	550	500	500	500	500	500	500
525	535	545	555	500	500	500	500	500	500
530	540	550	560	500	500	500	500	500	500
535	545	555	565	500	500	500	500	500	500
540	550	560	570	500	500	500	500	500	500
545	555	565	575	500	500	500	500	500	500
550	560	570	580	500	500	500	500	500	500
555	565	575	585	500	500	500	500	500	500
560	570	580	590	500	500	500	500	500	500
565	575	585	595	500	500	500	500	500	500
570	580	590	600	500	500	500	500	500	500
575	585	595	605	500	500	500	500	500	500
580	590	600	610	500	500	500	500	500	500
585	595	605	615	500	500	500	500	500	500
590	600	610	620	500	500	500	500	500	500
595	605	615	625	500	500	500	500	500	500
600	610	620	630	500	500	500	500	500	500
605	615	625	635	500	500	500	500	500	500
610	620	630	640	500	500	500	500	500	500
615	625	635	645	500	500	500	500	500	500
620	630	640	650	500	500	500	500	500	500
625	635	645	655	500	500	500	500	500	500
630	640	650	660	500	500	500	500	500	500
635	645	655	665	500	500	500	500	500	500
640	650	660	670	500	500	500	500	500	500
645	655	665	675	500	500	500	500	500	500
650	660	670	680	500	500	500	500	500	500
655	665	675	685	500	500	500	500	500	500
660	670	680	690	500	500	500	500	500	500
665	675	685	695	500	500	500	500	500	500
670	680	690	700	500	500	500	500	500	500
675	685	695	705	500	500	500	500	500	500
680	690	700	710	500	500	500	500	500	500
685	695	705	715	500	500	500	500	500	500
690	700	710	720	500	500	500	500	500	500
695	705	715	725	500	500	500	500	500	500
700	710	720	730	500	500	500	500	500	500
705	715	725	735	500	500	500	500	500	500
710	720	730	740	500	500	500	500	500	500
715	725	735	745	500	500	500	500		

Graphiques de la 1^{re} Série. Nos 1, 2, 3 cuir tanné. — Jonctions collées. (Photographie n° 5.)

Graphiques de la 2^e Série. N^{os} 4, 5, 6. Cuir tanné. — Jonctions collées et cousues.


Graphiques de la 3^e Série, N^{os} 7, 8, 9. Cuir tanné. — Jonctions assemblées par divers procédés.

RATTACHES DES EXTRÉMITÉS DE LA COURROIE SIMPLE EN CUIR TANNÉ

Dans la rotation d'une courroie la dernière rattache — faite sur place — supporte autant de fatigue que les autres parties. Nous avons donc expérimenté les divers systèmes de rattache les plus usités.

Les éprouvettes utilisées étaient de mêmes dimensions que les précédentes, soit :

1^m,20 de longueur environ sur 0^m,200 de largeur.

Le cuir avait une épaisseur de 6 millimètres et demi.

Chaque morceau avait été coupé dans le croupon noyau parce que, dans la pratique, le fabricant doit prendre ses mesures pour que la fin et le commencement d'une courroie soient constitués avec une bande de plein cuir et non d'une jonction qui offrirait moins de solidité.

Les attaches métalliques sont celles qui se trouvent dans le commerce sans aucun choix ni marque de provenance.

Les photographies n^{os} 6 et 7 indiquent :

1^o Les éprouvettes entières brisées ;

2^o Les cassures que nous avons découpées pour obtenir une image à plus grande échelle.

1. Rattache par lanières. — Les deux extrémités de la courroie étant croisées sur 450 millimètres de longueur, puis perforées de trous ronds pour le passage des lacets.

Rupture : **1 760** kilogrammes à la première rangée de trous.

2. Rattache par lanières. — Les deux extrémités de la courroie étant réunies bout à bout, puis percées de deux rangs de trous pour permettre le passage des lacets doubles et croisés.

Rupture : **1 650** kilogrammes à la première rangée de trous.

3. Rattache par boulons ou boutons formés d'une vis et d'un écrou.

Les deux extrémités de la courroie étant amincies pour éviter une surépaisseur, puis croisées sur une longueur de 40 centimètres.

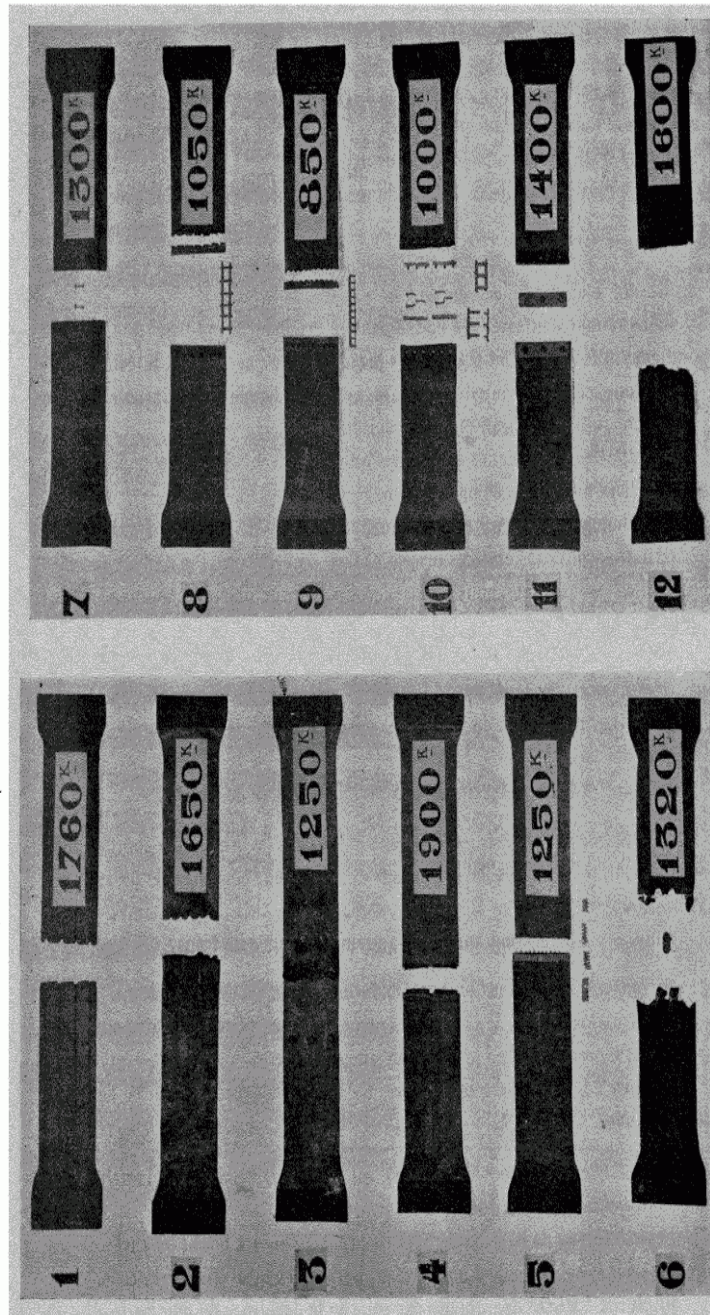
Rupture : **1 250** kilogrammes par suite de la déchirure du cuir à l'endroit des boutons.

4. Rattache par plaques en fonte malléable de 30 millimètres de largeur, garnies intérieurement de griffes placées en quinconce.

Les extrémités de la courroie sont rapprochées bout à bout ; ou enchâsse les griffes dans le cuir à l'aide d'un marteau, puis on les rabat du côté interne.

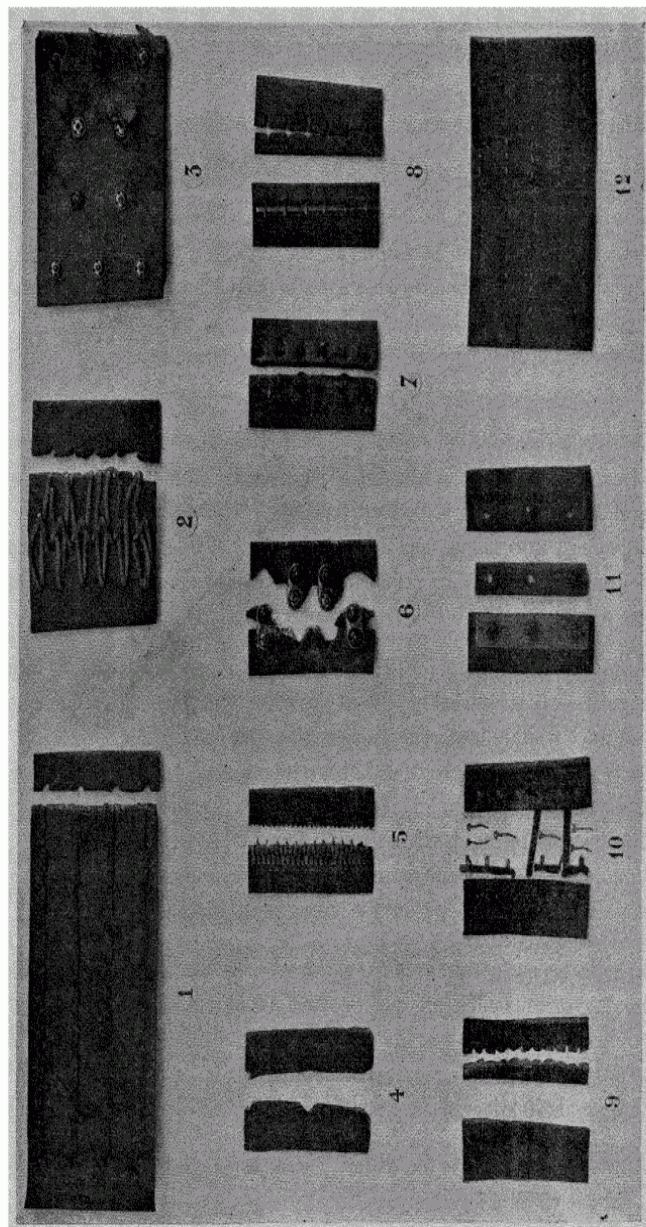
Rupture : **1 900** kilogrammes par suite de la déchirure du cuir perforé.

Ratelles, courroies simples, cuir tanné, avec l'indication des charges de rupture.



Photographie n° 6.

Ruttes détaillées, courroies simples, cuir tanné.



Photographie n° 7.

5. Rattache par pièce d'acier flexible découpée en zigzag, chaque extrémité formant une série de pointes, puis repliée en forme d'U.

Les extrémités de la courroie sont rapprochées bout à bout; on enchâsse les griffes dans le cuir et, à l'aide d'un marteau, on replie les extrémités du côté interne.

Rupture : **1 250** kilogrammes par suite de la déchirure du cuir perforé.

6. Rattache formée par un jeu de plaques de fer de 60 millimètres de longueur sur 30 millimètres de largeur, percées à chaque extrémité d'un trou permettant le passage d'un boulon à griffes.

On rapproche les extrémités de la courroie bout à bout après l'avoir percée de trous correspondant à ceux des boulons, et on visse ces derniers.

Rupture : **1 320** kilogrammes par suite de la déchirure du cuir.

7. Rattache par agrafes en laiton formant deux T réunis par leur base.

On perce à chacune des extrémités de la courroie une série de boutonnières dans lesquelles on passe les attaches et on assemble ainsi les deux bouts qui forment une saillie en forme de V renversé.

Rupture : **1 300** kilogrammes; les parties formant T pénètrent dans le cuir qui se trouve par cela même poinçonné. Une agrafe est projetée assez violemment.

8. Rattache par agrafes à œillets et barrette acier. — Ces attaches, de forme rectangulaire variant suivant l'épaisseur des cuirs, sont percées à chaque extrémité d'une couverture ovale dans laquelle est passée une barrette.

On perce à chacun des bouts de la courroie une série de trous dans lesquels se glissent les attaches. On les réunit toutes ensuite par une barrette.

Le cuir est maintenu dans la partie qui forme saillie en V renversé.

Rupture : **1 050** kilogrammes par suite de la déchirure d'une des parties du cuir à l'endroit des trous formés par le passage des rattaches.

9. Rattache par agrafe à œillets et barrette. — Même principe que celui ci-dessus, avec cette différence que les attaches sont réunies et fixées d'un côté à une traverse; une seule barrette ou tige se glisse dans les trous des œillets lorsqu'on a assemblé en V renversé les deux extrémités de la courroie.

Rupture : **850** kilogrammes par suite de la déchirure du cuir dans les trous.

10. Rattache par pièces métalliques, en forme de crochets, serrées et fermées par une clavette à griffes.

Cette attache se compose d'une pièce en forme de trident; chacune des dents est repliée à son extrémité pour former un crochet. On perfore le cuir qui doit être replié bout à bout et se présenter en V renversé, puis on passe une clavette

munie elle-même de pointes qui évitent son déplacement, de sorte, qu'en tendant le cuir, l'attache se serre et se ferme d'elle-même d'après le principe des boucles.

Rupture : **1 000** kilogrammes. Les attaches se brisent. Les morceaux sont projetés en tous sens.

11. Rattache par plaques métalliques et boulons. — On réunit les bouts de la courroie en forme de V renversé, on applique de chaque côté une plaque métallique cannelée intérieurement, le tout est réuni par 3 boulons.

Rupture : **1 400** kilogrammes. Les boulons se brisent dans le milieu, toutes les pièces sont projetées en tous sens avec violence.

12. Rattache collée cousue sur place. — Il arrive souvent que, dans une installation de courroies, on soit forcé de faire une rattache collée sur place. Des ouvriers expérimentés, munis de bonne colle et pourvus d'un bon matériel, peuvent faire une rattache solide, mais il faut attendre que la colle soit sèche avant de faire fonctionner la courroie.

Il nous a paru intéressant d'essayer une rattache après trois heures de repos seulement.

Rupture : **1 600** kilogrammes. Déchirure du corps de la jonction.

Courroies formées de diverses épaisseurs en cuir tanné.

Puisque les bandes de cuir employées dans la confection d'une courroie n'offrent pas, sur toute leur longueur, ni la même élasticité ni la même solidarité, il est incontestable que deux ou plusieurs épaisseurs réunies ne pourront jamais fournir un tout parfaitement homogène, quels que soient les soins apportés dans l'appareillage des cuirs.

Il faut d'ailleurs que les jonctions soient alternées de manière que les parties faibles soient renforcées par les plus fortes; on réunit ainsi deux corps qui, tout en étant de même nature, ne possèdent pas les mêmes coefficients d'élasticité ni de résistance. Ils ne peuvent donc pas donner un ensemble parfait travaillant uniformément à la traction. On conçoit très bien que son coefficient de résistance sera moindre que celui des courroies simples.

On remédie en partie à cet inconvénient en collant les cuirs et en les cousant; mais si, dans certaines applications industrielles, on ne peut assez se fier au collage seul des jonctions de cuir simple, de même dans les courroies doublées, il faut avoir recours aux lanières, vis, rivets qui consolident le collage, mais qui malheureusement perforent le cuir et lui enlèvent une partie de sa solidité.

Nous avons donc cru très utile de rechercher la force de résistance des cuirs doublés, soit :

- 1° Dans les courroies à talons, c'est-à-dire doublées sur les côtés seulement;
- 2° Dans les courroies doublées sur toute leur surface.

Dans l'un ou l'autre de ces cas : les cuirs sont réunis entre eux au moyen de l'un des procédés suivants :

- Par la colle seulement;
- Par la couture à la lanière sans collage;
- Par la colle et la couture à la lanière.

Nous n'avons expérimenté que les coutures à la lanière parcheminée, parce que ce mode d'assemblage est le plus usité, cette lanière offrant moins d'aspérités, et c'est aussi ce mode qui permet d'obtenir une courroie souple et adhérente.

COURROIES A TALONS EN CUIR TANNÉ

Les éprouvettes que nous avons expérimentées avaient 1^m,20 de longueur environ, 0^m,200 de largeur avec talons de 0^m,060 de largeur ; épaisseur moyenne des éléments, 5 millimètres, soit une section totale de $1\,000 + 600 = 1\,600$ millimètres carrés.

Elles ont été coupées dans des cuirs n'ayant subi aucun allongement préalable.

Chacune d'elles était formée de bandes de raies de dos, puisque, dans la pratique, ce sont celles-là seulement qui assurent une marche rectiligne.

Elles contenaient une jonction de 200 millimètres de longueur.

C'est sur une longueur totale de 800 millimètres, soit 300 millimètres en avant et en arrière de la jonction, que nous avons mesuré :

- 1° L'allongement permanent après la charge de 1 000 kilogrammes et le retour à zéro;
- 2° L'allongement permanent après la charge de 2 000 kilogrammes et le retour à zéro;
- 3° L'allongement progressif jusqu'à la rupture.

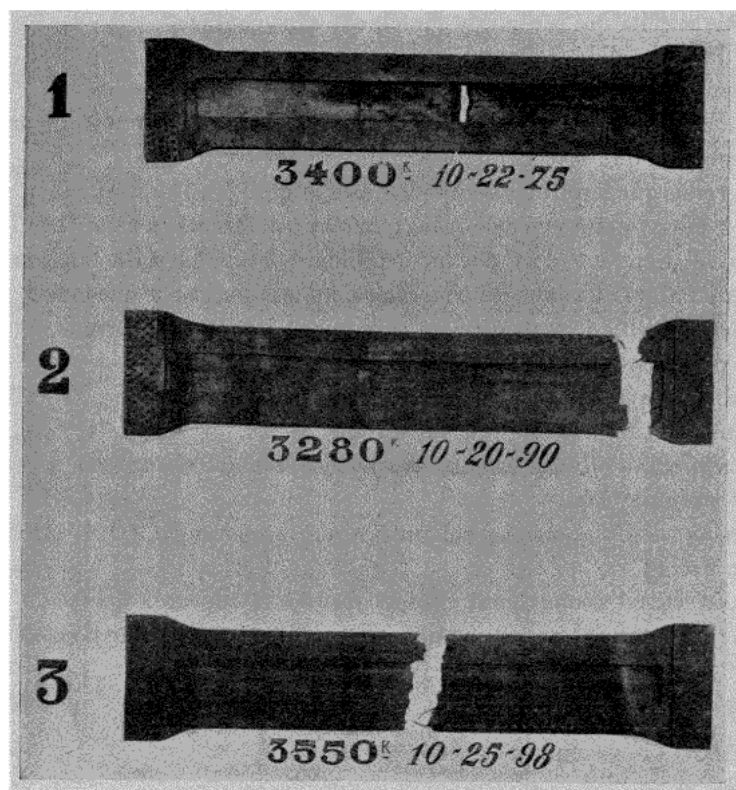
1^{re} EXPÉRIENCE. — Corps de la courroie avec jonction assemblée culée sur culée collée sans couture.

Rupture à **3 400** kilogrammes, près de la jonction de la bande simple, alors que les deux talons s'allongent sans se briser. Ces talons ne travaillaient donc pas de la même façon autant que la jonction, leur coefficient d'allongement était supérieur à celui de la bande principale.

Le coefficient R ressort à 2,42 kilogrammes par millimètre carré.

2^e EXPÉRIENCE. — Corps de la courroie avec jonction assemblée collet sur collet, talons cousus seulement à deux rangs de lanières.

Rupture : **3 280** kilogrammes à l'une des extrémités, les talons se déchirent en même temps que le corps en commençant par les points de couture, la



Photographie n° 8.

Courroie à talons en cuir tanné.

où le cuir a subi une déperdition de force par suite de la perforation pour le passage des lanières.

Les talons et le cuir du dessous travaillaient donc normalement, mais les perforations avaient enlevé une grande partie de la force.

3^e EXPÉRIENCE. — Corps de la courroie avec jonction collet sur collet, talons collés sur toute leur surface puis cousus à deux rangs de lanières.

Rupture à **3 550** kilogrammes dans le milieu de la jonction, c'est-à-dire au point le plus affaibli; aucune trace de fatigue bien apparente dans les autres

parties, ce qui montre que cette éprouvette travaillait avec une certaine homogénéité due au collage malgré les perforations produites par les points de couture.

En résumé, la courroie qui a le moins de solidité est celle qui est cousue seulement sans aucun collage.

Puis vient celle qui est collée seulement sans couture.

Enfin la plus solide, celle qui paraît se comporter le mieux, est celle qui est collée et cousue, c'est-à-dire dont les parties ont le plus de cohésion.

En conséquence, plus on donne de liaisons aux deux cuirs plus on augmente la résistance. Ce qui se conçoit aisément.

Cette remarque paraît d'autant plus exacte qu'il faut bien considérer que la courroie à talons est formée de trois morceaux différents (n'ayant pas le même coefficient d'allongement et devant cependant travailler à la traction dans le même sens), alors que dans les courroies doubles il n'y en a que deux.

La photographie n° 9 montre les cassures et indique les formes et les allongements obtenus.

Le chiffre des kilogrammes indique la charge de rupture.

Les chiffres suivants indiquent :

Le premier : l'allongement permanent après la charge de **1000** kilogrammes et retour à zéro ;

Le second : l'allongement permanent après la charge de **2000** kilogrammes et retour à zéro ;

Le troisième : l'allongement graduel jusqu'à la rupture.

Le tout relevé sur une longueur de 800 millimètres, comme il est dit d'autre part.

Exemple.

1. 3 400 kilogrammes. — 10-22-75.

3 400 kilogrammes. Charge de rupture.

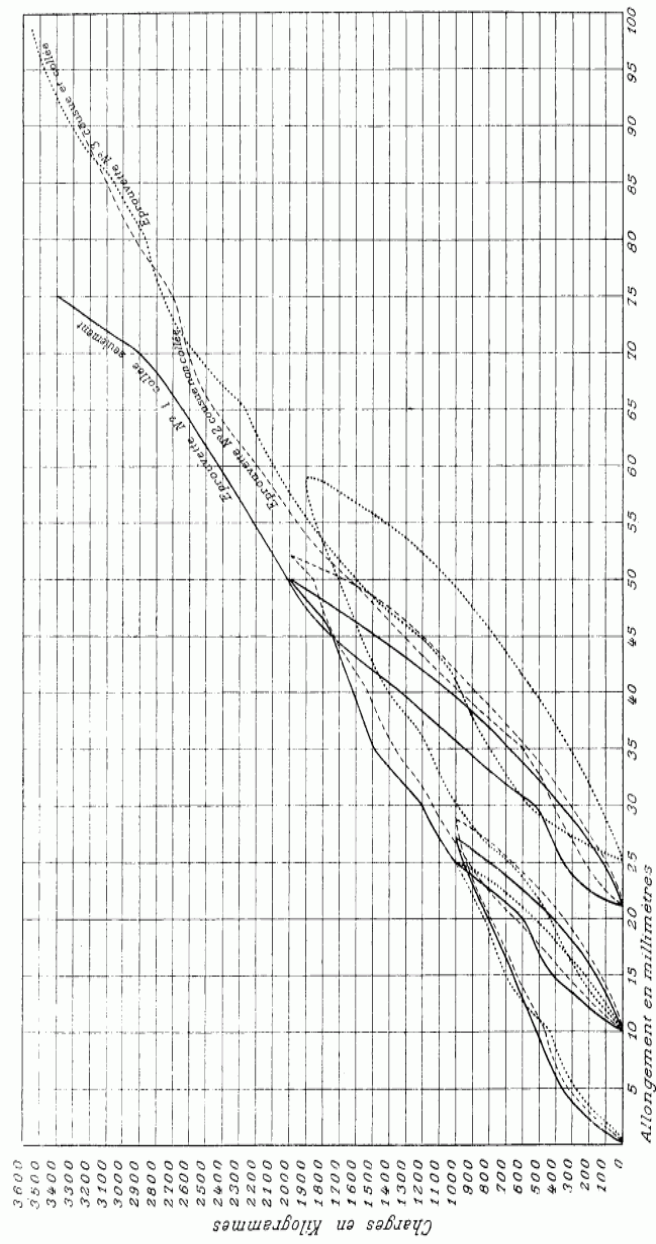
10	—	Allongement permanent de 10 millimètres après charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro.
22	—	Allongement permanent de 22 millimètres après la charge de 2000 kilogrammes et retour à zéro.
75	—	Allongement au moment de la rupture.

Le tableau et le graphique ci-contre montrent les allongements et les charges obtenus. Notons que les trois éprouvettes ont accusé, après retour à zéro de la charge de 1 000 kilogrammes, ce même allongement permanent de 10 millimètres et des allongements élastiques de 17, 18, 15 millimètres. Pour cette dernière valeur, le module d'élasticité ressort à $E = \frac{0,625}{0,0187} = 33$.

Tableau marquant les allongements et charges jusqu'à la rupture
de trois éprouvettes courroies à talons, cuir tanné.

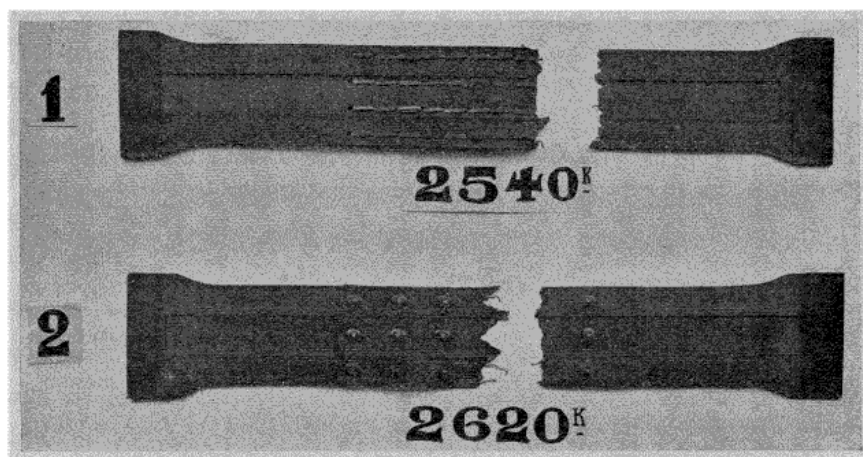
ÉPROUVETTE N° 1 COLLÉE SEULEMENT.		ÉPROUVETTE N° 2 COUSUE NON COLLÉE.		ÉPROUVETTE N° 3 COLLÉE ET COUSUE.	
Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.
370	5	340	5	»	»
510	10	480	10	280	5
680	15	630	15	460	10
800	20	800	20	700	15
980	25	960	25	810	20
1 000	27	1 000	28	1 000	25
»	»	»	»	0	10
»	»	0	10	250	15
0	10	340	15	440	20
420	15	630	20	660	25
600	20	940	25	1 000	30
1 000	25	1 140	30	1 180	35
1 200	30	1 360	35	1 400	40
1 500	35	1 520	40	1 560	45
1 620	40	1 740	45	1 700	50
1 730	45	1 850	50	1 940	55
2 000	50	2 000	52	2 000	58
»	»	»	»	0	25
»	»	0	20	570	30
»	»	220	25	800	35
»	»	400	30	960	40
0	22	600	35	1 200	45
370	25	980	40	1 600	50
520	30	1 300	45	1 880	55
940	35	1 640	50	2 100	60
1 320	40	1 940	55	2 280	65
1 740	45	2 200	60	2 380	70
2 000	50	2 440	65	2 760	75
2 200	55	2 600	70	2 880	80
2 420	60	2 700	75	3 070	85
2 660	65	2 920	80	3 300	90
2 900	70	3 100	85	3 450	95
3 400	75	3 280	90	3 550	98
Rupture.		Rupture.		Rupture.	

Graphiques des Courroies à talons.



Rattaches des extrémités de la courroie à talons en cuir tanné.

En raison de leur mode de confection, les courroies à talons ne se prêtent pas facilement à l'emploi des rattaches variées utilisées dans les courroies d'une seule épaisseur de cuir, ou même de deux ou trois épaisseurs. Le principe le plus simple, et qui nous paraît donner le plus de solidité, est celui qui consiste à amincir les deux extrémités en biseau et à les croiser; mais, au préalable, il faut que l'extrémité qui vient en dessous soit rechargée par une bande de cuir



Photographie n° 9.

qui remplisse l'intervalle entre les talons. Cette rattache se ferme ensuite par des lanières ou par des boulons.

Les éprouvettes que nous avons expérimentées avaient les mêmes dimensions que celles que nous avons soumises aux essais de traction :

Longueur : 1^m,200.

Largeur : 0^m,200, avec talons de 0^m,060, collés sur toute leur surface et cousus à la lanière.

L'épaisseur des cuirs était de 5^{mm}, 1/2.

La photographie n° 9 montre les différentes cassures.

1^{re} EXPÉRIENCE : *Rattache croisée sur une longueur de 350 millimètres, assujettie par 4 rangs de lanières cuir chromé.*

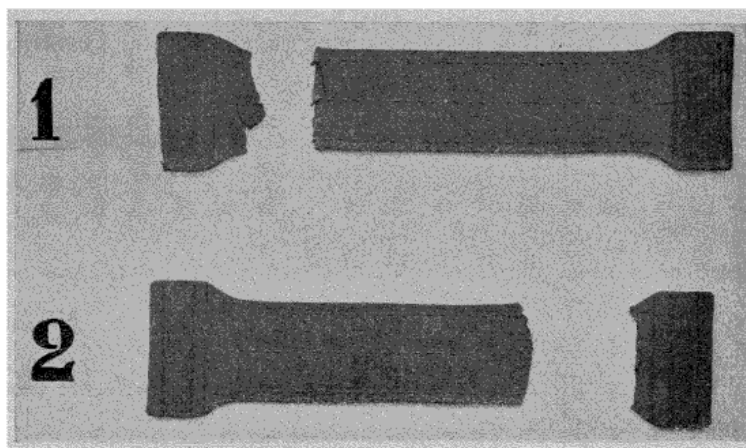
Rupture : **2 540** kilogrammes à la première ligne des trous, ou perforations de la courroie. Aucune cassure des lanières; elles se sont allongées sans se briser.

2^e EXPÉRIENCE. — *Rattache croisée sur une longueur de 350 millimètres assemblée par 12 boutons.*

Rupture : **2 620** kilogrammes dans le corps même de la rattache avant la plaque de rencharge intérieure des talons, partie qui se trouve être la plus faible dans cette épissure. On constate que les charges de 2 540 et 2 620 kilogrammes sont notablement plus faibles que celles de 3 400, 3 280, 3 550 kilogrammes, qui se rapportent aux jonctions des courroies à talons. Ce résultat concorde avec celui que nous avons relevé sur les rattaches des courroies simples.

COURROIES DOUBLES EN CUIR TANNÉ

Lorsqu'on double des cuirs, il semblerait que la résistance doive augmenter proportionnellement; mais ce raisonnement n'est pas tout à fait exact, car il faut



Photographie n° 10.

tenir compte de la différence de solidité des diverses parties des bandes assemblées; puis, de même que dans les courroies à talons, il est indispensable que dans les courroies doubles, les jonctions du dessus et du dessous soient alternées pour que les parties faibles soient renforcées par les plus fortes. Toutefois, tandis que, dans les courroies simples ou à talons, les jonctions des bandes sont les points les plus faibles, on peut, dans les courroies doubles bien composées, bien soudées, bien cousues, faire disparaître cet inconvénient.

Pour nous en rendre compte nous avons procédé aux essais suivants :

Deux bandes de 200 millimètres de largeur ont été coupées bien exactement en face l'une de l'autre dans les deux côtés droit et gauche d'un même croupon,

de façon que les deux éprouvettes donnent un coefficient de résistance aussi identique que possible.

L'une de ces bandes, partagée en deux par le milieu et assortie soigneusement, a formé une éprouvette double sans jonction (n° 1 de la photographie n° 10).

L'autre a été coupée en 3 morceaux pour produire une éprouvette avec jonction dans l'un des côtés (n° 2 de la photographie n° 11).

Ces deux éprouvettes, découpées à 150 millimètres de largeur dans le milieu ou partie soumise à l'expérience, étaient collées sur toute leur surface et cousues à 3 rangées de lanières parcheminées. Elles se sont rompues dans le corps en supportant une charge à peu près égale, et on n'a relevé aucune trace de fatigue sérieuse de la jonction.

Du reste, dans nos divers essais de traction de courroies doubles, nous n'avons relevé aucun décollage, ni détérioration de jonctions, lorsque le travail régulier des deux cuirs dessus et dessous avait été assuré par le collage.

Les expériences ont été faites sur 3 courroies doubles de 200 millimètres de largeur :

- 1° Collée sans couture;
- 2° Collée et cousue;
- 3° Cousue sans collage.

Chacune de ces éprouvettes mesurait 1^m,200 de longueur sur 0^m,200 de largeur et 11 millimètres d'épaisseur moyenne dans les parties soumises à l'expérience.

Elles contenaient une jonction de 200 millimètres de longueur, parce que, dans la pratique, les jonctions soit du dessus ou du dessous se présentent régulièrement tous les 1^m,20 environ et c'est sur une longueur de 800 millimètres, soit 300 millimètres en avant et en arrière de la jonction, que nous avons calculé :

- 1° L'allongement à la charge de 1 000 kilogrammes, puis le retour à 0;
- 2° L'allongement à la charge de 2 000 kilogrammes, puis le retour à 0;
- 3° L'allongement progressif jusqu'à la rupture.

1^{re} EXPÉRIENCE. — *Courroie double collée sans couture.*

Rupture : **4 700** kilogrammes à l'une des extrémités, sans aucune trace de fatigue de la jonction. $R = 2^{\text{kg}},13$; $A = 18,75$ p. 100. Module d'élasticité après charge de 1 000 kilogrammes. $E = 20$.

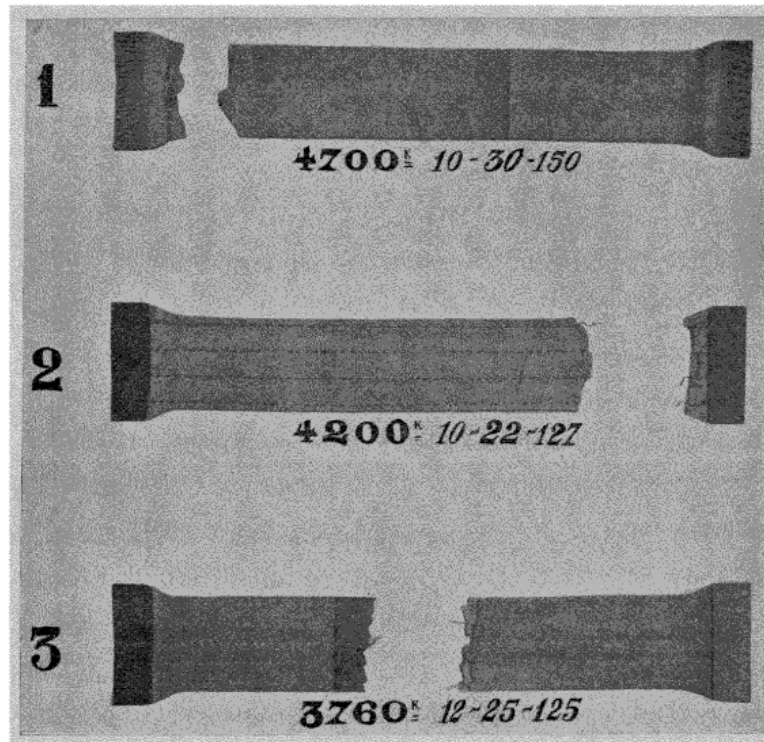
2^e EXPÉRIENCE. — *Courroie double collée sur toute sa surface et cousue à 4 rangs de lanières.*

Rupture : **4 200** kilogrammes, soit 10 p. 100 de déperdition de force par suite

de la perforation du cuir; mais on ne relève aucune trace de fatigue de la jonction.
 $R = 1^{\text{kg}},90$; $A = 15,87 \text{ p. } 100$. Module d'élasticité à 1 000 kilogrammes: $E = 18,2$.

3^e EXPÉRIENCE. — *Courroie double cousue à 5 rangs de lanières sans collage des deux cuirs.*

Rupture : **3 760** kilogrammes dans le milieu de la jonction, point non seulement offrant le moins de résistance, mais affaibli encore par suite de la



Photographie n° 11.

perforation du cuir. $R = 1,71$; $A = 15,62 \text{ p. } 100$. Module d'élasticité à 1 000 kilogrammes : $E = 13$.

Ces essais nous ont permis en même temps de rechercher les allongements comparatifs de ces 3 genres de courroies.

La photographie n° 11 montre les cassures.

Les tableaux et graphiques ci-après en indiquent le détail, soit :

L'allongement permanent après les charges de 1 000 et 2 000 kilogrammes et retour à 0;

L'allongement progressif jusqu'à la rupture.

Exemple : Éprouvette n° 1.

4 700 kilogrammes. — **10 — 30 — 150**

4 700 kilogrammes : Charge de rupture.

10 millimètres : Allongement permanent de 10 millimètres après charge de 1 000 kilogrammes et retour à 0.

30 millimètres : Allongement permanent de 30 millimètres après charge de 2 000 kilogrammes et retour à 0.

150 millimètres : Allongement progressif jusqu'à la rupture.

Les allongements sont relevés sur une longueur de 800 millimètres, comme il est indiqué d'autre part.

Dans ces éprouvettes, comme dans toutes celles expérimentées précédemment il y a lieu de considérer qu'elles n'ont subi aucun allongement préalable sur les tendeurs.

Il ressort donc de ces essais :

Que, plus on donne de liaison aux deux cuirs qui forment la courroie double, plus on leur permet de travailler régulièrement, et plus on augmente le coefficient de résistance ;

Mais que les perforations diminuent d'autant plus la solidité qu'elles sont plus nombreuses.

Dans les calculs de la force à transmettre par une courroie double, il y a donc lieu de considérer non seulement l'épaisseur des cuirs et la partie de la peau où ils ont été prélevés, mais encore leur mode d'assemblage, qui exige plus ou moins de perforation de la matière.

Rattache des extrémités des courroies doubles en cuir tanné.

Comme, dans la marche des courroies simples, il y a intérêt à considérer la résistance de la dernière rattache, nous n'avons pas négligé d'examiner aussi sérieusement la valeur des divers procédés utilisés ordinairement dans le montage des courroies doubles, les rattaches étant faites avec le concours de lanières, boutons, plaques métalliques ou autres.

Les éprouvettes utilisées pour nos expériences avaient, comme précédemment :

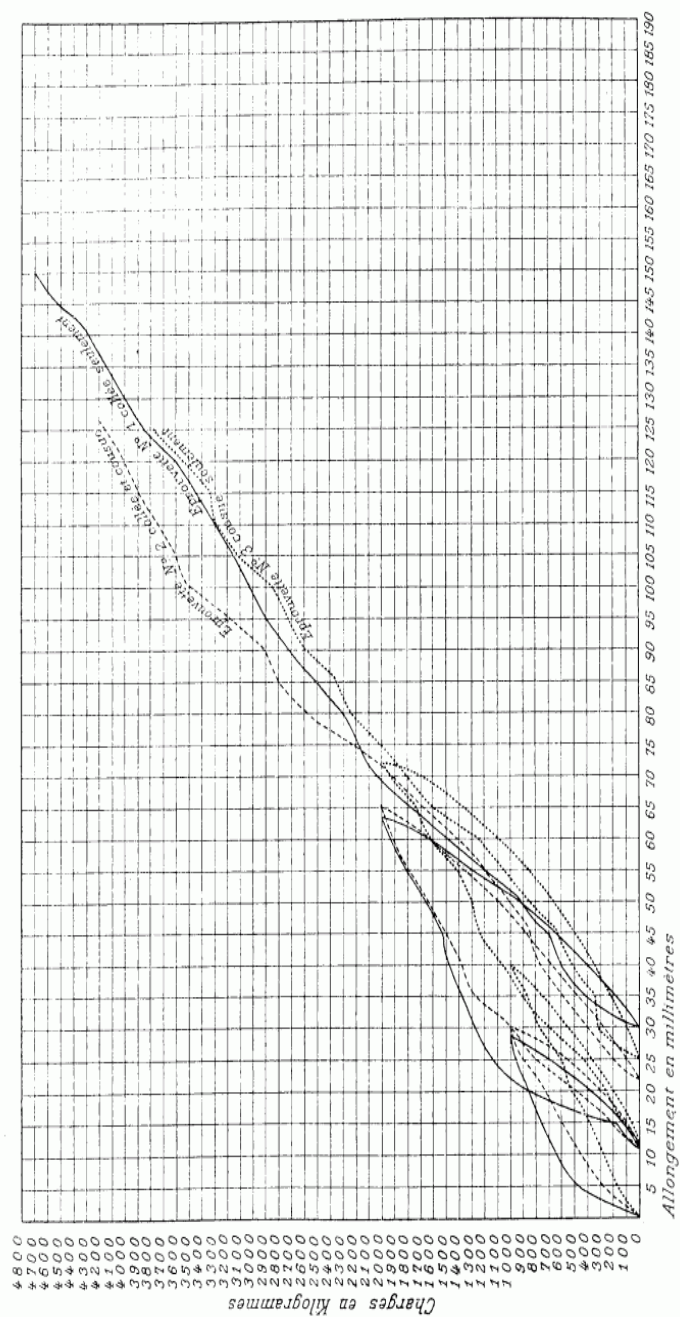
1^m,20 de longueur environ et 0^m,200 de largeur.

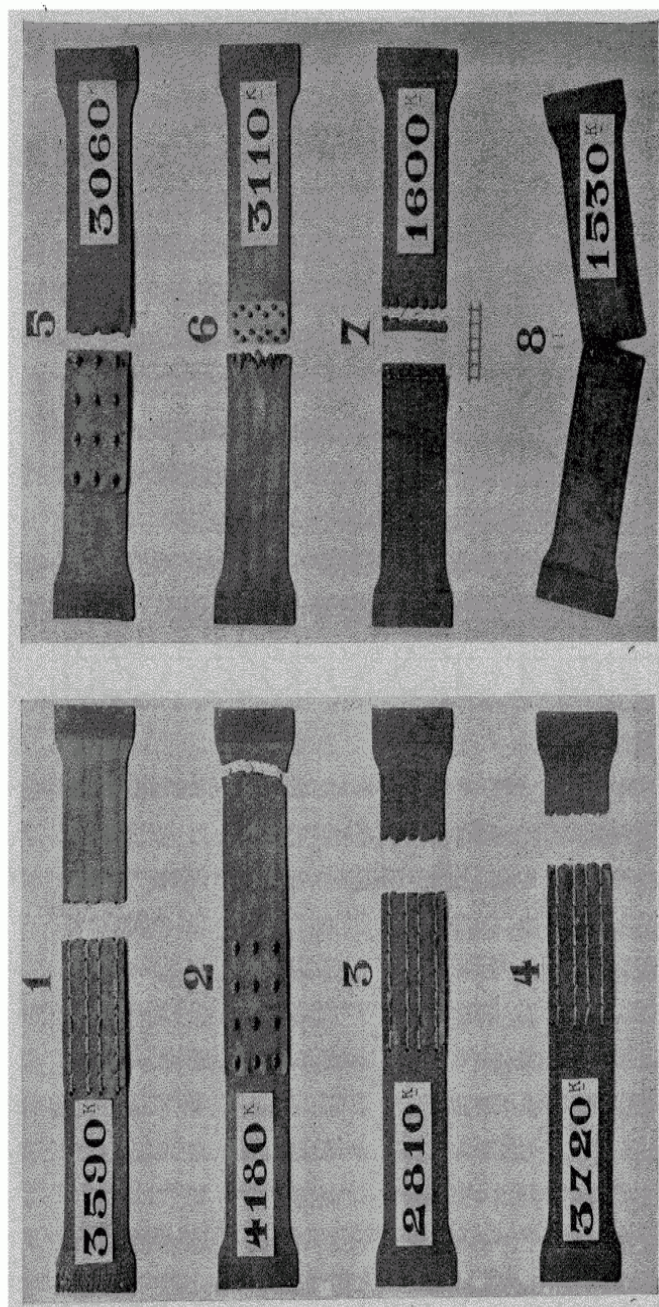
Elles étaient formées de deux cuirs mesurant ensemble 11 à 12 millimètres d'épaisseur, collés sur toute leur surface et cousus à 4 rangs de lanières parcheminées. Chaque bande de cuir avait été coupée dans le croupon parce que, dans la pratique, il est indispensable que le commencement et la fin d'une courroie soient constitués avec du cuir offrant le plus de solidité possible.

**Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture
des courroies doubles, cuir tanné (photographie n° 11).**

ÉPROUVETTE N° 1 COLLÉE SEULEMENT SANS COUTURE.		ÉPROUVETTE N° 2 COLLÉE ET COUSUE.		ÉPROUVETTE N° 3 COUSUE NON COLLÉE.	
Charges en kilogrammes.	Millimètres.	Charges en kilogrammes.	Millimètres.	Charges en kilogrammes.	Millimètres.
»	»	»	»	170	5
»	»	»	»	260	10
480	5	260	5	380	15
640	10	450	10	510	20
750	15	600	15	600	25
850	20	720	20	780	30
960	25	900	25	880	35
1 000	28	1 000	30	1 000	40
»	»	»	»	0	12
»	»	»	»	120	15
0	10	0	10	210	20
170	15	200	15	430	25
840	20	500	20	700	30
1 140	25	800	25	900	35
1 260	30	1 000	30	1 080	40
1 380	35	1 280	35	1 240	45
1 480	40	1 380	40	1 300	50
1 520	45	1 500	45	1 400	55
1 660	50	1 630	50	1 600	60
1 800	55	1 800	55	1 740	65
1 900	60	1 900	60	1 940	70
2 000	63	2 000	65	2 000	72
0	30	»	»	»	»
420	35	»	»	»	»
600	40	0	22	»	»
700	45	180	25	»	»
940	50	400	30	0	25
1 200	55	600	35	320	30
1 480	60	780	40	340	35
1 800	65	860	45	320	40
2 050	70	1 000	50	620	45
2 180	75	1 200	55	870	50
2 300	80	1 400	60	1 060	55
2 500	85	1 680	65	1 230	60
2 720	90	2 000	70	1 600	65
2 880	95	2 200	75	1 800	70
3 000	100	2 580	80	2 000	75
3 150	105	2 800	85	2 240	80
3 300	110	2 900	90	2 370	85
3 450	115	3 200	95	2 600	90
3 600	120	3 500	100	2 720	95
3 860	125	3 600	105	2 850	100
4 000	130	3 720	110	3 120	105
4 150	135	3 900	115	3 300	110
4 260	140	4 000	120	3 330	115
4 520	145	4 120	125	3 550	120
4 700	150	4 200	127	3 760	125
Rupture.		Rupture.		Rupture.	

Graphique des Courroies doubles cuir tanné (photographie n° 11).





Photographie n° 12.

Les lanières employées étaient en cuir chromé de 7 millimètres de largeur sur 4 millimètres d'épaisseur; les attaches métalliques sont celles qui se trouvent dans le commerce, sans aucun choix ou marque de provenance. La photographie n° 12 en montre les cassures.

1. Rattache croisée maintenue par des lanières. — L'extrémité qui forme le dessus est amincie en biseau pour éviter toute surépaisseur; les deux bouts de la courroie sont croisés sur une longueur de 330 millimètres, puis percés de 4 rangs de trous dans lesquels on passe une lanière.

Rupture : **3 590** kilogrammes, à la première ligne des perforations du cuir. Aucune cassure des lanières, qui se sont allongées sans se briser.

2. Rattache croisée maintenue par des boulons. — Les deux extrémités de la courroie sont légèrement amincies et taillées en biseau, puis croisées sur une longueur de 330 millimètres; 12 boulons ou boutons de 7 millimètres de diamètre, munis de griffes dans la tête et dans la plaque de contre-écrou réunissent les deux parties.

Rupture : **4 180** kilogrammes, non pas dans la rattache, mais dans le cuir.

On comprendra aisément qu'une rattache aussi épaisse, puisqu'elle est formée de 4 cuirs superposés, puisse facilement présenter autant de résistance que la courroie elle-même.

3. Rattache enchevêtrée maintenue par des lanières. — Dans l'une des extrémités de la courroie double, les cuirs ne sont pas collés; ils restent libres sur une longueur de 330 millimètres environ, l'autre extrémité est amincie et taillée en biseau.

On emboîte donc la partie amincie dans celle qui est ouverte, on referme les 3 épaisseurs qui sont maintenues par des lanières.

Rupture : **2 810** kilogrammes, à la première ligne des perforations du cuir. Aucune cassure de lanières, qui se sont allongées sans se briser.

4. Rattache avec plaque de cuir formant recouvrement et maintenue par des lanières. — Les extrémités sont présentées bout à bout; une plaque formant recouvrement vient les réunir.

Cette plaque est fixe d'un côté; elle est donc posée en échelon, de sorte que, s'il est nécessaire de démonter la courroie, il suffit de retirer les lanières d'un des côtés. Le travail est abrégé de moitié.

Plaque de recouvrement de 330 millimètres de longueur, 4 rangs de lanières.

Rupture : **3 720** kilogrammes à la première ligne des perforations du cuir; aucune cassure des lanières, qui se sont allongées sans se briser.

5. Rattache avec plaque de cuir formant recouvrement et maintenue par des boulons. — Même disposition que le n° 4; mais, au lieu de lanières, on emploie des boulons dont la tête et la plaque de contre-écrou sont armées de griffes.

Rupture : **3 060** kilogrammes. Dans le milieu de la plaque de recouvrement, à l'endroit où le cuir était perforé et serré par les écrous.

6. Rattache avec plaque d'acier formant recouvrement. — Les extrémités sont rapprochées bout à bout; une plaque d'acier percée de trous en quinconce vient former le recouvrement du joint.

Le tout est assemblé par des boulons à têtes fraisées encastrées dans le cuir.

Rupture : **3 110** kilogrammes. Déchirure du cuir à l'endroit des trous et des fraises formées pour le logement des têtes de boulons.

7. Rattache par agrafe à œillets et barrettes acier. — Ces attaches, de forme rectangulaire, sont percées à chaque extrémité d'une ouverture ovale dans laquelle se passe une barrette.

On perce chacun des bouts de la courroie d'une série de trous dans lesquels se glissent les attaches; on les réunit toutes ensuite par une barrette. Le cuir est maintenu et serré dans la partie qui forme saillie en forme de V renversé. A **1 500** kilogrammes, la rattache pénètre dans le cuir.

Rupture : **1 600** kilogrammes, par suite de la déchirure du morceau extrême de la courroie.

8. Rattache avec agrafes en laiton formant deux T réunis par leur base. — On perce, à chacune des extrémités de la courroie, une série de boutonnières dans lesquelles on passe les attaches, et on rassemble ainsi les deux bouts qui forment une saillie représentant un V renversé.

A **1 020** kilogrammes le cuir commence à s'arracher.

Rupture : **1 530** kilogrammes, les extrémités formant T pénètrent dans la courroie et la traversent. Si on rapporte cette charge à la section moyenne de la courroie, le coefficient de rupture ressort à $R = 0^{\text{kg}},7$, valeur très faible.

COURROIES TRIPLES EN CUIR TANNÉ

Les indications que nous avons relevées sur l'assemblage des cuirs qui entrent dans la confection des courroies doubles et sur leur travail à la traction, tant pour la bande entière prise dans le croupon que pour les jonctions, s'appliquent également aux courroies triples; nous n'y reviendrons donc pas.

On remarquera d'ailleurs, par les tableau et graphique suivants, que ces courroies se comportent exactement de la même façon que les doubles, en tenant compte naturellement de leur épaisseur et de leur composition qui est de 3 cuirs au lieu de 2.

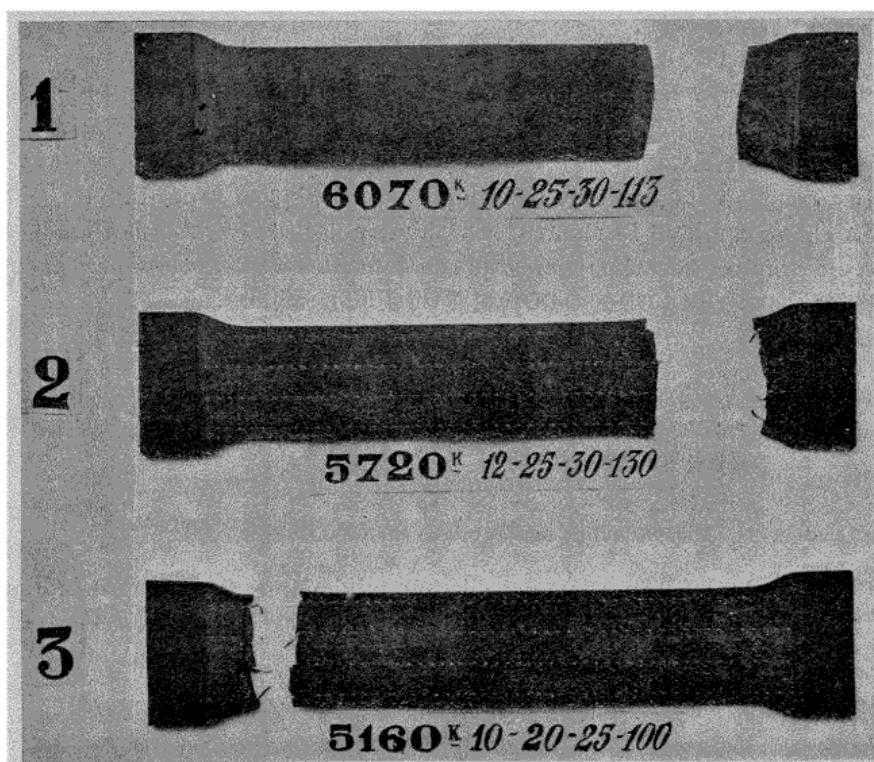
Les éprouvettes soumises aux essais de traction et de rupture avaient les dimensions suivantes :

Longueur. 1^m,200
 Largeur. 0^m,200
 Épaisseur. 17 à 18 millimètres.
 Section moyenne 3 500 millim. carrés.

et provenaient de cuirs n'ayant subi aucun allongement préalable.

Elles étaient :

Ou collée sans couture ;
 Ou collée et cousue à la lanière ;
 Ou cousue sans collage



Photographie n° 13.

Chacune d'elles contenait une jonction soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, et c'est sur une longueur de 800 millimètres que nous avons relevé :

- 1° L'allongement permanent après la charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro.
- 2° — — — — — 2 000 — —
- 3° — — — — — 3 000 — —
- 4° L'allongement progressif jusqu'à la rupture.

1^{re} EXPÉRIENCE. — *Courroie triple collée sans couture.*

Rupture : **6 070** kilos. On ne relève aucune trace de fatigue de la jonction située à l'intérieur de la courroie. $R = 1^{kg},73$; $A\ 14,13$ p. 100. Le module moyen d'élasticité après charge de 1 000 kilogrammes ressort à : $E = 17,6$.

2^e EXPÉRIENCE. — *Courroie triple collée sur toute sa surface et cousue à 4 rangs de lanières.*

Rupture : **5 720** kilogrammes soit 3 p. 100 de déperdition de force par suite de la perforation du cuir; mais on ne relève aucune trace de fatigue dans la jonction située à l'extérieur. $R = 1^{kg},63$; $A\ 16,25$; $E\ 17,6$.

3^e EXPÉRIENCE. — *Courroie triple cousue à 4 rangs de lanières parcheminées sans collage des 3 cuirs.*

Rupture : **5 160** kilogrammes à une extrémité à l'endroit où se trouvait une jonction intérieure, point offrant moins de solidité et de plus affaibli par suite de la perforation du cuir pour le passage des lanières. $R = 14^{kg},74$; $A\ 12,5$ p. 100; $E = 25,3$.

Les graphiques p. 540 et le tableau p. 539 en indiquent le détail.

La photographie n° 13 montre les déchirures des cuirs avec indication de la charge de rupture en même temps qu'elle donne les allongements permanents après les charges de **1 000**, **2 000** et **3 000** kilogrammes.

Exemple :

6 070—10—25—30—113

6 070 kilogr. : Charge de rupture.

10	—	Allongement permanent de 10 millimètres après charge de	1 000 kg.
25	—	—	25 —
30	—	—	30 —
113	—	Allongement au moment de la rupture.	8 000 —

Chiffres relevés sur une longueur de 800 millimètres, comme il est indiqué d'autre part.

COURROIE DOUBLE RENFORCÉE INTÉRIEUREMENT DE CUIR VERT PERFORÉ
(BREVETÉE)

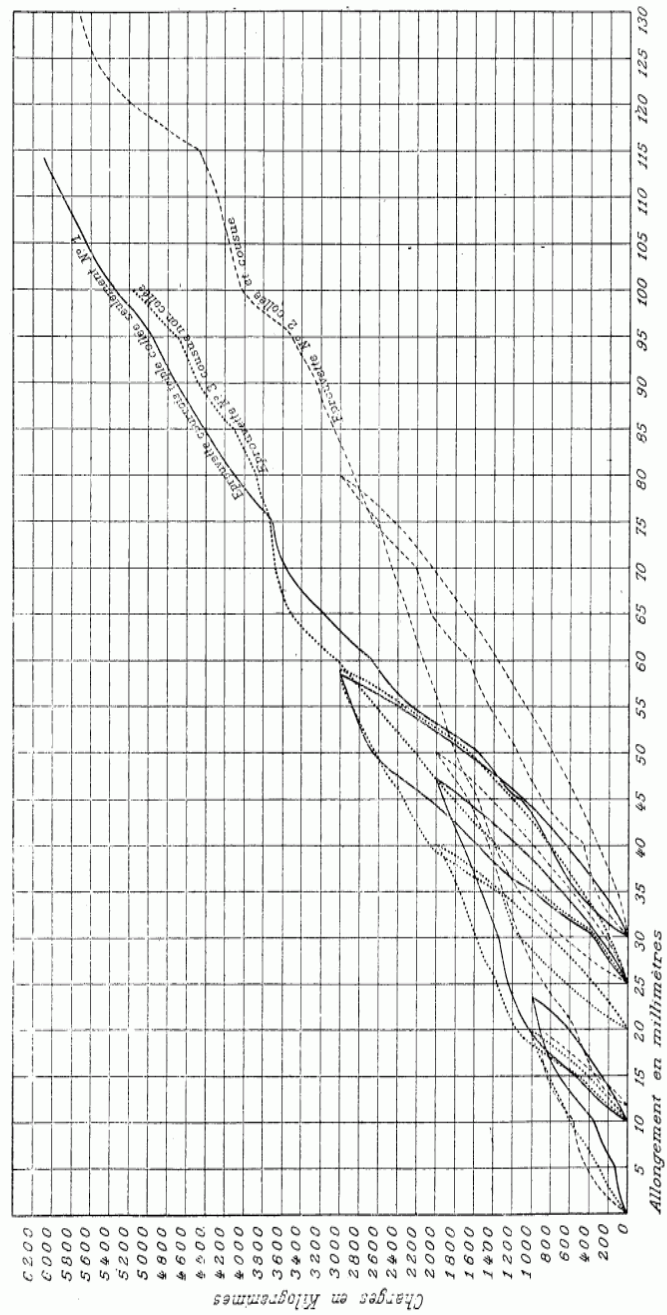
Une excellente application de cuir vert, qui nous donne de très bons résultats depuis plusieurs années, consiste à renforcer intérieurement la courroie double d'une bande de cuir parcheminé ou cuir vert.

Le parchemin remonte à la plus haute antiquité; sa résistance, ses qualités sont trop connues pour qu'il soit utile de les préciser ici. Son emploi ne peut donc être aléatoire. Les nouvelles applications du cuir vert dans les engrenages (faisant l'objet d'une autre partie de ce travail) en sont la meilleure preuve.

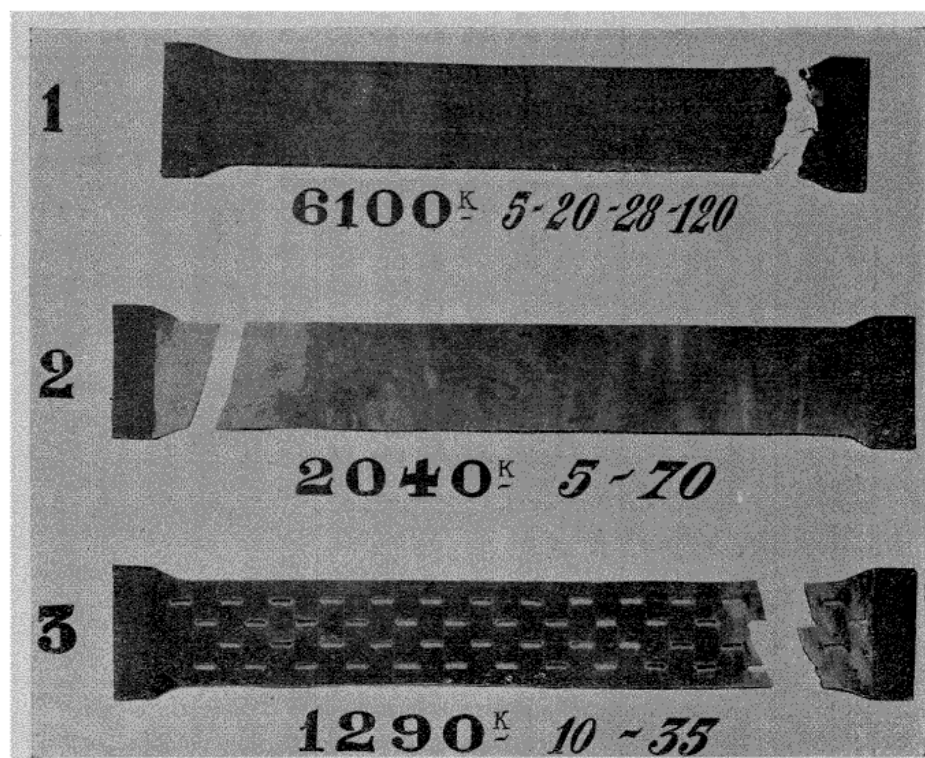
**Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture
des courroies triples, cuir tanné (photographie n° 13).**

ÉPROUVETTE N° 1.		ÉPROUVETTE N° 2.		ÉPROUVETTE N° 3.	
Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.
100		420	5	»	»
390	10	580	10	320	5
710	15	860	15	600	10
900	20	920	20	830	15
1 000	23	1 000	25	1 000	19
0	10	0	12	»	»
380	15	340	15	»	»
1 020	20	580	20	0	10
1 240	25	880	25	540	15
1 350	30	1 120	30	1 130	20
1 530	35	1 320	35	1 360	25
1 720	40	1 440	40	1 590	30
1 940	45	1 680	45	1 770	35
2 000	47	2 000	50	2 000	40
»	»	0	25	»	»
»	»	620	30	»	»
»	»	1 160	35	»	»
»	»	1 400	40	0	20
0	25	1 580	45	620	25
340	30	1 800	50	1 100	30
980	35	1 940	55	1 320	35
1 560	40	2 160	60	2 050	40
2 050	45	2 280	65	2 360	45
2 680	50	2 460	70	2 650	50
2 880	55	2 600	75	2 870	55
3 000	58	3 000	80	3 000	58
»	»	0	30	»	»
»	»	340	35	»	»
»	»	420	40	»	»
0	30	920	45	»	»
540	35	1 160	50	»	»
810	40	1 460	55	0	25
1 100	45	1 640	60	320	30
1 600	50	2 080	65	900	35
2 300	55	2 200	70	1 330	40
2 680	60	2 640	75	1 790	45
3 200	65	2 860	80	2 180	50
3 600	70	3 040	85	2 620	55
3 700	75	3 240	90	3 030	60
4 100	80	3 520	95	3 510	65
4 400	85	4 040	100	3 680	70
4 700	90	4 160	105	3 720	75
4 960	95	4 280	110	3 890	80
5 360	100	4 500	115	4 120	85
5 620	105	5 180	120	4 500	90
5 900	110	5 570	125	4 690	95
6 070	113	5 720	130	5 160	100
Rupture.		Rupture.		Rupture.	

Graphiques des Courroies triples cuir tanné (photographie n° 14).



Celui que nous employons a une épaisseur de 1 millimètre à 1 millimètre 1/2; nous le collons entre les deux cuirs, il forme ainsi une 3^e épaisseur, qui augmente considérablement la force de résistance de la courroie en même temps qu'il diminue l'allongement et assure une marche parfaitement rectiligne.



Photographie n° 14.

Courroie double, cuir tanné, renforcée intérieurement de cuir vert perforé.

Dans la photographie n° 14, la figure 1 représente une courroie double renforcée intérieurement de cuir vert perforé.

La figure 2 montre une bande parcheminée de 1 millimètre 1/2 d'épaisseur, elle est pleine sans perforations; le chiffre de 2040 kilogrammes indique sa force de rupture sur une largeur de 200 millimètres.

Employée pleine, cette bande donne une certaine rigidité à la courroie.

Nous remédions à cet inconvénient en perforant la bande dans le sens longitudinal, figure 3.

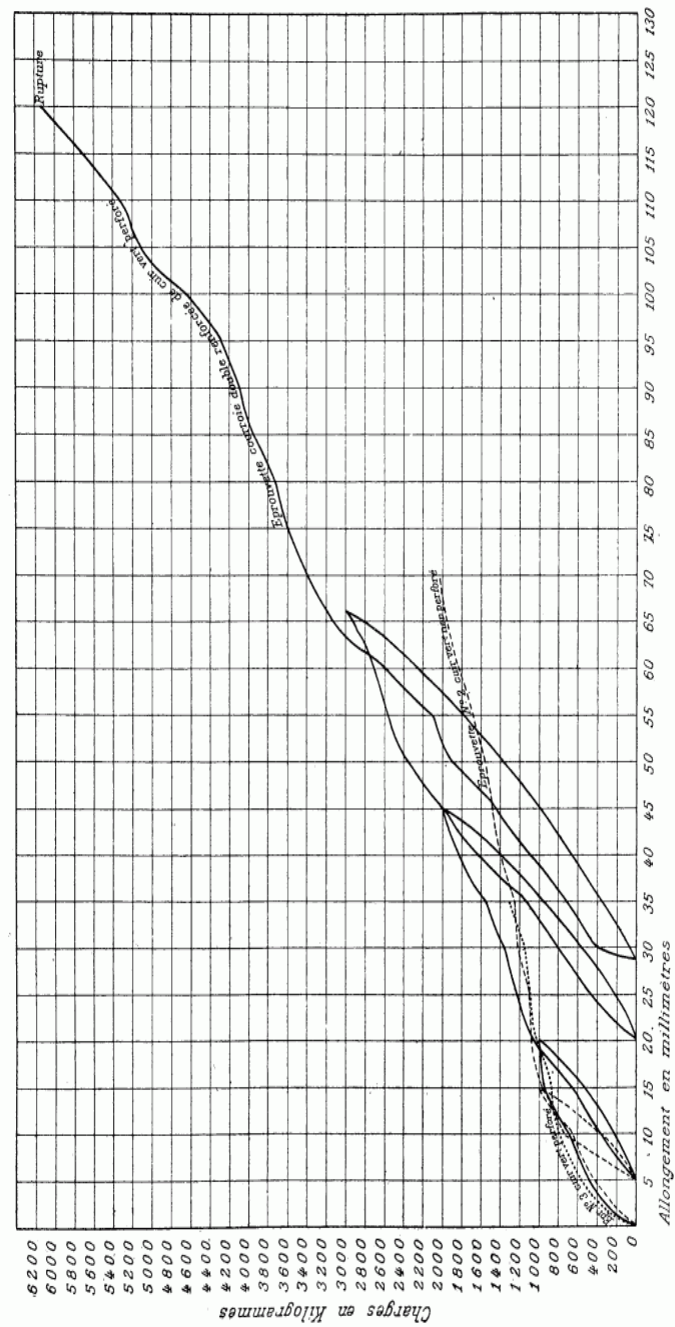
Ces ouvertures ou fenêtres, tout en donnant de la souplesse, permettent aux

**Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture
de la Courroie double cuir tanné, renforcée intérieurement de cuir vert perforé.**

(Photographie n° 14.)

ÉPROUVETTE N° 1 COURROIE CUIR DOUBLE RENFORCÉE DE CUIR VERT.		ÉPROUVETTE N° 2 BANDE CUIR VERT NON PERFORÉE.		ÉPROUVETTE N° 3 BANDE CUIR VERT PERFORÉE.			
Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.		
480	5	450	5	560	5		
680	10	680	10	800	10		
960	15	1 000	15	880	15		
1 000	20	0	5	1 000	20		
0	5	720	10	0	10		
380	10	960	15	740	15		
630	15	1 080	20	1 030	20		
1 060	20	1 100	25	1 110	25		
1 230	25	1 210	30	1 180	30		
1 380	30	1 260	35	1 290	35		
1 560	35	1 400	40	Rupture.			
1 820	40	1 480	45				
2 000	45	1 550	50				
0	20	1 680	55	Rupture.			
470	25	1 830	60				
800	30	1 970	65				
1 120	35	2 040	70				
1 650	40	Rupture.					
2 000	45						
2 360	50						
2 580	55						
2 700	60						
2 920	65						
3 000	66						
0	28						
400	30						
720	35						
1 120	40						
1 400	45						
1 880	50						
2 100	55						
2 600	60						
3 160	65						
3 400	70						
3 600	75						
3 750	80						
3 960	85						
4 080	90						
4 300	95						
4 600	100						
5 150	105						
5 300	110						
5 700	115						
6 100	120						
Rupture.							

Courroie double cuir tanné renforcée intérieurement de cuir vert perforé.



3 parties de se coller complètement et de former un tout parfaitement homogène assez souple, malgré ces trois épaisseurs, pour pouvoir s'enrouler facilement sur les poulies de petit diamètre.

Pour nous rendre compte de la déperdition de force produite par les sections de la bande perforée et de la résistance des diverses parties de cette courroie, nous l'avons décomposée comme suit :

1° Courroie double renforcée intérieurement de cuir vert perforé, collée sur toute sa surface et cousue à 4 rangs de lanières.

Rupture : **6 100** kilogrammes.

$$R = 2,54^{kg}. A = 12 \text{ p. } 100. E = 27,7$$

2° Bande cuir vert non perforé.

Rupture : **2 400** kilogrammes.

3° Bande cuir vert perforé.

Rupture : **1 290** kilogrammes.

Ces éprouvettes avaient 1^m,40 de longueur sur 200 millimètres de largeur, et c'est sur un mètre de longueur que nous avons relevé les allongements progressifs et les allongements permanents indiqués aux tableaux et graphique ci-dessus (p. 542 et 543).

Le chiffre de **6 100** kilogrammes, exigé pour la rupture, est assez frappant si on le compare à ceux que nous ont donné :

la courroie cuir double collée et cousue : **4 200** kilogrammes.

la courroie cuir triple collée et cousue : **5 702** kilogrammes.

pour qu'il soit inutile d'insister sur la force de résistance de cette application.

Les essais de déchirure ou d'arrachement de ce genre de courroie, dans le sens transversal, complètent cette observation.

COURROIES A TALONS RENFORCÉS INTÉRIEUREMENT DE CUIR VERT PERFORÉ (BREVETÉES)

D'après les principes indiqués au chapitre précédent, nous faisons également des courroies à talons renforcées de cuir vert, c'est-à-dire que nous intercalons une bande de cuir parcheminé entre les talons et le corps de la courroie, le tout est collé et cousu pour obtenir toute l'homogénéité voulue.

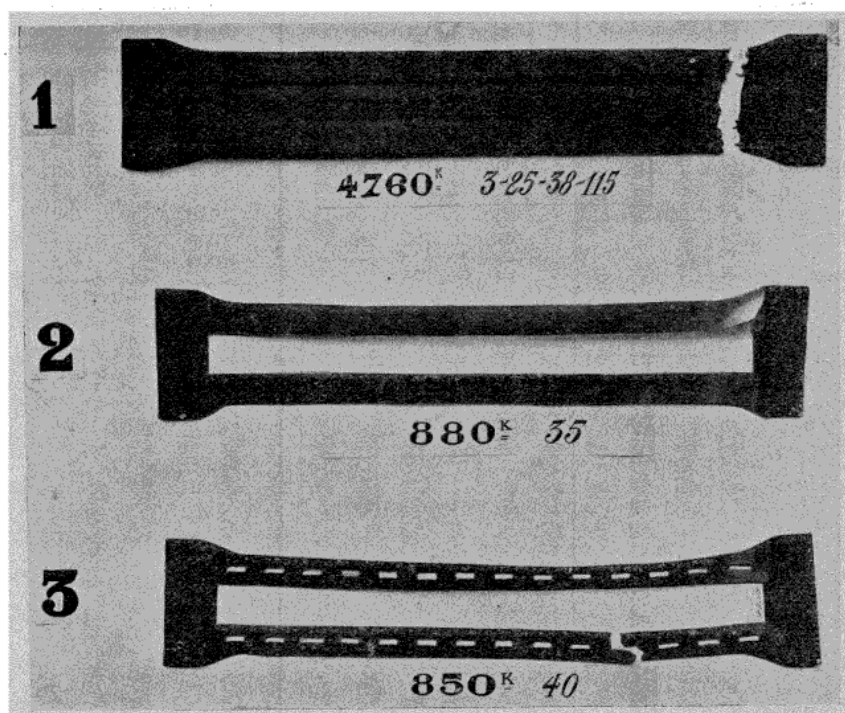
Cette nouvelle application permet à la courroie d'épouser plus facilement le cintre des poulies ; elle diminue l'allongement d'une façon notable et augmente considérablement la résistance.

Le chiffre de rupture : **4 760** kilogrammes est du reste assez caractéristique si on le compare à celui que nous avons obtenu soit :

pour la courroie à talons collée et cousue : **3 550** kilogrammes.

ou pour la courroie double collée seulement : **4 700** kilogrammes.

Cette courroie se recommande donc tout particulièrement pour les transmissions de fatigue, où il y a intérêt à ne pas surcharger les arbres, puisqu'elle donne autant de force qu'une courroie double tout en étant beaucoup plus légère et plus souple.



Photographie n° 13.

Courroies à talons, renforcées intérieurement de cuir vert perforé.

Comme pour la courroie double renforcée de cuir vert, nous avons décomposé les éléments. La photographie n° 15 en montre les résistances respectives.

Courroie à talons renforcée intérieurement de cuir vert perforé collée et cousue : **4 760** kilogrammes.

2 bandes cuir vert non perforé : **880** kilogrammes.

2 bandes cuir vert perforé : **850** kilogrammes.

Les tableau et graphique ci-contre donnent le détail des charges et allongements, ces derniers relevés, comme précédemment, sur 800 millimètres de longueur, soit 300 millimètres en avant et en arrière de la jonction comprise dans

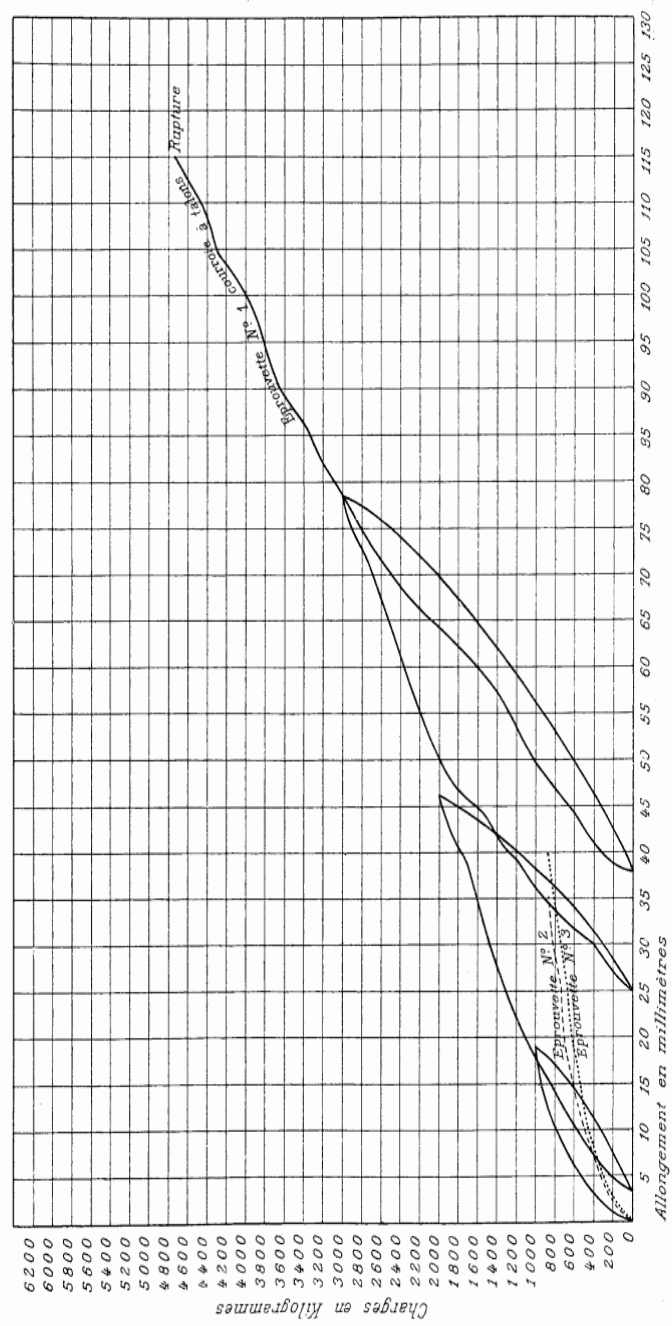
**Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture
de la Courroie à talons cuir tanné, renforcée intérieurement de cuir vert perforé.**

(Photographie n° 15.)

ALLONGEMENTS RELEVÉS SUR 800 MILLIMÈTRES DE LARGEUR

ÉPROUVETTE N° 1 COURROIE A TALONS RENFORCÉ DE CUIR VERT.		ÉPROUVETTE N° 2 BANDE CUIR VERT NON PERFORÉE.		ÉPROUVETTE N° 3 BANDE CUIR VERT PERFORÉE.	
Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.
620	3	320	5	320	5
800	10	510	10	460	10
940	15	600	15	540	15
1 000	18	700	20	620	20
0	3	760	25	680	25
270	5	830	30	740	30
600	10	880	35	800	35
880	15	Rupture.		850	40
1 100	20			Rupture.	
1 300	25				
1 450	30				
1 600	35				
1 780	40				
1 980	45				
2 000	47				
0	25				
400	30				
920	35				
1 250	40				
1 620	45				
2 000	50				
2 200	55				
2 360	60				
2 500	65				
2 680	70				
2 900	75				
3 000	78				
0	38				
340	40				
630	45				
1 030	50				
1 270	55				
1 600	60				
2 100	65				
2 500	70				
2 800	75				
3 060	80				
3 300	85				
3 670	90				
3 800	95				
4 000	100				
4 300	105				
4 450	110				
4 760	115				
Rupture.					

Courroie à talons cuir tanné renforcée intérieurement de cuir vert perforé.



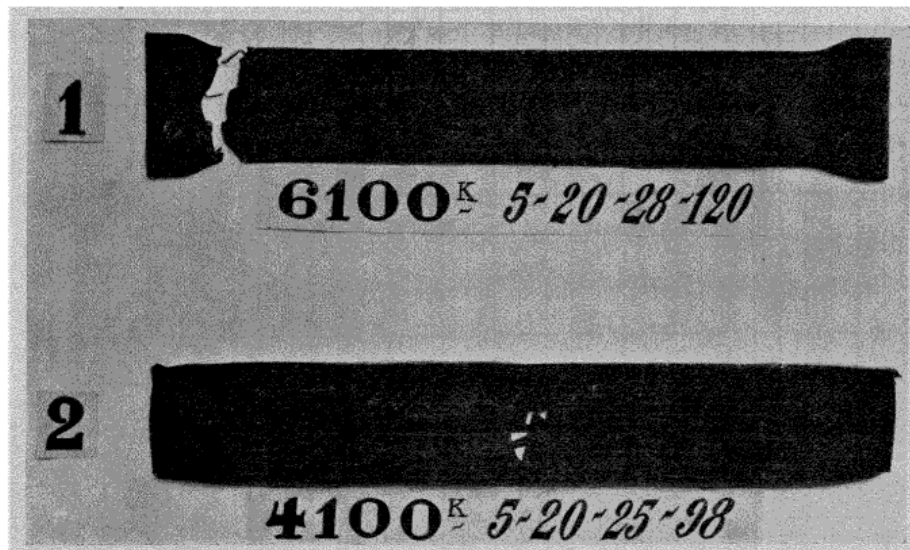
cette éprouvette, qui mesurait 1^m,400 de longueur et 210 millimètres de largeur, avec talons de 0^m,060 millimètres de largeur, a donné les résultats suivants :

4760 kilogrammes : Charge de rupture.

3	—	Allongement de 3 millimètres après charge de 1000 kilogrammes et retour à zéro.
25	—	Allongement de 25 millimètres après charge de 2000 kilogrammes et retour à zéro.
38	—	Allongement de 38 millimètres après charge de 3000 kilogrammes et retour à zéro.
115	—	Allongement au moment de la rupture.

COURROIES EN CUIR SUR CHAMP

Pour la transmission des grandes puissances, on emploie quelquefois des courroies en cuir sur champ ; elles sont formées de lanières ou bandes de 20, 25 ou 30 millimètres de largeur, perforées sur toute leur longueur de trous ronds dis-



Photographie n° 16.

Courroies en cuir sur champ.

tants de 50 à 60 millimètres, dans lesquels on passe une corde, une lanière ou des tiges métalliques.

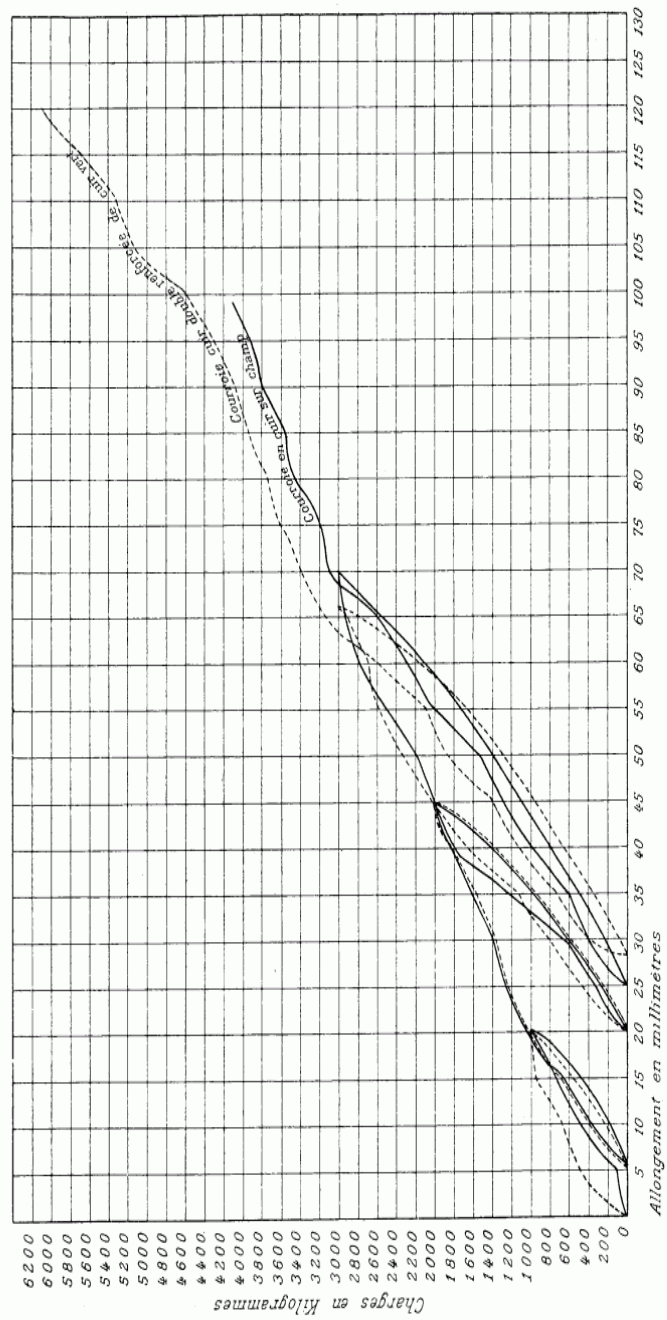
Une gaine ménagée entre les deux cuirs des côtés cache l'extrémité des tiges métalliques ou les sinuosités des lacets.

Les bandes de cuir ainsi réunies travaillent sur la tranche.

Tableau comparatif indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture de courroie en cuir sur champ et de courroie cuir double renforcée de cuir vert.

ÉPROUVETTE EN CUIR SUR CHAMP.		ÉPROUVETTE CUIR DOUBLE RENFORCÉE INTÉRIEUREMENT DE CUIR VERT PERFORÉ	
Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.
120	5	480	5
500	10	680	10
720	15	960	15
1 000	20	1 000	20
0	5	0	5
380	10	380	10
650	15	630	15
1 020	20	1 060	20
1 250	25	1 230	25
1 400	30	1 380	30
1 600	35	1 560	35
1 850	40	1 820	40
2 000	45	2 000	45
0	20	0	20
300	25	470	25
600	30	800	30
1 200	35	1 120	35
1 800	40	1 650	40
2 000	45	2 000	45
2 200	50	2 360	50
2 500	55	2 580	55
2 800	60	2 700	60
2 960	65	2 920	65
3 000	70	3 000	66
»	»	0	28
»	»	400	30
»	»	720	35
»	»	1 120	40
»	»	1 400	45
0	25	1 880	50
400	30	2 100	55
600	35	2 600	60
960	40	3 160	65
1 300	45	3 400	70
1 500	50	3 600	75
2 000	55	3 750	80
2 300	60	3 960	85
2 600	65	4 080	90
3 100	70	4 300	95
3 200	75	4 600	100
3 440	80	5 160	105
3 540	85	5 300	110
3 800	90	5 700	115
3 920	95	»	»
4 100	98	6 100	120
Rupture.		Rupture.	

Courroie cuir double renforcée intérieurement de cuir vert. — Courroie en cuir sur champ.



Si ce système permet de faire des courroies de très grande largeur et d'obtenir une marche rectiligne, il est incontestable que les perforations enlèvent une partie de la force du cuir; c'est ce que nous avons voulu étudier sur une éprouvette de 1^m,40 de longueur formée de bandes de 20 millimètres de hauteur ou épaisseur, perforées de trous distants de 50 en 50 millimètres, réunies au moyen d'un cordeau de chanvre de 6 millimètres de diamètre.

La largeur de cette éprouvette était de 200 millimètres.

C'est sur une longueur de 1 mètre que nous avons relevé les allongements.

Sa charge de rupture a été de **4 100** kilos, elle s'est brisée dans le milieu; deux bandes se sont cassées à l'endroit des trous, la cassure s'est aggravée immédiatement.

Au point de vue de l'allongement, nous l'avons comparée à notre courroie renforcée de cuir vert perforé.

Le tableau et le graphique p. 549 et 550 en donnent le détail comparatif.

Les chiffres portés sur la photographie n° 16 indiquent :

Les charges de rupture et les allongements permanents après les charges de 1 000, 2 000 et 3 000 kilos et retour à zéro.

Exemple :

6 100 kilos : Charge de rupture de l'éprouvette cuir double renforcée de cuir vert.

- 5** — Allongement permanent de 5 millimètres après la charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro.
- 20** — Allongement permanent de 20 millimètres après la charge de 2 000 kilogrammes et retour à zéro.
- 28** — Allongement permanent de 28 millimètres après la charge de 3 000 kilogrammes et retour à zéro.
- 120** — Allongement au moment de la rupture de l'éprouvette relevé sur une longueur de 1 mètre.

Cette expérience confirme celle que nous avons faite sur les courroies à talons, et nous montre, une fois de plus, que le collage et l'homogénéité des cuirs assurent leur résistance.

CUIR TANNÉ DE BŒUF. — ESSAI DE DÉCHIRURES

Il est prouvé qu'aucune matière ne résiste à la déchirure; aussi avons-nous pensé qu'il serait intéressant de compléter ce travail sur le cuir tanné par une série d'expériences de déchirures ou arrachements de cuirs employés pour les courroies, que l'effort ait été fait dans le sens longitudinal ou dans le sens transversal de la peau (photographie n° 17).

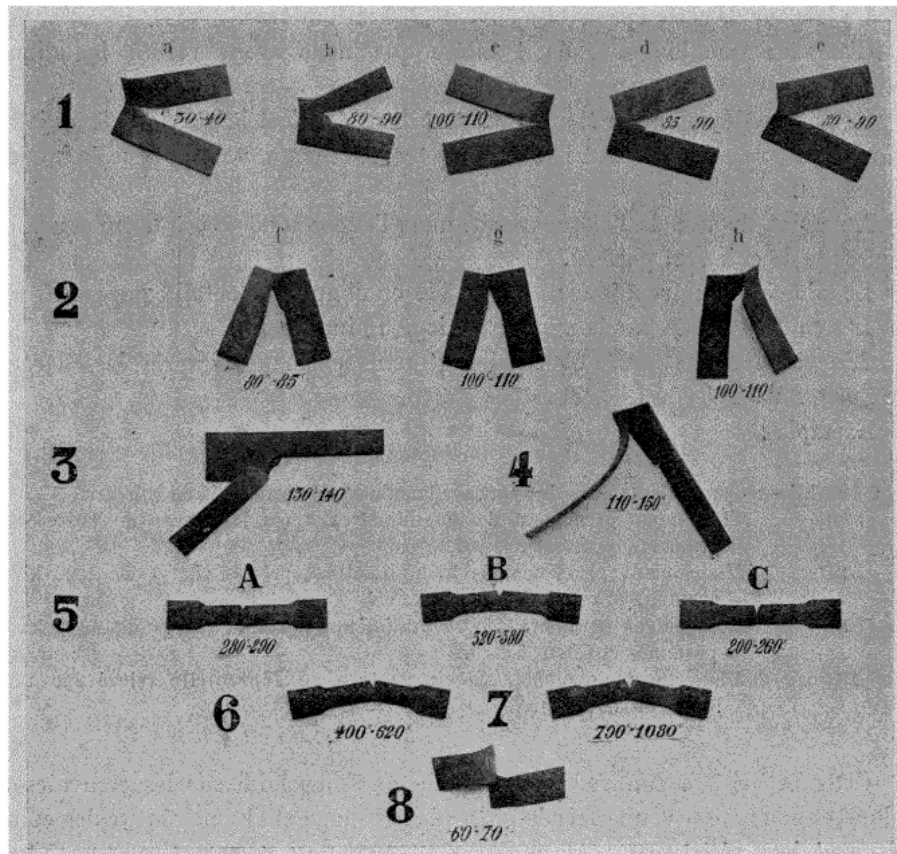
1. Déchirure dans le sens longitudinal.

Bande de cuir de 120 millimètres de largeur, 6 millimètres d'épaisseur, coupée dans le croupon sur la hanche, à l'endroit le plus solide.

a : culée

e : collet

L'effort, qui a été de 30 à 40 kilogrammes pour la déchirure de la culée, est



Photographie n° 17.

Cuir tanné de bœuf, essais de déchirures.

de 100 à 110 kilogrammes pour la déchirure au milieu : il tombe de 80 à 90 au collet.

2. Déchirure dans le sens transversal.

Bande de cuir coupée dans le côté opposé du croupon. (Complément de l'expérience ci-dessus.)

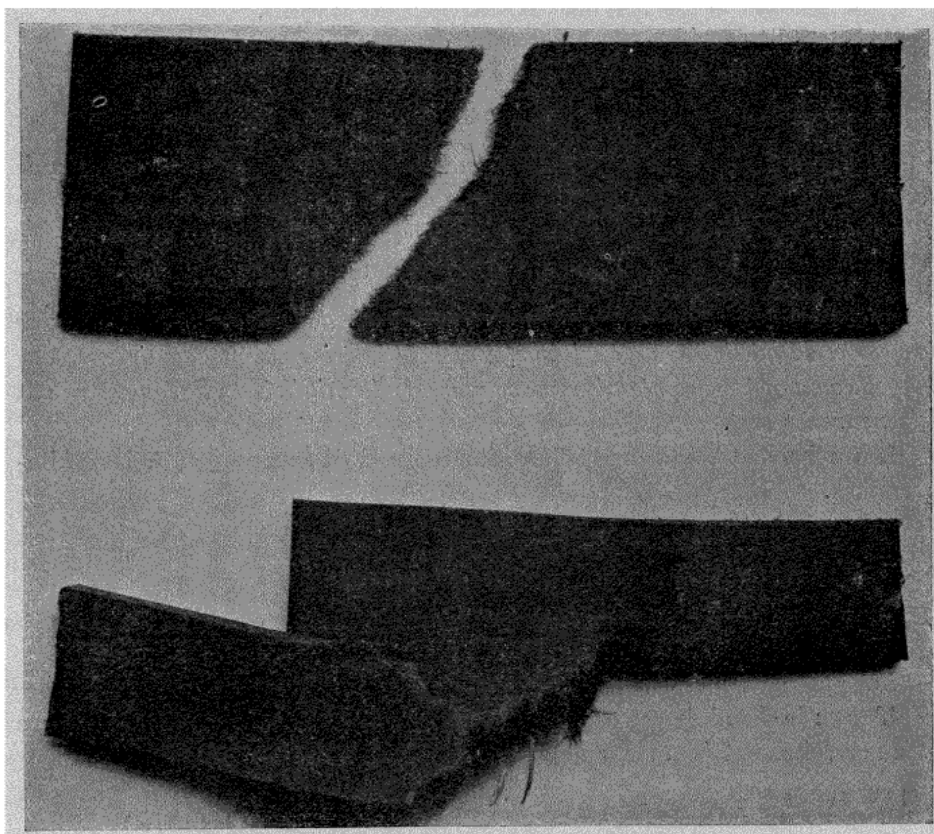
f : culée

g : milieu

h : collet

L'effort a été de 80 à 85 kilogrammes pour la déchirure à la culée; de 400 à 110 kilogrammes pour la déchirure au milieu; de 100 à 110 kilogrammes pour la déchirure au collet.

3. Déchirure de deux cuirs de 5 millimètres d'épaisseur collés en double, en-



Photographie n° 18.

Cuir de bœuf tanné, cassure et déchirure, aspect des fibres (grandeur naturelle).

semble : 10 millimètres. Effort opéré dans le sens longitudinal : 130 à 140 kilogrammes; un des deux cuirs se déchire le premier.

4. Déchirure des deux cuirs de 5 millimètres collés en double, ensemble : 10 millimètres. Effort opéré dans le sens transversal, 110 à 150 kilogrammes; comme ci-dessus, un cuir se déchire le premier et paraît supporter seul la charge, puis entraîne le second.

5. *Résistance à la déchirure d'une bande de cuir de 50 millimètres de largeur et 5 millimètres d'épaisseur, dans laquelle on a opéré au préalable une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal, l'éprouvette est, dans ce cas, soumise à une traction.*

A : Éprouvette prise dans la culée.

Arrachement de 280 à 290 kilogrammes; déchirure complète.

B : Éprouvette de milieu.

Arrachement de 320 à 380 kilogrammes.

C : Éprouvette du collet.

Arrachement : 200 à 260 kilogrammes; déchirure complète.

6. *Résistance à la déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et 10 d'épaisseur, dans laquelle on a opéré au préalable une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal.*

L'arrachement commence à 400 kilogrammes; à 620 kilos il est complet.

7. *Résistance à la déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et 11 millimètres d'épaisseur, renforcée intérieurement de cuir vert, dans laquelle on a opéré au préalable une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal.*

L'arrachement commence à 700 kilogrammes et se complète à 1 080 kilogrammes.

8. *Cuir fort de Givet (croupon soumis à la déchirure).*

Charge relevé : 60 à 70 kilos.

Cette différence s'explique par la rigidité de la matière.

Les photographies ci-contre montrent :

L'une : le détail de ces expériences n° 17; la seconde (n° 18) : une déchirure et un arrachement (grandeur naturelle).

(A suivre.)

MINES

EMPLOIS DES EXPLOSIFS

INDICATIONS POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS DE MINES RÉSULTANT DE FAUX-RATÉS ET
DU RECHARGEMENT MALADROIT DES FENTES RECHARGÉES A LA POUDRE NOIRE,
par **M. H. Ramu**.

Très fréquemment, on lit dans les journaux, sous les désignations de *Coup de Mine* ou d'*Explosion de Mine*, des relations comme celles-ci :

« Marmande, 27 janvier 1902. Un terrible accident de travail s'est produit dans la commune de Coulx, arrondissement de Marmande (Lot-et-Garonne). Trois ouvriers, les nommés Gros et Charrière père et fils, étaient occupés dans une carrière à faire sauter des blocs de pierre avec de la poudre de mine, quand, par suite d'une mauvaise disposition de la mèche destinée à faire partir le coup de mine, une explosion se produisit tardivement. Les ouvriers, qui depuis quelques instants supposaient la mèche éteinte, étaient sortis de leurs abris et se trouvaient à découvert au moment même où la mine fit explosion.

« L'un des ouvriers, Gros, a été tué sur le coup. Charrière père a été affreusement mutilé. Quant à Charrière fils, il n'a presque pas eu de mal.

« Le cadavre de l'infortuné Gros a été transporté dans sa famille à Verteuil d'Age-nais, ainsi que les deux blessés qui habitent la même localité. »

(Extrait du Petit Parisien du 28 janvier 1902.)

« Mons (Belgique), 31 janvier 1902.

« Un affreux accident s'est produit aux établissements de phosphate de la Malogne, à Cuesmes, près de Mons.

« Un ouvrier, Camille Joly, âgé de trente et un ans, faisait sauter des mines. Croyant que la mèche de l'une d'elles s'était éteinte, Joly s'avança imprudemment pour s'en assurer.

« Au moment où il arrivait près de la mine, celle-ci fit explosion et le malheureux ouvrier fut projeté à une hauteur énorme pour aller retomber au loin. On l'a relevé tout pantelant. Son état est désespéré. »

(Extrait du Petit Parisien du 1^{er} février 1902.)

Nous pourrions multiplier ces exemples d'accidents, qui tous se produisent à peu près comme suit :

Les opérateurs ont chargé leur mine comme ils le font habituellement, ils procèdent à l'allumage et, au lieu de la voir sauter dans le délai connu (1 minute par 0^m,50 de mèche environ), il semble qu'un raté se soit produit et qu'elle ne sautera définitivement pas.

Prudemment, en général, les ouvriers attendent; mais leur attente se prolongeant, ils croient à un raté certain, se rendent auprès de la mine pour l'examiner et, à ce moment même, celle-ci saute, tuant et blessant les malheureux pendant leur examen.

Assurément si, en cas de raté supposé, ils s'abstenaient de tout examen pendant une demi-heure seulement, par exemple, il va de soi que ces accidents ne se produiraient pas; mais on ne peut pas faire qu'un ouvrier qui a vu se produire des ratés, et jamais de faux-ratés, ne croie pas avoir affaire aux premiers, sans danger pour lui et, rendu confiant par ce qu'il croit connaître, s'avance pour examiner sa mine et paye de sa vie l'ignorance où il est des faux-ratés.

Le plus souvent on attribue l'accident à une imprudence ou négligence quelconque des opérateurs, on les plaint, et c'est tout; d'autres se feront tuer de même parce qu'en réalité l'accident n'est pas dû à des maladresses ou imprudences, mais à des défauts de mèches qu'on ignore et qui sont de deux sortes: l'absence de continuité dans le filet de poudre qu'enveloppent les tissus de la mèche ou, spécialement dans les mèches goudronnées, la pénétration du goudron jusqu'au filet de poudre dont il ralentit ou supprime la combustion.

Quelques soins qu'on suppose donnés à la fabrication des mèches Bickfort, les faits, suivis de près ici, démontrent que parfois le filet de poudre est discontinu. Si l'interruption n'est pas trop longue, il n'y aura pas de raté, mais ralentissement plus ou moins long dans le fonctionnement de la mèche dont le tissu seulement continue à brûler très lentement, en comparaison du filet de poudre, jusqu'à ce que, atteignant de nouveau celui-ci, la mèche reprend son activité et allume la charge qui saute alors que le délai écoulé, trop long, a fait croire à un raté.

Le même effet, par une cause différente, résulte d'un goudronnage trop pénétrant des mèches. La poudre imprégnée de goudron ne brûle plus dans les tissus, mais on conçoit que cette imprégnation est plus ou moins forte, suivant les circonstances qui la produisent, et qu'il est hors d'objet d'indiquer ici.

Le filet de poudre fortement imprégné de goudron s'éteindra et il y aura raté; légèrement atteint seulement par le goudron, il continuera de brûler, avec un ralentissement considérable, et occasionnera, par la croyance qu'il a raté, les accidents terribles mentionnés plus haut.

Dans l'accident de Coulx, c'est de mèche goudronnée qu'on a fait usage.

Les indications qui précèdent résultent de faits acquis par l'observation étroite dont nous entourons l'emploi des explosifs et leurs accessoires dont nos

carriers ne font pas usage eux-mêmes, le sautage des mines se faisant uniquement par les Chefs de chantiers d'extraction, surveillés, suivis de près, par le Sous-Chef d'Exploitation et la Gérance.

Dès qu'un raté, d'ailleurs rare, se produit, il doit être signalé à la Gérance qui en cherche elle-même les raisons d'être qu'elle expose ensuite, avec preuves à l'appui, à ses subordonnés.

C'est ainsi que nous avons pu recueillir les indications évidemment utiles, précieuses même, pensons-nous, que nous détaillons plus haut et dont la connaissance réduit à peu de chose, on le comprend, les probabilités d'accidents.

Prévenus que ces choses existent, les carriers et mineurs seront sur leurs gardes, mais cela ne suffit pas, il faut encore qu'on accorde quelque attention aux mèches que l'on emploie.

Les mèches sont généralement fournies par rouleaux de 10 mètres, qu'on découpe suivant besoins, en bouts à toutes longueurs. C'est au moment de l'emploi de ceux-ci qu'un coup d'œil jeté sur la mèche permet de voir extérieurement si le filet de poudre est continu ou non. La mèche est de diamètre régulier si le filet de poudre est présent dans toute son étendue, il y a rétrécissement dans le diamètre si le filet d'explosif est discontinu.

Il faut évidemment de l'attention pour découvrir ce défaut, très rare, mais il ne semble pas qu'on puisse en mettre de trop dans l'emploi des explosifs lorsqu'on songe aux conséquences terribles que peut entraîner l'absence de tout examen.

Il n'est pas possible de découvrir, par l'examen extérieur et à froid des mèches, si le filet de poudre est imprégné de goudron.

Mais, au premier raté ou faux-raté de l'espèce, et, l'attention étant éveillée, en les coupant, en les ouvrant à l'avance pour y mettre le feu, on peut s'apercevoir de ce que le tissu de jute, qui contient le filet de poudre, a pris une teinte havane, au lieu de la teinte gris blanc qu'il a naturellement.

En débarrassant soigneusement un raté véritable, en cherchant le point d'extinction du feu, on coupe la mèche en long, à cet endroit, et cela devient l'évidence même. On peut aussi allumer les mèches soupçonnées d'être mauvaises à l'air libre, on suit alors extérieurement le feu qu'on voit, ou se ralentir, où s'arrêter. On coupe la mèche à cet endroit et l'on voit, par la différence de teinte du tissu de quoi il s'agit.

On peut alors s'attendre à des ratés complets ou faux, à des accidents qu'on évite en ne faisant pas usage des rouleaux de mèche portant des traces d'imprégnation intérieure de goudron.

Là encore l'attention à l'objet dont on se sert suffit à éviter les accidents, puisque nous faisons un emploi constant et relativement important des mèches Bickford et qu'aucun accident à résulter des faits relatés ci-dessus ne s'est jamais produit dans notre exploitation depuis vingt ans.

Seulement, à diverses reprises, nous avons failli en avoir, nous avons des ratés, et parfois, des explosions tardives; c'est en recherchant leurs causes que nous nous sommes aperçus des défauts qui les occasionnent, et produisent, ailleurs, les accidents inexpliqués et lamentables que décrivent de temps à autres les journaux.

Il faut éviter aussi de laisser les mèches en contact avec des corps gras dont elles peuvent s'imprégner, qui ralentissent également le feu de la mèche ou occasionnent des ratés.

D'autres accidents surviennent, particulièrement dans l'emploi des poudres de mines, nous en signalerons encore un, heureusement plus rare, mais tout aussi inexplicable en apparence.

Il arrive, qu'après une première explosion, la roche à abattre, fendue, disjointe ou disloquée seulement, réclame un rechargement pour obtenir un abattage complet.

Ce n'est plus alors le trou, le fourneau de mine circulaire proprement dit qu'on charge; on fait couler la poudre en grains dans les fentes produites par la première explosion et on les remplit d'explosif en introduisant à point voulu une mèche destinée au sautage.

Des mineurs ignorants, ou négligents, peuvent se faire tuer au moment même de l'allumage, le cas est arrivé deux fois, à notre connaissance, dans une grande carrière de l'étranger, et quelquefois en France, parce que de malheureux carriers avaient omis de couvrir la poudre introduite dans les fentes par du papier bourré, recouvert de sable, de terre ou d'une bourre ininflammable.

Les mèches Bickford, celles en usage en Belgique notamment, ont un filet de poudre abondant et, au moment de l'allumage, leurs gaz en ignition forment un jet infiniment plus violent, plus étendu que celui qu'on perçoit à la lumière du jour.

Qu'on procède à l'allumage d'une mèche au jour puis, après, dans l'obscurité, pour comparaison, on comprendra de suite.

Il suffit, dans un rechargement de fentes non recouvertes de terre, que le bout de mèche allumée penche vers l'explosif pour que son jet allume directement et *immédiatement la charge*, et fasse sauter, avec les blocs abattus, les opérateurs, ce qui ne saurait se produire si l'on avait soin de recouvrir les fentes rechargées comme nous l'indiquons plus haut.

La mèche allumée, brûlant à raison de 0^m,50 par minute environ, ainsi que nous l'avons dit précédemment, et opérant normalement, ne mettra à feu l'explosif qu'après un temps proportionnel à sa longueur, prévue pour que les mineurs puissent largement s'abriter. Mais, nous répétons : qu'allumant une mèche au grand jour, le jet de gaz qu'elle projette au dehors semble fort court, 10 à 15 centimètres au plus, alors que, en réalité, des gaz chauds, capables d'allumer

l'explosif, sont projetés parfois à plus de 0^m,60 du point d'allumage, cela dépend de la puissance du filet de poudre employé dans la mèche.

Les ouvriers carriers, opérant généralement au soleil, ignorent l'étendue réelle du jet de feu projeté par la mèche, d'où des accidents inexplicables à leurs yeux, et prêts à se reproduire par suite de leur ignorance.

D'autre part, les fabricants de mèche ignorent, nient, ou n'aiment pas, généralement, qu'on constate les imperfections de fabrication signalées plus haut, et qui peuvent pourtant avoir de si terribles conséquences pour ceux qui ont à se servir de leurs produits ; il nous a fallu, parfois, devant leurs dénégations énergiques, naturellement, leur envoyer des mèches défectueuses dans l'un ou l'autre sens pour qu'ils reconnaissent l'exactitude de nos observations.

Pourtant ces imperfections sont dues presque uniquement à leurs ouvriers, qui les voient même se produire parfois, mais les cachent, parce qu'ils en sont les auteurs, et qu'ils craignent des réprimandes qu'ils savent parfaitement justifiées.

Puis, en règle générale, il ne faut pas plus admettre la fabrication régulière, irréprochable des explosifs et de leurs accessoires, qu'il ne faut admettre, sans examen attentif, les propos ou faits rapportés par ceux qui en usent et en ont fait un emploi malheureux. La méthode la plus sûre, celle qui supprime à peu près tout accident, c'est, quand on le peut, de ne pas laisser employer les explosifs par tous les ouvriers indistinctement, et d'en réserver l'emploi aux chefs de chantiers, moins nombreux, plus instruits, de bonne conduite et, par conséquent, plus aisément convaincus, renseignés, sur ce que les patrons, ou leurs préposés, ont le devoir de leur apprendre, s'ils l'ignorent.

Le système qui consiste à faire de tout carrier un manieur d'explosif, un travailleur libre de s'exposer à tout ce qu'il ne connaît pas, fait de certaines carrières un « cimetière », pour nous servir de l'expression caractéristique d'un professionnel de l'assurance, et, toute question d'humanité évidemment dominante écartée, le taux réclamé pour l'assurance ouvrière sera d'autant moins élevé que les accidents seront moins fréquents.

NOTES DE MÉCANIQUE

EMPLOI DES FOYERS A PÉTROLE A LA MER, d'après Sir F. Flannery (1).

L'emploi du pétrole dans les chaudières marines est déjà ancien; il date de 1870 sur la mer Caspienne et sur le Volga, où l'on compte environ 400 navires avec chaudières au pétrole, et où cet emploi est facilité parce que cette navigation en eau douce permet d'employer autant de vapeur que l'on veut pour la pulvérisation du pétrole; des difficultés d'ordre principalement commercial, notamment la défense, par la Russie, d'exporter les pétroles à point d'inflammation peu élevé s'opposèrent longtemps au développement de cette application, qui ne s'est guère répandue qu'après la découverte des gisements du Texas, de la Californie, de Bornéo et de Burmah, assurant aux approvisionnements les sûretés nécessaires. Actuellement, les marines de guerre anglaise, allemande et italienne se préoccupent vivement de cette question. La Compagnie Hambourgeoise américaine et la North German Lloyd ont respectivement quatre et deux paquebots chauffés au pétrole; la marine de guerre danoise a monté des appareils mixtes : au pétrole et au charbon, sur deux contre-torpilleurs; on compte, en Angleterre, environ 50 navires marchands avec chaudières au pétrole.

On emploie le résidu de la distillation des essences et pétroles légers, renfermant environ 88 p. 100 de carbone, 10,3/4 p. 100 d'hydrogène et 1,1/4 p. 100 d'oxygène. Les impuretés les plus nuisibles sont le soufre et l'eau; l'eau coupe la flamme et provoque des rentrées d'air froid très nuisibles aux chaudières, et le soufre à l'état libre, des plus nuisibles au fer et à l'acier; mais ces impuretés sont rares, et l'eau qu'il faut enlever au pétrole provient presque toujours des infiltrations de l'eau de ballast.

Quant au point d'inflammation, on descend sans danger, en Allemagne, à 65°, et il convient de ne pas aller au-dessous, car les pétroles à point d'inflammation basse sont d'une pulvérisation difficile.

On peut admettre, en moyenne, que 2 tonnes de pétrole valent 3 tonnes de charbon, de sorte que l'on gagne environ 50 p. 100 de poids et 90 p. 100 en encombrement; en outre, on pourrait emmagasiner le pétrole dans les compartiments occupés par le water ballast, ce qui en réduirait encore l'encombrement; enfin, on réduirait presque à rien le nombre des chauffeurs; ce sont là des avantages très précieux, aussi bien pour les bâtiments de guerre que pour ceux du commerce. L'approvisionnement se ferait très rapidement en marche : au taux de 300 tonnes à l'heure par pompage du pétrole d'une allège, l'on éviterait la corrosion des tôles de chaudières par l'arrosage des cendres, et il est très facile d'en obtenir une combustion fumivore.

D'autre part, on n'a pas encore réussi à brûler le pétrole dans les foyers des chaudières express des contre-torpilleurs avec suffisamment d'intensité pour y remplacer

(1) *Institution of Naval Architects*, mars 1902.

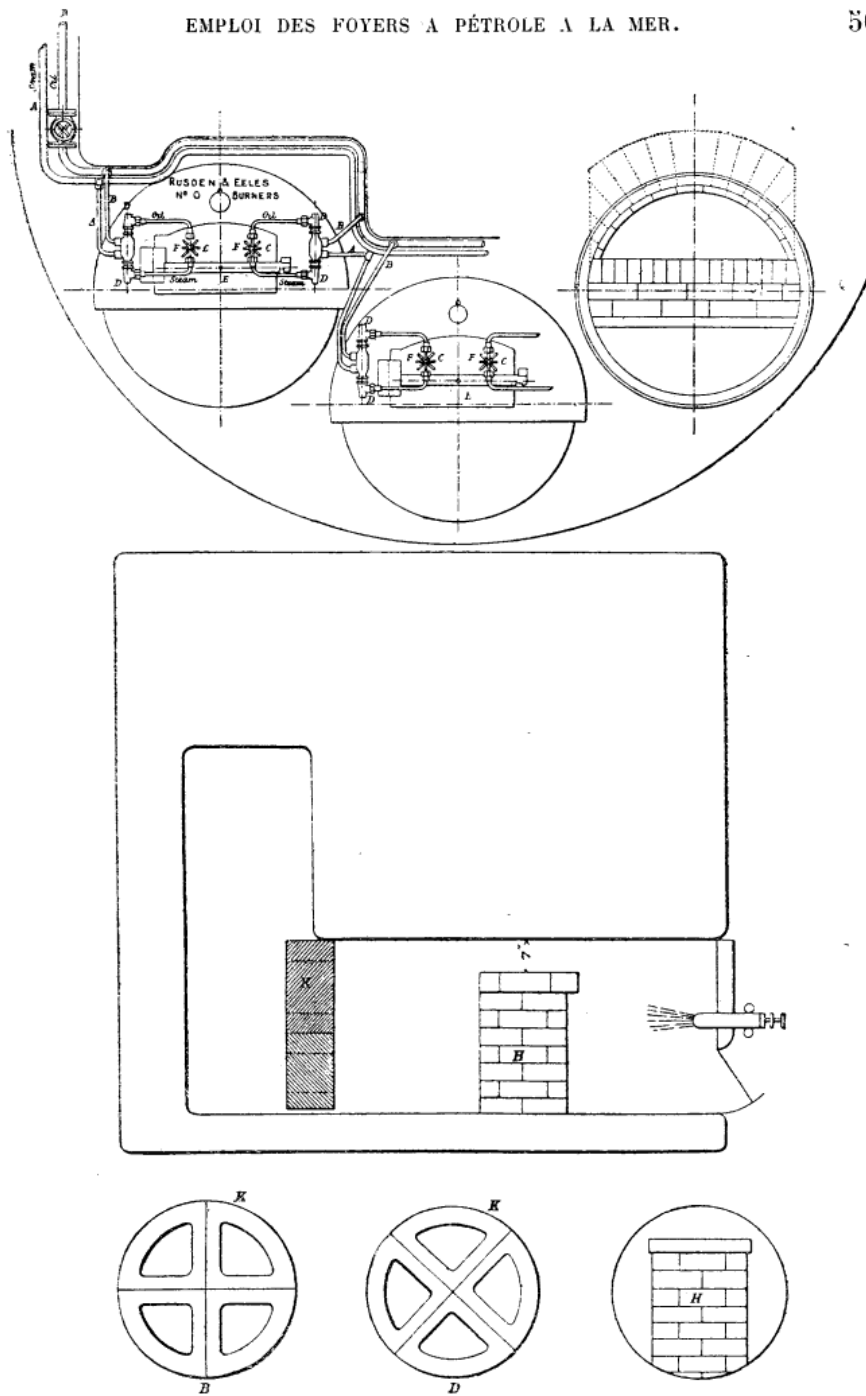


Fig. 1. -- Foyer à pétrole *Rusden et Eeles*.

le charbon au vent forcé, mais on y arrivera probablement bientôt, comme M. Holden y est parvenu sur les locomotives. M. Yarrow a obtenu de bons résultats, sur des torpilleurs de la marine danoise, en injectant sur la grille, en pleine marche au charbon et au vent forcé, du pétrole dont la puissance calorifique, s'ajoutant à celle du charbon, permet d'accroître la vitesse d'un nœud. L'emploi du pétrole active la mise en feu, et il ne se détériore pas par un long emmagasinage; quant à sa puissance de vaporisation, M. Thornycroft a pu vaporiser jusqu'à 19 kilogrammes par kilogramme de pétrole.

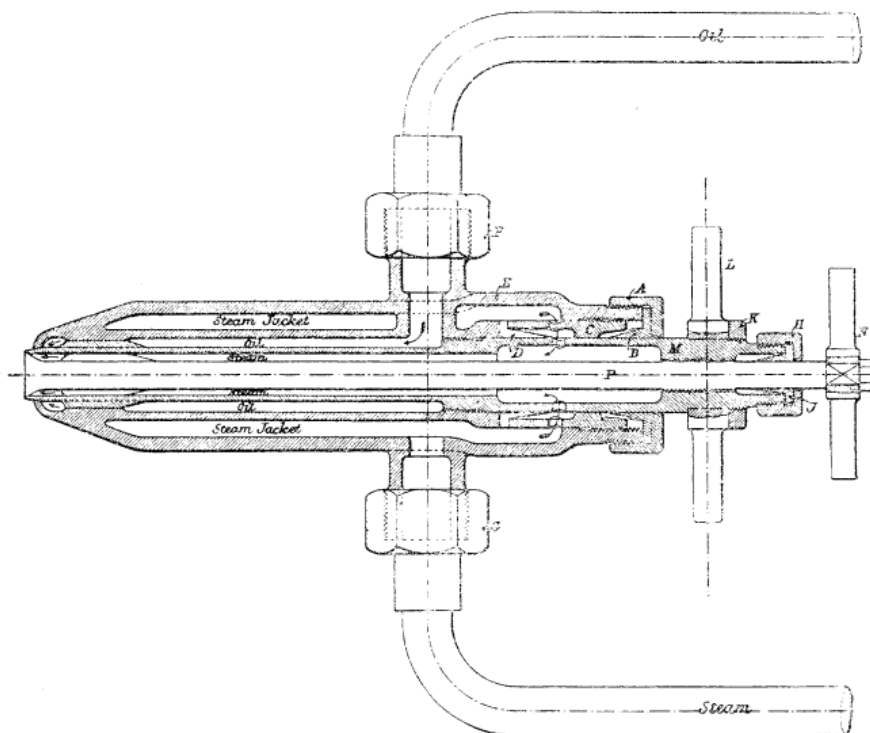


Fig. 2. — Brûleur Rusden et Eeles.

Pour la marine marchande, la question du prix du pétrole intervient d'une façon capitale, mais depuis la découverte des pétroles du Texas et l'organisation de la flotte nécessaire à leur transport, l'on peut se procurer le pétrole dans l'hémisphère ouest, au delà de Suez, à des conditions qui lui permettent de lutter avec le charbon, surtout si l'on tient compte de l'économie des chauffeurs réduits, par exemple, de 32 à 8, ou des $\frac{3}{4}$, et du gain de fret par suite de la diminution de l'encombrement, soit, pour un grand transatlantique, de 1 000 tonnes environ et de 2 800 mètres cubes. On peut, sur des navires de moyenne importance, économiser le quart de l'espace occupé dans les soutes par le charbon. La suppression du décrassage des grilles permet de marcher avec une vitesse plus uniforme. Il est vrai que les dispositifs nécessaires pour le pompage, la ventilation et la distribution du pétrole sont délicats et assez

compliqués, mais ils constituent des désavantages qui diminuent de plus en plus d'importance en se simplifiant.

Le pétrole amené au double fond de la cale par un tuyau de prise courant tout le long du navire et pourvu de robinets débouchant dans les puits de ce double fond, est pompé, de ces puits, dans des réservoirs suffisants pour alimenter chacun

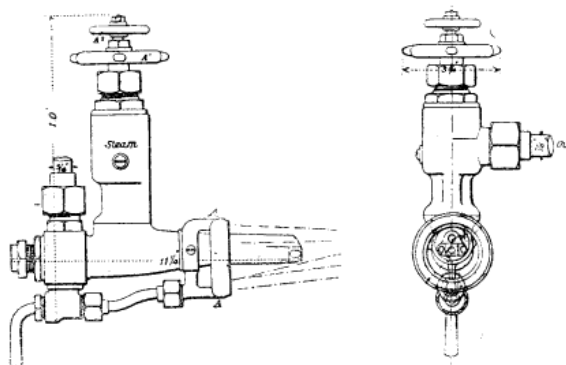


Fig. 3. — Brûleur *Holden*.

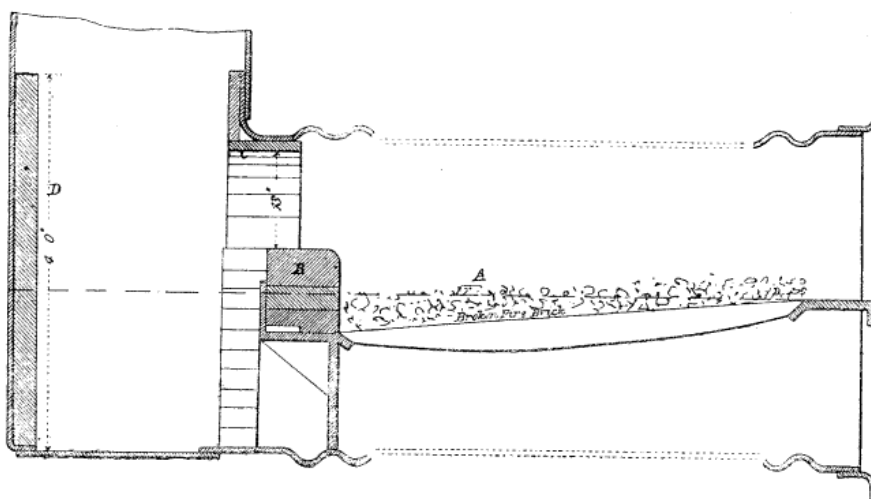


Fig. 4. — Foyer mixte de la *Wallsend Slipway Co.*

les chaudières pendant douze heures, et au fond desquels l'eau entraînée par le pétrole se dépose par gravité.

La pulvérisation du pétrole se fait à la vapeur, par l'injection du pétrole sous pression sur un obstacle placé à l'entrée du foyer ou en le vaporisant avant son entrée au foyer. M. Howden injecte au foyer, en même temps que le pétrole, de l'air comprimé chauffé préalablement par les gaz de la cheminée; ce système fonctionne avec succès sur deux navires de German Lloyd.

Dans le système de *Rusden et Eeles* (fig. 1), le pétrole est amené par les tuyaux BBBB, et la vapeur par les tuyaux AAAA, aux brûleurs CCCC, articulés en DDDD, de manière à permettre l'ouverture des portes de foyers EE, qui peuvent marcher au charbon après avoir fermé les ouvertures F des brûleurs. Le pétrole ainsi injecté est brisé sur un premier pont H, puis un second pont K protège le fond de la chaudière de l'attaque directe de la flamme. Ainsi que le montre la fig. 2, le pétrole chauffé dans une enveloppe de vapeur, elle-même surchauffée par la chaleur du foyer, et qui passe par D autour de la tige P, est saisi par cette vapeur au sommet de cette tige, réglable en H, avec un débit réglable par L; les deux orifices annulaires de la vapeur et du pétrole sont ainsi réglables indépendamment et en marche. Il en est de même du brûleur *Holden* (fig. 3) où la vapeur amenée par un anneau A entraîne un complément d'air.

Le type de foyer mixte (fig. 4), monté par la *Wallsend Slipway Co* sur environ

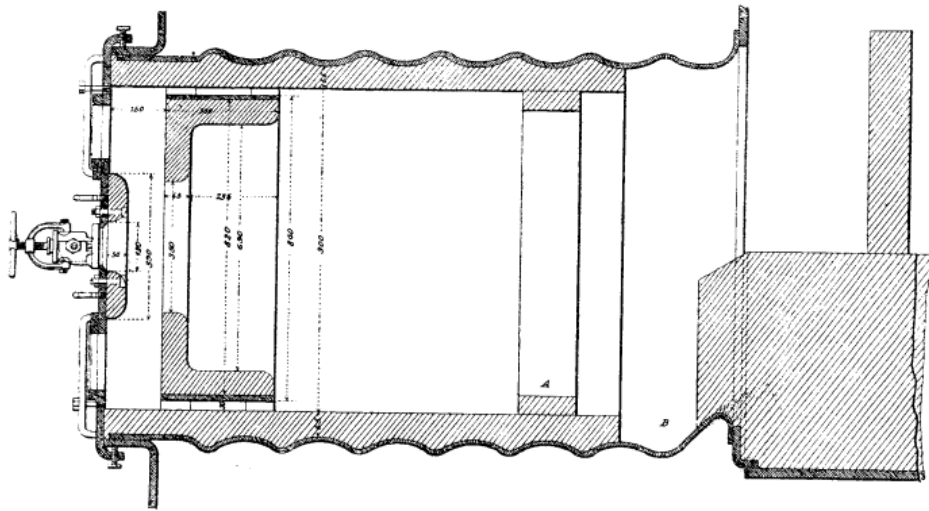


Fig. 5. — Foyer de la Compagnie hambourgeoise américaine.

50 navires anglais, permet de passer facilement du pétrole au charbon, pour lequel on a conservé la grille recouverte d'une couche de 0^m,20 de briques réfractaires cassées A, avec pont B et paroi protectrice D. Il suffit, pour passer du pétrole au charbon, de reculer les brûleurs au fond de la porte du foyer, d'enlever les briques A, de charger les grilles et d'allumer, en s'aidant au besoin du pétrole; il faut environ une demi-heure pour passer de la pleine marche au pétrole à la pleine marche au charbon; mais, en pratique, et pour les longues traversées, il vaut mieux ne pas conserver les grilles pendant la marche au pétrole, bien qu'il faille alors quelques heures pour passer d'un régime à l'autre.

On estime à 0 kil. 09 la dépense, par cheval-heure, de vapeur employée pour la pulvérisation, dépense récupérée par de grands évaporateurs spéciaux qui fonctionnent très bien, sans aucun dommage aux chaudières. Il vaut mieux employer deux petits brûleurs qu'un grand dans chaque foyer, car on les règle plus facilement; on a pu éviter entièrement le bruit que faisaient les anciens injecteurs à vapeur.

La Compagnie Hambourgeoise américaine a adopté, sur le navire *Ferdinand Laeisz*, le brûleur Korting, dans lequel le pétrole, débarrassé de son eau par précipitation, chauffé à 60° environ et filtré, est injecté sous une pression de 0 kil. 12 environ, dans le foyer, le long d'une aiguille en hélice qui le pulvérise et le fait s'allumer par la haute température du foyer; le foyer, sans grille, est garni de briques et l'air y est admis par des ouvertures grillagées ajustables (fig. 5); ce système fonctionne donc sans vapeur.

Il en est de même du système *Meyer* (fig. 6) adopté par la Deutch Steam Packet

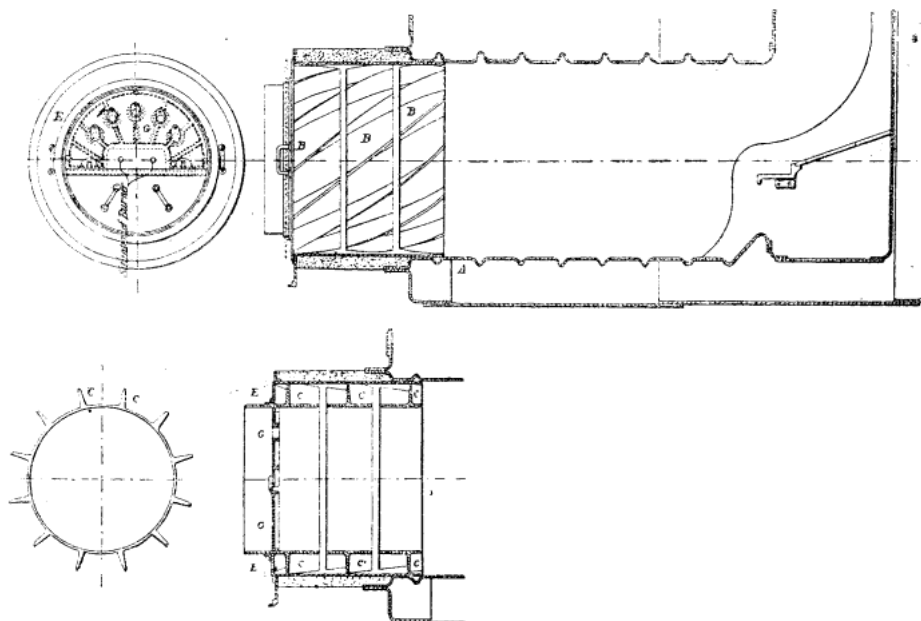


Fig. 6. — Brûleur *Meyer*.

C°, dans lequel l'air arrive par les canaux en hélice CCC, où il s'échauffe, aux brûleurs du type Korting, et son admission est réglée par les registres EEE; ce système fonctionne avec succès depuis deux ans.

INDICATEUR MULTIPLE *Oliver*.

Cet indicateur permet de relever simultanément différentes courbes de temps, vitesses et puissances sur un mécanisme moteur ou récepteur. La bande continue de papier se déroule (fig. 1 et 3) du tambour à frein tendeur A sur un plateau, vers le cylindre récepteur H, en passant sur les cylindres entraîneurs E et F, conjugués, et commandés, de l'arbre de la machine en observation, par le train BCDE, dont on peut faire varier la réduction en changeant les engrenages entre D et E; le cylindre enrouleur H est commandé (fig. 9) par un entraînement à friction qui règle la tension de

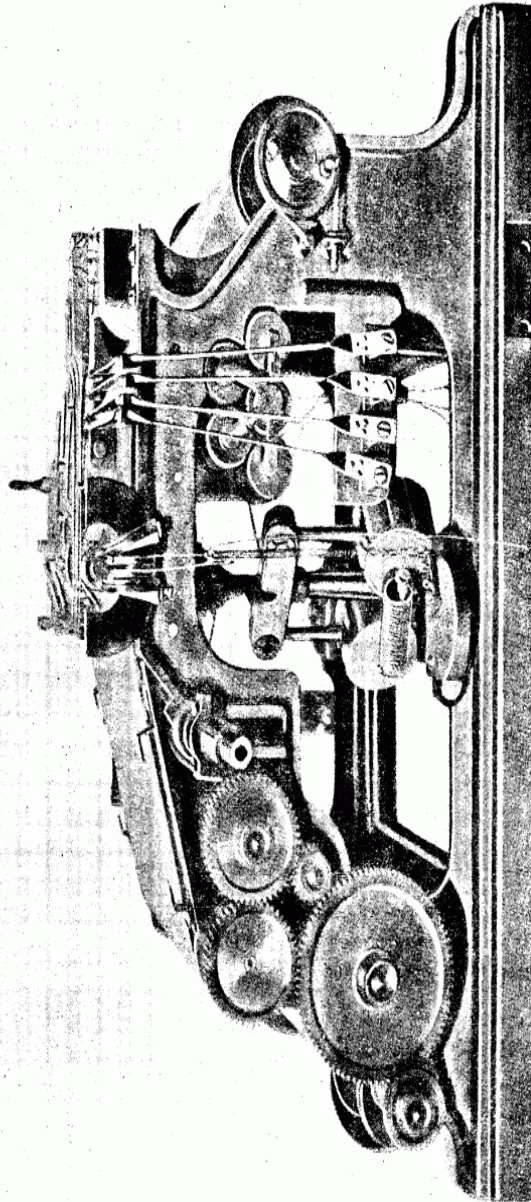


Fig 1. — Indicateur multiple *Oliver*. Élevation.

papier et se prête aux glissements nécessités par l'augmentation du diamètre de l'enroulement à mesure que le papier s'accumule sur H.

Sur ce papier, fonctionnent 12 plumes (fig. 2); celles sur la barre d'avant servent à tracer les lignes droites de base ou de repère; les quatre plumes de droite sont commandées par des électro-aimants à circuits fermés à des phases déterminées du fonctionnement observé; les plumes de gauche, pivotées sur leurs barres, sont com-

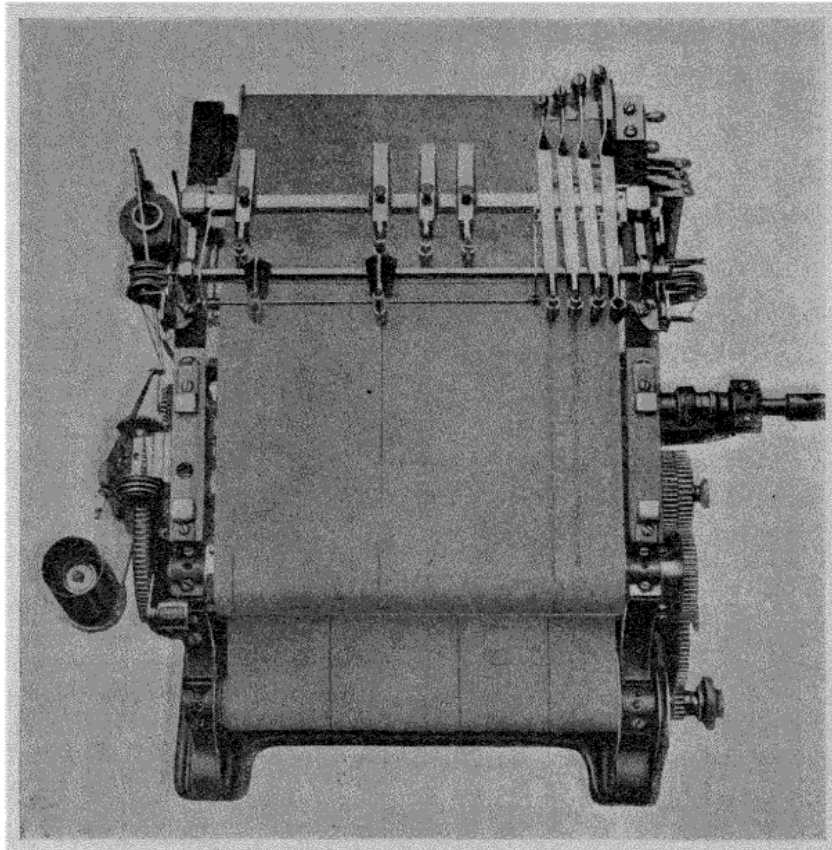


Fig. 2. — Indicateur multiple *Oliver*. Vue par bout.

mandées par des cordes reliées aux points du mécanisme dont on veut enregistrer les mouvements ou aux indicateurs.

Toutes ces plumes sont (fig. 4) constituées par de petits tubes capillaires recevant leur encre de petits encriers, d'où elle leur arrive par des mèches très fines allant du fond de l'encrier auprès de la pointe du tube; pour les plumes électriques, les joints entre leurs différents leviers sont (fig. 8) constitués par de très minces ressorts en acier leur assurant une souplesse parfaite et un jeu à frottements doux.

Les tracés de la figure 10 ont été relevés sur un moteur à gazoline: le premier trait donne les temps de 15 en 15 secondes et le second les explosions, en reliant le contact

de l'un des électro-aimants au levier qui commande l'injection de la gazoline; le troi-

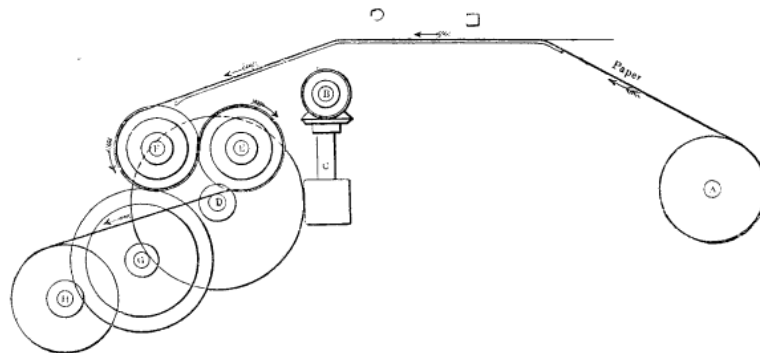


Fig. 3. — Indicateur *Oliver*. Entraînement du papier.

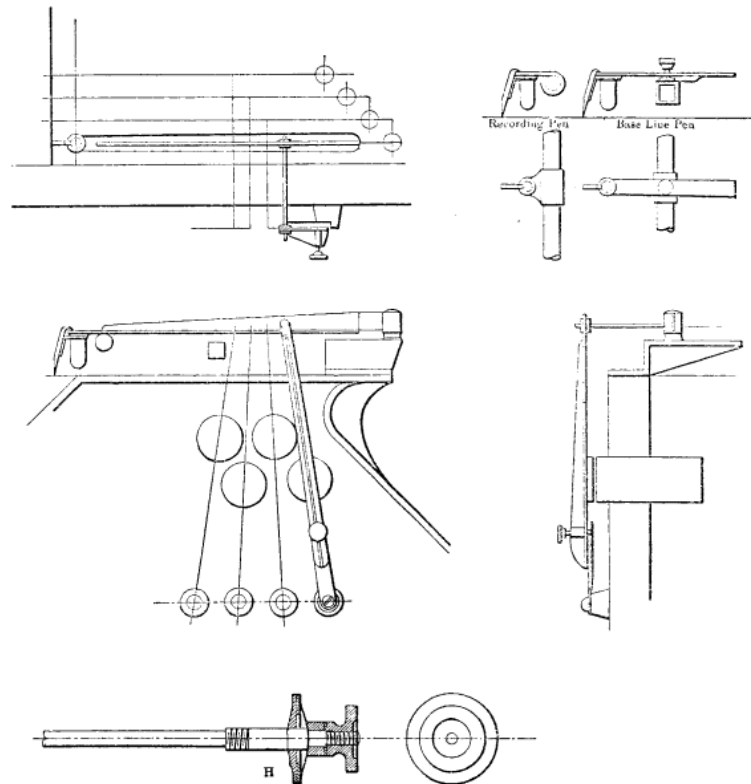


Fig. 4 à 9. — Indicateur *Oliver*. Détail des plumes et de l'entraîneur à friction H.

sième tracé donne les tours au moyen d'un électro-aimant à contact commandé par l'arbre de distribution, de sorte que chacun des traits correspond à deux tours du

moteur; le quatrième tracé donne les prises de diagrammes d'indicateur par un électro-aimant à circuit fermé, comme en A, tant que le crayon de l'indicateur reste en contact avec le papier. La vitesse, que marque le cinquième tracé, est donnée par le tachymètre indiqué sur les figures 1 et 2, et qui commande une corde continue, à rappel par ressort, reliée au style correspondant par des renvois de poulies. La puissance est donnée en reliant le levier du frein au piston d'un cylindre hydraulique qui transmet sa pression au piston d'un indicateur monté sur l'appareil et relié au style correspon-

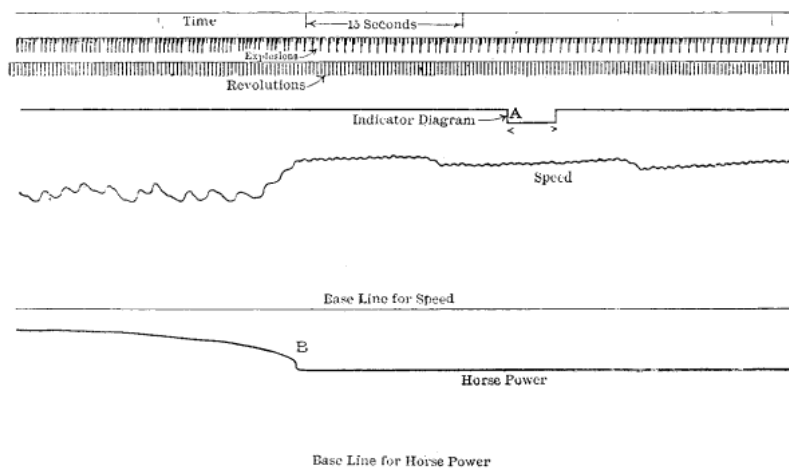


Fig. 10. — Indicateur *Oliver*. Diagrammes d'un moteur à gazoline.

dant. En B, on augmenta considérablement la charge en serrant les freins, et on en voit le résultat immédiat sur les courbes des vitesses et des explosions.

Cet indicateur multiple peut s'appliquer à un très grand nombre de cas, notamment à l'étude de la traction des locomotives; il a été construit par M. E. C. Oliver pour l'Université de l'Illinois.

ENFOURNEUR ÉLECTRIQUE *Taragonet*.

Cet appareil a pour but d'effectuer mécaniquement le chargement de four Siemens; ces machines se répandent de plus en plus dans les forges et il en existe déjà, comme le savent nos lecteurs, un certain nombre qui donnent toute satisfaction (1).

Le mécanisme de l'appareil de M. Taragonet est (fig. 1 à 5) renfermé dans une sorte de wagonnet H, mobile sur les rails d'une plaque tournante; le mécanicien s'y trouve en J, et peut facilement, de ce point, commander toutes les manœuvres, qui ont pour agent moteur la dynamo réversible M.

Cette dynamo commande directement l'arbre K, qui actionne l'avancement du chariot H sur ses rails, dans un sens ou dans l'autre, suivant celui de la marche de M,

(1) *Bulletins* de mars 1901, février 1900, p. 463 et mars 1901, p. 409.

par le train LPR, dont la poulie R peut s'embrayer sur K au moyen de l'embrayage N, commandé par le levier O.

La levée du levier AAA', qui porte à son extrémité la boîte de chargement B, est commandée, de K, par le pignon r' , que l'on embraye, par le levier l et le cône de friction U, avec l'arbre s , faisant écrou dans le bloc m , relié au levier A par la tige n et le joint universel C.

Le pivotement du levier A autour de l'arbre s se commande du levier l' , qui serre

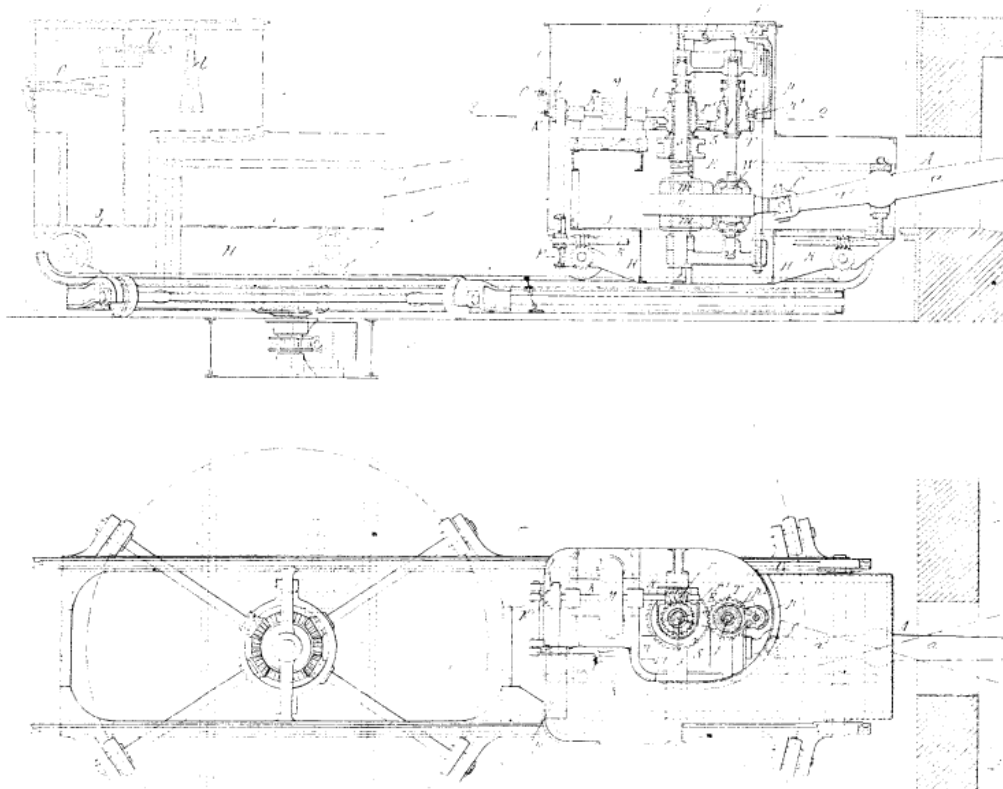


Fig. 1 et 2. — Enfourneur électrique Taragonet. Coupe verticale longitudinale et plan-coupe (2-2).

sur le manchon du pignon T le frein p , de sorte que ce pignon, entraîné par le pignon S et fou sur son arbre t , entraîne autour de s tout le châssis E et le levier A. Le levier l' porte un bras engagé dans un secteur de E, et qui assure l'arrêt automatique du pivotement au bout d'un certain angle, comme en figure.

La rotation du levier A sur son axe, pour vider la boîte B, se commande du levier l , en embrayant, par V, le pignon T avec l'arbre t , qui actionne par la vis sans fin W le levier A : la vis W est rainurée sur t de manière à permettre la levée de m .

On voit que tous les mouvements de cette machine sont commandés par des méca-

nismes accessibles et très simples, et ce dans les deux sens, grâce à la réversibilité de

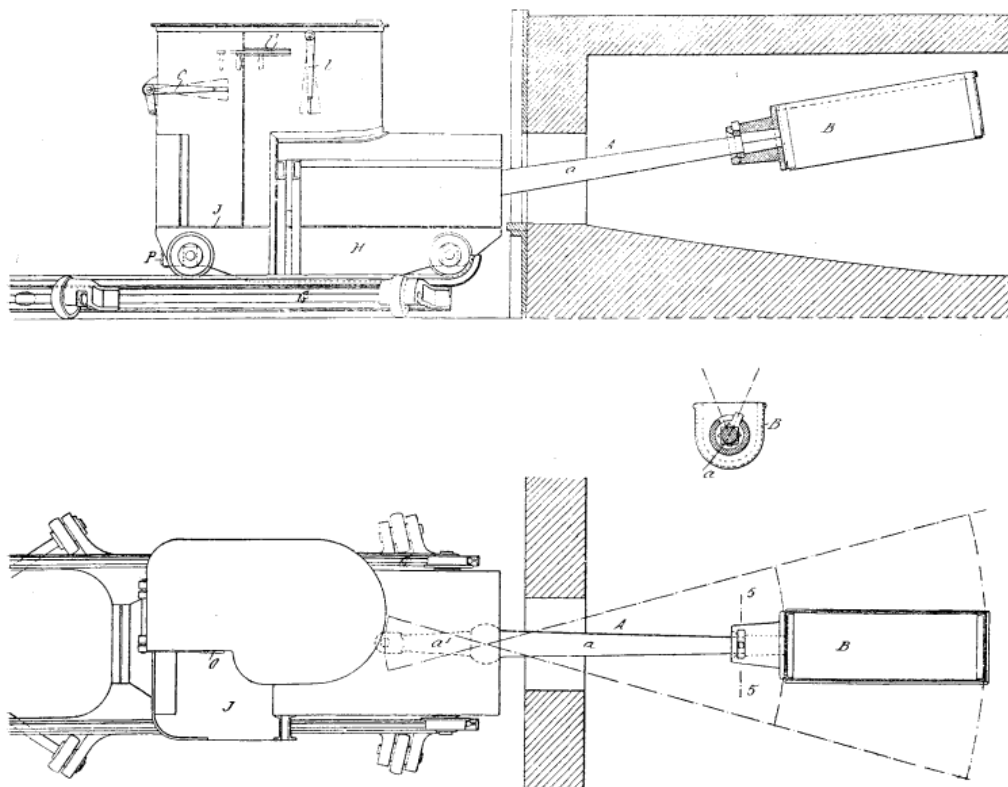


Fig. 3 à 5. — Enfourneur Taragonet. Élévation, plan et coupe 5-5.

la dynamo M; et le montage de la voie du chariot sur une plaque tournante lui permet de desservir deux fours disposés vis-à-vis.

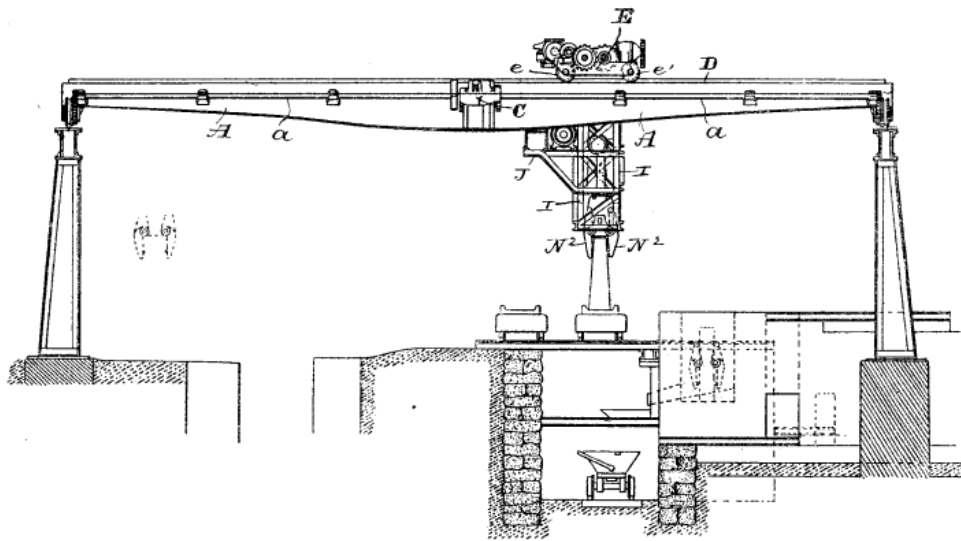
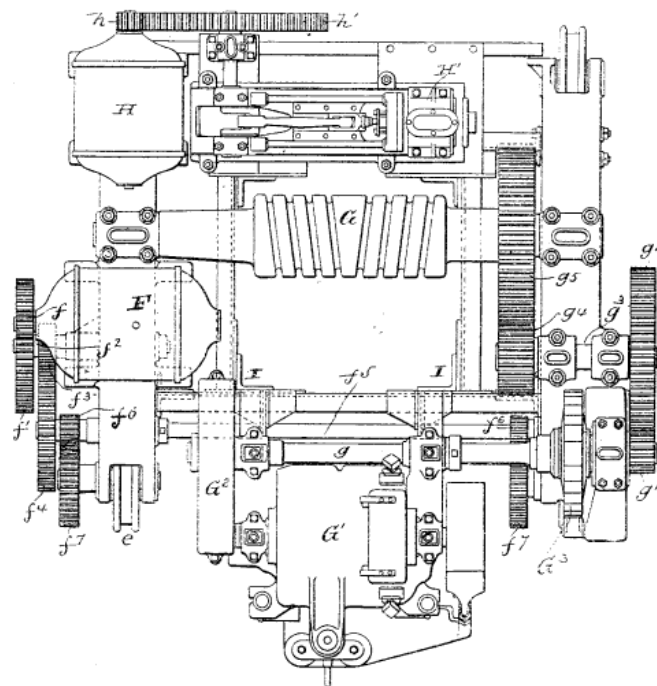
GRUE A LINGOTS Taylor.

Cette grue commandée par l'électricité et l'air comprimé, est construite par la *Morgan Engineering Co*, d'Alliance, Ohio, qui s'est fait une spécialité de ce genre d'appareils (1).

La grue est portée sur un pont roulant A (fig. 1) dont la translation est commandée par la dynamo C et la transmission a. Le roulement du chariot E sur ce pont est commandé, de la dynamo F, par le train $ff' \dots f'f''$ (fig. 2) qui actionne les roues e.

Le treuil G, qui commande par les chaînes K (fig. 3) la levée dans les guides I, du châssis L, est actionnée par la dynamo G' et le train $G^3gg'g^2g^3g^4g^5$, avec embrayage de

(1) *Bulletin* de juin 1898, p. 748.

Fig. 1. — Grue à lingots *Taylor*. Ensemble.Fig. 2. — Grue *Taylor*. Plan du chariot.

retenue G^3 (1). Le châssis L porte la plate-forme des manœuvres J' et, en M , la tige M' , qui peut tourner sur M^2 , et porte le bloc N , à coulisses de serrage N' .

Une quatrième dynamo H commande par hh' un compresseur II' , qui refoule son

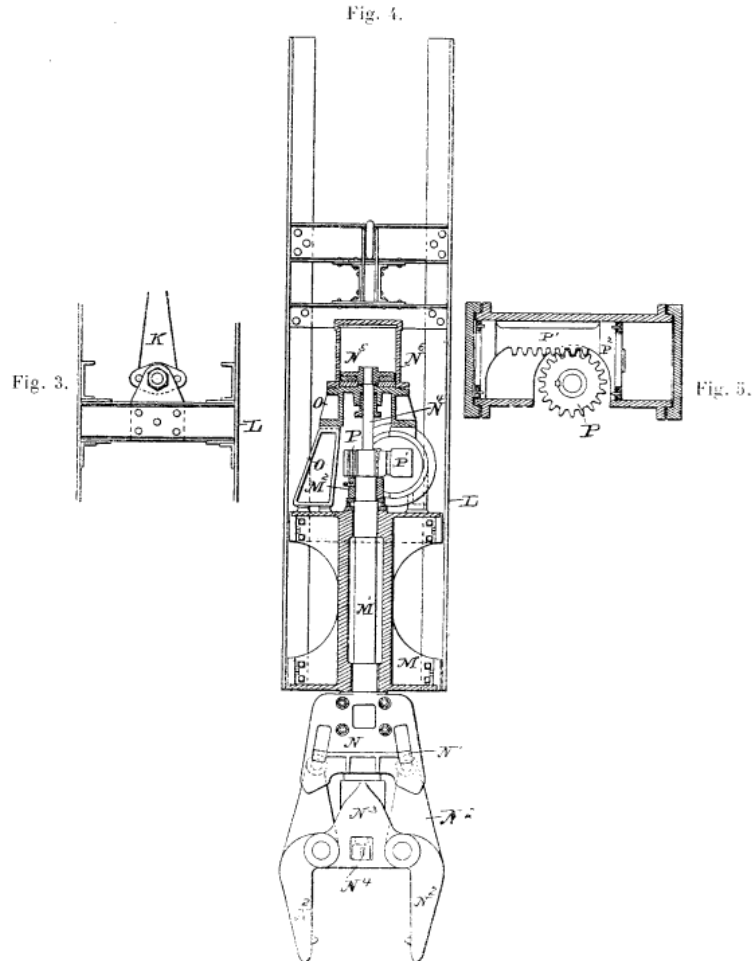


Fig. 3 à 5. — Grue Taylor. Détail du chariot, de la suspension K et du cylindre de rotation de la pièce N .

air dans le réservoir J^3 ; cet air comprimé commande l'orientation et le serrage des griffes N^2 . L'orientation est commandée par le pignon P , que mène la crémaillère P' des pistons P^2 (fig. 5) et le serrage est commandé par le piston N^5 de la tige N^4 . Quand ce piston est dans sa position la plus basse, comme en fig. 4, les griffes N^2 sont le

(1) *Revue de mécanique*, septembre 1899, p. 307.

plus serrées possible; quand on soulève ce piston, la montée de N^2 dans les coulisses N' desserre ces griffes; c'est dans cette position que l'on descend et oriente les griffes sur le lingot, puis on laisse descendre le piston N^3 , entraîné par le poids du bloc N^3 ,

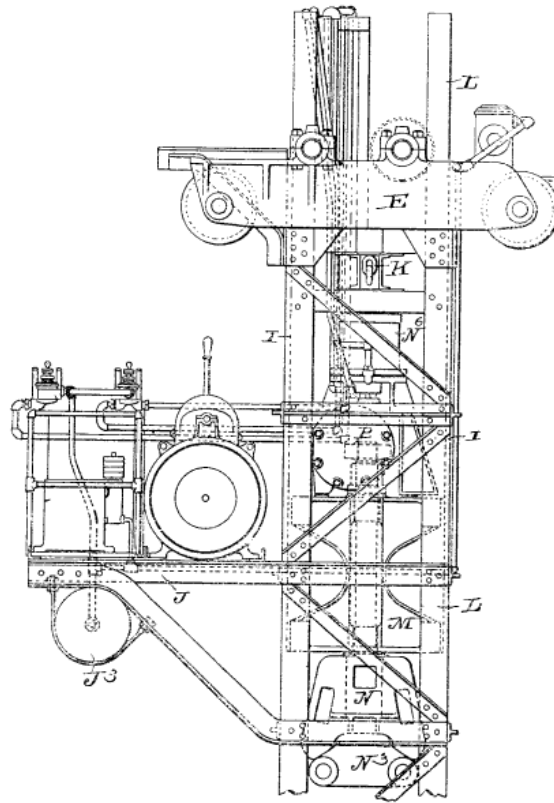


Fig. 6. — Grue Taylor. Détail du chariot. Vue par bout.

qui amorce le serrage des griffes; lorsqu'on enlève ensuite ce bloc, par N et les coulisses N' , ces coulisses achèvent de serrer les griffes proportionnellement à la charge du lingot.

PROCÈS-VERBAUX
DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 14 Mars 1902

Présidence de M. LINDER, Président.

CORRESPONDANCE. — En l'absence de M. Collignon, retenu par une indisposition, M. Richard dépouille la correspondance.

M. Bernard, entrepreneur à Nancy, présente une *lanterne pour chantiers*. (Constructions.)

M. N. Dages, 30, rue du Marché à Bruxelles, demande le concours de la Société pour un *moteur à force gratuit*. (Arts mécaniques.)

M. Bertin, 102, rue Amelot, présente un appareil pour *empêcher les falsifications du lait* en cours de route. (Agriculture.)

M. Vergne, à Charenton, présente un *propulseur pour aérostat*. (Comité de Mécanique.)

M. Ravasse, 77, rue Thiers, Boulogne-sur-Seine, présente une *ceinture de protection pour échafaudages*. (Constructions.)

M. Velter, 26, rue Sainte-Marthe, demande un brevet pour une *lampe à alcool*. (Agriculture.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — M. Richard présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés au *Bulletin* de mars.

COMMUNICATIONS. — Sont présentées les communications suivantes :

M. Samain. Sur un *compteur d'eau en celluloid*.

M. Hubou. Sur le *noir d'acétylène*

M. le Président remercie MM. Samain et Hubou de leurs très intéressantes communications, qui sont renvoyées aux Comités de *Mécanique* et de *Chimie*.

Séance du 11 avril 1902

Présidence de M. VOISIN BEY, Vice-Président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Canovetti envoie un travail sur la *résistance de l'air au mouvement*. (Arts mécaniques.)

M. Vergne, 44, rue Saint-Pierre, à Charenton, présente un *propulseur pour ballons*. (Arts mécaniques.)

M. Hour, 7, rue Saint-Anastase, envoie la description de son *horloge perpétuelle*. (Arts mécaniques.)

M. E. Sartiaux, président du *Comité pour élever un monument à M. Gramme*, demande le concours de la Société d'Encouragement. (Arts économiques.)

M. le *Ministre de l'Agriculture* met à la disposition de la Société des cartes pour le concours général d'Agriculture qui aura lieu au « Palais des Machines » (Champ-de-Mars), du 9 au 16 avril.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — M. Collignon présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 580 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :
MM. Pérot, directeur des laboratoires au Conservatoire des Arts et Métiers,
 présenté par *MM. Linder* et *Mascart*.

Guillet, chef des services chimiques de la maison de Dion et Bouton, présenté par *MM. Le Chatelier* et *Richard*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DU CONSEIL. — Sont nommés membres du Conseil au Comité des Arts économiques :

MM. Harlé et *Hillairet*, ingénieurs électriciens.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Est lu et approuvé le rapport présenté par *M. Tétard*, au nom du Comité d'Agriculture sur l'ouvrage de *M. Hélot*, intitulé : *Le Sucre de betterave de 1800 à 1900*.

COMMUNICATIONS. — Sont présentées les communications de :

M. Citroen. Sur une machine à tailler les engrenages à chevrons.

M. Portier. Sur les toiles *Salubra*.

M. le Président remercie *MM. Citroen* et *Portier* de leurs intéressantes communications, qui sont renvoyées aux Comités des Arts mécaniques et des *Beaux-Arts*.

CORRESPONDANCE

MONSIEUR LE PRÉSIDENT.

Nous avons remarqué, dans le *Bulletin* de mars dernier de la Société d'Encouragement, un passage du *Mémoire* de *M. Huberson* sur les appareils stérilisateurs *Vaillard-Desmaroux*, relatif aux filtres *Chamberland* système *Pasteur* et ainsi conçu :

« Pour éviter cet inconvénient (la pénétration des microbes à travers les bougies) il faut non seulement nettoyer la surface des bougies, mais les stériliser à la température de 150°, opération délicate, qui produit souvent, dans la porcelaine, des fissures qui rendent la filtration absolument illusoire. »

Cette assertion est inexacte : nos bougies de porcelaine se cuisent à la température de 1200°, et peuvent naturellement sans aucune crainte de fissure être, à l'état sec, exposées à 150° et bien davantage. Le procédé de stérilisation au four à boulanger, c'est-à-dire à 300° environ, qui permet en même temps de les régénérer au point de vue du débit, a même été recommandé comme le plus efficace et le plus pratique par *M. le Dr Vincent*, professeur agrégé à l'École militaire de santé du Val-de-Grâce (1) qui en préconise l'application dans les établissements militaires.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de nos sentiments de considération les plus distingués.

Société du filtre Chamberland système Pasteur.

ERRATUM

Rapport de *M. Fontaine* sur le filtre dégrossisseur *Puech* (*Bulletin* de janvier 1902, p. 15. 6^m, allinéa).

Au lieu de « le nombre des bactéries éliminées a varié entre la moitié et le vingtième des bactéries totales » lire : entre la moitié et les 19 vingtièmes.

(1) Sur le meilleur mode de stérilisation des filtres *Chamberland*, voir *Archives de médecine et de pharmacie militaires*, n° de février 1897.

BIBLIOGRAPHIE

Les moteurs électriques dans les industries à domicile. *L'industrie horlogère suisse, le tissage de la soie à Lyon, l'industrie de la rubanerie à Saint-Étienne.* — Rapport présenté à M. le ministre de l'Industrie et du Travail de Belgique, par MM. E. DUBOIS et A. JULIN (1).

Ce rapport étudie l'application du moteur électrique à trois industries des plus intéressantes, dont l'une, la rubanerie de Saint-Étienne, a été, ici même, l'objet d'un travail de M. E. Simon, membre de notre Conseil (2).

Le rapport de MM. Dubois et Julin est des plus remarquables; rempli de faits précis, exactement observés sur place, il constitue un document indispensable à tous ceux qui s'intéressent au sort des industries familiales ou à domicile, si menacées par les progrès incessants de la concentration industrielle.

Il est impossible d'analyser un pareil ouvrage, dont le principal intérêt réside dans la multitude des faits qu'il constate et qu'il groupe en un ensemble très clair, bien ordonné, mais extrêmement condensé; aussi, ne croyons-nous pouvoir mieux faire que de reproduire le passage le plus intéressant des conclusions de MM. Dubois et Julin.

Les bienfaits du moteur électrique paraissent indiscutables quand on se place au point de vue individuel de chaque travailleur ou de chaque groupe économique familial considéré isolément. Le moteur prend place — et une place importante — dans la longue série des *machines épargne-travail* au moyen desquelles l'humanité a essayé de tout temps d'atténuer la rudesse de l'effort physique que lui impose son labeur pour le pain quotidien.

Non seulement il rend cet effort moins pénible, mais encore il le rend plus fructueux. La production augmente par l'emploi du moteur électrique comme elle le fait chaque fois qu'un outillage mécanique se trouve substitué au travail manuel.

En réduisant l'effort, le moteur électrique rend possible l'emploi d'une catégorie d'ouvriers doués d'une moindre force physique : femmes, enfants, vieillards, invalides pourront gagner leur pain à des métiers d'où les excluait leur faiblesse.

Plus indécise apparaît l'utilité sociale et économique du moteur à domicile. L'ardeur des controverses théoriques obscurcit encore la question : il convient de s'en dégager et de rechercher, dans des observations précises, une plus juste appréciation des choses.

Si l'accession de la main-d'œuvre féminine et infantile a pour conséquence de reconstituer l'unité familiale du travail dans le petit atelier, elle aboutit aussi parfois, comme on l'a vu à Saint-Étienne, à priver de leur gagne-pain des ouvriers moins favorisés que les chefs d'atelier. Mais quelle invention n'a pas, au moins provisoirement, exproprié de leur métier l'un ou l'autre groupe de travailleurs ?

1 In-8°, 292 p. Bruxelles, J. Lebègue et C^{ie}.

2 *Bulletin* de décembre 1898, p. 1617.

On est d'accord pour admettre que le moteur électrique augmente la production : relève-t-il, en même temps, le revenu de celui qui y a recours ? Il est difficile d'apprécier dans des industries en formation, comme le tissage lyonnais, ou soumises à des crises fréquentes, comme la rubanerie à Saint-Étienne, si la baisse des prix de façon est due aux circonstances économiques générales ou à l'accroissement de la production. La réduction des tarifs, dans les salaires calculés à la pièce, est un effet fréquent de l'emploi des machines ; on peut admettre qu'elle se produit généralement aussi dans le cas d'ouvriers se servant du moteur électrique, mais on serait fort éloigné de la vérité en concluant à la non-augmentation du revenu final du travailleur. La faveur que rencontre, dans les milieux appropriés, le moteur électrique parmi les ouvriers à domicile paraît directement opposée à cette opinion pessimiste.

La possibilité d'employer une force motrice relativement importante sans avoir à supporter les frais toujours élevés de l'installation d'une chaudière et d'une machine à vapeur, engage certains petits entrepreneurs à développer leur outillage et à recourir, en dehors des membres de leur famille, au travail des salariés. Nous l'avons constaté en Suisse et dans l'industrie armurière à Saint-Étienne. C'est le début d'une concentration industrielle dans de minimes proportions.

Nous avons remarqué que, moins est avancée la concentration des instruments de travail, plus large s'ouvre le champ réservé au moteur électrique : la Suisse, Lyon, Saint-Étienne forment une gradation complète à cet égard.

Quelques-uns ont pensé que la supériorité de la grande industrie sur les industries décentralisées venait uniquement de l'emploi du moteur mécanique. Une opinion caractéristique à cet égard est celle de M. Vandervelde, membre de la Chambre des représentants ; nous la citons textuellement telle qu'elle se trouve reproduite dans la brochure intitulée : *Les Tisseurs lyonnais à l'Exposition universelle de 1900*, p. 32 (1) :

« Mardi, 23 janvier 1900, le citoyen Vandervelde, le chef éminent du parti socialiste belge, est venu visiter nos petits ateliers qui luttent avec tant de vaillance contre la grande usine, où s'étiole toute une génération au seul profit de quelques capitalistes.

« Après avoir visité plusieurs ateliers à bras, il a visité plusieurs ateliers de tissage mécanique nouvellement organisés.

« Après avoir considéré attentivement le fonctionnement commode et régulier du métier mécanique, le grand patriote belge nous a dit textuellement :

« On a dit avec raison que les tisseurs lyonnais sont l'élite des ouvriers de l'industrie française, j'en ai aujourd'hui la preuve éclatante, je suis absolument émerveillé de ce que je vois ici.

« Alors que dans tous les pays industriels on en est réduit à protester, sans avoir l'espoir d'aboutir, contre les abus et les maux des grandes usines, vous avez fait beaucoup plus et beaucoup mieux.

« Vous avez agi, vous avez transporté l'outillage moderne, qui fait la seule supériorité de l'usine, au sein de l'atelier familial ; vous êtes ainsi à l'avant-garde du progrès, et votre exemple sera suivi et imité dans toutes les nations pour le plus grand bonheur des travailleurs. » (*Bulletin de la Chambre syndicale des tisseurs*, 30 janvier 1900.)

Nous ne pouvons partager cette opinion.

Dans les systèmes à production centralisée, la question de l'utilité du moteur électrique à domicile est, à nos yeux, une question d'analyse économique. Elle consiste essentiellement dans la discussion de la valeur relative des méthodes de travail de l'industrie moderne et dans leur comparaison à l'avantage qui résulte de l'emploi d'un moteur mécanique.

La division du travail est l'une des conditions essentielles de l'industrie à notre époque. Le travail à domicile va à l'encontre de ce principe ; plus celui est rigoureusement appliqué, plus aussi le transfert d'un produit industriel passant de l'une à l'autre catégorie d'ouvriers à domicile entraîne avec lui d'inconvénients.

(1) Publication de la Société pour le développement du tissage à Lyon, 1900.

Concevrait-on, par exemple, que la montre Omega, qui se compose de 144 pièces différentes et dont la fabrication nécessite 1 662 opérations successives, soit fabriquée en *établissement* ?

Le perfectionnement incessant de l'outillage est une nécessité imposée par la concurrence universelle dans l'industrie. L'ouvrier à domicile manque à la fois de l'initiative et des capitaux nécessaires à la réalisation de cette condition de progrès. On peut considérer comme une probabilité que le travailleur à domicile se contentera d'un outillage suranné (1). Des sociétés de prêts peuvent bien aider cet ouvrier à installer la force motrice et à transformer son matériel; elles pourraient difficilement se proposer comme but d'assurer régulièrement la substitution d'outils perfectionnés aux anciens; le taux d'amortissement serait trop rapide et la marge sur laquelle il doit se prélever (le salaire) trop étroite.

En résumé, les avantages principaux de la production centralisée ne peuvent être atteints dans la forme de l'industrie à domicile; l'emploi d'un moteur mécanique par les travailleurs de cette dernière ne remédie pas à cette infériorité.

Au contraire, dans les branches de la production où la fabrique collective est largement dominante, le moteur électrique pourra vraisemblablement retarder la concentration.

La transformation du caractère de l'industrie ou l'introduction d'un outillage nouveau, sensiblement différent de l'ancien, peuvent atténuer ou même annihiler cet effet de la généralisation du moteur électrique.

Dans les industries que nous avons étudiées, l'introduction du moteur électrique dans les petits ateliers des travailleurs à domicile constitue un progrès sérieux, fécond en bons résultats individuels plutôt que sociaux, capable pourtant, dans certaines circonstances, d'atténuer les effets douloureux d'inévitables transformations industrielles; on ne peut voir en lui l'instrument de libération de la production décentralisée.

Dictionnaire des explosifs, par le Dr J. DANIEL, ingénieur des Arts et Manufactures, ancien directeur de la Compagnie des explosifs « Sécurité » (2).

L'ouvrage de M. Daniel vient combler une lacune importante dans la littérature des explosifs; nous ne saurions mieux le présenter à nos lecteurs qu'en reproduisant l'appréciation dont il a été honoré par M. Berthelot, dans la préface qu'il a écrite pour ce dictionnaire :

« Voici un gros livre, un bon livre, un volume utile consacré à l'étude essentiellement pratique des matières explosives employées dans les travaux de mines et pour les applications militaires et industrielles les plus diverses... Il constitue une véritable encyclopédie des explosifs presque innombrables qui ont été inventés depuis un quart de siècle. C'est un manuel pratique, indispensable pour les ingénieurs, les industriels et les artilleurs. »

(1) A Cluses, un fabricant d'ébauches nous cite un exemple significatif à cet égard. Les ouvriers à domicile habitant les villages des montagnes travaillent à l'aide de petites machines-outils, mues au pied. Or, ils sont persuadés que ces machines, aujourd'hui parfaitement connues et dénuées de toute valeur technique, représentent encore, comme autrefois, un véritable secret industriel; et, lorsque le commissionnaire du fabricant se présente chez eux pour apporter l'ouvrage, les ouvriers à domicile s'empressent de cacher leur machine à l'aide d'un voile qu'ils ont soin de garder à portée de la main. Comment persuader à des ouvriers, dans une telle disposition d'esprit, qu'ils devraient changer leur outillage ?

(2) In-8°, 810 p. Paris, Dunod.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN AVRIL 1902

De l'*Encyclopédie Leauté*. **Les câbles sous-marins**, par M. Guy. In-18, 200 p. Paris, Gauthier-Villars.

L'Année industrielle, par M. Max de Nansouty. In-8°, 280 p. Paris, Juven.

Du *Ministère de l'Industrie et du travail de Belgique*. **Les moteurs électriques dans les industries à domicile**, par MM. Dubois et A. Julin. In-8°, 292 p. Bruxelles, J. Lebègue.

Règle à calculs, modèle spécial, par M. A. Beghin. In-8°, 108 p. Paris, Béranger.

Elasticitat und Fescigkeit, par M. C. Bach. In-8°, 650 p. Berlin, J. Springer.

Die fabrication der Bleichmaterialein, par M. V. Holbling. In-8°, 282 p. Berlin J. Springer.

International Engineering Congress. Glasgow, Sections I, II et III. **Railways, Waterways and Maritime Works et Mechanical**. In-8°, 250 p. et *Local industries of Glasgow and Che veso of Scotland*. In-8°, 290 p.

Les Électromoteurs. I. *Courants continus*, par M. G. Roessler, traduit par M. E. Samitca. In-8°, 150 p. Paris, Dunod.

Législation minière et contrôle des mines, par M. Cuvillier. In-8°, 770 p. Paris, Dunod.

Dictionnaire des matières explosives, par M. J. Daniel. In-8°, 820 p. Paris, Dunod.

Métallographie et Mécanique, par MM. Osmond et Cartaux. In-4°, 19 p., 11 fig. Gessler, Stuttgart.

De la *Royal Dublin Society*, **Scientific transactions. Scientific Proceedings et Economic Proceedings**, 1900 et 1901.

Unter Suchungomethoden in der thonindustrie, par Stoermer. In-8°. 200 p. Gar et Garlach, Freiburg.

De l' *Association de propriétaires d'appareils à vapeur*. **Collection de diagrammes défectueux**, Atlas. Paris, Courtier.

Les pièges lumineux et la destruction des insectes nuisibles, par M. V. Vermorel. Brochure in-8°, 60 p. Paris, Béranger.

Du *Ministère du Commerce*. **Brevets d'invention**, février, avril et mai 1900. 3 vol. In-8°. Imprimerie nationale, et **Travaux de vacances des élèves de l'École Centrale des Arts et Manufactures, Année 1901**.

Bulletin de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, Année 1902. In-8°, 284 p. Paris, 3, rue de Lutèce.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mars au 15 Avril 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo- rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>PC.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>RCp.</i> Revue générale de chimie pure et appliquée.
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer et tramways.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
<i>Dp.</i> Dinger's Polytechnisches Journal.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>E.</i> Engineering.	<i>Rt.</i> Revue technique.
<i>E'</i> The Engineer.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de la métallurgie.
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Ef.</i> Économiste français.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri- ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de législation.
<i>Ge.</i> Génie civil.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	<i>USR.</i> Consular Reports to the United States Government.
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>VDt.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
<i>Im.</i> Industrie minérale de St-Étienne.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten- Vereins.
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	
<i>Ln.</i> La Nature.	
<i>Lo.</i> Locomotion.	

AGRICULTURE

- Bétail.** Détermination des poids par la ceinture zoométrique. *Ap.* 3 *Avril*, 2146.
 — Les bovins en Hongrie. *Ap.* 27 *Mars*, 423.
 — Injections intraveineuses. *Ap.* 10 *Avril*, 474.
 — Southdowns et leurs croisements. *Ap.* 27 *Mars*, 416.
 — Spécialisation des bêtes bovines. *Ag.* 5 *Avril*, 528.
Betteraves fourragères. Culture et variétés. *Ap.* 27 *Mars*, 407; 5 *Avril*, 524; *CR.* 17 *Mars*, 635.
Blé. Influence du battage à la machine sur la germination du blé de semences (Grandean). *Ap.* 20 *Mars*, 374.
 — Culture du (Schribaux). *Ag.* 5 *Avril*, 541.
Charrues d'Afrique (Chevalier). *IC. Fér.*, 237.
Chevaux de service et de guerre. *Ag.* 29 *Mars*, 502.
Engrais. Utilisation des résidus de la fabrication de l'acétylène (Vogel). *Rep.* 24 *Mars*, 124.
 — Action de la chaux sur les sulfates insolubles du sol. (Sutherst.) *CN.* 4 *Avril*, 157.
Forêts. Évaluation de l'âge des arbres. *Ap.* 10 *Avril*, 478.
Fourrage mélassé. *Ap.* 3 *Avril*, 431.
Irrigations dans l'Afrique du Sud. *E.* 4 *Avril*, 448.
Lait. Fabrication de la caséine. *Ap.* 10 *Avril*, 477.
 — Estimation de la caséine coagulée par la présure, *SNA. Fér.*, 91.
Luzernes et trèfles livrés actuellement à la culture. *Ag.* 10 *Avril*, 472.
Machines agricoles à l'Exposition de 1900. *VDI.* 12 *Avril*, 531.
Miel. Production et commerce. *Ag.* 29 *Mars*, 500.
Navets potagers. *Ag.* 5 *Avril*, 535.
Pommes de terre. Expériences de Capelle. *Ag.* 22 *Mars*, 451.
Reboisement des terrains crayeux. *Ap.* 27 *Mars*, 419.
Sapins (ronds de) en Sologne. *Ag.* 29 *Mars*, 494.
Semences. Traitement par l'eau chaude. *Ap.* 3 *Avril*, 440.

- Semoirs à poquets* (Ringelmann). *Ap.* 20 *Mars*, 383, 411.
Terre végétale (la) (Schlœsing). *CR.* 17 *Mars*, 634.
Vigne américaine (Ravaz). *Ag.* 22 *Mars*, 461.
 — Effets de l'insolation sur le raisin (Berthelot). *ACP. Avril*, 433.
 — Pyrale (lutte contre la) *Ag.* 5 *Avril*, 538.
 — Vins mousseux à bon marché. *Ag.* 29 *Mars*, 499.
 — Emploi de l'acide sulfureux dans la vinification. *Ap.* 27 *Mars*, 409.
 — Eau des vins, action de l'acide sulfureux (Laborde). *CR.* 24 *Mars*, 723.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer** à grandes vitesses, évolution prochaine (Flamache). *Elé.* 30 *Mars*, 200.
 — Inde anglaise, statistique; 1899-1900. *Rgc. Avril*, 269.
 — (Statistique graphique des). *E'*. 28 *Mars*, 306.
Métropolitains. New-York. *E.* 21 *Mars*, 364; 4-11 *Avril*, 429, 464.
 — Berlin. *Gc.* 22 *Mars*, 337. *Rgc. Avril*, 277.
 — (Vibrations des). *E.* 11 *Avril*, 479.
Électriques (les). (Swinburne). *E.* 21 *Mars*, 392; *E.* 11 *Avril*, 480.
 — de Liverpool. *E'*. 21 *Mars*, 284.
 — de Londres (C. Robinson). *SA.* 21 *Mars*, 408.
 — Fayet-Chamonix. *Rgc. Avril*, 248.
 — à grande vitesse de Rossen. *EE.* 5 *Avril*, 7.
 — Monorail de Manchester-Liverpool. Behr. *VDI.* 5-12 *Avril*, 487, 517.
 — Locomotives électriques aux États-Unis. *Elé.* 30 *Mars*, 193. et à air comprimé américaines. *E'*. 28 *Mars*, 313.
Gare de Bordeaux. *E.* 11 *Avril*, 467.
Locomotives anglaises et américaines. *E'*. 4 *Avril*, 338, 342. *E'*. 11 *Avril*, 356, 361, 367. *E.* 11 *Avril*, 480.
 — Modernes. Tendances des (Roues Marten). *E'*. 21 *Mars*, 275.
 — Américaines récentes. *Rgc. Avril*, 284.
 — (Facteurs de puissance des). *RN. Mars*, 281.

- Locomotives.** Compound, 4 cylindres à marchandises du Midi. *Rgc. Avril*, 233.
 — à entraîneur Joy. *E'*. 11 *Avril*, 366.
 — (distribution des). *E'*. 21 *Mars*, 289.
Matériel roulant dans l'Inde. *E.* 28 *Mars*, 398; 11 *Avril*, 466.
Signaux. Block automatique en Amérique. *E.* 21 *Mars*, 381.
 — à électricité et air comprimé. London and South Western. *Rgc. Avril*, 279.
Train royal du Great-Western. Ry. *E.* 21 *Mars*, 376.

TRANSPORTS DIVERS

- Automobile (l') de l'avenir.** *E'*. 11 *Avril* 362.
 — Épreuves de consommation. *Gc.* 22 *Mars*, 349.
 — (Unification des). *Lo.* 29 *Mars*, 197.
 — Stabilité dans les courbes (Petit). *CR.* 7 *Avril*, 763.
 — à pétrole. Schandel. *Lo.* 27 *Mars*, 198.
 — — Clément. 8 chevaux. *Lo.* 5 *Avril*, 214.
 — — Lance-moteur Brun. *Lo.* 29 *Mars*, 197.
 — à vapeur. Serpollet. *La.* 20 *Mars*, 182.
 — Embrayage Leblanc. *Lo.* 5 *Avril*, 222.
 — Pneus à chapelet. *Lo.* 12 *Avril*, 239.
Tramways électriques. Trains à automoteur multiples commandés d'un seul point (Sprague). *EE.* 29 *Mars*, 433.
 — — Étude comparée des systèmes (Leheule). *EE.* 29 *Mars*, 473.
 — — Exploitation des (Gueroult). *EE.* 22 *Mars*, 423.
 — — à contact de la Lorain Stell Co. *Gc.* 29 *Mars*, 363.
 — — Connexion de joints de rails. Scheing et Hofmann. *Elé.* 5 *Avril*, 213.
Vélocipède au pétrole de la Motor Traction Co. *E'*. 4 *Avril*, 333.

CHIMIE ET PHYSIQUE

- Acétylène.** Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 397.
Acide carbonique liquide. Emplois et préparations (Mathias). *Rgds.* 15 *Mars*, 231.
 — fluorhydrique, action sur le plomb au point de vue de la fabrication de l'acide sulfurique (Prost). *Ms. Avril*, 307.

- Acide sulfurique, procédé catalytique.** *E.* 28 *Mars*, 414; *Ms. Avril*, 389. Accidents dans les usines à (Carulla). *Cs.* 15 *Mars*, 322. Appareil Kmetsch. *Cs.* 15 *Mars*, 343.
Acoustique. Étude des tuyaux sonores (Maltéros). *CR.* 24 *Mars*, 701.
Alcool. Appareils d'éclairage et de chauffage (défense des). *Gc.* 22 *Mars*, 350.
Ammoniac. Chaleur de solidification (de Forcrand). *CR.* 24 *Mars*, 708; 1 *Avril*, 743. de dissolution (Massol). *CR.* 17 *Mars*, 653.
Argon, néon, etc., poids atomiques (Wilde). *CR.* 7 *Avril*, 770.
Arséniures alcalino-terreux (Lebeau). *ACP.* *Avril*, 470.
Bioxyde de sodium, action sur les métaux du groupe du platine (Leidié et Quennessen). *CN.* 27 *Mars*, 149.
Brasserie. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 416.
 — à grand rendement (Cannon). *IOB.* *Mars*, 186.
 — Appareils frigorifiques nouveaux. *VDI.* 5 *Avril*, 477.
Caoutchouc (Fabrication du). *E.* 4 *Avril*, 447.
 — Essais du. *E'*. 4 *Avril*, 339.
Cellulose. Essai d'humidité des pulpes de bois (Lester). *Cs.* 31 *Mars*, 380.
Chlorure de fer, densité des dissolutions (Dunn). *Cs.* 31 *Mars*, 390.
Cyanures. Fabrication des. *E.* 24 *Mars*, 382.
 — de potassium commercial, composition du (Moore). *Cs.* 31 *Mars*, 393.
Catalyse (la). Oswald. *N.* 3 *Avril*, 522 (Conroy). *Cs.* 15 *Mars*, 302.
Chaleur spécifique au zéro absolu (Ponsot). *CR.* 24 *Mars*, 703.
Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 409.
 — Essais en Allemagne (État actuel des). *Le Ciment.* *Mars*, 42.
 — poids spécifique du Portland. *Le Ciment.* *Mars*, 37.
 — addition de pouzzolane au Portland (Feret). *APC.* n° 51.
 — production aux États-Unis. *Le Ciment.* *Mars*, 63.
 — Industrie en Danemark. *Le Ciment.* *Mars*, 67.
Céramique. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 408.
 — préparation de couvertes insolubles pour poteries (Rix). *Cs.* 15 *Mars*, 317.

Chlorhydrures (constitution des) (Tiffeneau). *CR.* 7 Avril, 774.

Équilibre des réactions chimiques, calcul des constantes et des chaleurs latentes de vaporisation (Findley). *RSL.* 4 Avril, 471.

Enseignement de la chimie à Berlin (Fischer). *RCp.* 6 Avril, 141.

Essences et parfums. Divers. *Cs.* 31 Mars, 422. *RCP.* 6 Avril, 140.

— Neroli portugais. *SCP.* 5 Avril, 278.

— parfums synthétiques (Tissier). *Rs.* 12 Avril, 462.

Explosifs. Divers. *Cs.* 31 Mars, 423.

Glace, densité et coefficient de dilatation cubique (Vincent). *RSL.* 21 Mars, 422.

Hexofluorure de soufre (Moissan et Lebeau). *ScP.* 5 Avril, 230.

Hydrogène. Stratification (Crookes). *RSL.* 21 Mars, 399.

Eau oxygénée, mécanisme de sa réaction sur l'acide permanganique (Bach). *ScP.* 5 Avril, 257.

Glucinium type de composés (Lacombe). *CR.* 7 Avril, 772.

Laboratoire. Analyse des minerais d'étain (Miller). *CN.* 27 Mars, 147.

— Albuminoïdes; leur différenciation par la méthode de la précipitation fractionnaire (Effront). *Ms. Avril*, 241.

— Arsenic, dosage dans le charbon et le coke. *Ms. Avril*, 311.

— Or et argent dans les pyrites, dosage (Buddens). *CN.* 4 Avril, 158.

— Prise de gaz Lister. *Cs.* 31 Mars, 386.

— Cuivre, dosage volumétrique (Répition). *Ms. Avril*, 287.

— dosage des bicarbonates alcalins en présence des monocarbonates (North et Lee). *Cs.* 15 Mars, 322.

— Sels mercuriels comme réactifs en chimie organique (Denigès). *ScP.* 5 Avril.

Lithium. Antimoniure de, préparation électrolytique (Lebeau). *ScP.* 5 Avril, 234.

Lithopone et son analyse (Draue). *Ms. Avril*, 309.

Nitrites. Oxydations par le permanganate (Waddell). *CN.* 4 Avril, 158.

Optique. Photomètre étalon au pentane du gaz de Londres. *Cs.* 15 Mars, 313.

Oxydes du carbone, hydrogénation en présence des métaux divisés (Sabatier et Senderens). *CR.* 24 Mars, 689.

Oxygène. Nouvelle préparation (Jaubert). *CR.* 7 Avril, 778.

Ozone, dosage. *Ms. Avril*, 310.

Phosphate de sesquioxyde (Senderens). *CR.* 24 Mars, 711.

Pyrite et Marcassite (Stokes). *CN.* 21, 27 Mars, 135, 150.

Pétrole de Beaumont, présence du soufre, *Cs.* 15 Mars, 316.

Platine. Microstructure du (Andrews). *RsL.* 21 Mars, 433.

Potasse utilisation des résidus à Stassfurth (Pzzibylla). *Ms. Avril*, 308.

Radio-activité, théorie électrique (Crookes). *RSL.* 21 Mars, 413.

— Réactions chimiques déterminées par le radium (Berthelot). *ACP.* Avril, 458. Le Radium, *id.*, 458.

Résines et vernis. Divers. *Cs.* 15 Mars, 355.

Sélénium, point d'ébullition (D. Berthelot). *CR.* 24 Mars, 705.

Sodium. Vapeur de : dispersion anormale (Julius). *RSL.* 4 Avril, 479. Action du bioxyde sur les métaux de la mine de platine (Leidé et Quennesen) *ScP.* 20 Mars, 179.

Sucrierie. Divers. *Cs.* 31 Mars, 416. Industrie sucrière de 1850 à 1900 (Grandeau). *Ap.* 3 Avril, 437.

— Saccharine et les falsifications auxquelles elle sert (Grandeau). *Ap.* 27 Mars, 403.

— État actuel de l'Industrie (Geswind). *RCp.* 6 Avril, 129.

— pompes sèches, étude des (Portemont). *Rt.* 10 Avril, 99.

Tannage. Divers. *Cs.* 31 Mars, 415.

— Essais industriels et dosage des tannins en vue d'en déterminer la valeur tannante (Beltzer). *Ms. Avril*, 282.

Teinture. Divers. *Cs.* 15, 31 Mars, 336, 398, 403. A l'Exposition de 1900. (Gloess et Bernard). *Ms. Avril*, 261; *id.* (Prudhomme). *RMc.* 1^{er} Avril, 89.

— Revue de la (Reverdin). *Ms. Avril*, 255.

— Chromaline D. 25°. (Abt). *Ms. Avril*, 208.

— Xylatine, diamines et dérivées (Noelting et Thesmar). *RMc.* 1^{er} Avril, 73.

Uranium, poids atomiques (Aloy) *ScP.* 5 Avril, 260 (Richards et Merigold). *CN.* 11 Avril, 177.

Valence de l'oxygène et des halogènes (Stanley). *CN.* 21 Mars, 133.

Vanadium. Dosage du (Williams). *Cs.* 31 Mars, 389.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Allemagne. Banque de l'Empire en 1901. *SL.* Mars, 372.

Apprentissage, ce qu'il est actuellement. *Ef.* 8 Avril, 447.

Belgique. Évaluation de la fortune mobilière. *SL.* Mars, 383.

Brevets. Réforme de la loi anglaise. *E.* 21 Mars, 379.

Café, production et consommation dans le monde. *Ef.* 29 Mars, 49.

Charbons américains en France. (De Gennes). *IC.* Fév., 242.

Congo. Mission industrielle à Brazzaville (Lucas). *Bam.* Mars, 333.

— *Étudiants et ouvriers anglais*, mouvement des « University ». Settlements. *SeM.* Nov., 535.

France et Algérie, industrie minérale. *Rs.* 22 Mars, 368.

— Situation financière. *Ef.* 29 Mars, 409, 5, 13 Avril, 445, 485.

— Rachat des chemins de fer. *Ef.* 29 Mars, 416.

Crises commerciales dans le monde. *Ef.* 22 Mars, 373.

Grèves en 1899 et 1900, statistique (des Cilleuls). *Rso.* 1^{er} Avril, 869.

— et la loi sur les journées du travail. *Ef.* 12 Avril, 491.

Impôt direct, essai de réforme. La contribution mobilière. *Ef.* 22 Mars, 369.

Inde. Famines (de l') en 1899 (Holderness). *SA.* Avril, 441.

Sucre production dans le mode (Grandeau). *Ap.* 10 Avril, 460.

— Régime de l'exportation en Russie. *SL.* Mars, 393.

— Sucrerie française, conséquences de la convention de Bruxelles (Tétard). *Ag.* 29 Mars, 488.

Mexique. Conditions du travail au *DoL.* Janv., 1.
Mise en interdit dans l'industrie (de Bruignac). *Rso.* 1^{er} Avril, 506.

Syndicats belges histoire (Varler). Musée social. *Mars.*

— Ouvriers, leur rôle et leur action (Dufourmantelle). *Rso.* 1^{er} Avril, 524.

— industriels et l'exportation en Allemagne. *Ef.* 12 Avril, 489.

Uruguay. Situation économique et financière. *Cf.* 29 Mars, 415.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

Ciments armés. Divers. *Le Ciment.* Mars, 33, 44.

Constructions composites (les) *E.* 21 Mars, 363.

Ponts. Calcul des poutres (Fyson). *E.* 11 Avril, 463.

— Renforcement des vieux ponts. *E'* 11 Avril, 352.

Voïrie. Scarificateur Asplen. *E.* 21 Mars, 387.

— Rouleau à pétrole Coutant-Dufour. *E'* 21 Mars, 296.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Calcul des batteries à régime variable. *Ie.* 10 Avril, 453.

Basses températures. Influence sur ces phénomènes électriques (Darsonval). *Sie.* Mars, 177.

Bobine d'induction. Propriétés (Klingelfuss). *EE.* 29 Mars, 481.

Câbles (Essais des) (Blondin). *SiE.* Mars, 204.

Distributions. Manœuvre des Systèmes à haute tension et à grandes puissances (Rice). *EE.* 12 Avril, 76.

Dynamos. Anneaux à collecteurs, propriétés. (Girault). *Ie.* 25 Mars, 425.

— Résistance des inducts (Alliamet). *Clé.* 22 Mars, 178.

Alternateurs à collecteur (Latour). *EE.* 12 Avril, 50.

— Auto-exciteur Compound (Latour) *Ie.* 25 Mars, 428 ; 10 Avril, 449.

— Construction rationnelle (Larche). *EE.* 22-29 Mars, 430, 461.

— Calcul de la chute de tension (Fischer Hinnen). *EE.* 5 Avril, 19.

— Saturation la plus favorable des alternateurs polyphasés (Korrod). *EE.* 5 Avril, 26.

— Action des courants d'échange entre alternateurs en parallèle (Riccia). *EE.* 22 Mars, 413.

Moteurs. Influence de la ligne sur la marche des synchrones (Eichberg). *EE.* *Avril*, 27.

— Emploi au moteur asynchrone comme synchrone. *Id.*, 32.

— Essai d'un moteur synchrone compensé (Hyland). *Id.*, 34.

— Pertes à vide des moteurs asynchrones (Béniski). *Id.*, 36.

— Asynchrones et la commutatrice, relation avec le système de transmission (Scott). *EE.* 12 *Avril*, 74.

— Sans déphasage (Heyland). *EE.* 22 *Mars*, 419.

— Mesure du glissement. *EE.* 12 *Avril*, 60.

Éclairage. Arc. Lampe de la Société alsacienne. *Elé.* 29 *Mars*, 197.

— Incandescence. Lampe à osmium. *Ri.* 12 *Avril*, 143.

Électro-chimie. Divers. *Cs.* 31 *Mars*, 411. *En.* 1900 et 1901 (Peters). *Dp.* 5 *Avril*, 224.

— Théories modernes (Monet). *Rep.* 23 *Mars*, 121.

— Fabrication des composés solubles du barium dans le four électrique (Jacobs). *Cs.* 31 *Mars*, 391.

— Fusion du quartz au four électrique (Hutton). *CN.* 3 *Avril*, 159.

— Cérium : procédé Muthmann et Hofer. *Cs.* 31 *Mars*, 412.

Isolement des conducteurs aux Indes (Scott Moncrief). *EE.* 12 *Avril*, 67.

Lignes aériennes. Portées des (Lopé). *Sie.* *Mars*, 237.

Magnétisme. Essais magnétiques des fers dans l'industrie (Armagnat). *Sie.* *Mars*, 172.

Mesures des isollements (Claude). *Ie.* 25 *Mars*, 130. Dans les fils de traction (Pomey). *EE.* 5 *Avril*, 5.

— Ohmètre et faradmètre Hans et Goldsmith. *EE.* 22 *Mars*, 450.

— Wattmètre pour courants alternatifs. Beattie. *Ie.* 25 *Mars*, 133.

— Mesure de l'angle de décalage et du facteur de puissance au moyen d'un voltmètre (Hanchett). *EE.* 22 *Mars*, 451.

— Voltmètre de précision Weston. *Ie.* 10 *Avril*, 154.

— Ondographe. Application à la décomposition d'une onde électrique péri-

dique complexe en ses harmoniques (Hospitalier). *Ie.* 10 *Avril*, 151.

Mesures. Oscillographes pour courants périodiques alternatifs (Blondel). *EE.* 12 *Avril*, 41.

— Indicateurs de facteurs de puissance *EE.* 12 *Avril*, 70.

Stations centrales. Secteurs de Paris (Marquet). *Gc.* 22-29 *Mars*, 349, 359; 12 *Avril*, 395.

Transformateur à balais tournants. (Rougé et Pagel). *Elé.* 5 *Avril*, 209.

HYDRAULIQUE

Eaux. Services à Paris et à Berlin. *Ri.* 12 *Avril*, 147.

Mélioration en Alsace-Lorraine. *SiM.* *Nov.*, 558.

Pompes à incendies, exposition de Berlin. *VDI.* 22 *Mars*, 439.

— Des eaux de Czeladz. *VDI.* 22 *Mars*, 441.

— Rapide, électrique triple. *E.* 4 *Avril*, 438.

Turbines. Usine hydro-électrique de Hagueck. *Gc.* 12 *Avril*, 309.

MARINE. NAVIGATION

Aérostats. Emploi dans la recherche des dangers sous-marins (Favé). *Rmc.* *Avril*, 55.

Compas. Théorie géométrique des déviations (Ravier). *Rmc.* *Avril*, 592.

Constructions navales. Fatigue des tôles de coque (Bodbnroof). *E.* 21 *Mars*, 390.

— Métal Muntz. Effet de l'eau de mer. *CN.* 21 *Mars*, 134.

— Le navipendulum. *E'*. 28 *Mars*, 310, 4 *Avril*, 330.

Cargo. Sethonia. *VDI.* 12 *Avril*, 513.

Hélice Recul. *E.* 4 *Avril*, 450.

Machines marines des transatlantiques Lorraine et Savoie. *E.* 28 *Mars*, 404.

— des cuirassés américains. *E'*. 28 *Mars*, 322. Du paquebot Arundel. *E'*. 4, 11 *Avril*, 340, 369.

— Économie croissante. Son évolution. (Mac Farland). *EM.* *Avril*, 45.

— Arbres d'hélice, paliers des Scott. *E'*. 28 *Mars*, 321. Vibrations torsionnelles des (Gumbel). *E.* 11 *Avril*, 473.

- Marines de guerre.** Réparation du contre-torpilleur Salmon. *E.* 21 Mars, 368.
- Évolution moderne des bâtiments de combat. (Clowes) *E'*. 28 Mars, 318.
 - Contre-torpilleurs (les). (Barnaby) *E.* 21 Mars, 389.
 - Angleterre. Programme de l'Amirauté. *E.* 4 Avril, 443. Croiseur Lancaster. *E'*. 4 Avril, 341. *Rmc.* Avril, 664.
 - France. *E'*. 4 Avril, 327. Cotier. Requin. *E'*. 21 Mars, 292. le Courbet. *E'*. 11 Avril, 353.
- Paquebots.** Service du canal. Histoire. *E'*. 28 Mars, 307.
- Phares.** Éclairage et balisage des côtes (Rivière), *APC.* N° 49.
- Ports.** Forme de radoub de Pontanion. Brest. (Richoir). *IC.* Fév., 253.
- Propulsion du navire.** Théorie (Mansel). *E'*. 21 Mars, 294.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

- Aérostation.** Notes. *Lo.* 3 Avril, 217.
- An long cours. *Gm.* Mars, 265.
 - Délesteurs automatiques (Dex). *Rs.*
- Changement de vitesse.** Lodge. *AMa.* 3 Avril, 414.
- Chaudières modernes.** *Dp.* 3, 12 Avril, 213, 234.
- à tubes d'eau à la mer (Niclausse) *Rmc.* Avril, 650. Essais du Hyacinth et de la Minerva. *RM.* Mars, 262.
 - Clapets de sûreté. *Dp.* 29 Mars, 202.
 - Écoulement de la vapeur d'eau, recherches expérimentales (Rateau). *AM.* Janv., 5.
 - Économiseur Scott. Eliot. *E.* 11 Avril, 484.
 - Foyers au pétrole Meyer. *E.* 21 Mars, 283. Williams. *RM.* Mars, 280.
 - à la mer (Hancry). *E.* 28 Mars, 407.
 - Surchauffe des foyers de Cornouailles (Stromayer). *E.* 4 Avril, 438.
 - Purgeur Flather *E'*. 4 Avril, 331.
 - Soupapes de sûreté (Sinigaglia). *RM.* Mars, 205.
- Clef à verrous.** Lacore. *Rt.* 25 Mars, 35.
- Compresseurs.** Riedler. Stumpf. Horbinger. *Dp.* 3 Avril, 217.
- Cordes en chanvre.** Résistance *Ri.* 12 Avril, 148.

- Dragues** (les). (Wels). *VDI.* 28 Mars, 442.
- à l'Exposition de 1900, *id.* 12 Avril, 324.
- Indicateur de vitesse** optique Gauthier. *Sie.* Mars, 242.
- Levage.** Ascenseurs (protection des) (Walker). *E.* 28 Mars, 423. (Baxter) *AMa.* 29 Mars, 372; 5 Avril, 404.
- Appareils électriques Postel-Vinay. *Ri.* 29 Mars, 125.
 - Cableway de l'usine de Vouvry. *Ge.* 29 Mars, 337.
 - Grue hydraulique Murker. *E.* 4 Avril, 438.
 - de montage de pont. *E'*. 4 Avril, 340.
- Machines-outils.** Ateliers Westinghouse à Manchester. *E.* 28 Mars, 397. *AMa.* 29 Mars, 170. Le Premium System. *E'*. 21 Mars, 280; 4 Avril, 328. Ateliers de chaudronnerie (Walson). *EM.* Janv., 19.
- (Progrès des). (Rupert). *VDI.* 29 Mars, 453.
 - Échappement de montres. Machine Cleaves (à tailler les). *AMa.* 22 Mars, 331.
 - Forge à l'étampe. *E.* 4 Avril, 401.
 - Fraiseuse circulaire Niles. *C'*. 28 Mars, 317.
 - — pour tarauds Hanson. *RM.* Mars, 257.
 - Porte-outil. Roberts. *E'*. 11 Avril, 358.
 - Marteau pneumatique Massey. *C'*. 21 Mars, 298.
 - Outils pneumatiques. Emploi dans les chantiers de navires. *E.* 28 Mars, 416.
 - Perceuse radiale Niles. *E.* 21 Mars, 375.
 - — pour chaudières de locomotives Hulse. *E'*. 4 Avril, 331.
 - Raboteuse latérale Billeter. *AMa.* 22 Mars, 321.
 - — à commande électrique Gray. *AMa.* 3 Avril, 401.
 - Mortaiseuse pour longerons Hulse. *C'*. 4 Avril, 331.
 - Tubes : machine à rétreindre Platt. *E.* 4 Avril, 437.
 - Taille des pignons. Machine Bilgram. *E.* 21 Mars, 369. *RM.* Mars, 284. Cuntz Norris, *id.*, 286, 287.
 - Tour revolver (Outillage du). *AMa.* 22 Mars, 336. (Herbert). Électrique. *E'*. 21 Mars, 292. (Von Pitler). *RM.* Mars, 284, 289.

Machines-outils. Alésoir Ernault Bam. *Mars*, 442.

— — à fileter Darling et Sellers. *E'*. 11 *Avril*, 364.

— — à fileter (Emploi du). *AMa.* 22 *Mars*, 155; 5 *Avril*, 187.

— Taraudeuse double Webster. *AMa.* 8 *Mars*, 269.

Moteurs à vapeur. Rapides. *E'*. 4 *Avril*, 327.

— Exposition de Glasgow. *VDI.* 5 *Avril*, 481.

— Construction en 1900 (Sauvage). *AM.* *Janv.*, 70.

— Brotherhood. *RM. Mars*, 299.

— Triple expansion 2500 chev. Gorlitz. *Ri.* 5 *Avril*, 133.

— Surchauffe. Théorie. *Rt.* 10 *Avril*, 107.

— Rotatif. Bechl. *Ge.* 29 *Mars*, 367.

— Demi-fixe. Wolff. *Ge.* 29 *Mars*, 364.

— Arbres coudés (Calcul des). *E.* 28 *Mars*, 4 *Avril*, 427, 434 (Dunkerley).

— Condenseur Schwartz. *RM. Mars*, 300.

— Éjecteur Rateau. *RM. Mars*, 301.

— Distribution Davey-Schmidt. *RM. Mars*, 301, 303.

— Régulateurs (Les). (Lecornu). *RM. Mars*, 220.

— — Robinson, Browett et Lindley. *RM. Mars*, 303. Riter, *id.*, 305.

— Turbines à vapeur. Parsons. *Dp.* 12 *Avril*, 237.

— à gaz. Niel. *Ge.* 29 *Mars*, 362. Maywood. *AMa.* 8 *Mars*, 265.

— — (Protection des). (Marshall). *E.* 28 *Mars*, 421.

— — Limite d'explosibilité des gaz et vapeur de pétrole. *Cs.* 31 *Mars*, 395. *E'*. 28 *Mars*, 305.

— Régulateur Battmann. *Lo.* 29 *Mars*, 200. Crossley-Alkinson. *RM. Mars*, 305.

— Gazogène à combustion Riché. *Ge.* 12 *Avril*, 397.

— à pétrole. 25 chev. Hornsby. *E.* 21 *Mars*, 374. Banki. *E'*. 21 *Mars*, 276.

— Haselwander. *RM. Mars*, 306.

— Carburateur Richard. *Lo.* 29 *Mars*, 193. Longuemare. *RM. Mars*, 307.

Moteurs à pétrole. Pompe à pétrole, 25 chev. Tolck. *RM. Mars*, 308.

— (Refroidissement des). *Ri.* 5 *Avril*, 134.

Résistance des matériaux. Déformation élastique des solides (Mesnager) *APC.* N° 50.

Tuyauterie. Joint Merwarth. *E.* 21 *Mars*, 373.

Ventilateurs. (Théorie des), (Courtois). *RM. Mars*, 238.

MÉTALLURGIE

Alliages du fer avec différents éléments. Accroissement de la résistance électrique (Barrett). *RSL.* 4 *Avril*, 480.

Cuivre. (Convertisseur pour). (Jannetaz). *IC.* *Fév.* 268.

— En Australie. *E.* 11 *Avril*, 483.

Fer et Acier. Procédé Johnson et Frier. *Cs.* 31 *Mars*, 400.

— Hauts fourneaux d'Élira. *Ge.* 5 *Avril*, 373.

Plomb et zinc. (Production des). *E.* 28 *Mars*, 415.

MINES

Cuivre. Province de Québec, Canada. *Eam.* 22 *Mars*, 411.

Diamants. A la Guinée britannique. *Eam.* 15 *Mars*, 375.

Ecite-mollettes. Wodrada. *Ge.* 5 *Avril*, 383.

Harcuse Mavor et Coulson. *Ri.* 29 *Mars*, 128.

Houille. Ressources de l'Inde (Wyndham). *SA.* 21 *Mars*, 371.

— Colombie britannique. *Eam.* 22 *Mars*, 408.

Lampe à essence Wolf. *AM. Nov.*, 493.

Plaque tournante réglable Best, pour plans inclinés. *Ge.* 5 *Avril*, 384.

Perforatrices. Durkee, Hercules, Siemens et Halske, Koch, Sergeant et Prellwitz. Eisebeis. *RM. Mars*, 293-298.

Tonkin. Provinces chinoises voisines. Étude géologique et minière (Leclerc). *AM. Nov.*, 405.

Traction par air comprimé. *Eam.* 15 *Mars*, 376.

Or. Mines de Bendego, Queensland. *Eam.* 29 *Mars*, 441.

— — de Minas Geraes (Brésil). *Histoire*, *id.*, 447.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AGRICULTURE

RAPPORT présenté par **M. L. Lindet**, au nom du *Comité d'Agriculture* SUR
LA MACHINE A RAFFINER LE SUCRE D'UNE FAÇON CONTINUE PAR **M. Prangey**.

L'emploi du sucre en cristaux, tel qu'il sort de la sucrerie, n'a pu prévaloir contre l'usage du sucre en morceaux, dit « raffiné ».

Notre grande industrie agricole sucrière, et bien que le raffinage du sucre soit presque tout entier entre les mains de grands industriels, a donc à se préoccuper de la mise sous forme de morceaux, du sucre qu'elle produit. Quelques fabricants d'ailleurs sont déjà raffineurs; d'autres, appelés à augmenter l'importance de leur production, peuvent le devenir un jour; c'est en se plaçant à ce point de vue que le Comité d'Agriculture de votre Société a été appelé à examiner la machine à raffiner continue de M. Prangey, dont la description fait l'objet du présent rapport.

Le moulage des masses cuites obtenues par l'évaporation, en raffinerie, des sirops purifiés et clarifiés, comporte une série d'opérations dépendantes sans doute les unes des autres, mais exécutées successivement et dans des postes différents. La masse cuite est moulée dans des caisses cylindriques, munies de cloisons verticales; ces caisses sont descendues dans l'intérieur de puissantes turbines; la masse cuite, prise par le refroidissement, se *purge* de son sirop d'égout, sous l'influence de la force centrifuge. Dans la turbine

même on *clairce*, c'est-à-dire que l'on fait filtrer à travers les plaquettes deux sirops successifs, saturés de sucre. Puis on démoule, on sèche les plaquettes, on les *lingote*, c'est-à-dire qu'on les scie en lingots, et enfin on casse ces derniers en morceaux.

La machine imaginée par M. Prangey est une machine continue. Elle comporte trois parties essentielles : 1° un tablier sans fin métallique, sur lequel la masse cuite, délivrée en tête, se solidifie en une nappe continue ; 2° une table sur laquelle cette nappe est fendue en lingots, puis cassée ; 3° un second tablier sans fin, où le sucre est cassé, puis est séché.

Dans son ensemble, par sa fonction, la machine de M. Prangey, rappelle la machine à fabriquer le papier. C'est par simple égouttage en effet, puis par succion, que la masse cuite se purge de son sirop d'égout, comme la pâte à papier se feutre sur la toile métallique. Comme dans la machine à papier, le produit fabriqué est séché sur la machine même, et en queue du travail.

Le tablier sans fin sur lequel la nappe de masse cuite s'étale a 16 mètres de long ; c'est une courroie métallique perforée, animée d'un mouvement de translation de 50 centimètres par minute. La masse cuite, convenablement épaissie et chaude, y est distribuée en tête par une caisse sans fond, dont la partie inférieure est distante de la table de la hauteur que l'on veut donner à la plaquette. Le distributeur est à double paroi pour la circulation de la vapeur ; il est muni à l'intérieur d'agitateurs de façon que la masse reste homogène. La nappe de masse cuite, limitée en largeur, comme dans la machine à papier, par deux conducteurs parallèles et distants de 75 centimètres, avance lentement. Elle subit l'action d'un racloir qui en polit la surface, puis d'une brosse rotative. Pendant le trajet, elle s'égoutte, passe au-dessus des caisses à vide qui achèvent de la purger. L'égouttage est immédiatement suivi de clairçages et de suçages. La coulée de sucre, privée maintenant de son sirop d'égout et refroidie, est devenue solide. Elle continue son chemin et se dirige vers l'appareil qui doit la débiter en morceaux.

Mais avant de procéder à ce débit, il convient de sécher légèrement la plaque de sucre, de façon à éviter que les morceaux séparés ne viennent à se ressouder sous l'influence du sirop dont ils sont encore imprégnés.

L'étuvage a lieu sur le tablier sans fin lui-même, par la filtration, à travers la plaque de sucre, d'un courant d'air chaud et sec. A ce moment, celle-ci quitte le tablier sans fin et tombe sur un appareil à scies rotatives

qui la débite en lingots continus. Ces lingots sont ensuite soumis à l'action d'un casseur.

L'étuvage des morceaux doit être complété : car ceux-ci ne pourraient être, en l'état où ils sortent du casseur, livrés à la consommation. Cet étuvage se continue sur un autre tablier sans fin de 17 mètres de long. Mais celui-ci est animé d'un mouvement de translation plus rapide que celui qui a apporté la plaque au casseur. Dans ces conditions, les morceaux entraînés conservent leur alignement transversal, mais chaque rangée arrive à se séparer de la rangée suivante, et ne peut désormais rester soudée à celle-ci. C'est encore au moyen de courants d'air chaud et sec, traversant le tablier sans fin de haut en bas, que l'on parvient à sécher les morceaux de sucre.

Arrivés à l'extrémité de l'appareil, les morceaux sont déposés par le tablier sans fin sur une table métallique immobile, où ils se rangent et se serrent les uns contre les autres, reconstituant la bande continue, telle qu'elle existait au sortir du casseur. Il ne reste plus alors qu'à placer les morceaux dans les caisses d'emballage.

Les machines de M. Prangey ont fait leurs preuves ; installées en 1896 à la Raffinerie parisienne, elles n'ont cessé de fonctionner qu'à la fermeture de l'usine (1901). Elles fournissent 500 kilogrammes de raffiné cassé à l'heure, soit 10 000 kilogrammes par jour. La conduite d'une machine exige deux ouvriers et un graisseur surveillant.

Le Comité d'Agriculture vous propose de remercier M. Prangey de sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

Signé : LINDET, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 mai 1902.

ARTS ÉCONOMIQUES

RAPPORT fait par **M. Toulon** au nom du *Comité des Arts économiques* SUR
LA CHAPE BASCULANTE POUR FACILITER L'ACCROCHAGE DES POULIES SUR
LE FIL DES TROLLAYS. APPAREIL INVENTÉ PAR **M. Martial Jacob**.

Dans les applications de la traction électrique par trolley, où la prise de courant s'effectue à l'aide d'une longue perche terminée par une poulie, il est parfois difficile de mettre en prise cette poulie sur le fil qui distribue le courant.

M. Martial Jacob a imaginé une disposition simple pour remédier à cet inconvénient et a présenté son appareil à la Société d'Encouragement.

Les difficultés d'accrochage de la poulie résultent de ce que la gorge n'est pas assez large, et de ce que la roue peut prendre diverses orientations dans un plan vertical et, par suite, ne se trouve pas, en général, parallèle au fil. Le dispositif inventé par M. Martial Jacob et représenté sur le dessin ci-contre, consiste essentiellement en une chape basculante tournant autour de l'âme de la poulie, et solidaire de deux guides en forme de V.

La chape est maintenue par un ressort en spirale de telle sorte que les branches du V, placées de part et d'autre de la gorge de la poulie, restent normalement dans une position horizontale. La corde qui sert à manœuvrer la perche portant la poulie passe sur un rouleau de guidage et s'attache à l'arrière de la chape basculante. Il en résulte que, lorsqu'on exerce une traction de haut en bas sur la corde, la chape se redresse; les branches du V prennent une position verticale. Il devient donc facile d'amener les branches du V largement ouvert à embrasser le fil qui est conduit au fond de la gorge de la poulie. A ce moment, la corde de manœuvre est abandonnée à elle-même; le ressort antagoniste de la chape ramène les branches du V dans une position horizontale et les empêche ainsi de rencontrer les supports du fil.

Le ressort qui maintient la chape doit être suffisant pour résister au poids de la corde, et plus faible que les ressorts puissants qui tendent à retenir la perche portant la poulie.

Il y a lieu de remarquer que la rupture de ce petit ressort est sans inconvénient; les branches du V qui resteraient verticales seraient simple-

ment renversées au passage des supports du fil du trollay dans la marche en avant, sans qu'il en résulte aucun incident fâcheux.

L'appareil de M. Martial Jacob est simple et paraît présenter un per-

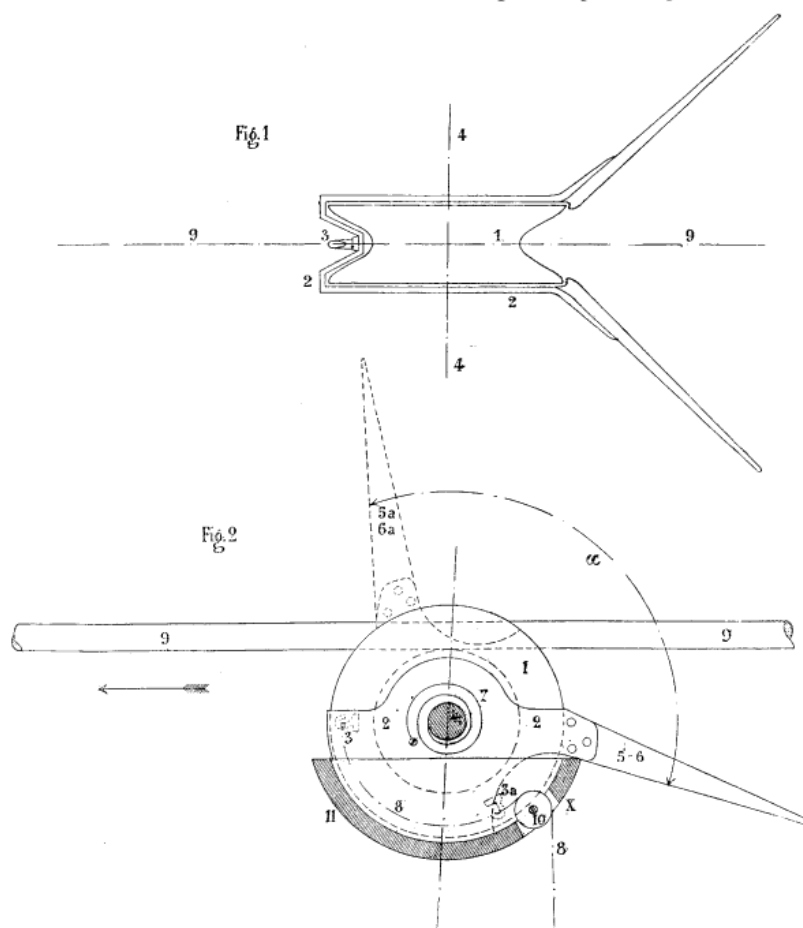


Fig. 1 et 2.

fectionnement notable sur les dispositions qui ont été précédemment étudiées pour atteindre le même résultat.

Le Comité des Arts économiques vous propose, en conséquence, de remercier M. Martial Jacob de son intéressante communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* avec le dessin qui l'accompagne.

Signé : P. TOULON, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 mai 1902.

AGRICULTURE

LE SOL ET LES SYSTÈMES DE CULTURE, par **M. Hitier** (1).

Lorsque l'on voyage en France, sans être même le moins du monde agriculteur, il est impossible de ne pas être frappé de la diversité des systèmes de culture que l'on y rencontre.

Ici, ce sont des champs de céréales ou de betteraves s'étendant à perte de vue. Là, au contraire, ce sont des herbages occupant exclusivement tout le pays, et en vain y chercherait-on le plus petit coin de terre en labour. Ailleurs, ce sont des vignes couvrant non seulement les coteaux mais encore les plaines qui s'étendent au pied de ces coteaux.

Pourquoi, et souvent dans des pays très rapprochés les uns des autres, des systèmes de culture si différents ?

Les systèmes de culture varient non seulement avec les nombreux faits que l'on a réunis sous les noms de climat et de sol, mais aussi avec les faits économiques.

Sol, climat, conditions économiques, tels sont, en effet, les trois facteurs principaux, suivant lesquels varient et doivent varier les systèmes de culture.

Nous n'avons aucun pouvoir sur le climat nous sommes donc obligés de l'accepter tel qu'il est, c'est à nous de limiter nos cultures à celles-là seulement que le climat de notre région permet.

En ce qui concerne le *sol*, il semblerait, au contraire, que le pouvoir de l'homme fût aujourd'hui beaucoup plus étendu. L'agriculteur n'est-il pas le maître du sol ? Ne possède-t-il pas les moyens de le modifier à son gré, dans une large mesure tout au moins, au point de vue de ses propriétés physiques comme au point de vue de ses propriétés chimiques ?

Assainir un terrain, le drainer s'il est trop humide ; y amener de l'eau au contraire, l'irriguer s'il est trop sec ; donner du corps à une terre trop meuble, alléger par contre une terre trop forte à l'aide du marnage. Ne sont-ce pas là des opérations faciles à réaliser, et, aujourd'hui de pratique courante ?

Plus faciles encore semblent les améliorations à faire pour ce qui est des propriétés chimiques des terres. Grâce aux données précises de la physiologie végétale et de la chimie agricole, grâce aux nombreuses analyses de terres qui

(1) Conférence du 28 février 1902.

ont été effectuées et dont les résultats ont été corroborés par ceux des champs d'expériences, nous savons aujourd'hui quels sont les éléments que doit renfermer une bonne terre arable, et, à l'aide des engrais, nous savons compléter le sol dans lequel un ou plusieurs de ces éléments seraient en quantité insuffisante.

Au point de vue purement matériel, donc, de telles modifications et améliorations des terres sont possibles. Mais cela ne suffit pas. Il faut encore qu'elles le soient au point de vue économique : c'est même là le fond de la question.

Il ne s'agit pas de faire de l'agriculture avec de l'argent, mais il s'agit de faire de l'argent avec l'agriculture.

Aussi, plus que jamais aujourd'hui, l'agriculteur doit limiter ses systèmes de cultures à ceux qui conviennent aux conditions naturelles du climat et du sol du pays où il est. C'est là, en effet, un des meilleurs moyens, sinon le meilleur pour lui, d'arriver à réduire, autant que faire se peut, les prix de revient de ses différents produits. Cette réduction dans les prix de revient est plus que jamais, à l'heure actuelle, une nécessité pour l'agriculture. Les conditions économiques l'imposent.

Si aujourd'hui, par suite de la multiplicité des voies de communications : routes, chemins de fer, canaux, et de la facilité des transports, il y a uniformité presque absolue dans les prix des divers produits, d'un point à l'autre de la France, aux siècles passés, il n'en était pas de même. La difficulté, la cherté des transports, ne permettaient pas souvent, ou à un prix très élevé, l'échange des produits entre les diverses régions de la France. Aussi, il y avait alors certaines cultures que l'on était en quelque sorte obligé de pratiquer là même où climat et sol ne leur étaient pas naturellement favorables.

C'est ainsi que dans la Somme, l'Oise, et certaines parties de la Normandie, les chapitres des cathédrales, les abbayes, avaient tenté et établi la culture de la vigne : parce que les prêtres avaient voulu s'assurer du vin authentique pour la célébration de la messe.

C'est encore ainsi que sur les hauteurs du Massif central, dans les parties les plus froides et les plus arides de ces régions à sol pauvre, de grandes étendues relativement étaient consacrées à la culture des céréales, du seigle en particulier : il fallait, pour les habitants de ces pays, s'assurer le pain quotidien.

Très fréquemment, et encore au début du XIX^e siècle, on vit de grandes différences entre les prix du blé et du pain par conséquent, suivant les diverses régions de la France. En 1817, alors que l'hectolitre de blé valait 32 francs dans les Deux-Sèvres, le prix s'en était élevé à 87 francs dans le Haut-Rhin ; on comprend dans ces conditions l'intérêt qu'avait l'agriculteur lorrain à faire du blé sur les marnes et les argiles des terrains du lias et du trias, quelque coûteux que soient la culture, les labours et autres façons aratoires dans de tels terrains.

Mais aujourd'hui, avec la facilité des moyens de transport et l'uniformité des prix dans toute la France, qui en est la conséquence, de telles cultures, contraires au sol et au climat, *n'ayant plus la nécessité pour cause* doivent être abandonnées parce qu'elles ne sont pas économiques.

Il ne faut pas que l'agriculteur ait comme adversaires le sol et le climat, mais au contraire que ce sol et ce climat soient ses alliés, étant favorables au système de culture qu'il entreprendra.

Donc, nous arrivons à cette conclusion : systèmes de culture adaptés aux conditions naturelles du sol et du climat de chaque région naturelle.

Et ainsi, comme le faisaient déjà prévoir Dufrenoy et Élie de Beaumont, dans leur magistrale introduction à la carte géologique de la France, malgré les chemins de fer, les transformations industrielles, les progrès de toute nature, chaque région naturelle, chaque pays tend de plus en plus à se spécialiser, à se distinguer de ses voisins. Les caractères distinctifs des régions naturelles sont rendus plus apparents; plus facilement on peut les comparer, mieux saisir leurs dissemblances.

Les noms propres pour les désigner, qu'une longue habitude avait affectés à cet usage, loin de s'effacer, prennent un sens de plus en plus déterminé.

Des facteurs naturels : sol, climat, relief, caractérisant une région naturelle donnée, et y déterminant tel ou tel système de culture, je voudrais ici essayer de préciser le rôle souvent prépondérant que joue le sol, ou pour mieux dire la constitution géologique du sol.

J'ai choisi un tel sujet parce que j'ai été et je reste toujours l'élève de M. Risler, de celui qui, incontestablement, a le plus contribué en France à nous montrer, en même temps que l'intérêt théorique, toute l'importance pratique de pareille étude pour l'agriculture.

En France, a dit M. Risler, il y a pour ainsi dire autant de systèmes de culture qu'il y a d'anciennes dénominations comme la Brie, la Beauce, le Vexin, le pays de Caux, le Bocage.

C'est dans la constitution géologique du sol qu'il faut chercher les raisons de ces dénominations spéciales. Le bon sens des paysans a devancé la science, ajoutait Antoine Passy, il a distingué par un nom particulier chaque étendue offrant le même aspect, la même culture.

Qu'il me suffise de rappeler ici quelques-unes des causes principales de ces rapports étroits qui existent entre la constitution géologique d'un pays et les systèmes de culture que l'on y suit.

Tout d'abord, dans cet ordre d'idées, il faut se préoccuper du *régime des eaux* d'un pays.

Abondance ou rareté des sources, présence ou absence de nappes d'eaux souterraines continues dans le sous-sol, profondeur à laquelle se maintient

cette nappe d'eau, perméabilité des terrains. Ce sont là toutes conditions qui dépendent étroitement de la constitution géologique du pays.

Or ce régime des eaux a une influence non seulement sur le choix des plantes à cultiver : céréales ou prairies naturelles, sur le mode de culture : à plat ou en billons, sur le choix de telle ou telle espèce animale à entretenir de préférence : bœufs ou moutons, etc.; mais ce régime des eaux entraîne une répartition différente dans le groupement des habitations rurales : en villages ou en fermes isolées; et par là même le régime des eaux a une influence manifeste sur la division, le morcellement de la propriété, sur les mœurs mêmes des cultivateurs.

Dans les pays à sous-sol perméable, là où les sources sont rares, situées seulement dans le fond des vallées principales, là encore où, sur les plateaux, l'eau du sous-sol n'est atteinte par des puits qu'à une profondeur de 60 à 100 mètres, en Champagne, en Bourgogne, en Picardie, etc., vous trouvez toutes les fermes groupées en villages, se succédant très rapprochés les uns des autres, le long des vallées où coulent les rivières ou bien encore sur les plateaux, groupées en villages resserrés autour d'un puits communal, d'une mare communale.

Chaque cultivateur de ces villages a tenu à avoir un coin de pré dans la vallée qui lui assurerait le fourrage nécessaire pour nourrir son bétail; s'il est sous un climat qui permette la culture de la vigne, son plant de vigne sur le coteau, sur le plateau enfin ses champs le plus près possible pour pouvoir les cultiver, les fumer, en ramener les récoltes aux moindres frais. — De là, un morcellement très grand des terres, une valeur très différente de ces mêmes terres suivant leur distance du village; les champs trop éloignés étant forcément laissés incultes ou formant par exemple des savarts comme dans la Champagne.

Là au contraire où, par suite de la constitution géologique du sol, les sources sont nombreuses dans un pays, là encore où, à quelques mètres seulement de profondeur, on trouve toujours de l'eau, comme dans les pays granitiques par exemple, dans les marnes et sables de l'infracrétacé du nord de la France, en Limousin, en Bretagne, dans le Morvan, le Boulonnais, le pays de Bray, etc., l'agriculteur a sa ferme, son habitation, ses bâtiments, au centre même des terres qu'il cultive. Le village dans de telles régions se compose de l'église, de la mairie, de l'école, de quelques maisons, épicerie, etc., puis sur toute l'étendue du territoire de la commune sont disséminées les fermes. Le morcellement de la propriété alors est inconnu ou est beaucoup moins grand.

Il existe enfin, entre les formations géologiques et la végétation, des rapports étroits qui s'expliquent par ce fait : qu'une même formation géologique donne naissance en général à des terres agricoles de qualités analogues, parce qu'elles contiennent les mêmes éléments dans des proportions à peu près uniformes.

C'est ce que M. Risler a mis d'une façon si nette en évidence dans ses études

de géologie agricole. C'est en s'appuyant sur ce principe qu'aujourd'hui sont basées en France toutes les cartes agronomiques et que, suivant l'exemple donné par la France, on les fait dans les pays étrangers.

Le succès des cartes ainsi faites, les résultats pratiques qu'elles ont donnés sont la *démonstration expérimentale* en quelque sorte de cette liaison intime entre les caractères géologiques et agricoles d'une même formation géologique.

Ainsi d'une part deux pays à constitution géologique différente présentent, par ce fait même, aussi bien dans leur aspect extérieur, dans leurs sols que dans les systèmes de culture que l'on y suit, des différences profondes.

Par contre, deux pays, situés en France, ou l'un en France, l'autre à l'étranger, si éloignés soient-ils, s'ils ont la même constitution géologique, présentent avec le même aspect extérieur, le même groupement des habitations, la même terre et les mêmes systèmes de culture.

Ce sont ces deux points que je voudrais essayer de préciser devant vous en vous faisant parcourir, m'aidant d'un certain nombre de projections, quelques-unes des régions naturelles de la France. Prenons, par exemple, la Picardie, le Bray, le pays de Caux, trois pays ayant le même climat, très voisins les uns des autres, mais d'une constitution géologique différente, et voyons comment y varient les systèmes de cultures.

La Picardie. — Ceux qui ne connaissent la Picardie que pour l'avoir traversée en chemin de fer, soit en se rendant de Paris à Calais, par Amiens et Abbeville, ou de Paris à Lille par Longueau, seraient tentés de croire que la Picardie est une région essentiellement humide et même marécageuse. Les vallées de la Noye, de l'Arve, de la Somme, que suit en effet la ligne de chemin de fer, sont couvertes de tourbières, de prés marécageux qu'ombragent de longues files de peupliers, et en été, le feuillage de ceux-ci est tellement sombre et épais qu'il cache les coteaux crayeux et secs qui s'étendent au delà de ces vallées. Celles-ci sont bien le type des vallées des bassins essentiellement perméables qu'a décrites M. de Lapparent; jalonnées par une ligne ininterrompue de saules, de peupliers, de trembles, de frênes, d'ormes et de bouleaux, dont les racines sont assises dans un terrain plat aquifère et tourbeux, formant le contraste le plus frappant avec l'aspect aride et dénudé des côtes crayeuses environnantes.

C'est dans le fond de ces vallées principales et dans ce fond seulement que la nappe d'eau souterraine affleure, donnant lieu à des sources qui, sourdent au fond même souvent des marais tourbeux.

Mais en vain chercherait-on ces sources ou le moindre ruisseau dans les nombreuses vallées de profondeur moindre qui sillonnent les terrains de craie formant le sous-sol et le sol même d'une grande partie de la Picardie, de

l'Amiénois par exemple, ou sur ces plateaux de limon surmontant la craie et couvrant toute la fertile *région du Santerre*.

C'est précisément cette absence de sources, de ruisseaux qui a déterminé le système de culture que nous trouvons en Picardie. Toutes les exploitations agricoles sont groupées invariablement en villages, très resserrés autour de deux ou trois puits profonds, qui sont des puits communaux, et autour d'une mare commune, et tous ces villages présentent un même aspect, très caractéristique.

Le long de la rue l'on n'aperçoit que des granges, percées d'une grande et

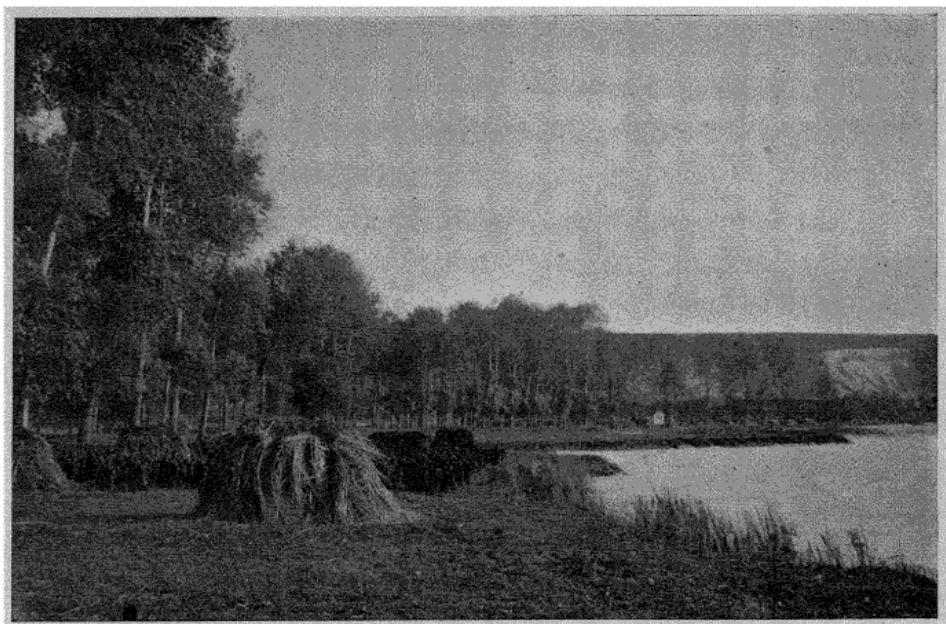


Fig. 1. — La vallée de la Somme à Long. Marais tourbeux.

haute porte cochère qui donne passage aux tombereaux, aux bêtes et gens dans de l'intérieur de la ferme. Perpendiculairement à la grange et à la rue, sur les côtés la cour de ferme, se trouvent les écuries et les étables; dans le fond de cette cour, la fermant, et parallèlement à la grange, la maison du cultivateur. Derrière cette maison le jardin potager, prolongé souvent par un plant garni de pommiers, ce qui de loin fait paraître le village picard comme établi au milieu d'un bois. Mais en dehors précisément de cette ceinture d'arbres tout autour du village, plus un arbre dans la plaine qui est couverte uniformément de céréales, prairies artificielles, plantes racines, dans le Santerre par exemple de vastes champs de betteraves à sucre. De-ci de-là, un moulin à vent se dresse seul, interrompant

la monotonie de ces plaines. Le sol formé par du limon d'une épaisseur souvent de plusieurs mètres, reposant sur la craie blanche, est le type de la terre franche, de la bonne terre à céréales et à betteraves, et du reste n'est-ce pas sous ce nom même, terre à betteraves ou encore terre à briques, que l'on désigne le limon des plateaux dans le nord de la France ?

Pays à céréales et à plantes industrielles, ce n'est pas, par contre, un pays d'élevage pour les bêtes bovines ou les chevaux ; seul l'élevage du mouton est



Fig. 2. — Village picard. Une rue.

à sa place sur ces terrains secs de la craie. — La prairie naturelle ne peut y réussir, elle se dessèche régulièrement tous les étés.

Dans la région de l'Amiénois la culture industrielle de la betterave est peu répandue (le limon ne surmontant pas la craie ou toujours n'y ayant qu'une faible épaisseur). Là par conséquent il n'y a pas de façons aratoires trop pénibles comme les labours de défoncement, les charrois de betteraves ; le sol d'autre part relativement léger se travaille facilement ; aussi le cultivateur emploie avec grand profit comme animaux de trait de jeunes chevaux, nés dans le Boulonnais, et qu'il a achetés aux foires d'automne du Pas-de-Calais (Marquise et autres), à l'âge de 18 mois ; il les dresse et les fait travailler jusqu'à l'âge de

5 ans; il les revend alors pour le service de camionnage des grandes villes.

Le pays de Bray. — Dirigeons-nous maintenant d'Amiens à Rouen en suivant la grande route qui passe par Poix, Aumale, Neufchâtel. La même succession de plateaux, de plaines doucement ondulées, à fond de craie, s'offre à nous de la vallée de la Somme à celle de la Bresle, et au delà de celle-ci jusque vers la vallée de la Béthune. Mais là, changement brusque et inattendu du paysage,



Fig. 3. — Village picard. Le puits communal.

lorsqu'on est arrivé par une pente assez rude au sommet de la côte qui domine la ville de Neufchâtel et ses environs.

De cette crête rectiligne « *le regard* » plonge en effet sur une grande dépression dont le large fond, au lieu d'être plat comme celui des vallées principales, présente une série de protubérances, enchevêtrées sans ordre apparent. — Ces éminences, comme tout ce qui garnit le fond de la dépression, sont sillonnées de petits vallons, couverts de bois et de pâturages, et offrant un aspect des plus riants; et cet aspect se poursuit en face de l'observateur sur une étendue de plusieurs kilomètres. Mais au moment où, en raison de la distance, les contours ondulés

des collines commencent à se voiler d'une légère brume on voit se dresser au delà, comme fond de tableau, une sorte de muraille continue dont la crête exactement horizontale forme la ligne d'horizon du paysage » (de Lapparent).

L'espace compris entre ces deux escarpements et qui produit au premier abord l'impression d'une large vallée profondément encaissée entre deux lignes de talus abrupt, c'est le pays de Bray, la boutonnière de Bray. Nullement une vallée, mais, comme le dit de M. Lapparent, une *échancrure spéciale*, une profonde



Fig. 4. — Village picard. Mare communale.

et large tranchée, au fond très irrégulièrement accidenté, ayant en gros la forme d'une demi-ellipse, qui se termine en pointe d'un côté à Saint-Waast entre Dieppe et Neufchâtel, et de l'autre au hameau de Tillard, près de Noailles, au sud de Beauvais.

Les falaises qui bordent le pays de Bray sont formées par la *craie blanche du sénonien* reposant sur la *craie marneuse* et la *craie cénomaniennne* ; à leur pied dans la vallée de Bray proprement dite, on rencontre les terrains infracrétacés et du jurassique supérieur : ce sont des *bandes de glaise* à l'état de marne compacte ou d'argile pure, au contact desquelles débouchent de nombreuses sources alimentées par les eaux des terrains crétacés supérieurs, et du reste tout le long de

cette falaise, à proximité de ces sources, se sont établis des villages; puis ce sont les *argiles du Gault*, les *sables verts*, les *glaises panachées* avec leurs gisements de grès ferrugineux, d'argiles à poteries, ainsi que les précieux dépôts d'argile réfractaire et de terre à poterie du Néocomien, qu'exploite depuis longtemps l'industrie (Forges). — Puis dans le Haut-Bray, ce sont les sables, marnes et grès ferrugineux du *Portlandien*, les grès calcarifères, marnes et argiles à lumachelles du *Kimmeridgien*.



Fig. 5. — Les alentours d'un village picard. Jardins et plants derrière les maisons.

Somme toute, prédominance de marnes et d'argiles, absence de roches dures. Les sources et ruisseaux sont disséminés un peu partout, et dans tous les cas à quelques mètres seulement de profondeur trouve-t-on toujours une nappe d'eau. Aussi, ici, plus de villages agglomérés. Partout des fermes isolées dont les bâtiments ont été construits au centre même des terres qui en dépendent. Par le fait même de la nature du sol, la prairie convient tout naturellement à ce terrain de consistance boueuse, et ce sont des prairies et des herbages qui occupent d'une façon exclusive tout le pays de Bray. En vain chercherait-on dans une des fermes du vrai Bray la plus petite parcelle en terre arable. Chaque

exploitation est divisée ordinairement en trois parties à peu près d'égale étendue, un tiers en verger couvert de pommiers au milieu desquels le plus souvent se trouvent les bâtiments ; un tiers en herbages pâturés ; le dernier tiers étant en prés dont on fauche chaque année la première coupe et dont la seconde à son tour est pâturée à l'automne.

Sur ces herbages on n'entretient guère que des vaches laitières dont le lait sert à fabriquer le fromage de Neufchâtel, le beurre de Gournay, ou est vendu aux usines du pays (lait condensé), ou encore expédié sur Paris pour la vente



Fig. 6. — Herbages du pays de Bray.

en nature. (Rapport de M. Vincey : en 1895. 1 300 tonnes de lait ont été expédiées de Forges-les-Eaux sur Paris; 2 200 tonnes de la gare de Neufchâtel, 432 kilomètres de Paris.)

Dans ces riches herbages du Bray, on entretient une vache par hectare ; dans certains dits bouveries, on engraisse des génisses ou des vaches, 3 facilement sur 2 hectares pendant l'été.

Mais c'est le lait d'une part et la vente des pommes ou du cidre de l'autre qui sont les principales ressources des cultivateurs (1).

(1) Il y a lieu de regretter l'absence d'associations agricoles dans un tel pays, où cependant elles pourraient rendre de si grands services, sous forme de syndicats d'élevage, de sociétés

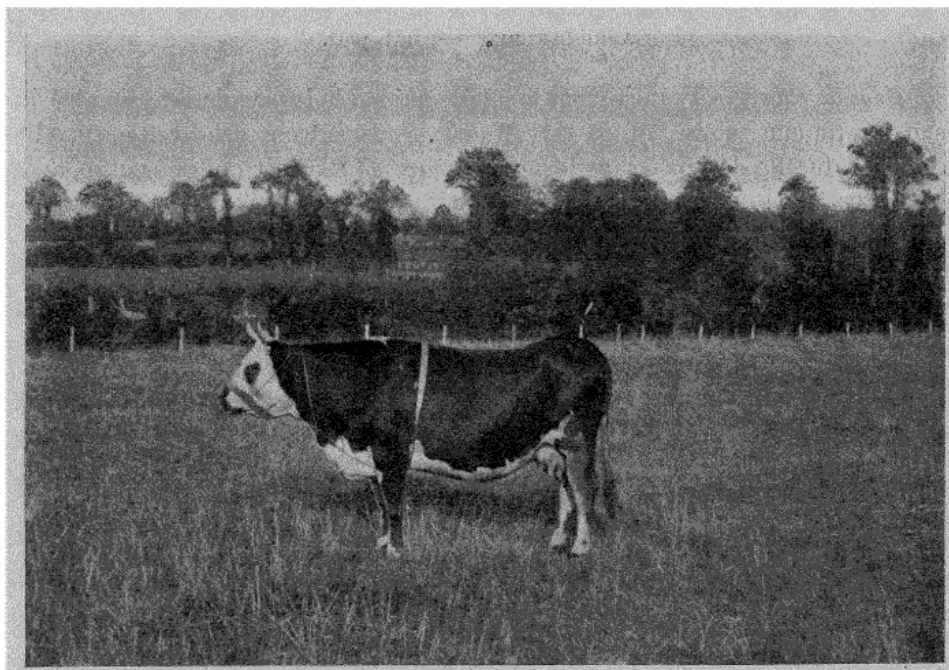


Fig. 7. — Vache avec la bricole normande dans un herbage du pays de Bray.

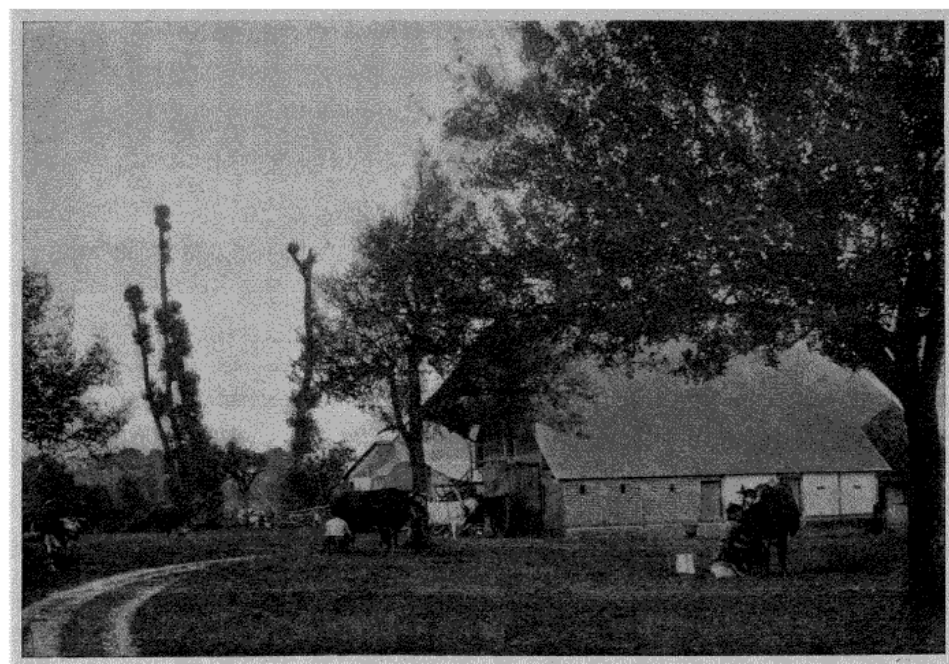


Fig. 8. — Ferme du pays de Bray.

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Mai 1902.

39

Pays de Caux. — Franchissons la falaise qui borde le pays de Bray du côté du sud, continuons notre voyage vers Rouen. Nous entrons dans cette nouvelle région naturelle désignée sous le nom de *pays de Caux* et qui nous offre, avec

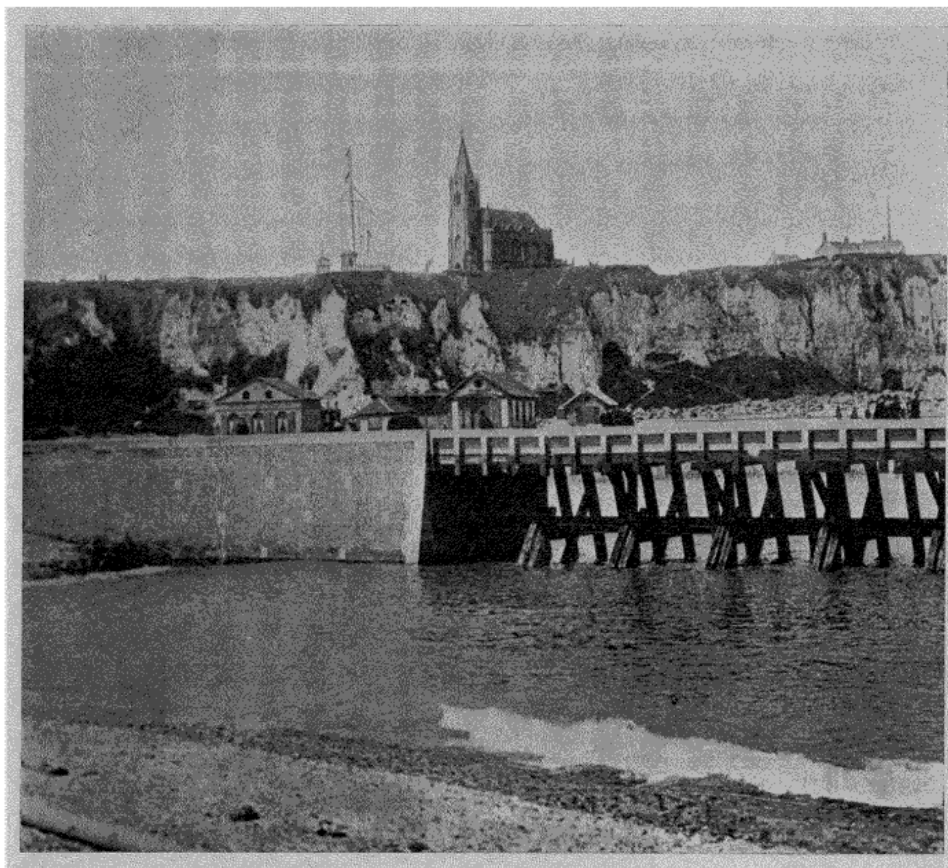


Fig. 9. — Les falaises de craie du pays de Caux.

une nouvelle constitution géologique, différente des précédentes, un aspect nouveau et de nouveaux systèmes de culture.

d'assurances contre la mortalité du bétail, d'association pour la vente des beurres, des fromages à Paris ou à Londres.

Les herbagers du Bray connaissent bien la différence qui existe entre les herbages de leur riche et plantureux pays et ceux que l'on a tenté de créer sur les plateaux du pays de Caux ou de la Picardie; quand ils veulent engraisser des vaches ou des bouvillons, ils ont soin de s'inquiéter d'où vient l'animal. Celui qui vient des *hauteurs* (expression locale qui désigne les fermes des plateaux supérieurs) *profite* beaucoup plus rapidement mis dans les herbes fraîches et épaisses du Bray auxquelles il n'a pas été habitué que l'animal élevé dans une ferme de la vallée.

C'est encore, comme en Picardie, la craie qui forme le sous-sol de tout le pays de Caux; c'est elle qui constitue ces hautes falaises qui se dressent tout le long de la côte de Dieppe au Havre; c'est encore la craie que nous retrouvons au flanc des vallons secs et souvent sans eau du pays de Caux que l'on a nommés les valleuses. Là encore, les sources, les rivières, dans ce pays essentiellement perméable, n'apparaissent que dans les vallées les plus profondes. Aussi est-ce dans ces vallées que les industries textiles, si répandues en Normandie, se sont concentrées, les usines abondent dans ces profondes vallées aux eaux limpides,



Fig. 10. -- La mesure du pays de Caux. (Vue extérieure.)

filtrées et régularisées par la craie. Quant aux plateaux, ils sont voués exclusivement à l'agriculture.

Mais ici, à l'encontre de ce que nous avons vu en Picardie, les fermes ne sont pas agglomérées en village, elles sont au contraire éparses sur les plateaux; les bâtiments cachés à l'intérieur de ces mesures, qui de loin apparaissent comme de petites oasis de verdure, rompant agréablement la monotonie de la plaine nue toute en terre de labour.

Pourquoi ici des fermes isolées? C'est que, au-dessus de la craie, l'on trouve un dépôt, très régulier dans tout le pays de Caux, ayant le plus souvent une épaisseur de plusieurs mètres: l'argile à silex, composée de débris de silex de toutes dimensions empâtés dans une argile plus ou moins sableuse, mais toujours assez compacte pour que, damée sans grands frais, la mare percée dans

cette argile retienne l'eau. Chacune de ces fermes a donc pu avoir sa mare dans sa mesure.

Rien n'est caractéristique et typique comme la mesure normande. Les divers bâtiments de la ferme, habitation du cultivateur, écuries, étables, granges, pressoir, four, etc., sont disséminés au milieu d'un grand verger de pommiers, clos de toutes parts par un talus de 1^m,50 à 2 mètres de haut, sur lequel s'élève une

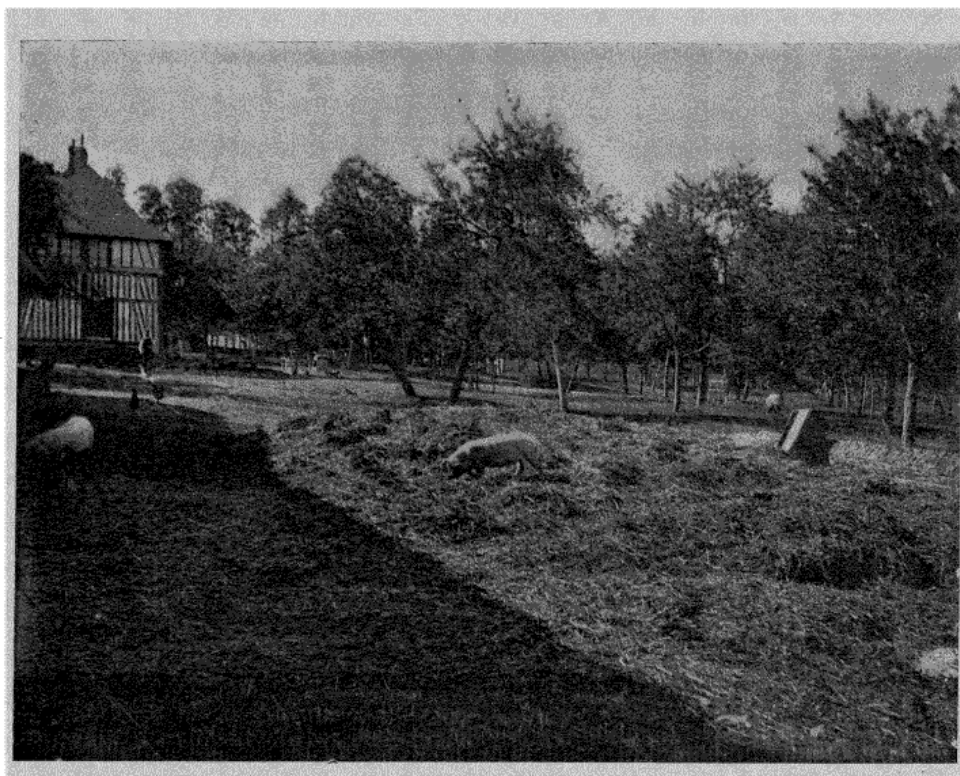


Fig. 11. — L'intérieur d'une mesure dans le pays de Caux.

double ou triple ceinture de grands arbres, ormes ou hêtres, qui protègent, contre le vent, très violent sur ces plateaux, habitants, animaux et surtout les pommiers qui, sans l'abri de ces rideaux, ne pourraient nouer; or le pommier donne le cidre, la boisson du Normand. Tout autour de cette mesure, avons-nous dit, s'étendent les champs de l'exploitation. Ceux-ci sont occupés presque exclusivement par des céréales : blés, avoines, orges et par des prairies artificielles : trèfle violet surtout et trèfle incarnat.

Les cultures industrielles, si répandues en Picardie, de la betterave de sucrerie et de distillerie, n'ont pu ici s'établir, ou sont l'exception, et cela précisé-

ment à cause de cette argile à silex que l'on rencontre toujours à une faible profondeur sous la couche peu épaisse de limon qui forme le sol; les racines de la betterave deviennent vite fourchues dans un tel terrain; de plus, les façons aratoires qu'exige sa culture, les binages, les sarclages, l'arrachage surtout y présentent de grandes difficultés. Aussi les champs de betteraves industrielles sont-ils très rares dans le pays de Caux.

La seule plante industrielle, qui jadis y était très cultivée, était le colza; aujourd'hui cette plante oléagineuse tend de plus en plus à être abandonnée, et dès

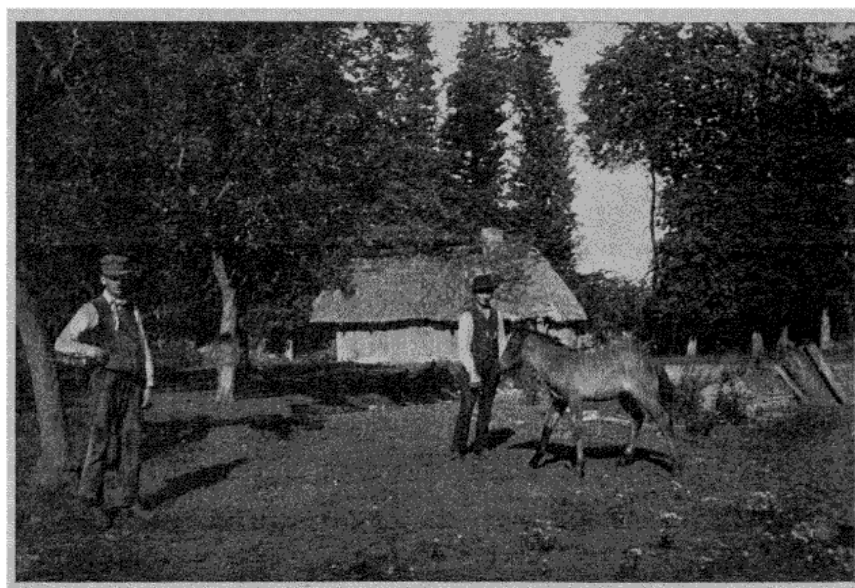


Fig. 12. — Intérieur d'une mesure dans le pays de Caux.

lors ce qui manque à l'agriculture du pays de Caux et en retarde les progrès, c'est une plante tête d'assolement qui permette de fumer copieusement le sol, de le nettoyer, etc. Les céréales reviennent trop souvent sur le même terrain.

Au point de vue du bétail et de l'utilisation de ses produits, faute d'eau en quantité et de qualité suffisante, on ne peut guère entreprendre l'industrie laitière. Mais on élève et engraisse, soit dans les prairies artificielles, soit à l'étable même, bœufs et moutons. On voit, pendant l'été, des champs de trèfle incarnat, trèfle violet pâturés par bœufs et vaches qui sont attachés au piquet nuit et jour. Mais ici encore le manque d'eau rend cette pratique, somme toute, assez dispendieuse. Il faut apporter plusieurs fois par jour dans des tonneaux de l'eau aux animaux au piquet. Ceux-ci boivent rarement à leur soif et plus rarement encore à leur heure quand ils le voudraient; ce sont là de mauvaises conditions pour

le bon entretien des animaux. Heureux encore quand la réserve d'eau de la ferme se maintient suffisante pendant l'été et quand le fermier n'est pas obligé de descendre dans la vallée même à la rivière, pour aller chercher l'eau.

Il serait facile de multiplier les exemples de diversité de ces systèmes de culture, conséquences directes de la diversité même des sols; il nous suffira d'en indiquer très rapidement encore quelques-uns pris dans un même départe-



Fig. 13. — Animaux au pâturage dans des prairies artificielles. (Pays de Caux.)

ment : Bocage, plaine de Caen, pays d'Auge sont trois régions naturelles bien distinctes du Calvados.

Le Bocage. — Avec ses granits, ses grès, ses schistes, ses phyllades qui se présentent plus ou moins plissés, souvent même redressés presque verticalement, la région de l'ouest-sud-ouest du Calvados est un pays très accidenté, d'aspect parfois sauvage; sur les hauteurs le rocher apparaît à nu, les bois sont nombreux sur le flanc des collines abruptes, garnies d'une maigre arène; c'est dans les bas-fonds, les dépressions que s'est accumulée la terre fine; l'eau y est encore trop souvent stagnante et nuit à la qualité des prés qui naturellement y couvrent le sol. Là même où les schistes et les granites, en se décomposant, ont

donné une plus grande épaisseur de terre végétale, par suite même de l'imperméabilité du terrain, les prairies naturelles dominant encore; celles-ci, comme du reste les quelques champs en labour, sont toujours entourées de haies touffues plantées de grands arbres; de là l'aspect si caractéristique du pays et le nom de Bocage sous lequel on le désigne.

La Plaine de Caen. — Tout autre est la région qui s'étend à l'est du Bocage au

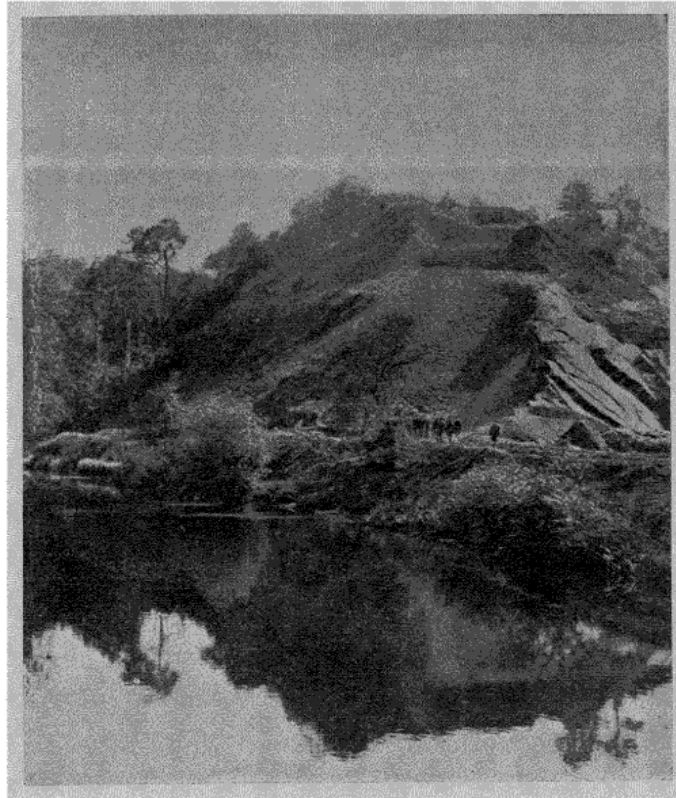


Fig. 14. — Le Bocage normand. Bords de l'Orne. Carrières de grès.

nord et au sud de Caen. A May même, on peut voir, reposant en stratification discordante sur les schistes redressés du silurien, les bancs horizontaux des premières couches du lias et du jurassique. Ce sont les couches calcaires et perméables du Bajocien et du Bathonien qui s'étendent sous toute la région de la plaine de Caen, lui donnent son caractère spécial, et y déterminent le système de culture que l'on y suit. Au lieu de collines plus ou moins abruptes coupées de vallées, une vaste plaine, avec des ondulations de terrain à peine sensibles. Plus de forêts, plus de prairies naturelles, mais des champs de céréales, de sainfoin,

de trèfle incarnat, de colza qui, par leurs nuances si variées au printemps, font ressembler ce pays à un immense tapis turc.

L'élevage des chevaux que l'on voit en été au piquet dans le sainfoin et le trèfle incarnat est la grande industrie agricole du pays : industrie dans laquelle on

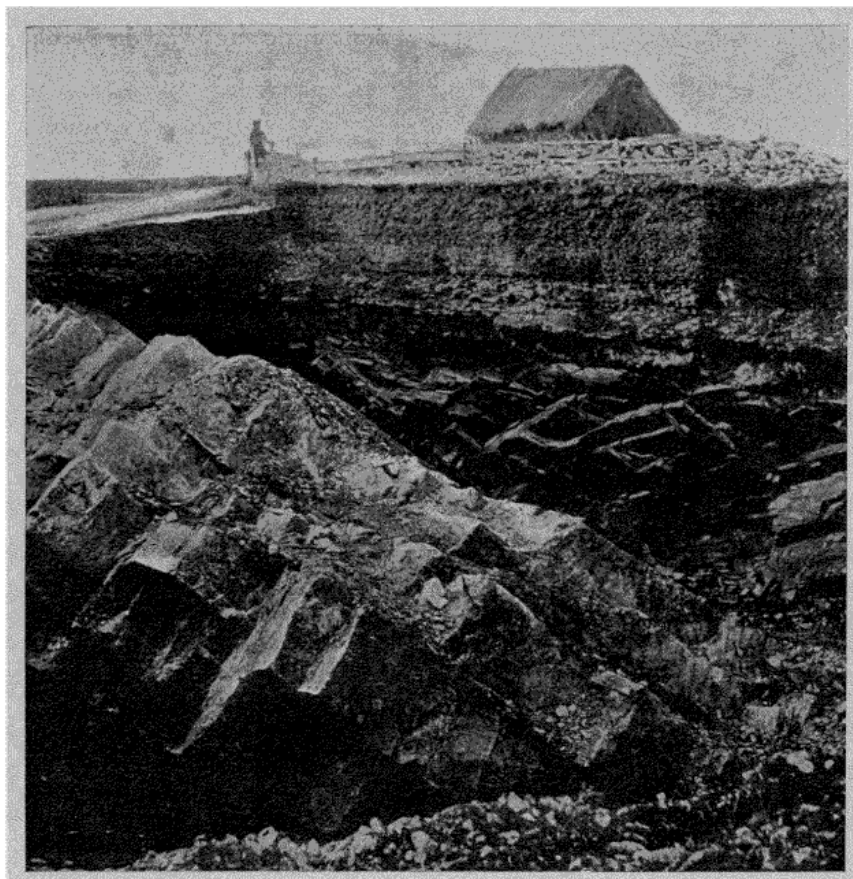


Fig. 13. — Carrières de May, assises jurassiques horizontales sur schistes siluriens inclinés.

observe cette division du travail qui ici, en agriculture comme dans l'industrie proprement dite, a donné les plus heureux résultats (1).

Pays d'Auge. — En approchant de la Dives, nouveau changement de terrain, nouvel aspect du pays, nouvelle utilisation agricole : entre la Dives et la Touques, c'est le pays d'Auge, succession de petits vallons, de tertres arrondis, couverts de riants pâturages, garnis de pommiers; des haies vigoureuses, des

(1) Sur la Plaine de Caen, voir le mémoire de M. Guénaux publié dans le *Bulletin*.

plantations de hautes futaies coupent partout le paysage. Disséminés au milieu des vergers, de tous côtés, sur les plateaux comme au flanc des collines, appa-



Fig. 16. — Chevaux au piquet dans la plaine de Caen.

raissent les gais cottages, les maisons normandes avec leur épaisse couverture en chaume, leur charpente noire, tranchant sur l'enduit blanc des murs



Fig. 17. — La maison normande.

que laissent à peine apparaître les espaliers ou les rosiers qui les garnissent.

Les sommets des plateaux sont formés par le *limon des plateaux* reposant sur l'*argile à silex*, qui forme sur le pourtour de ces mêmes plateaux des sols

d'assez médiocre qualité que le cultivateur augeron désigne sous le terme significatif de *terre morte*.

Puis au-dessous, sur le flanc de ces vallées si nombreuses qui découpent le pays d'Auge, affleurent la *craie glauconieuse*, le *corallien*, les diverses couches de marnes de l'*oxfordien* et du *callovien*, tandis que dans le fond même des vallées les alluvions formées par un mélange intime des parties les plus fines de ces divers terrains qui sont venus s'y déposer entraînés par les pluies, limon, argile, craie,



Fig. 18. — Une cour de ferme dans la vallée d'Auge.

calcaire, marne, représentent un des sols les plus fertiles que nous ayons en France; sol enrichi encore chaque année par les crues des rivières qui les traversent. C'est dans ces fonds de vallées que se trouvent les fameux herbages d'engraissement du pays d'Auge, où, suivant l'expression locale, le bœuf nage dans l'herbe, tandis que sur les marnes de l'*oxfordien* et du *callovien*, paissent à l'ombre de vigoureux pommiers dont les fruits servent à fabriquer cidre d'Auge et calvados, des vaches dont le lait est transformé en ces exquis fromages de Pont-l'Évêque et de Camembert (1).

(1) Rappelons ici que M. Waldmann, pharmacien à Pont-l'Évêque, a présenté, il y a quelques années à notre Société, une remarquable étude sur le pays d'Auge.

Il y aurait maintenant à montrer comment avec une constitution géologique semblable, nous trouvons en France des régions qui nous présentent, quel que soit leur éloignement, des systèmes de culture de tous points comparables entre eux, identiques même.

Les calcaires jurassiques qui forment la Plaine de Caen, nous les retrou-

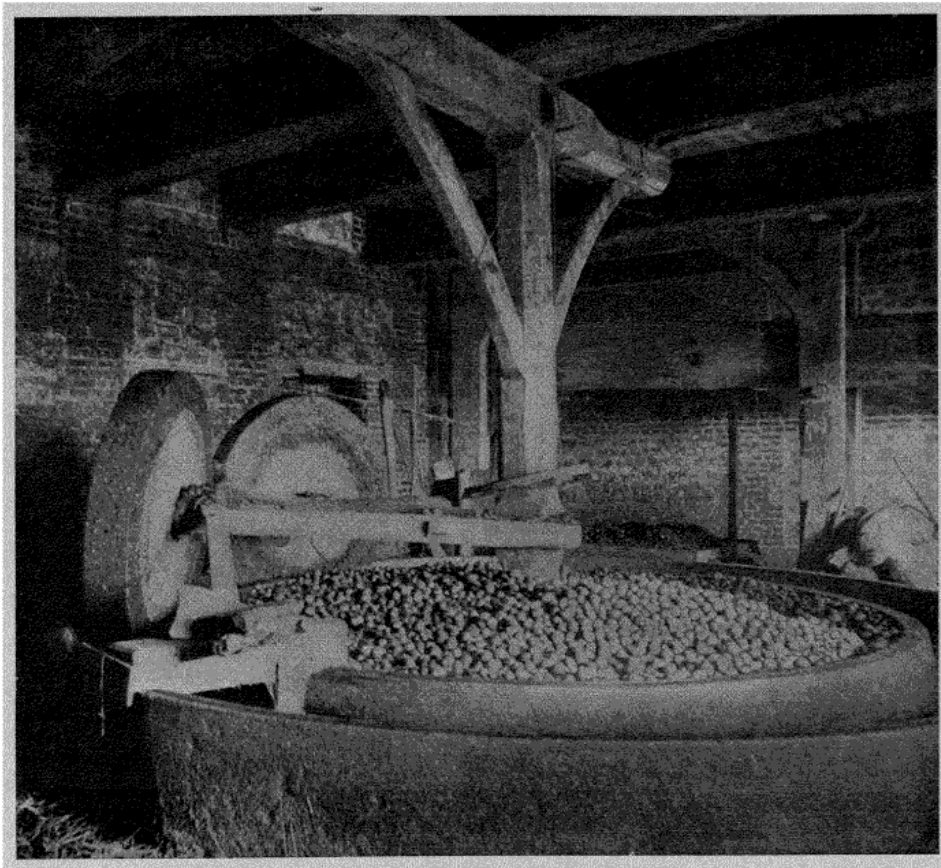


Fig. 19. — Le vieux tour à piler des fermes du pays d'Auge.

vons formant la Champagne de la Sarthe, la *Plaine* dans la Vendée, entre le Bocage et le Marais, nous y revoyons les mêmes cultures sur le même sol perméable et cette même terre arable, rougeâtre garnie de cailloux blancs : mêmes aspects, mêmes caractères géologiques des terrains dans les plaines jurassiques de la Champagne Berrichonne ; mais là nous sommes plus loin de la mer, déjà l'atmosphère est moins humide, et si ce sont les mêmes champs de céréales, de prairies artificielles, avec toujours absence de prés naturels que

nous y observons, c'est le mouton, si bien adapté pour de telles conditions de sol et de culture qui est la principale richesse du cultivateur berrichon, comme du cultivateur des vastes plateaux de la Bourgogne, comme aussi de celui des Causses, toutes régions de calcaire jurassique.

Avec les mêmes collines, les mêmes vallées aux pentes douces et arrondies, aux fonds humides, aux sommets couverts de rochers, avec le même régime

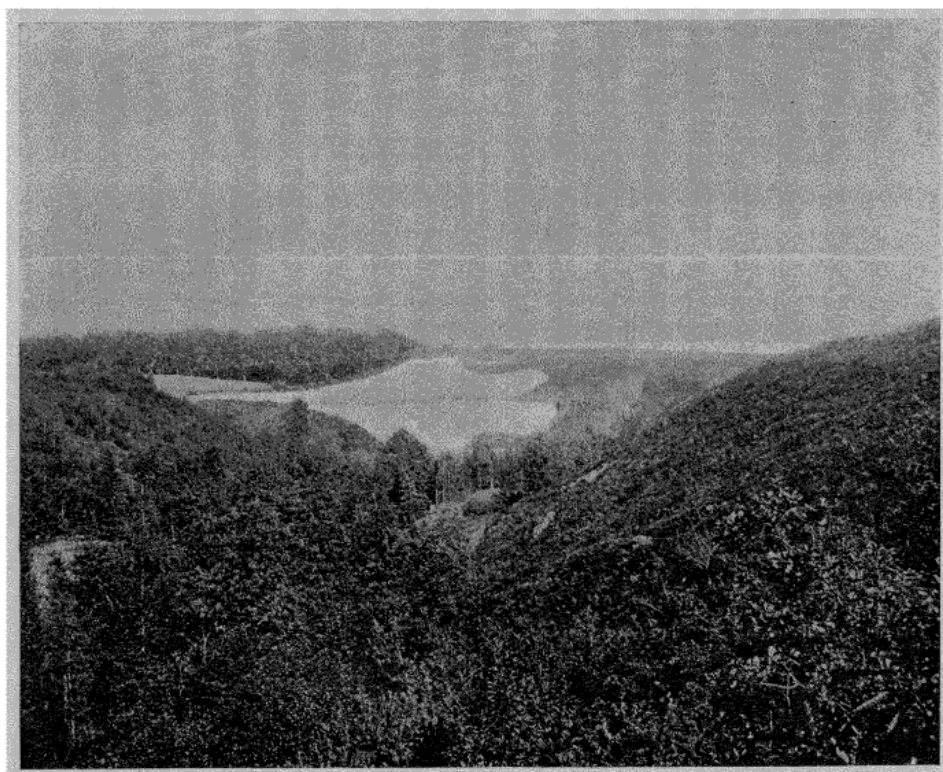


Fig. 20. — Aspect du pays : région granitique du Limousin.

des eaux, sources abondantes à flanc de coteau comme dans les dépressions, ne retrouvons-nous pas en même temps dans ces régions granitiques du Limousin, du Forez, du Morvan, de la Montagne Noire, etc., l'aspect général du Bocage, que nous avons vu dans le Bocage normand ; ce sont les mêmes hameaux et fermes isolés et la même utilisation des terrains : les bois et les prés, et le même élevage prédominant, celui des bêtes bovines ; la race seule diffère suivant les pays.

« Intermédiaire par sa situation comme par son relief et son climat entre les diverses zones de l'Europe, à cheval sur l'Océan et la Méditerranée, bien ouverte

à la fois au Nord, à l'Ouest et au Sud-Est », offrant la plus grande diversité des sols, sorte de résumé de l'Europe, en un mot, la France plus qu'aucun autre pays, possède une infinie variété de régions naturelles et se trouve apte par conséquent aux productions les plus variées.

Il y a longtemps que cette heureuse situation a été remarquée, depuis Strabon jusqu'à de Humboldt, qui attire l'attention sur cette zone privilégiée où la végé-



Fig. 21. — Aspect du pays : région granitique du Forez.

tation et le climat de l'Europe centrale rencontrent la végétation et le climat de la Méditerranée.

Plateaux de limon à sous-sol perméable : de la Picardie, de l'Artois, du Soissonnais, du Vexin, du Valois, de la Beauce, etc., pays les plus aptes à la culture des céréales et des betteraves industrielles.

Pays du lias : du Charolais, du Nivernais, du Basois, de la vallée de Germigny, aux riches et plantureux herbages.

Plaines calcaires et sèches de la Champagne, du Berry, des Causses, etc., si favorables à l'élevage du mouton.

Pays de vallées et de plateaux du Perche, du Boulonnais, du Merlerault, où la nature variée des sols permet, dans la même ferme, champs arables et prairies : pays par excellence des bons et beaux chevaux.

Coteaux de la Champagne, de la Bourgogne, côtes du Rhône et du Médoc où la vigne donne des vins incomparables.

Plaines du Bas Languedoc, du Gard, de l'Aude et de l'Hérault, où les ceps ploient sous le nombre et le poids des pampres de la vigne.

Paluds des environs d'Avignon, de Vaucluse, coteaux de la région de Brive, aujourd'hui devenus vastes étendues de culture maraîchère.

Coteaux de la vallée du Rhône, de la Provence, garnis de toutes espèces d'arbres fruitiers, cerisiers, pêcheurs, abricotiers, oliviers, amandiers, etc.

Vallées des Maures et de l'Esterel, la Côte, la Provence de la Provence, où à l'abri des dernières ramifications des Alpes s'étagent, sur les premières pentes, ces admirables cultures de fleurs qui, expédiées dans tous les pays du nord et du centre de l'Europe, vont y porter un peu du parfum de notre terre de France !

Aujourd'hui, toutes ces régions naturelles se spécialisent de plus en plus dans les productions les mieux adaptées aux conditions naturelles de leur sol et de leur climat. C'est là un progrès incontestable, progrès qui a permis d'abord de produire plus économiquement, qui devra permettre surtout une vente plus avantageuse, car la spécialisation devra aider les agriculteurs d'une même région à se grouper pour la vente de leurs produits, à s'organiser pour chercher à se créer des débouchés dans les autres régions de la France et surtout à l'étranger.

De ce que, enfin, ces régions naturelles se sont de plus en plus spécialisées, il résulte un dernier fait sur lequel je voudrais, en terminant, attirer l'attention : Plus que jamais nos diverses régions françaises sont devenues solidaires entre elles, étant devenues tributaires les unes des autres d'autant plus, qu'elles ont chacune restreint sur leur propre terrain le nombre et la diversité de leurs cultures.

Nous avons précisément, à l'heure présente, un exemple de cette solidarité des intérêts des agriculteurs des diverses régions de la France à propos de la question des sucres.

Il n'y a pas d'intéressés à la prospérité des sucreries que les agriculteurs des 260 000 hectares de betteraves à sucre que nous avons en France.

La ferme à betteraves, à laquelle il faut un gros effectif d'animaux de travail pour la préparation des terres et les charrois, à laquelle il faut un gros effectif d'animaux de rente pour consommer les pulpes revenant de l'usine, cette ferme n'élève pas ses animaux, elle les demande aux régions d'élevage proprement dites et les leur demande tout formés, à l'âge où l'animal donne son maximum de rendement, soit comme moteur, soit comme agent de transformation des

matières végétales à convertir en viande. On n'hésite pas à le payer cher, parce que, ce qu'on recherche avant tout, c'est l'animal susceptible de beaucoup travailler, ou susceptible d'utiliser à l'engraissement les grosses rations dont la ferme dispose.

Cette application de la division du travail dans le domaine agricole fait de la région sucrière le grand débouché des pays d'élevage et rend les deux régions solidaires l'une de l'autre, liant la prospérité des départements sans betteraves à la prospérité de ceux qui cultivent la betterave (1).

Et ainsi apparaît la plus heureuse, peut-être, des conséquences de la spécialisation de nos diverses régions naturelles. C'est qu'une même communauté d'intérêts, chaque jour plus étroite, tend à accroître encore l'union intime de tous les agriculteurs de ce pays si beau et si fécond en sa variété même qu'est la France.

(1) J. Hitier. *la Question des sucres et les intérêts en cause*. (Revue politique et parlementaire, 10 février 1901.)

ARTS MÉCANIQUES

ESSAIS DU CUIR DANS SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES, PAR **Henri Boulanger**, *industriel à Lille* (1).

CHAPITRE II

CUIRS CHROMÉS

Les différents essais que nous avons exposés dans la première partie de ce travail ont été faits sur des cuirs tannés au moyen de l'écorce de chêne (tannage végétal, ainsi que nous l'avons indiqué; mais ce mode de tannage ou de préparation de la peau n'est pas le seul qui soit utilisé dans la fabrication des cuirs destinés aux usages industriels; on emploie également en effet les peaux hongroyées, chamoisées, etc., et, d'autre part, des méthodes différentes sont mises en pratique pour le tannage des cuirs à courroies : tannage rapide par les extraits, tannage par l'électricité, tannage à la cervelle de bœuf, à la graisse de cheval, etc.

Enfin, il est un agent de conservation de la peau : le chrome, qui paraît devoir trouver de nombreuses applications, et dont l'emploi se vulgarise de plus en plus depuis quelques années. Ce chromage, dérivé des diverses préparations à l'aide des sels minéraux qui, jusqu'à ces derniers temps, étaient restés dans le domaine des laboratoires, trouve de nombreux adeptes à cause de sa rapidité; ses applications sont du reste assez multiples et, dans certains cas spéciaux, les résultats obtenus avec ce genre de cuir ont été des plus concluants, au point de faire délaissier totalement ceux qui étaient travaillés par les anciennes méthodes.

Dans le fouet de chasse, ou cuir de métier à tisser, par exemple, cette fabrication donne à la peau une durée bien supérieure à celle qu'on a constatée avec les meilleurs cuirs tannés à l'écorce : particularité qu'on peut, à notre avis, attribuer autant au chromage lui-même qu'à la souplesse et à la résistance vive de rupture que le cuir acquiert par ce procédé spécial de fabrication, et qu'il conserve à l'usage.

(1) Voir le *Bulletin* d'avril 1902.

Nous n'entreprendrons pas ici l'étude complète et approfondie de ce procédé, d'autant plus que chaque maison a son mode particulier de fabrication, son tour de main qu'elle tient à conserver et qu'elle perfectionne journellement.

Le principe général de ce tannage consiste à faire pénétrer aussi rapidement que possible l'acide chromique dans la peau pour rendre les fibres impu-
trescibles et insolubles, puis, lorsque l'opération est complète, à arrêter l'action chimique par un réactif. Il donne au cuir une nuance grisâtre tirant légèrement sur le bleu ; il peut recevoir toutes les teintures, principalement le noir.

La peau est d'abord débarrassée de toutes ses impuretés : poils, graisse, chairs adhérentes, etc. et gonflée dans des confits ou bains de fermentation ; le son, la levure, la fiente de chiens sont les agents les plus employés pour cette opération. Les albuminoïdes, la coriïne se gonflent ; l'action de l'acide chromique peut donc se faire complètement et rapidement, le chromage proprement dit devant du reste se faire en quelques heures.

Il peut s'obtenir au moyen d'un seul bain préparé à l'avance et dans lequel se trouvent réunies toutes les matières nécessaires pour l'opération, ou par deux ou trois bains successifs et distincts, en laissant dans ce cas chaque produit ou acide agir séparément sur la peau.

Dans l'une ou l'autre méthode, il faut, après chromage complet, faire passer les peaux dans des bains réducteurs d'hyposulfite de soude, de glucose, ou autre agent similaire, qui arrêtent l'action des acides et s'opposent ainsi à la détérioration de la peau.

C'est, en résumé, une préparation assez simple, mais qui exige cependant des soins spéciaux en même temps qu'une manipulation méthodique.

Cette nouvelle fabrication a été, comme toute chose nouvelle, essayée et appliquée un peu partout ; jusqu'à ce jour, les essais qui ont été faits sur les cuirs pour courroies n'ont pas été des plus encourageants ; et, si on a trouvé quelques applications spéciales, on a eu des déceptions dans bien d'autres cas. Il faut reconnaître aussi que le défaut caractéristique de ce tannage est son manque de fermeté et sa tendance à l'allongement : deux points importants à considérer dans le fonctionnement d'une courroie.

Nous avons donc étudié également quels étaient les résistances et les allongements des cuirs chromés comparés à ceux préparés par les anciens procédés, et comme il est appliqué en France et à l'étranger, aussi bien sur les peaux indigènes que sur celles des pays extra-européens, y compris les buffles d'Océanie et du Sud de l'Asie, nous avons entrepris ces expériences sur l'une et l'autre de ces provenances de peaux.

Nous divisons donc ce travail en deux parties :

Cuir de bœuf indigène chromé.

Cuir de buffle chromé.

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Mai 1902.

40

Pour la préparation des cuirs expérimentés, nous avons suivi la méthode dite des 3 bains qui, tout en étant la plus coûteuse et celle qui exige le plus de soins, n'en est pas moins, à notre avis, celle qui paraît devoir donner le meilleur produit.

Le corroyage a été fait, sans suif ni graisse, au moyen d'un enduit spécial à base de savon.

RÉSISTANCE ET ALLONGEMENT DES DIVERSES PARTIES D'UN CUIR
DE BŒUF INDIGÈNE CHROMÉ

En entreprenant ces expériences, notre but, comme précédemment, était de rechercher des chiffres représentant une moyenne, puisque nous savons que les peaux diffèrent entre elles tant par leur force que par leur conformation; puis nous avons voulu établir une comparaison aussi exacte que possible avec le cuir de bœuf tanné au chêne, qui fait l'objet du premier chapitre de notre étude.

A cet effet, nous avons pris une peau de bœuf autant que possible identique à celle qui a servi à nos essais de traction de cuir tanné, c'est-à-dire de même provenance, de même taille, de même poids à l'état frais. (Photographie n° 20.)

C'est par le procédé indiqué plus haut que nous avons travaillé le croupon noyau, seule partie pouvant trouver une application dans les cuirs industriels.

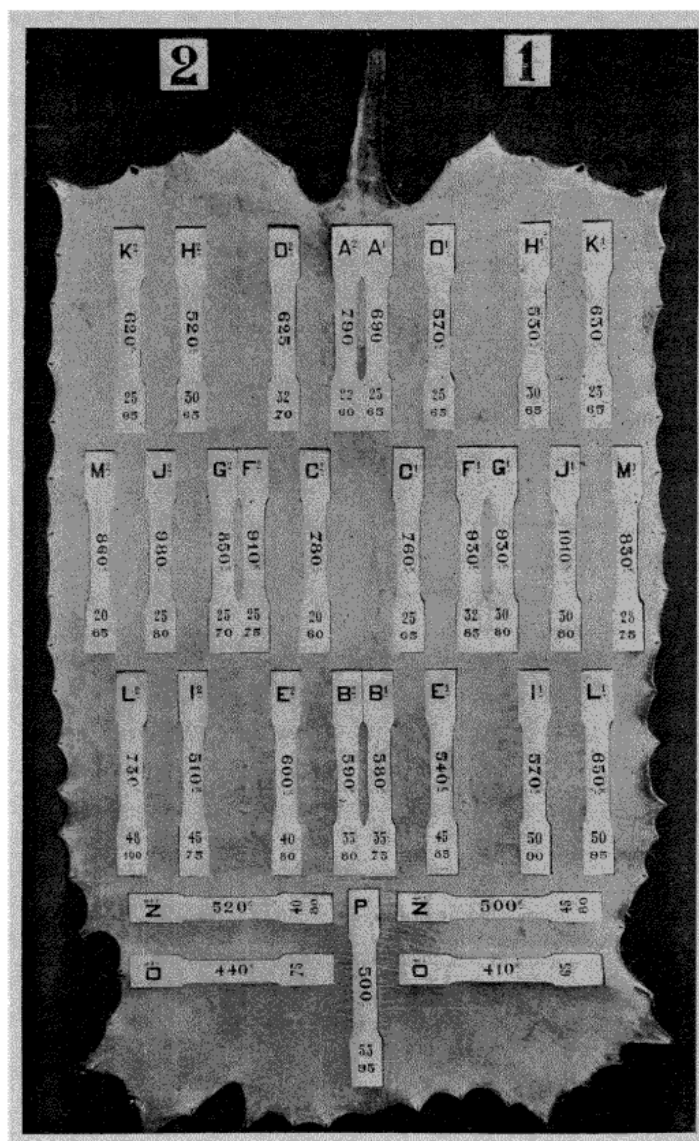
Nous avons dénommé aussi n° 1 le côté gauche de l'animal (nous le voyons à notre droite) et n° 2 le côté droit. Chacun de ces côtés a été tracé, dans le sens longitudinal, en 9 bandes de 70 millimètres de largeur, puis en 3 dans le sens transversal, ce qui donnait 54 parties ou éprouvettes, dans lesquelles nous en avons pris 26, en ayant soin que celles du côté gauche soient coupées symétriques au même endroit que celles du côté droit.

Nous les avons dénommées : A¹, B¹ celles du côté gauche de la peau, et A² B² celles du côté droit. Cinq éprouvettes complémentaires : N¹ O¹ P et N² O² ont été prises dans le collet, soit en long, soit en travers; elles complètent notre étude.

Les éprouvettes étaient de mêmes dimensions que celles du cuir tanné à l'écorce, sauf toutefois les parties extrêmes : celles qui se trouvent prises dans les mâchoires de la machine à essayer, qui étaient plus longues de façon à éviter le glissement, ce genre de cuir n'étant pas poreux et se dérobant facilement à la pression des mâchoires. Le corps de l'éprouvette avait les dimensions indiquées précédemment, soit : longueur 200 millimètres; largeur 50 millimètres, et c'est sur cette longueur de 200 millimètres qu'ont été relevés :

- 1° L'allongement à la charge de 80 kilogrammes par centimètre de largeur;
- 2° L'allongement permanent et retour à zéro;
- 3° L'allongement progressif jusqu'à la charge de rupture.

La photographie ci-contre en donne le détail :



Photographie n° 20.

Cuir chromé bœuf.

Le chiffre des kilogrammes indique la résistance de rupture.

Les chiffres du dessous indiquent :

Le premier : l'allongement permanent après charge de 80 kilogrammes par

centimètre de largeur, soit, au total, 400 kilogrammes, et retour ensuite à zéro.

Le second : l'allongement graduel jusqu'à la rupture.

Exemple :

C¹ 760^k — 25 — 65.

760 kilogrammes est la charge nécessitée pour la rupture de l'éprouvette.

25 millimètres indique, qu'après avoir fait supporter à l'éprouvette une charge totale de 400 kilogrammes, et après décharge complète, nous avons eu un allongement permanent de 25 millimètres.

65 millimètres indique, qu'au moment de la rupture, l'allongement était de 65 millimètres.

Les graphiques, d'autre part, indiquent les allongements et les charges progressives de chaque éprouvette. Ils sont relevés de 5 en 5 millimètres, et non de 2 en 2 millimètres, comme il avait été fait pour le cuir tanné. Nous avons dû procéder ainsi à cause des grands allongements que prend ce genre de cuir et de l'impossibilité de mesurer exactement des allongements inférieurs à 5 millimètres en opérant à une certaine vitesse.

Dans les graphiques, les éprouvettes sont réunies 2 par 2 pour faciliter les comparaisons de résistance de chaque côté du cuir.

A¹ avec A², D¹ avec D² etc.

Les épaisseurs n'ont pas été indiquées, les essais étant simplement comparatifs pour chaque côté de la peau.

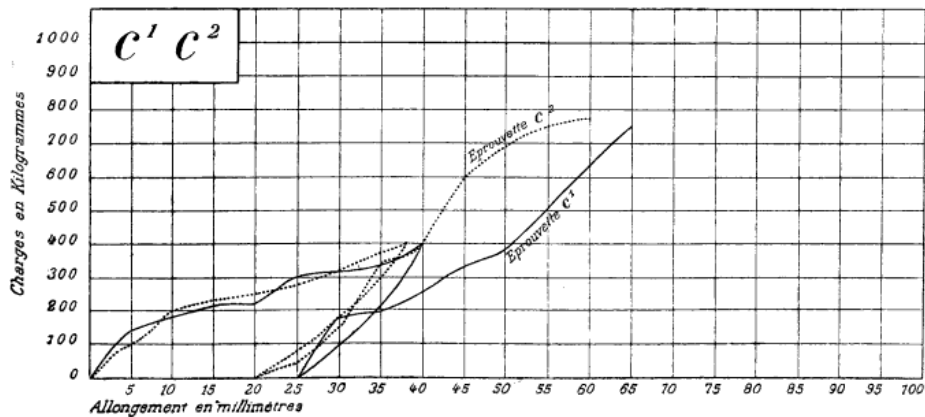
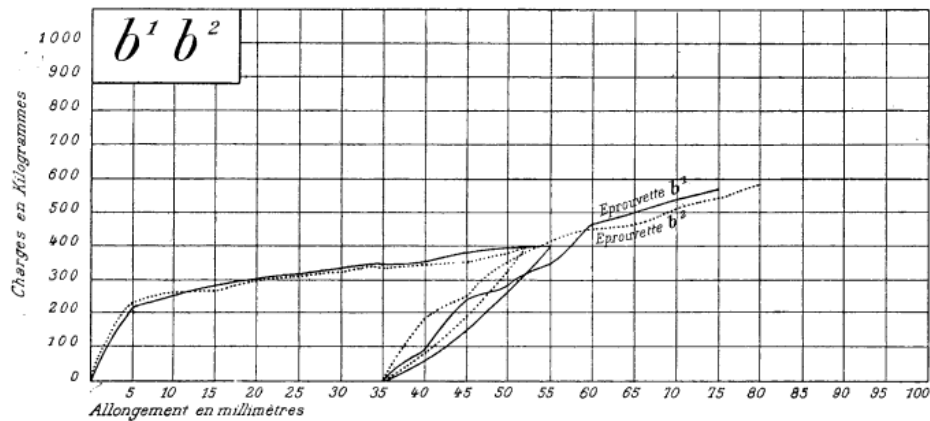
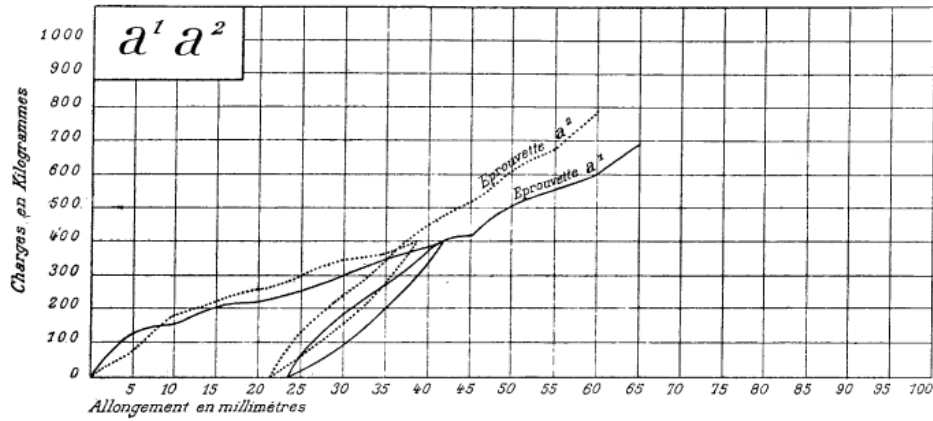
Plus loin, nous avons eu soin de tenir compte de l'épaisseur.

Graphiques des 31 Épreuves prélevées sur le cuir entier chromé bœuf.

 Indiquant : 1° Les allongements de 5 en 5 millimètres jusqu'à la charge de **400** kilogrammes.

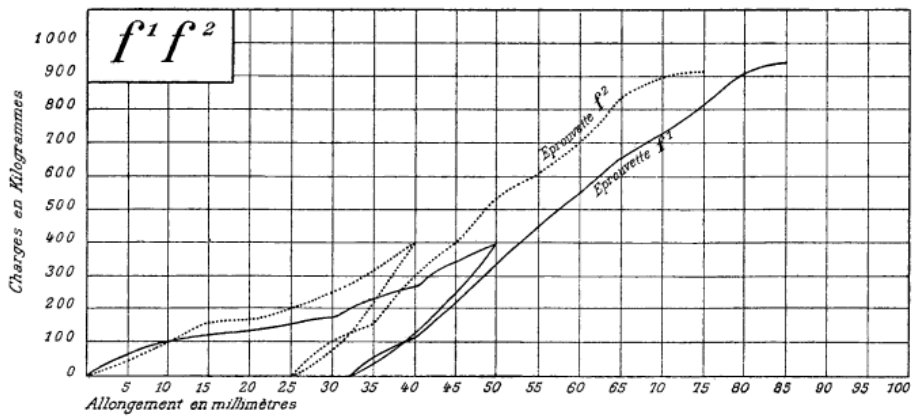
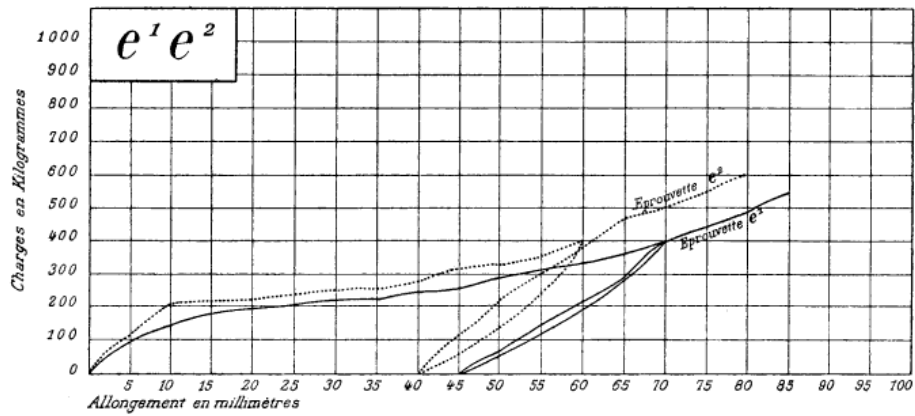
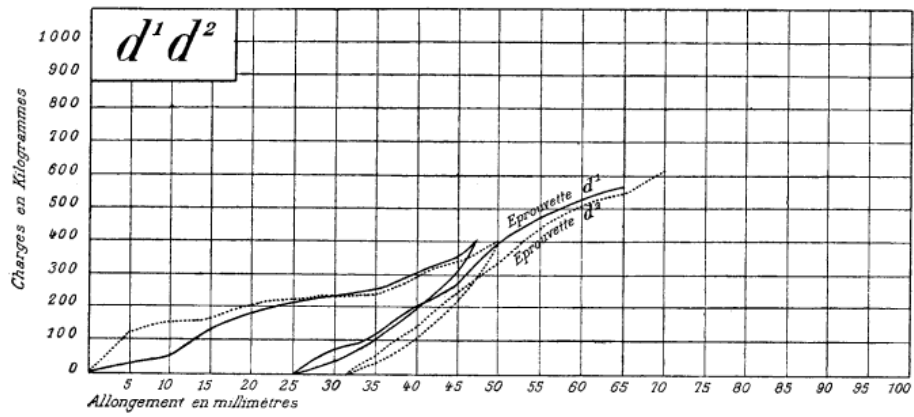
2° L'allongement permanent après décharge et retour à zéro.

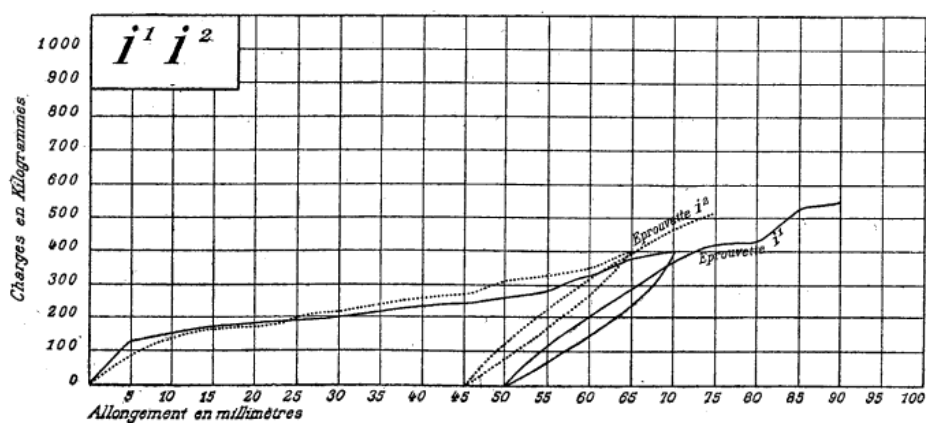
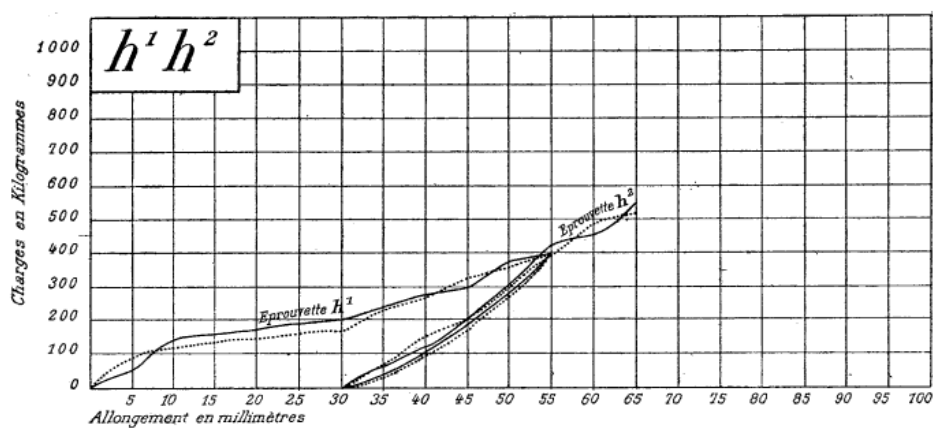
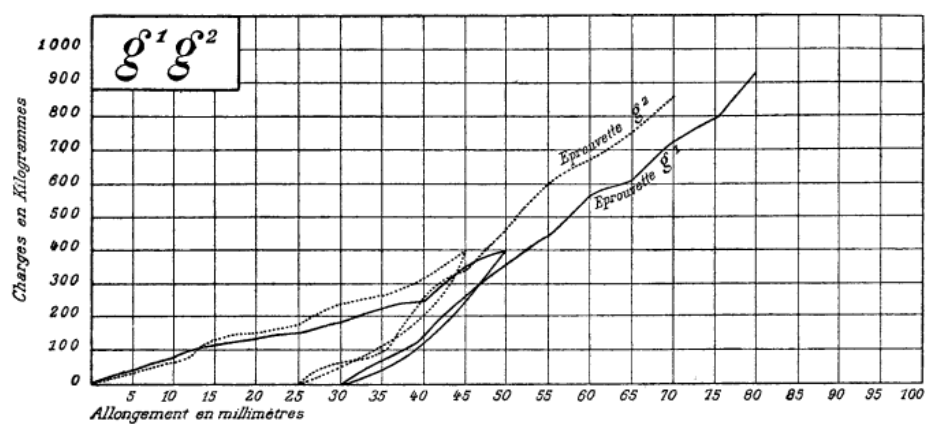
3° L'allongement graduel de 5 en 5 millimètres jusqu'à rupture.

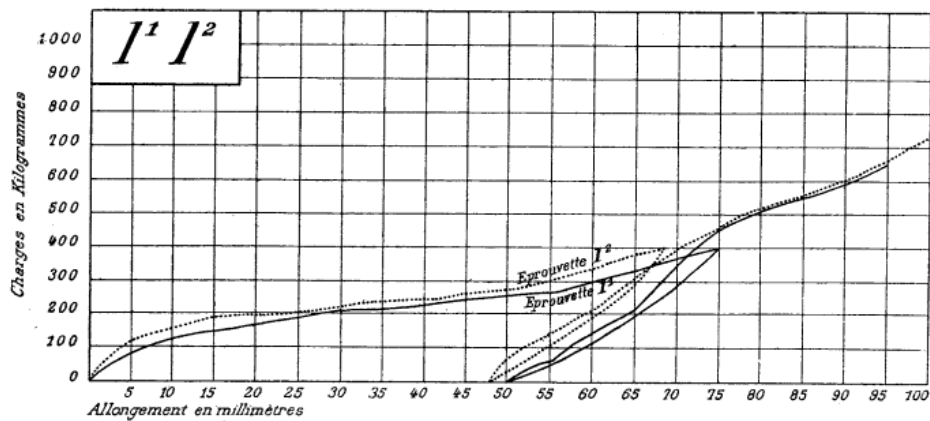
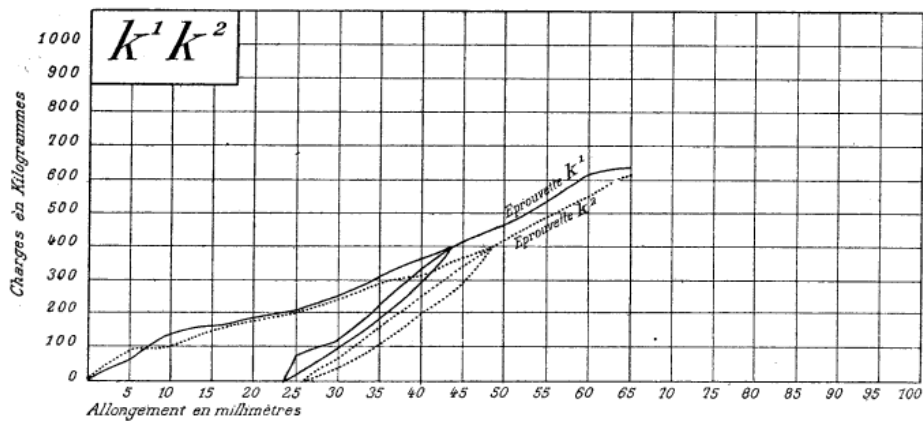
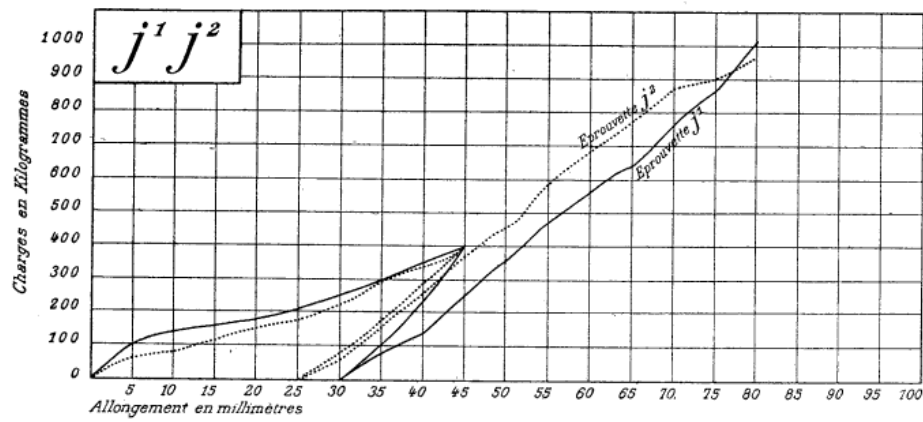


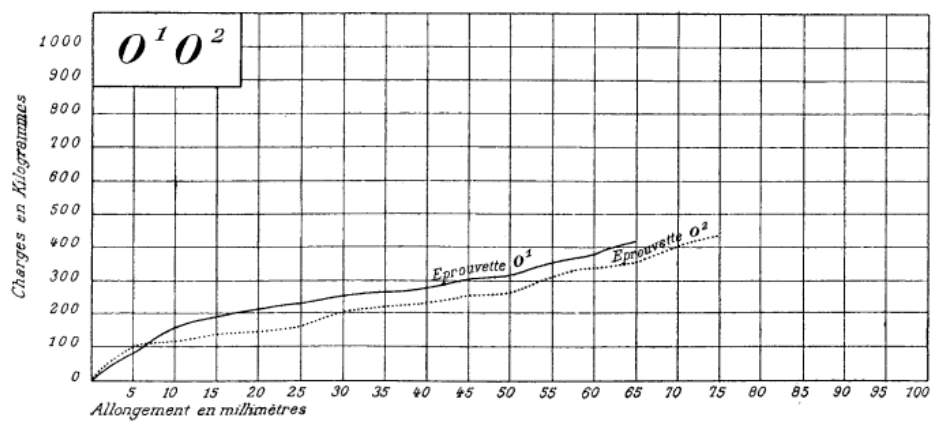
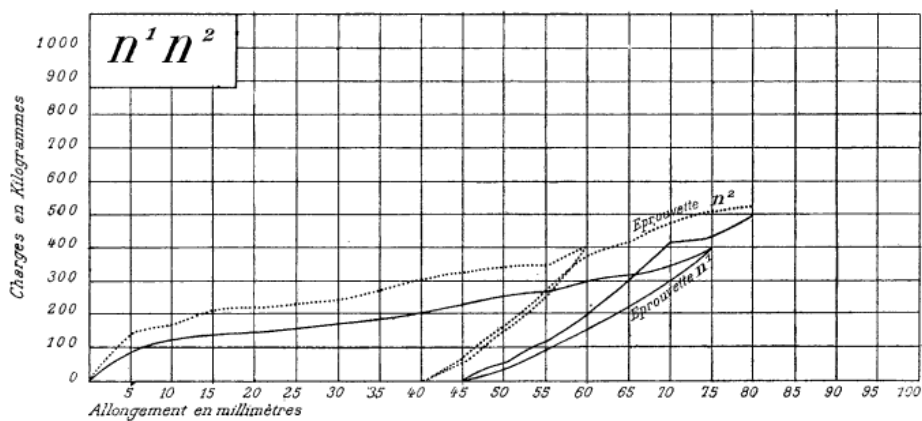
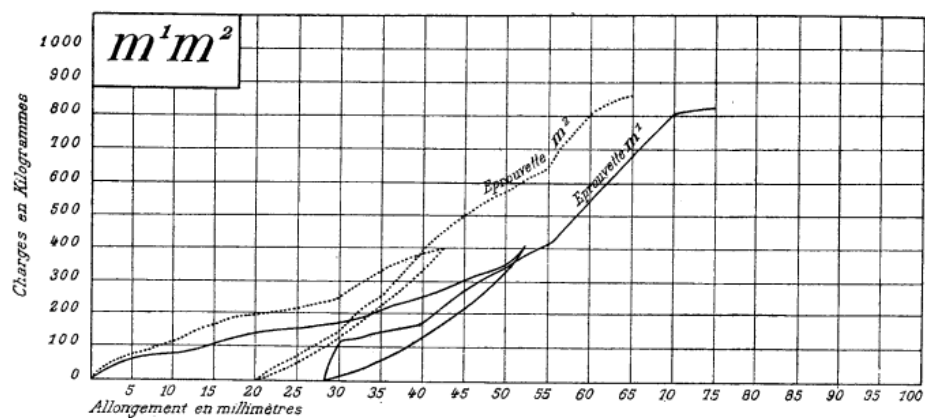
DES 34 ÉPROUVETTES PRÉLEVÉES SUR LE CUIR ENTIER
PERMANENT APRÈS DÉCHAUFE ET RETOUR À ZÉRO; L'ALLONGEMENT MAXIMAL DE 500 MILLIMÈTRES À 200°C

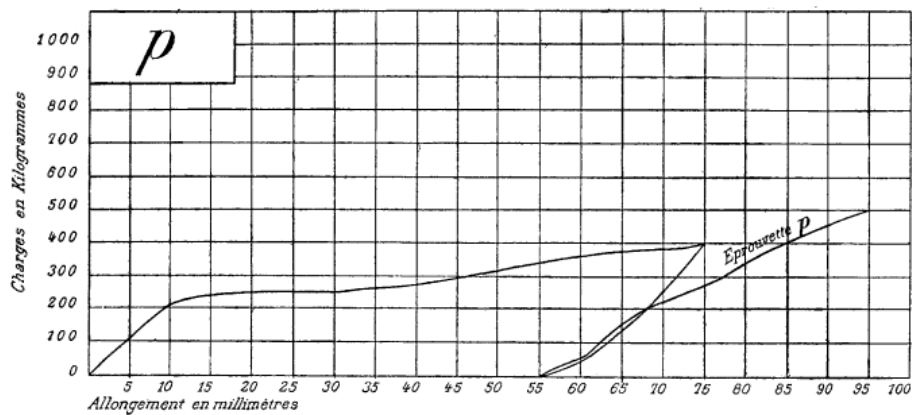
[illegible]











Nous avons ensuite reconstitué la peau ; chaque éprouvette reprenant la place qu'elle occupait avant l'expérience et nous montrant par sa cassure les points les plus faibles de la peau (photographie n° 21).

De ces indications, il ressort clairement que la partie la plus résistante de la peau est toujours le milieu, près de l'estomac. Si certaines éprouvettes prélevées dans le milieu ont fourni de bons résultats, l'ensemble, par contre, ne donne pas une moyenne de résistance égale à celle que nous avons obtenue avec le cuir tanné à l'écorce.

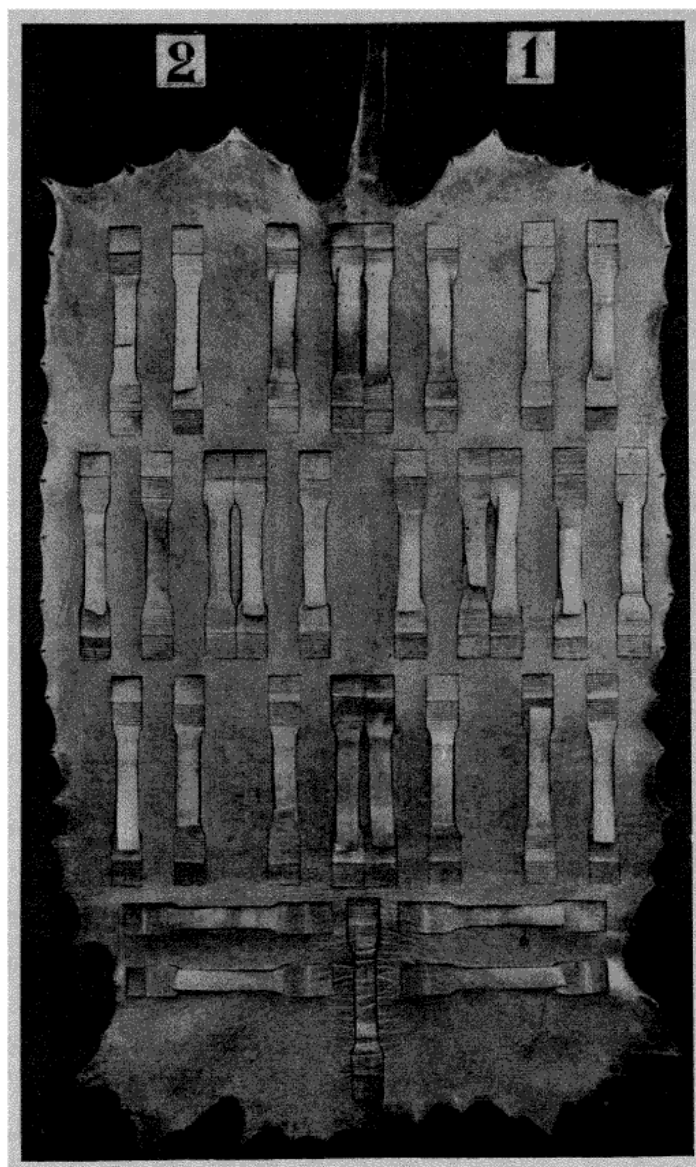
Quant aux allongements, s'ils sont proportionnés à la force de résistance indiquée par la traction, comme nous l'avons constaté sur le cuir tanné, ils sont doubles de ceux qu'on est en droit d'exiger d'un bon cuir tanné à l'écorce.

Notons que la charge minimum de 500 kilogrammes s'applique aux éprouvettes N¹ et P ; cette dernière accusant l'allongement maximum de 95 p. 100 la charge maximum : 1010 kilogrammes, a été obtenu avec l'éprouvette J¹, sous l'allongement de 80 p. 100. L'allongement minimum est égal à 47,5 p. 100.

Pour le cuir tanné nous avons obtenu 15 et 33 p. 100.

L'énergie de rupture rapportée à une longueur de 1 mètre et à 1 millimètre carré de section, en tablant sur un allongement total moyen de 38 p. 100 et sur une résistance moyenne de 3 kilogrammes par millimètre carré, ressort, pour le cuir chromé, à $T = \frac{3 \times 0,38}{2} = 0,57$ kilogrammètres.

Le module d'élasticité moyen, sous décharge de 400 kilogs à zéro, est de 16.



Photographie n° 21.

Cuir chromé bœuf, avec éprouvettes reconstituées.

JONCTIONS OU ÉPISURES DANS LE CORPS D'UNE COURROIE EN BŒUF CHROMÉ

Les différentes remarques que nous avons faites sur l'assemblage des diverses bandes destinées à la confection d'une courroie en cuir tannés s'appliquent éga-

lement au cuir chromé; car, quel que soit le procédé employé pour la conservation de la peau et sa transformation en cuir, il est impossible d'en changer la nature ni la composition naturelle, et les jonctions ou épissures sont et demeureront en général les points les plus faibles, ceux qui fatiguent le plus pendant la rotation.

Aussi pour nous permettre d'établir une comparaison entre les courroies faites en *bœuf travaillé à l'écorce de chêne* et celles de *bœuf chromé*, nous avons entrepris également une série d'expériences sur ces dernières.

Comme précédemment, les éprouvettes avaient environ 1 mètre de longueur et 200 millimètres de largeur. Toutes présentaient une jonction de confection différente, ayant elle-même 200 millimètres de longueur (photographie n° 22).

Nos essais ont été faits sur :

- 1° Jonction collée seulement sans aucune couture ;
- 2° Jonction collée et cousue à la lanière ;
- 3° Jonction collée et cousue au fil poissé ;
- 4° Jonction collée et rivée ;
- 5° Jonction cousue seulement.

Cette dernière, de confection rudimentaire; les deux cuirs qui la composent étant amincis légèrement du côté de la chair seulement pour leur laisser le plus de solidité possible.

Nous les avons classées en deux séries :

1° Celles comprenant les jonctions façonnées amincies, possédant ainsi la souplesse désirable pour éviter toute secousse sur les poulies ;

2° Celles de confection par simple recouvrement, plus primitives mais offrant par contre plus de rigidité.

- | | | |
|---------------------------|---|---|
| 1 ^{re} série.... | { | N° 1. Jonction formée de deux bandes de raies de dos assemblées collet sur collet. Épaisseur 6 millimètres, collée seulement sans couture. |
| | | N° 2. Jonction formée de deux bandes de raies de dos assemblées culée sur culée. Épaisseur 6 millimètres, collée et cousue à 5 rangs de lanières. |
| | | N° 3. Jonction formée de deux bandes de raies de dos assemblées collet avec collet, puis cousue au moyen de fil poissé. Épaisseur 6 millimètres. |
| | | N° 4. Jonction formée de deux bandes de raies de dos. Épaisseur 6 millimètres assemblées culée sur culée puis consolidée par 24 rivets en cuivre. |
| 2 ^e série.... | { | N° 5. Jonction formée de deux bandes prises dans le croupon. Épaisseur 6 millimètres, légèrement biseautées sur chair seulement assemblées collet avec collet et cousue seulement par 5 rangs de lanières parcheminées. |

Les tableaux et graphiques ci-après nous donnent le détail des allongements de 5 en 5 millimètres relevés sur une longueur totale de 600 millimètres, soit

donc 200 millimètres en avant et en arrière des points de soudure de la jonction.

- 1° Jusqu'à la charge de 500 kilogrammes;
- 2° Jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes;
- 3° La résistance de rupture de chacune d'elles.

Il est facile de déduire la résistance par unité de section pour chacune des charges considérées. Ces charges sont comparatives entre elles, attendu que les éprouvettes avaient mêmes largeur et épaisseur : soit une section moyenne de $200 \times 6 = 1\,200$ millimètres carrés.

Ce tableau comprend :

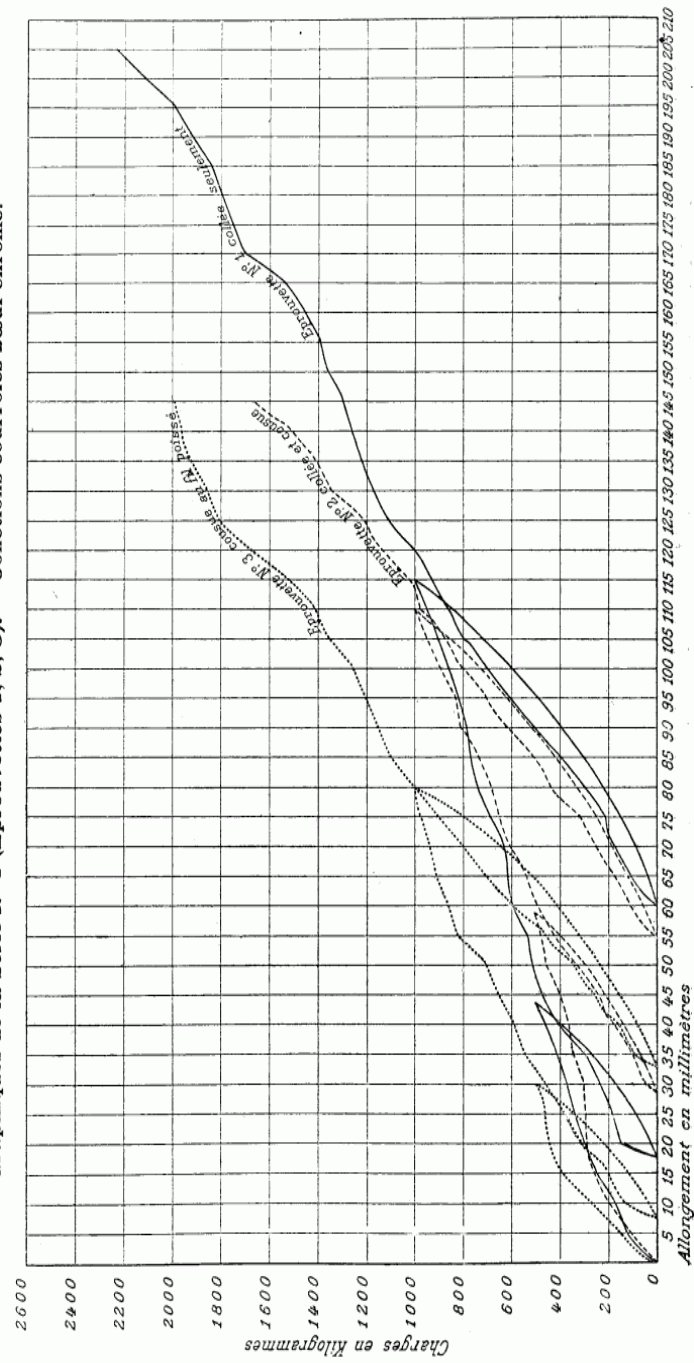
Les allongements de 5 en 5 millimètres relevés sur 600 millimètres de longueur.

- 1° Jusqu'à la charge de 500 kilogrammes, et l'allongement permanent après retour à zéro;
- 2° Jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes, et l'allongement permanent après retour à zéro ;
- 3° L'allongement graduel de 5 en 5 millimèt. jusqu'à rupture.

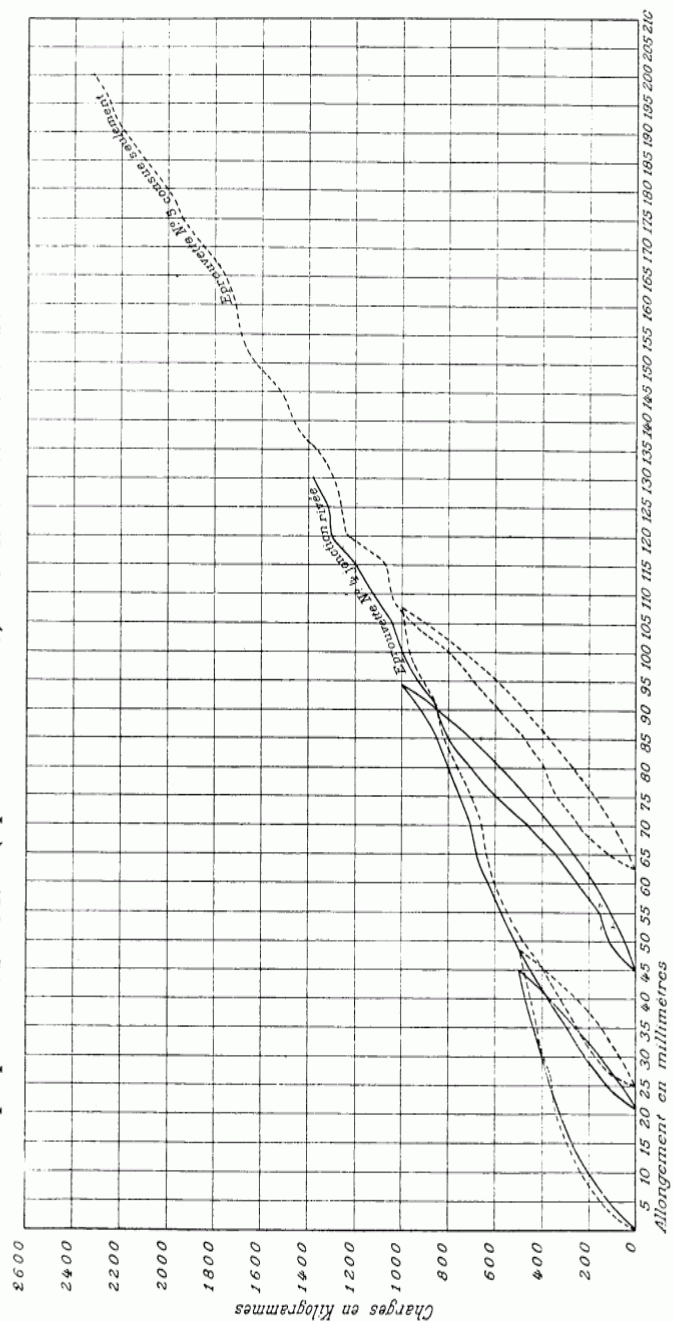
Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture des 5 jonctions de courroies en bœuf chromé indigène. Cuir simple de 200 millimètres de largeur, reproduites sur la photographie n° 22.

1 ^{re} SÉRIE.				2 ^e SÉRIE.					
1		2		3		4		5	
Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet, épaisseur 6 millimètres collée seulement sans couture.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée, épaisseur 6 millimètres collée et cousue à 5 rangs de lanières.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos, assemblées collet avec collet, puis cousue au moyen de fil poissé.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos, épaisseur 6 millim. assemblées culée sur culée puis consolidée par 24 rivets en cuivre.		Jonct. formée de 2 bandes prises dans le croupon, épaisseur 6 mm légerem. biseautées sur chair seulement, assemblées collet avec collet et cousue seulement par 3 rangs de lanières parcheminées.	
Millimèt.	Kilogr.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.
»	»	5	120	»	»	»	»	»	»
»	»	10	200	»	»	»	»	»	»
»	»	15	240	»	»	»	»	5	140
5	100	20	280	»	»	5	100	10	220
10	180	25	300	»	»	10	200	15	280
15	260	30	320	»	»	15	270	20	320
20	300	35	340	5	160	20	330	25	340
25	340	40	360	10	280	25	370	30	400
30	380	45	400	15	470	30	395	35	420
35	420	50	460	20	440	35	430	40	440
40	460	55	470	25	460	40	450	45	480
44	500	58	500	30	500	45	500	48	500
18	0	»	»	»	»	»	»	»	»
20	140	»	»	»	»	»	»	»	»
25	180	»	»	»	»	»	»	»	»
30	240	28	0	»	»	»	»	25	0
35	300	30	40	»	»	»	»	30	180
40	400	35	120	8	0	22	0	35	240
45	480	40	180	10	140	25	110	40	320
50	520	45	240	15	200	30	220	45	400
55	540	50	340	20	360	35	280	50	520
60	600	55	420	25	380	40	390	55	560
65	620	60	500	30	480	45	450	60	600
70	640	65	560	35	540	50	530	65	640
75	700	70	620	40	580	55	580	70	660
80	740	75	660	45	660	60	610	75	720
85	760	80	700	50	700	65	680	80	760
90	780	85	760	55	840	70	700	85	820
95	820	90	800	60	860	75	760	90	860
100	860	95	820	65	920	80	800	95	940
105	900	100	900	70	940	85	860	100	980
110	940	105	960	75	980	90	940	105	990
115	1 000	110	1 000	78	1 000	94	1 000	107	1 000
60	0	»	»	»	»	»	»	»	»
65	100	»	»	»	»	»	»	63	0
70	180	»	»	»	»	»	»	65	120
75	220	»	»	»	»	»	»	70	260
80	320	»	»	»	»	»	»	75	340
85	400	»	»	»	»	»	»	80	380
90	520	»	»	33	0	»	»	85	480
95	600	»	»	35	100	»	»	90	580
100	700	»	»	40	150	»	»	95	700
105	780	»	»	45	260	»	»	100	800
110	840	»	»	50	340	»	»	105	980
115	960	55	0	55	460	»	»	110	1 060
120	1 000	60	100	60	600	45	0	115	1 080
125	1 120	65	180	65	720	50	110	120	1 240
130	1 180	70	260	70	800	55	150	125	1 260
135	1 220	75	340	75	900	60	250	130	1 300
140	1 260	80	440	80	1 000	65	360	135	1 360
145	1 300	85	500	85	1 100	70	450	140	1 480
150	1 360	90	620	90	1 160	75	600	145	1 520
155	1 380	95	700	95	1 200	80	710	150	1 640
160	1 460	100	800	100	1 260	85	800	155	1 680
165	1 540	105	880	105	1 360	90	850	160	1 700
170	1 700	110	980	110	1 420	95	960	165	1 760
175	1 760	115	1 020	115	1 540	100	1 000	170	1 840
180	1 800	120	1 140	120	1 680	105	1 050	175	1 940
185	1 840	125	1 200	125	1 800	110	1 140	180	2 090
190	1 920	130	1 300	130	1 860	115	1 190	185	2 100
195	1 980	135	1 400	135	1 920	120	1 300	190	2 190
200	2 140	140	1 520	140	1 960	125	1 320	195	2 250
205	2 220	145	1 680	145	1 980	130	1 380	200	2 320
Rupture.		Rupture.		Rupture.		Rupture.		Rupture.	
Il y a lieu de considérer que toutes ces jonctions ont été faites avec des bandes de cuir qui n'ont subi aucun allongement préalable alors que dans la pratique les courroies sont mises sur des tendeurs qui leur enlèvent une partie de cet allongement									

Graphiques de la Série N° 1 (Éprouvettes 1, 2, 3). — Jonctions courroies bœuf chromé.



Graphique de la Série N° 2 (Éprouvettes 4 et 5). — Jontions courroies bœuf chromé.



La photographie ci-contre (n° 22) nous montre les cassures des cuirs ainsi que les différents efforts de rupture et les allongements permanents après les différentes charges.

Exemple: **2220** kilogrammes — **18-60-205**

2220 kilogrammes : Charge de rupture.

- | | | |
|------------|---|---|
| 18 | — | Allongement permanent de 18 millimètres après charge de 500 kilogrammes et retour à zéro. |
| 60 | — | Allongement permanent de 60 millimètres après charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro. |
| 205 | — | Allongement au moment de la rupture. |

Il est à remarquer que les éprouvettes expérimentées ont été découpées à même dans le cuir sans avoir subi aucun allongement préalable, alors que, dans la pratique, on enlève aux courroies une partie de cette élasticité en les faisant passer sur des tendeurs *ad hoc*.

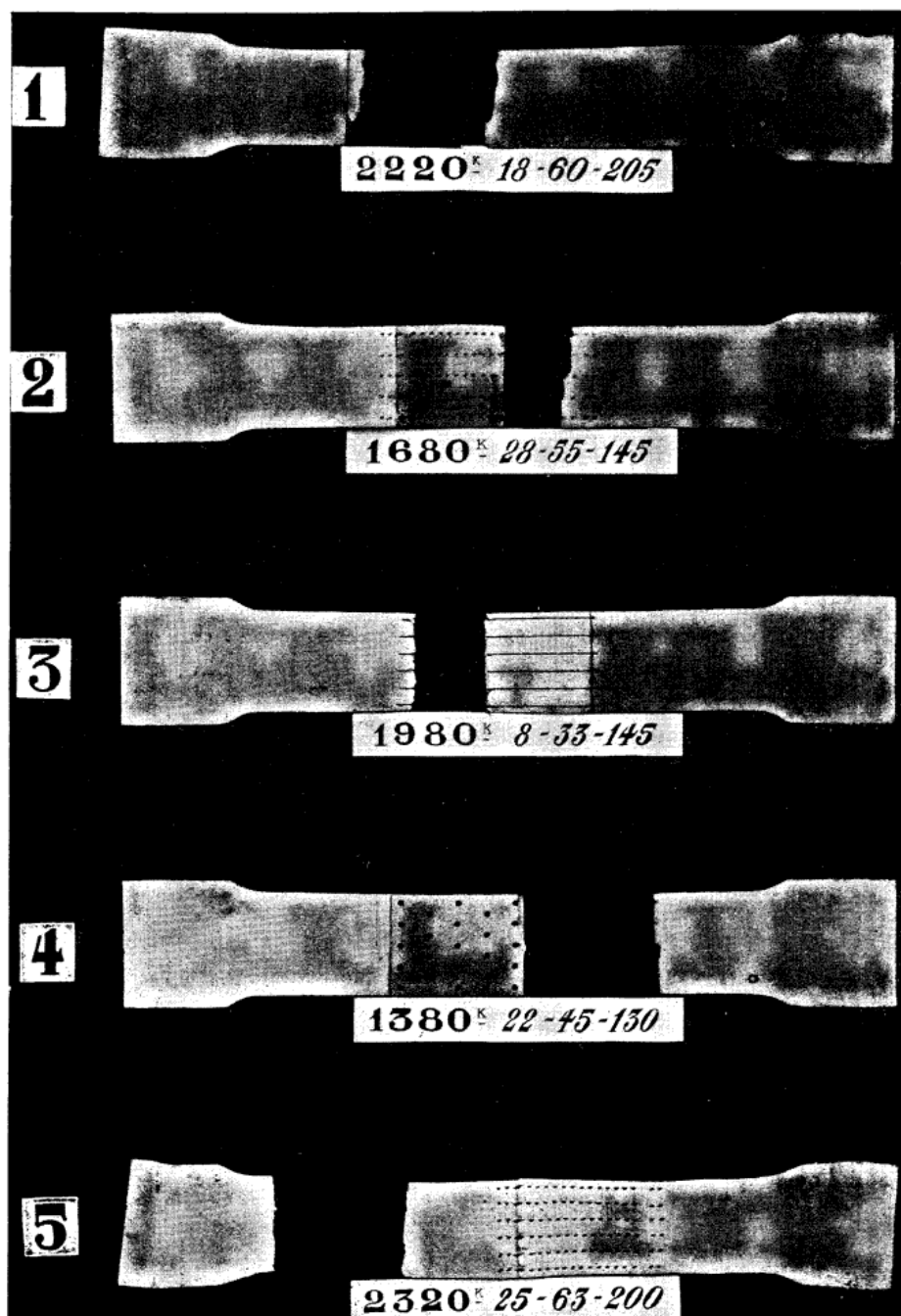
Il ressort clairement de ces indications : que parmi les jonctions façonnées, c'est-à-dire dont les parties ont été amincies pour éviter toute secousse sur les poulies, celle qui offre le plus de résistance, est celle qui est collée seulement sans aucune couture et que plus on perfore le cuir pour le coudre, le river, etc., plus on lui retire de solidité.

Que la jonction cousue seulement dans laquelle on n'a simplement biseauté que le côté chair en laissant aux deux cuirs toute leur solidité, est celle qui, de tous nos essais, donne le meilleur résultat puisque le cuir s'est rompu avant la jonction. Mais ce mode d'attache, un peu trop primitif, ne peut être employé que dans les transmissions où s'exercent des forces vives sans qu'une grande régularité soit de rigueur.

Enfin si l'on compare les chiffres de résistance de ces éprouvettes de cuir chromé avec ceux que nous ont donnés les essais de courroies simples tannées à l'écorce, on voit que la résistance est un peu moindre dans ces dernières expériences et que le coefficient d'allongement est plus grand ; résultats qui concordent exactement avec ceux que nous avons relevés dans les essais de traction du cuir entier de bœuf chromé.

COURROIES A TALONS ET COURROIES DOUBLES CONFECTIONNÉES EN CUIR DE BŒUF CHROMÉ INDIGÈNE

Le cuir chromé, tout aussi facilement que le cuir tanné à l'écorce, peut se prêter à la fabrication des courroies de commande supportant de grands efforts, soit : courroies à talons (doublées sur les côtés seulement) ou courroies doublées sur toute leur surface.



Photographie n° 22.
Jonctions de courroies, bœuf chromé.

Elles se confectionnent exactement suivant les principes, soit :

Collées seulement sans couture ;

Collées et cousues ;

Cousues seulement sans collage, voir même rivées, chevillées, etc.

Pour nous rendre compte de la valeur des cuirs travaillés au chrome et compléter notre étude, nous avons essayé à la traction deux éprouvettes de :

2 courroies à talons cousues seulement.

1 courroie double cousue seulement.

Ces deux éprouvettes présentaient dans la partie principale soumise à l'expérience une jonction en épissure de 200 millimètres de longueur bien biseautée et collée.

Pour ne pas étendre trop notre travail, nous nous sommes arrêtés à ces deux expériences seulement, ne voulant pas multiplier les chiffres et estimant qu'elles suffisent amplement pour établir des points de comparaison avec le cuir tanné à l'écorce.

Ces éprouvettes avaient, comme les précédentes, les dimensions suivantes :

Longueur : 1^m,20. Largeur : 200 millimètres.

Les talons doublant les côtés de la courroie simple avaient 60 millimètres de largeur; ils étaient fixés au corps par deux rangs de lanières chacun, l'épaisseur totale de ces deux cuirs était de 12 millimètres. La section totale était de 1 920 millimètres carrés.

La courroie double avait 5 rangs de lanières paracheminées, son épaisseur était de 12 millimètres, soit une section de $200 \times 12 = 2\,400$ millimètres carrés.

C'est sur une longueur de 800 millimètres, soit : 300 millimètres en avant et en arrière des points extrêmes de la jonction que nous avons relevé :

1° Les allongements progressifs à la charge de 1 000 kilogrammes, puis le retour à zéro ;

2° L'allongement progressif à la charge de 2 000 kilogrammes, puis le retour à zéro ;

3° L'allongement progressif jusqu'à la rupture.

La photographie ci-contre n° 23 nous montre ces éprouvettes brisées; les chiffres indiquent les forces et les allongements permanents obtenus.

Exemple pour la courroie double :

3 440 kilogrammes — 10-65-200

3 440 kilogrammes : Charge de rupture.

10 — Allongement permanent après la charge de 1 000 kilogrammes et retour à zéro.

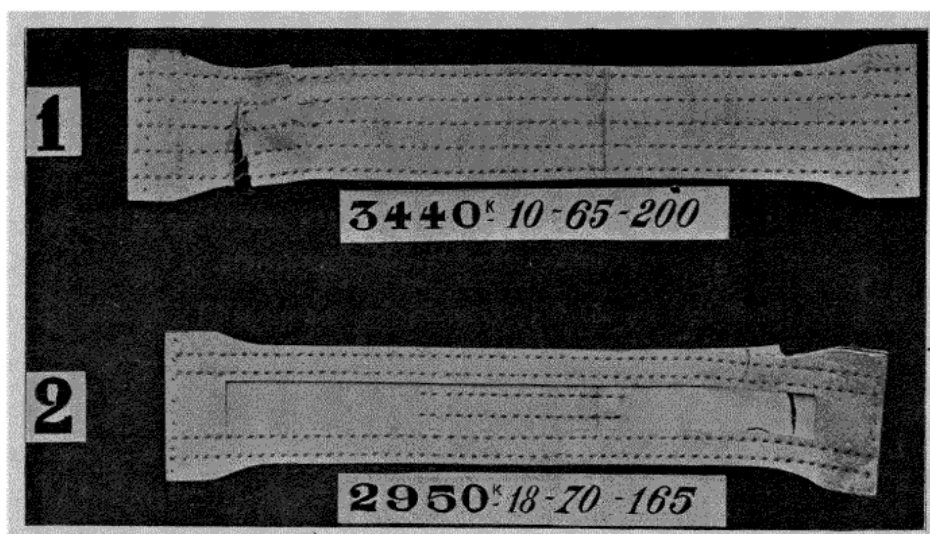
65 — Allongement permanent après charge de 2 000 kilogrammes et retour à zéro.

200 — Allongement au moment de la rupture.

Les tableau et graphique ci-après indiquent :

Les allongements successifs de ces deux éprouvettes ; ils sont relevés de 5 en 5 millimètres.

De ces essais, il ressort encore, ainsi que nous l'avions constaté précédemment, d'abord, sur les 31 éprouvettes prélevées sur le cuir entier, ensuite sur les courroies simples ; que ce genre de préparation appliqué aux peaux de bœufs du pays ne donne pas un cuir aussi résistant que celui travaillé par les anciennes méthodes avec le concours des écorces ; en revanche les coefficients d'allongement sont de beaucoup supérieurs, de même que les énergies de déformation.



Photographie n° 23.

Éprouvettes, courroie à talons et courroie double en cuir de bœuf chromé indigène.

Ce tableau comprend :

Les allongements relevés de 5 en 5 millimètres sur 800 millimètres de longueur.

1° Jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes et l'allongement permanent après retour à zéro ;

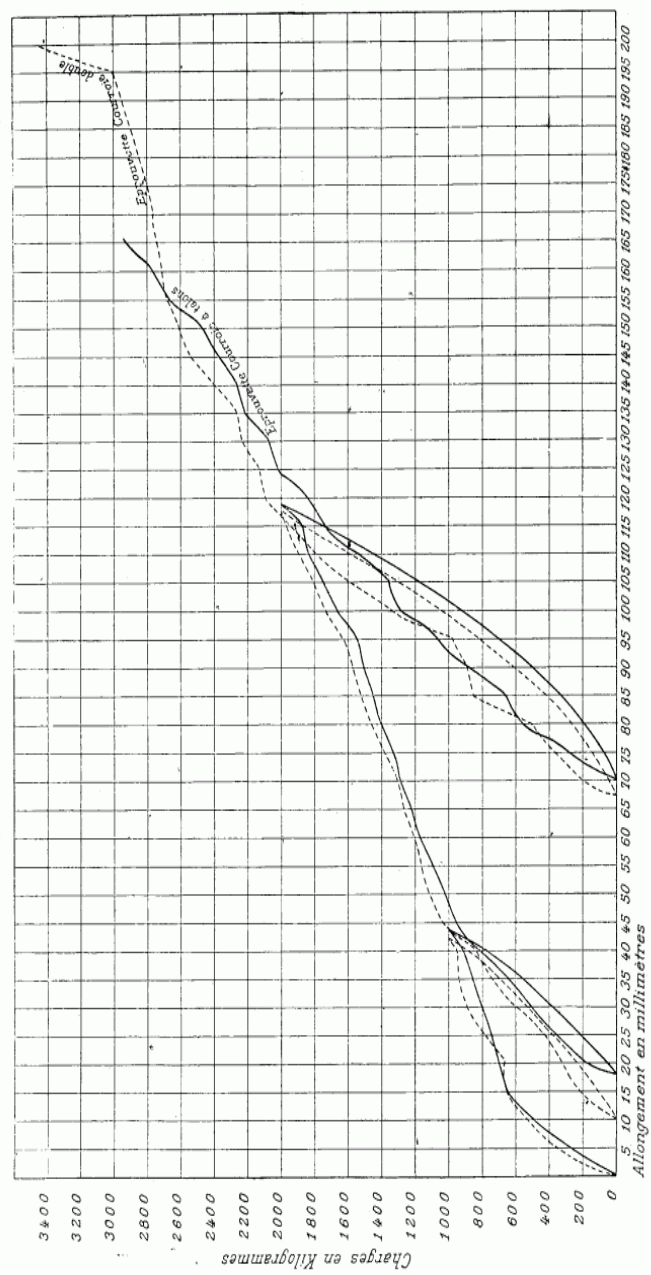
2° Jusqu'à la charge de 2 000 kilogrammes et l'allongement permanent après retour à zéro ;

3° L'allongement de 5 en 5 millimètres jusqu'à la rupture.

**Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture de la courroie
à talons et de la courroie double en bœuf chromé indigène.**

COURROIE A TALONS EN BŒUF CHROMÉ INDIGÈNE.		COURROIE DOUBLE EN BŒUF CHROMÉ INDIGÈNE.	
Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.	Allongement en millimètres.	Charges en kilogrammes.
5	270	5	360
10	500	10	540
15	640	15	640
20	700	20	690
25	760	25	800
30	810	30	900
35	870	35	940
40	920	40	960
44	1 000	42	1 000
"	"	"	"
18	0	10	0
20	180	15	200
25	360	20	300
30	510	25	420
35	640	30	600
40	820	35	740
45	970	40	840
50	1 060	45	1 060
55	1 100	50	1 120
60	1 190	55	1 180
65	1 220	60	1 200
70	1 310	65	1 260
75	1 340	70	1 320
80	1 400	75	1 400
85	1 440	80	1 460
90	1 510	85	1 520
95	1 540	90	1 580
100	1 670	95	1 630
105	1 730	100	1 740
110	1 830	105	1 800
115	1 870	110	1 900
118	2 000	115	1 980
"	"	117	2 000
"	"	"	"
"	"	67	0
"	"	70	200
"	"	75	380
"	"	80	520
"	"	85	840
"	"	90	900
"	"	95	1 000
"	"	100	1 340
70	0	105	1 600
75	260	110	1 800
80	580	115	1 940
85	660	120	2 100
90	890	125	2 110
95	1 060	130	2 240
100	1 280	135	2 260
105	1 350	140	2 400
110	1 540	145	2 540
115	1 740	150	2 600
120	1 850	155	2 680
125	2 020	160	2 700
130	2 080	165	2 740
135	2 210	170	2 770
140	2 270	175	2 800
145	2 380	180	2 840
150	2 480	185	2 900
155	2 680	190	2 950
160	2 770	195	3 010
165	2 950	200	3 440
Rupture.		Rupture.	

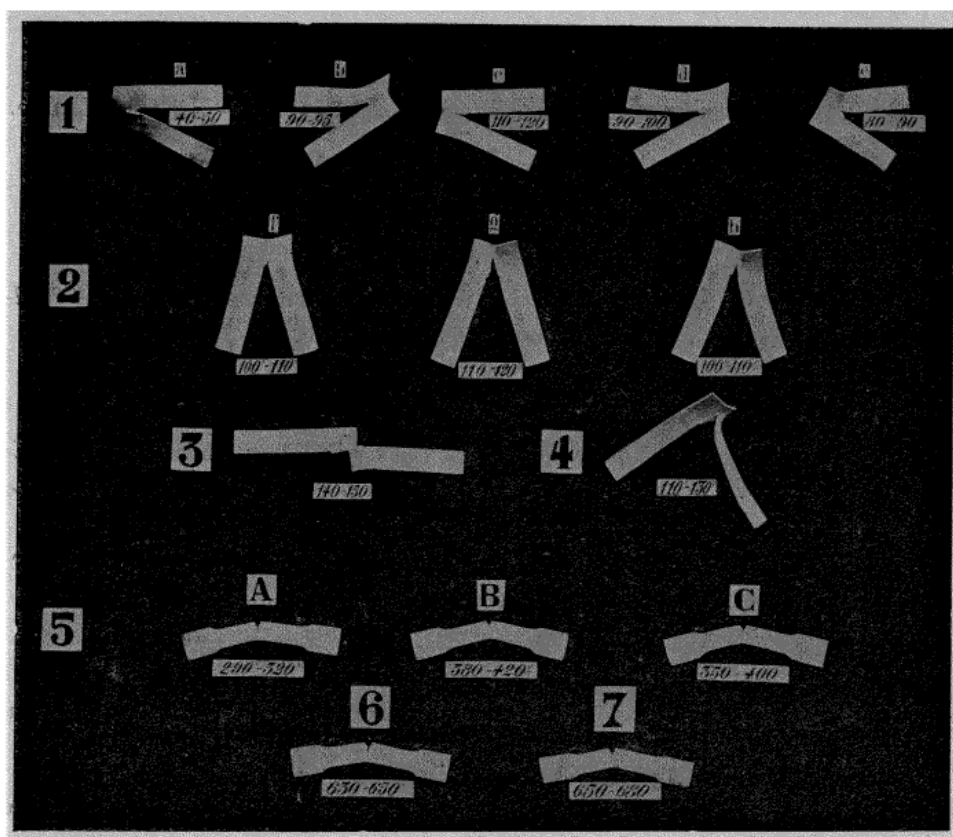
Graphiques de la courroie à talons et de la courroie double en bœuf chromé indigène.



DÉCHIRURES DU CUIR DE BŒUF CHROMÉ

Comme nous l'avons fait pour le cuir tanné, nous avons recherché quelle était la force nécessaire pour produire les déchirures ou arrachements dans le cuir de bœuf chromé.

Ces expériences étaient la reproduction exacte de celles que nous avons



Photographie n° 42.

Cuir chromé bœuf, essais de déchirures.

entreprises précédemment. La comparaison de ces deux sortes de tannage sera donc des plus faciles.

1. Déchirure dans le sens longitudinal. — Bande de cuir chromé de 120 millimètres de largeur, 6 millimètres d'épaisseur prélevée dans un croupon sur la hanche, par conséquent à l'endroit le plus solide.

a : Culée. e : Collet.

L'effort a été de 40 à 50 kilogrammes à la culée.

L'effort a été de 110 à 120 kilogrammes dans le milieu.

Il tombe à 80, 90 kilogrammes au collet.

2. Déchirure dans le sens transversal. — Bande de cuir coupée, dans le côté opposé du croupon (complément de l'expérience ci-dessus).

f: Culée g: Milieu h: Collet

L'effort a été de 100 à 110 kilogrammes à la culée.

L'effort a été de 110 à 120 kilogrammes au milieu.

L'effort a été de 100 à 110 kilogrammes au collet.

3. Déchirure de deux cuirs de 5 millimètres d'épaisseur. — Collés en double. Total : 10 millimètres.

Effort opéré dans le sens longitudinal :

de **140 à 150** kilogrammes.

Un des cuirs se déchire le premier.

4. Déchirure de deux cuirs de 5 millimètres collés en double, ensemble 10 millimètres. — Effort opéré dans le sens transversal :

de **110 à 130** kilogrammes.

Les deux cuirs se déchirent simultanément.

5. Déchirure d'une bande de cuir de 50 millimètres de largeur et 5 millimètres d'épaisseur, dans laquelle on a opéré au préalable une coupure de 10 millimètres dans le sens transversal.

Notons que dans cet essai et dans ceux qui suivent, l'éprouvette était fractionnée.

A : Éprouvette prise dans la culée.

A **290** kilogrammes la déchirure se prépare, elle est complétée à **320** kilogrammes.

B : Éprouvette prise dans le milieu.

A **380** kilogrammes le cuir commence à céder, à **420** kilogrammes l'arrachement est complet.

C : Éprouvette prise dans le collet.

La déchirure commence à **350** kilogrammes et se complète à **400** kilogrammes.

6. Déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et 10 millimètres d'épaisseur, dans laquelle on a au préalable pratiqué une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal.

A **630** kilogrammes les fibres commencent à se séparer.

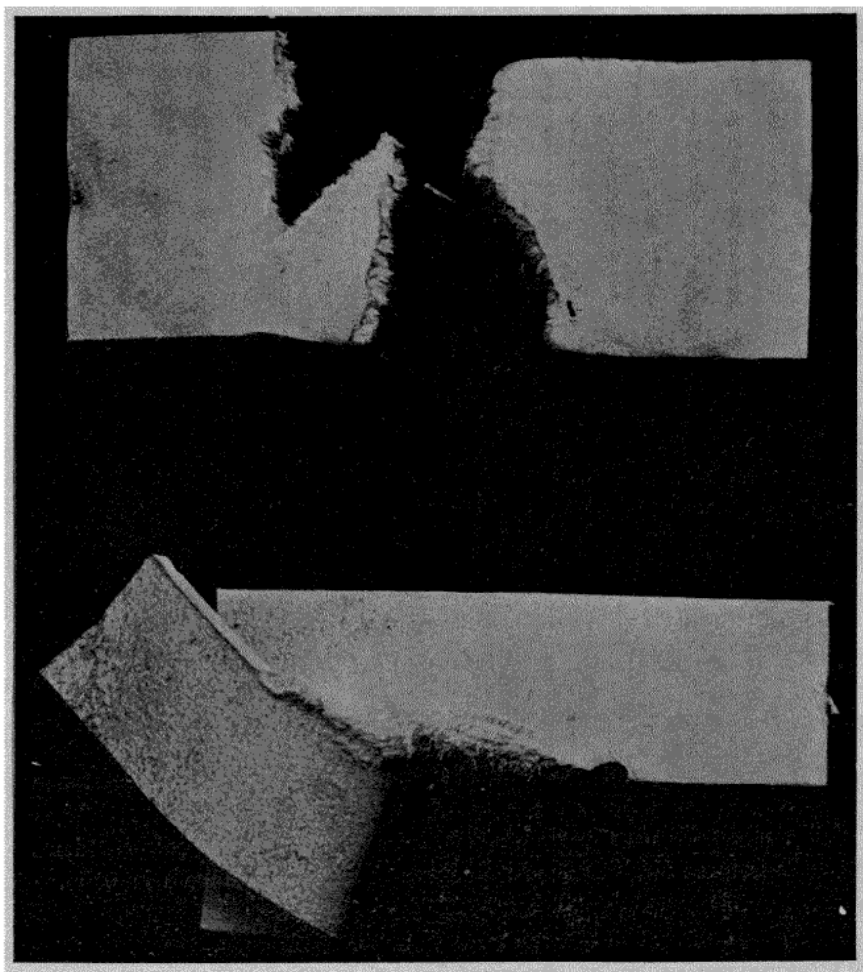
A **650** kilogrammes l'arrachement est complet.

7. Déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et de 11 millimètres d'épaisseur renforcée intérieurement de cuir vert, dans laquelle on a au préalable opéré une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal.

Un premier arrachement a lieu à **650** kilogrammes.

Il est complet à **680** kilogrammes.

Les photographies ci-contre montrent :
L'une, le détail de ces expériences (n° 24).



Photographie n° 23.

Cuir de bœuf chromé, cassure et déchirure, aspect des fibres (grandeur naturelle).

La seconde :
Une déchirure et un arrachement (grandeur naturelle) (n° 25).

(A suivre.)

ARTS MÉCANIQUES

EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

Par **M. Codron**, *lauréat de la Société d'Encouragement* (Suite) (1).

Poinçonnage d'acier au nickel. — Possédant une chute d'arbre coudé de locomotive, dans laquelle nous avons pu débiter diverses éprouvettes, nous en avons essayé une au poinçonnage (fig. 409 à 411).

Cet acier, à teneur en carbone de 0,4, et à teneur en nickel de 4 p. 100, était très ductile. Il accusait un coefficient de résistance de traction de 68 kilo-

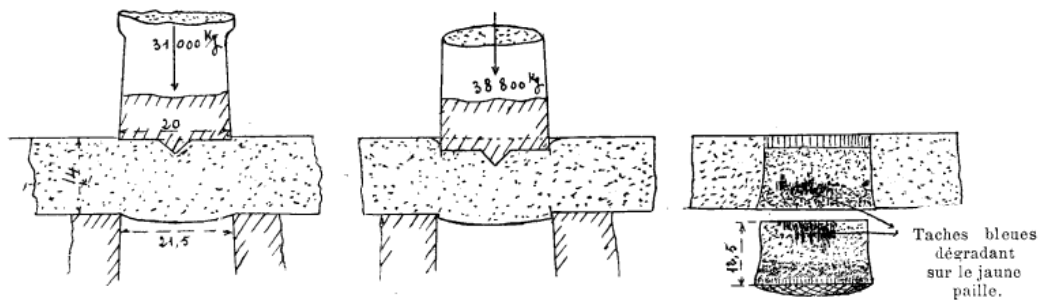


Fig. 409 à 411. — Poinçonnage d'acier-nickel.

grammes, avec 22 p. 100 d'allongement sur 100 millimètres, et un rapport de striction $\frac{S'}{S} = 0,42$.

Nous l'avons poinçonné en vue de rechercher le rapport des résistances de poinçonnage et de traction.

Cet essai est des plus intéressants en le comparant à ceux qui précèdent.

Le diagramme fig. 412 accuse une très grande résistance à la pénétration de la pointe, de hauteur égale à 2^{mm},7.

L'effort atteint 11 000 kilogrammes à une profondeur de 2^{mm},5, soit plus de 500 kilogrammes par millimètre carré de surface d'appui de la pointe.

L'effort maximum : 39 800 kilogrammes, s'est produit vers 5^{mm},5 de pénétration totale, soit pour un peu plus de 2 millimètres de pénétration du poinçon, non compris la pointe.

Les figures 409 et 410 montrent les déformations à 31 000 et à 38 800 kilogrammes.

(1) *Bulletin* de janvier, mars, avril, juillet, août 1901, et janvier 1902, p. 27.

Les mesures, au plus près, étaient faites en retirant la pièce de la machine à essayer. Néanmoins, nous n'avons pu réussir à arrêter la pénétration au delà de la rupture, alors que l'effort décroît rapidement, et qu'il y a lieu d'employer des cales d'arrêt pour limiter à volonté la course du poinçon.

L'allure du diagramme dans la chute des efforts, partie pleine et partie poin-

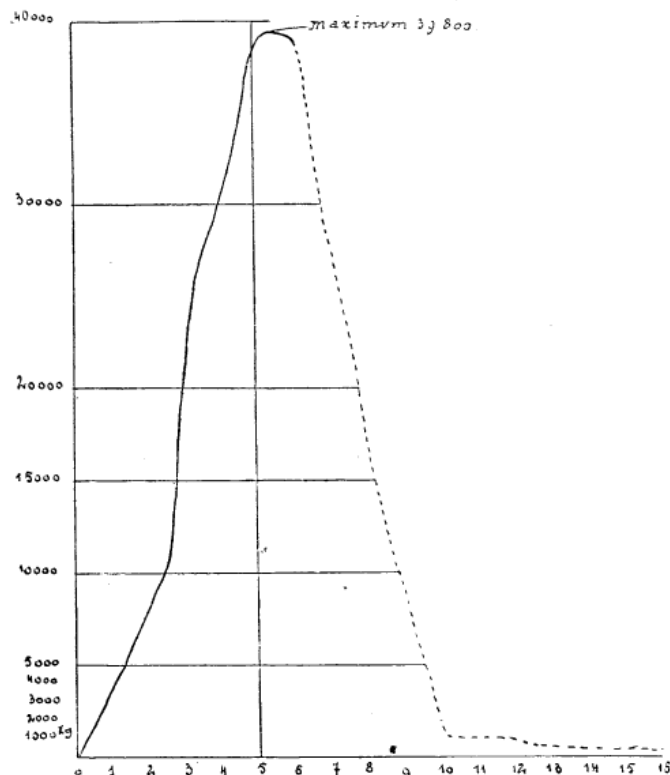


Fig. 412. — Poinçonnage d'acier au nickel. Diamètre du poinçon = 20 mm.
Diamètre de la matrice = 21,5. Épaisseur de la pièce = 14 mm.

tillée fictive, tend à se rapprocher de celle d'une rupture brusque, que dénote aussi l'aspect de la débouchure non munie de collerette (fig. 411).

Cette débouchure est cylindrique sur plus de la moitié de la hauteur, côté du poinçon, de 20 millimètres de diamètre; elle est tronconique vers la matrice de 21^{mm},5 de diamètre.

La surface de cette dernière partie est analogue à une déchirure ordinaire d'acier doux, tout en présentant des arrachements très fins; elle se détache nettement de la surface cylindrique, dont les arrachements sont d'une finesse extrême, que la figure ne saurait rendre.

Il semble que la partie tronconique a été déchirée en premier lieu peu à peu au début de la chute de l'effort maximum, tandis que la partie cylindrique a été séparée très vivement, avec glissement général très peu prononcé, ce qui concorderait avec la coupe de cet acier par un outil tranchant (fig. 413), laquelle coupe se fait par à-coups prononcés, accuse des parties lisses et des parties arrachées, dénotant une certaine aigreur, une fragilité relative, malgré la grande ductilité qui ressort des essais de traction par un rapport de striction $\frac{S'}{S} = 0,42$. Ainsi que nous l'avons déjà signalé ailleurs (1), cet acier donnait lieu à des

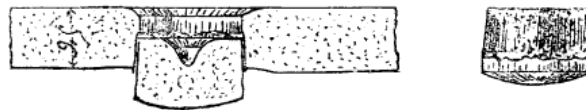


Fig. 414 et 415. — Poinçonnage de cuivre $d = 16$ mm., $d' = 17$ mm., $a = 9,5$.

cassures de torsion brusques, d'équerre, très nettes, un cisaillement très accusé, sans arrachements filandreux.

La débouchure présentait des traces bleuâtres et jaunâtres vers le haut, indi-

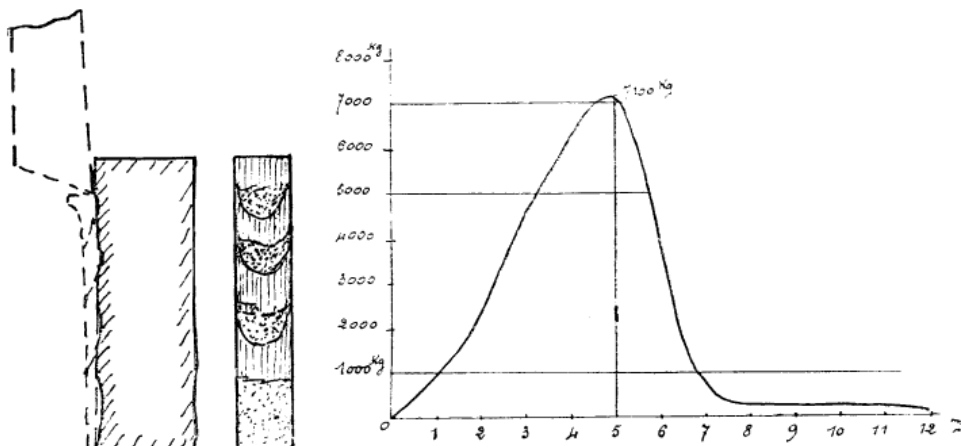


Fig. 413 et 416.

quant un échauffement superficiel accentué. Ces traces se trouvent également sur la surface du trou. Proviennent-elles du frottement énergique au passage rapide de la débouchure ou de la chaleur développée par la séparation brusque qui s'est produite en faisant un bruit analogue à celui d'une arme à feu?

La réduction d'épaisseur de la débouchure au pourtour s'est élevée à $14 - 12,5 = 1^{mm},5$, indice d'une assez grande malléabilité.

(1) *Procédés de forgeage dans l'industrie*, vol. 3, page 38.

Le poinçon en dépouille a nécessité, pour son retrait, un effort de 300 à 500 kilogrammes.

La résistance de poinçonnage est de $R = \frac{39800}{3,14 \times 20 \times 14} = 45^{\text{kg}},26$.

La résistance de traction étant de $R' = 68$ kilogrammes, le rapport : $\frac{R}{R'} = \frac{45,26}{68} = 0,665$, valeur relativement faible si on la compare à celle du fer misé ordinaire et à celle du fer fondu, dont le rapport des deux résistances est supérieur à 0,80.

La pression sur la face d'appui du poinçon : $p = \frac{4 \times 39800}{3,14 \times 20^2} = 127$ kilogr.

La pression vers l'arête tranchante était plus élevée, et a déterminé l'ébrèchement sur la presque totalité du pourtour d'appui.

L'énergie totale s'est élevée à 198 kilogrammètres, soit, par millimètre carré de section, à

$$\tau''_1 = \frac{198}{3,14 \times 20 \times 14} = 0^{\text{kgm}},225.$$

L'énergie par millimètre cube de débouchure est de

$$\tau'_1 = \frac{4 \times 198}{3,14 \times 20 \times 20 \times 14} = 0^{\text{kgm}},045.$$

Ces valeurs de τ''_1 et de τ'_1 diffèrent très peu de celles du fer misé, pour la même épaisseur et le même diamètre.

L'énergie par gramme $\tau_1 = \frac{0,045}{0,0076} = 5,92$ kilogrammètres.

Poinçonnage de cuivre. — Le cuivre donne lieu à des débouchures analogues à celles du fer fondu homogène (fig. 414-415). Nous signalons simplement un essai dans une plaque de 9,5 millimètres d'épaisseur avec un poinçon de 16 millimètres, matrice de 17 millimètres, ayant donné le diagramme fig. 416.

L'effort maximum a atteint 7 100 kilogrammes, soit un coefficient de résistance de

$$R = \frac{7100}{3,14 \times 9,5 \times 16} = 14^{\text{kg}},8.$$

La résistance de traction R' de ce cuivre était de $23^{\text{kg}},3$; soit un rapport de

$$\frac{R}{R'} = \frac{14,8}{23,3} = 0,64,$$

valeur dénotant que le cuivre, métal grenu, présente, relativement à la résistance de traction, une résistance de cisaillement ou de glissement assez faible.

L'énergie totale de poinçonnage s'est élevée à $\tau = 103$ kilogrammètres soit

$$\tau''_1 = \frac{\tau}{\pi d a} = \frac{103}{3,14 \times 16 \times 9,5} = 0^{\text{kgm}},055 \text{ par millimètre carré de section,}$$

$$\tau'_1 = \frac{4 \tau}{\pi d^2 a} = \frac{4 \times 103}{3,14 \times 16^2 \times 9,5} = 0^{\text{kgm}},22 \text{ par millimètre cube,}$$

et
$$\tau_1 = \frac{0,055}{0,0088} = 6^{\text{kgm}},23 \text{ par gramme.}$$

Ces valeurs peuvent être comparées à celles du fer qui se rapportent à un même poinçon, un même diamètre, une même épaisseur.

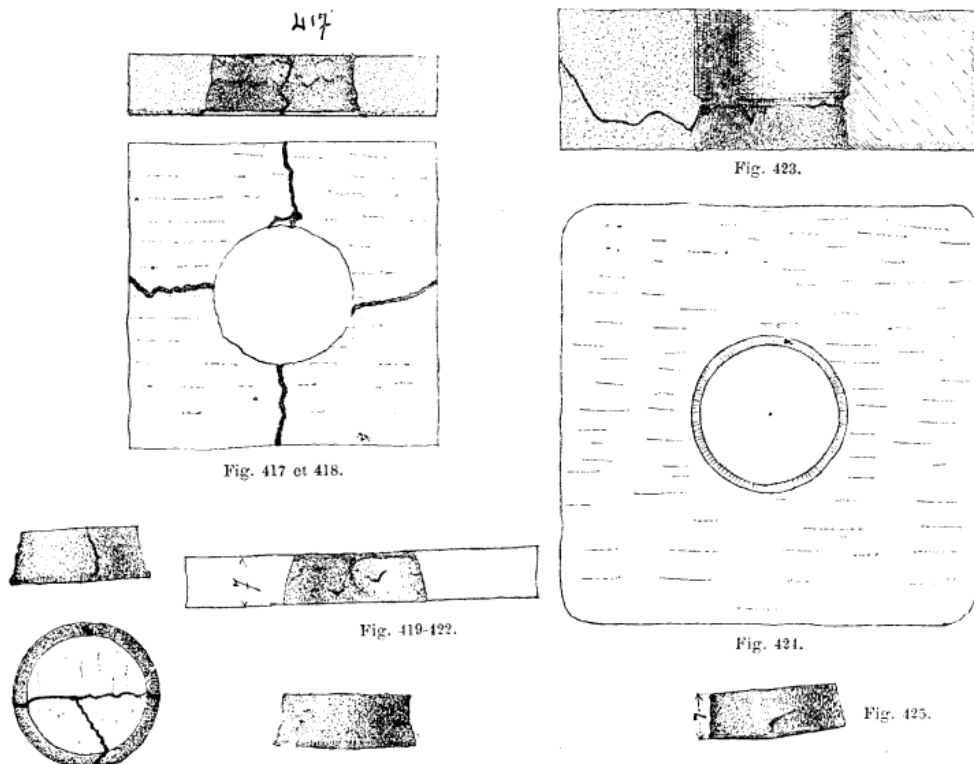


Fig. 417 à 425. — Poinçonnage de fonte $d = 20$, $d = 21,5$, $a = 7$ mm.

Poinçonnage de fonte. — En vue de rechercher le rapport des résistances $\frac{R}{R'}$ de la fonte douce, nous avons poinçonné des pièces de ce métal. Dans un premier essai, l'éprouvette (fig. 417 et 418) s'est rompue en quatre morceaux et la débouchure (fig. 419) ne présentait pas de cassure apparente.

La matrice avait pénétré davantage que le poinçon. Il est à présumer, sinon certain, que la rupture a débuté du côté de la matrice, et que cette rupture s'est faite par flexion en même temps que par glissement.

Dans un autre essai, la débouchure s'est brisée en trois parties (fig. 420 à 422). Pour prévenir la rupture de la pièce, nous avons localisé, dans une pièce épaisse, une réduction d'épaisseur à l'endroit du trou à poinçonner. Cela n'a pas empêché la rupture de cette pièce (fig. 423-424) et la débouchure (fig. 425) ne s'est pas brisée. On ne constatait aucune trace de frottement du poinçon à

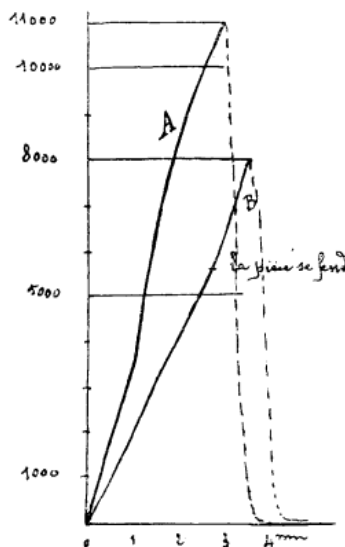


Fig. 426.

travers le trou, ni de la débouchure à travers la matrice, si ce n'est au pourtour de l'arête dans la partie coupée par la matrice.

Les débouchures ont affecté la forme tronconique simple ou composée.

La courbe A (fig. 426) se rapporte à l'un des deux premiers essais ; l'effort maximum est de : 11 000 kilogrammes ; la courbe B est afférente au troisième essai, dont l'effort maximum, pour une même épaisseur 7 millimètres, n'a atteint que 8 000 kilogrammes.

Les résistances de traction étaient respectivement de 15,2 kilogrammes et 12,4 kilogrammes. Les résistances de poinçonnage ressortant à $\frac{11\,000}{3,14 \times 20 \times 7} = 22,7$ kilogrammes et à $\frac{8\,000}{3,14 \times 20 \times 7} = 18,2$ kilogrammes, les rapports $\frac{R}{R'}$ sont égaux à $\frac{22,7}{15,2} = 1,5$, et à $\frac{18,2}{12,4} = 1,47$, valeurs très grandes.

Si, pour la fonte, métal des plus fragiles, dont le rapport entre la résistance de rupture à la compression et celle à la traction est égal à 2 environ, on rapporte la résistance de poinçonnage R à celle de compression R'' en prismes courts, les valeurs $\frac{R}{R''}$ seraient de $\frac{22,7}{30,4} = 0,75$ et de $\frac{18,2}{24,8} = 0,73$; ces valeurs sont plus voisines des rapports relatifs au fer, dont la résistance aux premières déformations d'écrasement avec des éprouvettes cubiques est un peu plus grande que celle relative aux déformations permanentes assez accusées de traction.

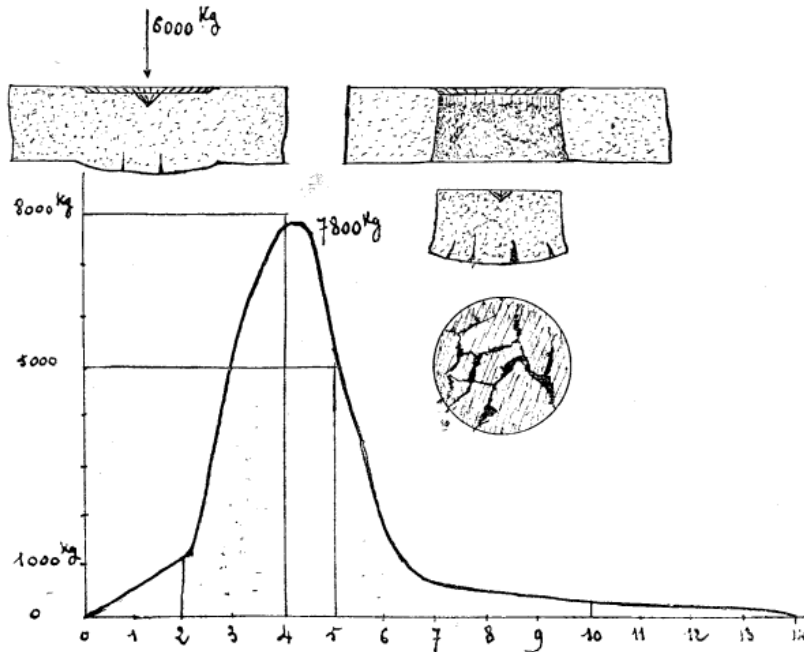


Fig. 427 à 431. — Poinçonnage d'aluminium.

Poinçonnage d'aluminium. — Remarquons aussi, qu'avec de l'aluminium non laminé, nous avons obtenu les déformations figure 427 à 430, le diagramme fig. 431, et un rapport $\frac{R}{R'} = \frac{10,3}{12,1} = 0,85$.

On voit, qu'avec un métal grenu, fragile, tel que la fonte, le rapport $\frac{R}{R'}$ est plus grand que ceux qui correspondent à des métaux ductiles, tels que le cuivre, le fer, l'acier doux. Si nous comparons aussi la valeur de ce rapport relative au plomb, métal mou et de ductilité extrême, valeur égale à 1, nous constatons que le rapport de la résistance de poinçonnage à la résistance de traction

peut varier dans des limites très étendues selon le plus ou moins de ductilité du métal et selon sa texture.

Moins encore que dans le cas du cisaillement, ce rapport ne saurait donc être considéré comme une indication, même approchée, pour apprécier la ductilité ou la fragilité, particulièrement dans les aciers, dont les diverses variétés offrent des cas très bizarres, dans la manière dont ils se comportent aux différents essais.

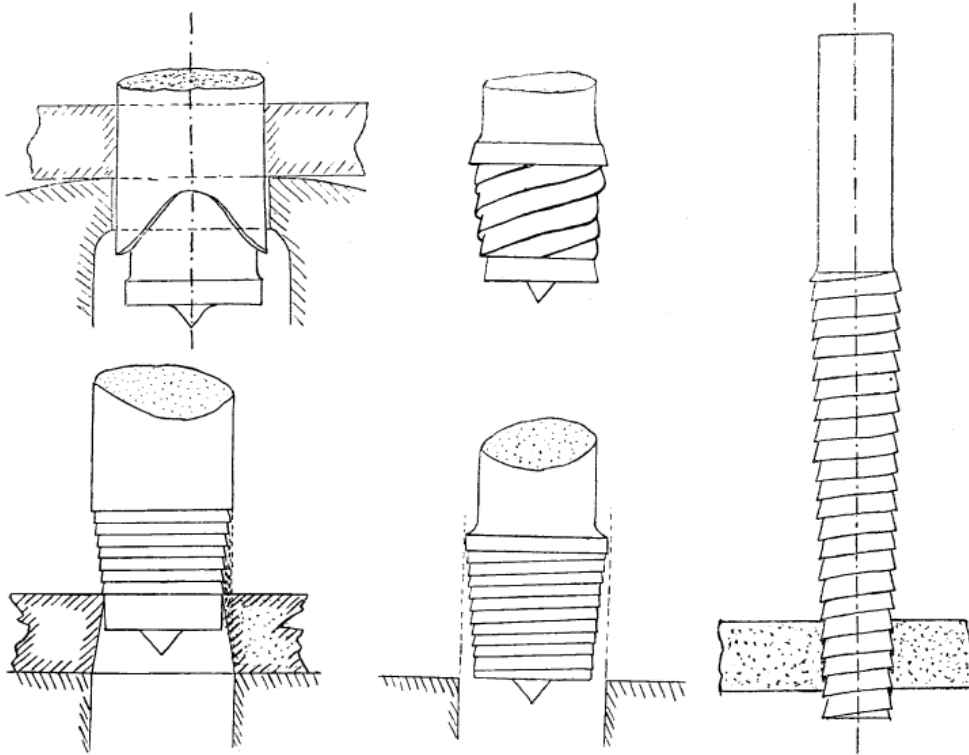


Fig. 432 à 436. — Poinçons alésoirs à tranchants multiples.

Il est incontestable, d'autre part, que l'opération du poinçonnage peut donner une valeur plus ou moins approchée de R' en fonction de R , donner aussi d'utiles indications sur diverses propriétés d'un métal, par l'aspect de la débouchure et par la connaissance du diagramme de poinçonnage, lorsqu'on a soin d'opérer dans des conditions assurant la similitude des essais. Mais elle ne saurait être qu'un essai auxiliaire, sans prétendre à l'exclusion des essais plus directs couramment adoptés.

Poinçons alésoirs à tranchants multiples. — En vue d'obtenir des trous cylindriques à surface régulière lisse, on a préconisé l'emploi de poinçons à

tranchants multiples découpant le métal à la suite du tranchant principal qui expulse la débouchure.

Le modèle M. Jenkins (fig. 432) est à tranchant courbe symétrique, enlevant le métal par un seul copeau, sous quatre coupes progressives simultanées.

Le poinçon plus récent de M. Frémont, qui dérive de la broche-alésoir à tranchant hélicoïdal de M. Chouanard (fig. 433) employée en chaudronnerie pour la rectification des trous non concordants, comprend (fig. 434) une série de tranchants circulaires parallèles qui attaquent successivement ; en (fig. 435), la ligne tranchante est une hélice conique, plus facile à exécuter,

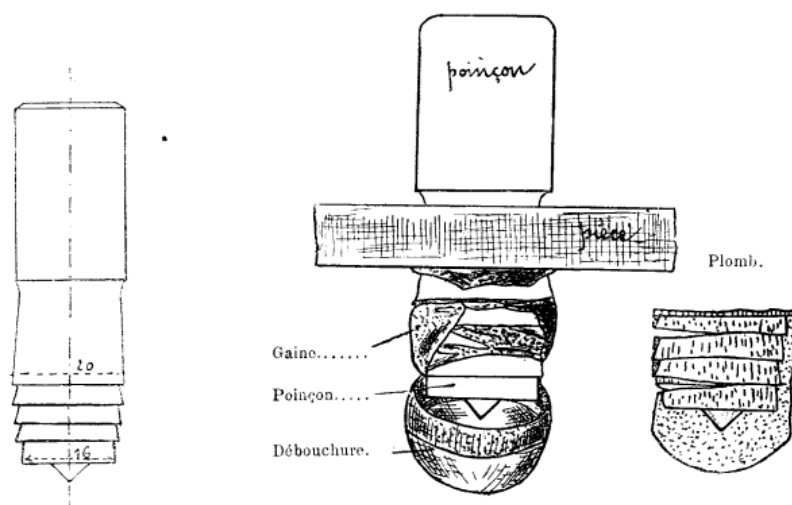


Fig. 437 et 438.

mais plus fragile à l'about ; ou encore (fig. 436), l'outil comporte plusieurs hélices coniques en vue de faciliter le dégagement des copeaux.

Ces divers poinçons ont été mis en usage, pour le poinçonnage du cuivre et du fer, aux ateliers du chemin de fer du Nord, à Hellemmes ; ils ont dû être abandonnés, l'expérience ayant démontré qu'ils n'étaient pas pratiques.

On reproche, avec raison, à ces outils, d'être trop complexes, d'exécution plus difficile, et surtout d'entretien onéreux, car le métal adhère plus ou moins à l'outil, et, si l'ouvrier ne prend pas la précaution de l'enlever à chaque fois, ce qui demande un certain temps, les tranchants s'ébrèchent ou produisent un travail défectueux.

De plus, les tranchants s'émoussent rapidement, ils ne peuvent être affûtés ; la coupe ne se faisant plus, l'outil refoule le métal latéralement en exigeant de grands efforts.

En outre, ces poinçons ne souffrent pas de jeu dans les organes qui les

guident, sinon la partie supérieure, formant le tranchant final, butte contre la matrice à fin de course, et les outils se détériorent.

Remarquons aussi que la course du poinçon doit être beaucoup plus grande, et le jeu exagéré au début de l'opération détermine des arrachements défectueux, que la coupe complémentaire ne peut faire disparaître entièrement dans le cas d'un métal fibreux et même d'un métal grenu ductile.

La pratique délaissé forcément de tels poinçons, car elle exige un outil simple pour le poinçonnage.

Le poinçon avec dépouille de 3 à 4°, à angle de coupe de 80 à 90°, selon la dureté du métal, à pointe de grosseur moyenne, est celui qui convient le mieux dans la plupart des cas. Si le trou ne doit rien laisser à désirer, il faut adopter le forage ou l'alésage, seuls procédés rationnels pour des travaux soignés.

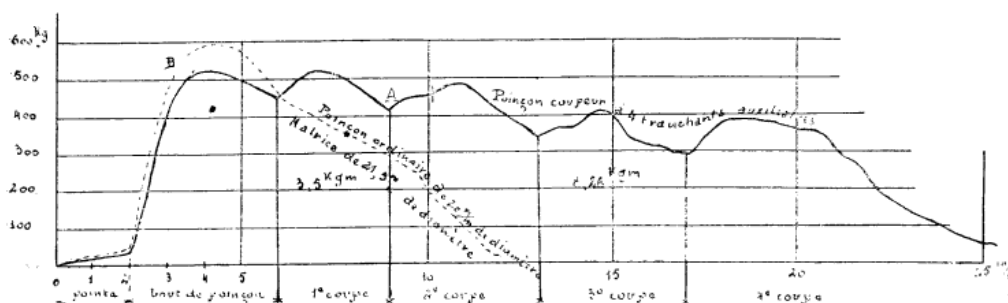


Fig. 439. — Poinçonnage et alésage de plomb avec poinçon à tranchants multiples parallèles. Diamètre de l'about du poinçon 16 mm. Diamètre supérieur 20 mm. Épaisseur de la pièce $d = 9$ mm.

D'ailleurs, l'alésage ne doit pas se faire en même temps que le poinçonnage, car il a généralement pour objet, non seulement d'agrandir les trous, mais aussi de les faire concorder, ce qui nécessite deux opérations distinctes, c'est-à-dire la division du travail; dans ce cas, l'outil à mouvement circulaire est de beaucoup préférable à l'outil à déplacement rectiligne.

A titre de curiosité, nous avons fait divers essais avec le poinçon alésoir (fig. 437), nous en signalerons quelques-uns.

Une éprouvette de plomb a donné un culot de débouchure avec partie supérieure arrachée sur la plus grande partie de son pourtour (fig. 438).

De même, les diverses coupes ont donné des copeaux détachés d'un côté, mais sans solution de continuité de l'autre. La pièce présentait une bavure du côté de la matrice.

Le point le plus intéressant est le diagramme (fig. 439) dont la courbe A marque bien la prise et la coupe de chaque tranchant circulaire, par une augmentation, puis par une chute de l'effort.

La courbe B se rapporte à un poinçon ordinaire de 20 millimètres de dia-

mètre. Les énergies des deux opérations sont respectivement 8,26 et 3,5 kilogrammètres, soit en rapport de :

$$\frac{8,26}{3,5} = 2,36.$$

Parmi quelques éprouvettes de cuivre, notons celles fig. 440-441, dont la débouchure s'est divisée en deux parties, phénomène qui se produit le plus souvent avec ce métal; un noyau central se dégage du pourtour de la débouchure, ce qui donne lieu à une forte collerette qui correspond à la zone non détachée encore de la pièce, collerette qui se déchire, non plus du côté de la pièce à l'extérieur de la débouchure, mais à l'intérieur, du côté du noyau.

La déchirure ne s'est pas propagée jusqu'au poinçon, et la collerette a été

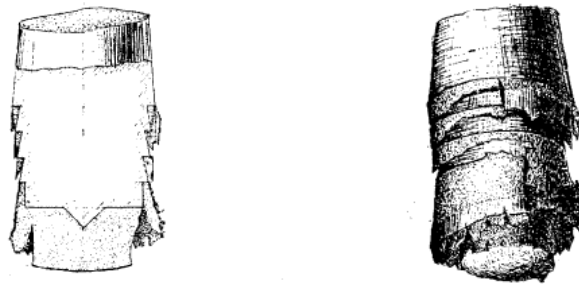


Fig. 440 et 441. — Poinçonnage et alésage de cuivre avec poinçon à tranchants multiples parallèles.

découpée extérieurement par le premier tranchant auxiliaire; puis, chacun des autres tranchants a enlevé un copeau annulaire. Celui du deuxième tranchant et celui du quatrième étaient partiellement munis d'une mince collerette. De plus, le trou présentait, sur une partie de son ouverture, côté matrice, un arrachement qui correspondait à la dernière collerette.

Pour enlever les copeaux qui adhéraient fortement sur les surfaces tronconiques des étages, il a fallu les couper avec un burin, suivant une génératrice.

Le diagramme (fig. 442) indique que l'effort maximum correspondait à la coupe du premier tranchant auxiliaire; il s'élevait à 8160 kilogrammes, tandis que l'effort de poinçonnage, proprement dit, ne s'élevait qu'à 7100 kilogrammes.

Un poinçon ordinaire de 20 millimètres, matrice de 21^{mm},5, a donné le diagramme tracé en traits interrompus, et dont l'effort maximum, 7840 kilogrammes, est plus petit que 8160 kilogrammes. Quant aux énergies, le rapport est de :

$$\frac{122,5}{33} = 3,71.$$

Si nous considérons la période de l'essai, qui correspond à la coupe des deux tranchants intermédiaires, alors que la débouchure est expulsée et ne frotte pour ainsi dire plus, dans la matrice en dépouille, l'effort étant, en moyenne, de 4500 kilogrammes, l'épaisseur des copeaux de 0^{mm},25, leurs longueurs développées de : $2 \times 3,14 \times 19 = 59,7 \times 2$, soit une section de $2 \times 14,92$ millimètres carrés, la résistance de coupe par millimètre carré ressort à :

$$\frac{4\,500}{2 \times 14,92} = 150 \text{ kg.}$$

valeur qui n'est pas exagérée pour du cuivre coupé en mince épaisseur, par un tranchant dont l'angle de coupe est de 90°, et pour des copeaux qui ne sont pas

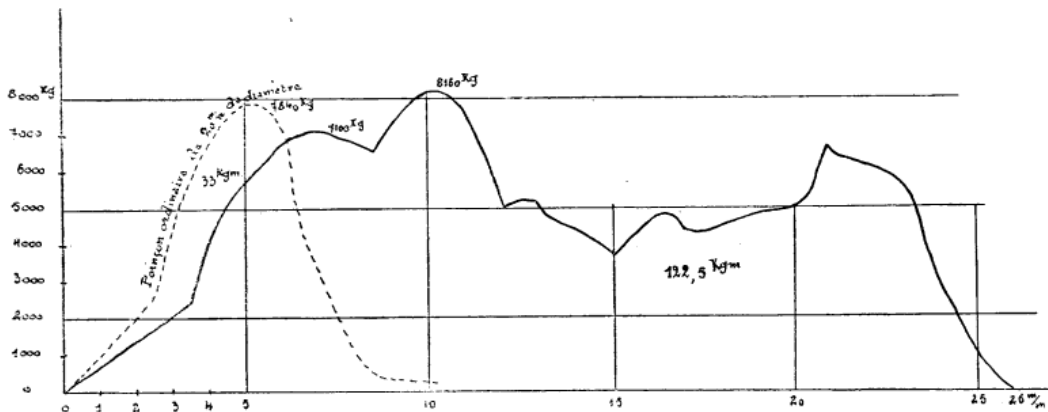


Fig. 442. — Poinçonnage et alésage de cuivre avec poinçon à tranchants multiples parallèles.
 $d = 16$ et 20 mm. $d' = 21$ mm. $a = 8$ mm.

libres de se développer ou ne trouvent pas à se loger dans l'espace ménagé à cet effet.

Le métal est donc refoulé, ou bien il arrache les parties voisines. Cela conduit à multiplier les tranchants, de manière que chacun d'eux n'ait à enlever qu'une très faible épaisseur, une très petite quantité de métal. Il importe aussi que le poinçon reste bien concentrique avec la matrice pendant le tranchage, ce qui est difficile à obtenir dans un travail courant, sinon l'outil tranche plus d'un côté que de l'autre, comme l'indique la débouchure (fig. 438).

Poinçonnage du fer fondu. — Le même poinçon perçant une éprouvette de fer fondu de 8 millimètres d'épaisseur a donné la débouchure à collerettes fig. 443 à 445 et le diagramme courbe A (fig. 446).

La courbe B est relative au poinçon ordinaire de 20 millimètres.

L'effort maximum, 15400 kilogrammes, courbe A, est, de nouveau, plus grand que celui, 15100 kilogrammes de la courbe B.

Les énergies sont dans le rapport

$$\frac{233}{75,5} = 3,1.$$

La partie centrale de la débouchure est restée solidaire de la collerette principale sur environ un quart de son pourtour (fig. 444); une partie de cette collerette est restée solidaire de la pièce (fig. 443).

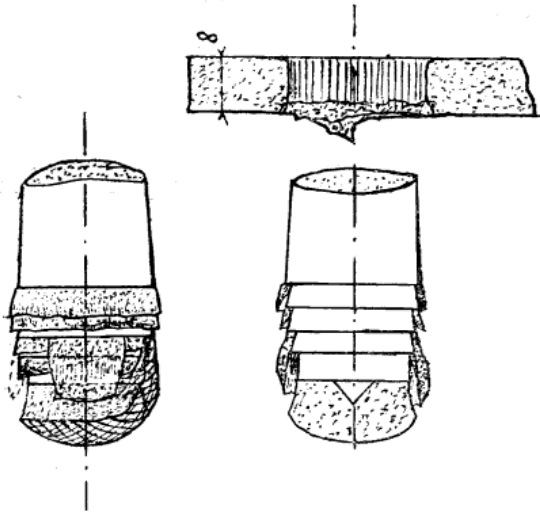


Fig. 443 à 445.

Le métal étant des plus ductiles (allongement de 31 p. 100 sur 200 millimètres, avec striction prononcée), le noyau de la débouchure ne s'est pas criqué comme avec le cuivre.

Quant aux copeaux, deux ou trois présentaient des arrachements analogues à des collerettes ordinaires fortement serties sur l'outil; ils ont nécessité l'emploi du burin pour leur en-

lèvement. D'autre part, le trou, lisse sur la plus grande partie de sa hauteur, accu-

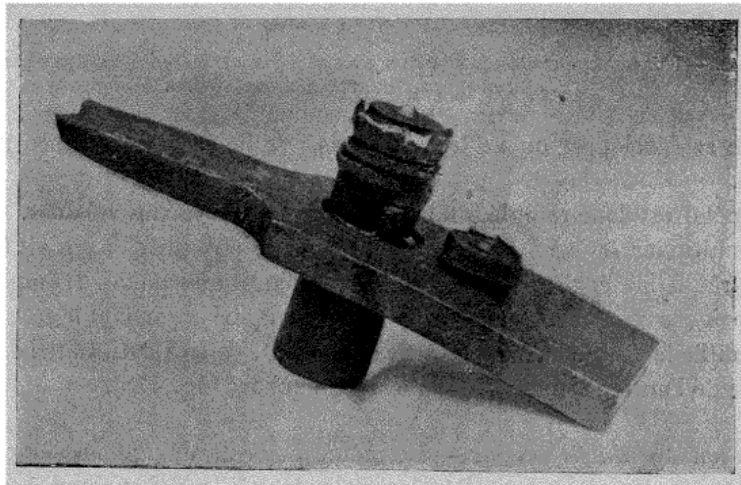


Fig. 445 bis.

sait, du côté de la matrice, des arrachements (fig. 443) inhérents à un diamètre $d = 21$ millim. trop grand par rapport à celui $d = 16$ millimètres du poinçon.

Considérons la période de l'essai qui correspond à la coupe des deux tranchants intermédiaires, l'épaisseur des copeaux étant de $0^{\text{mm}},25$, leurs longueurs

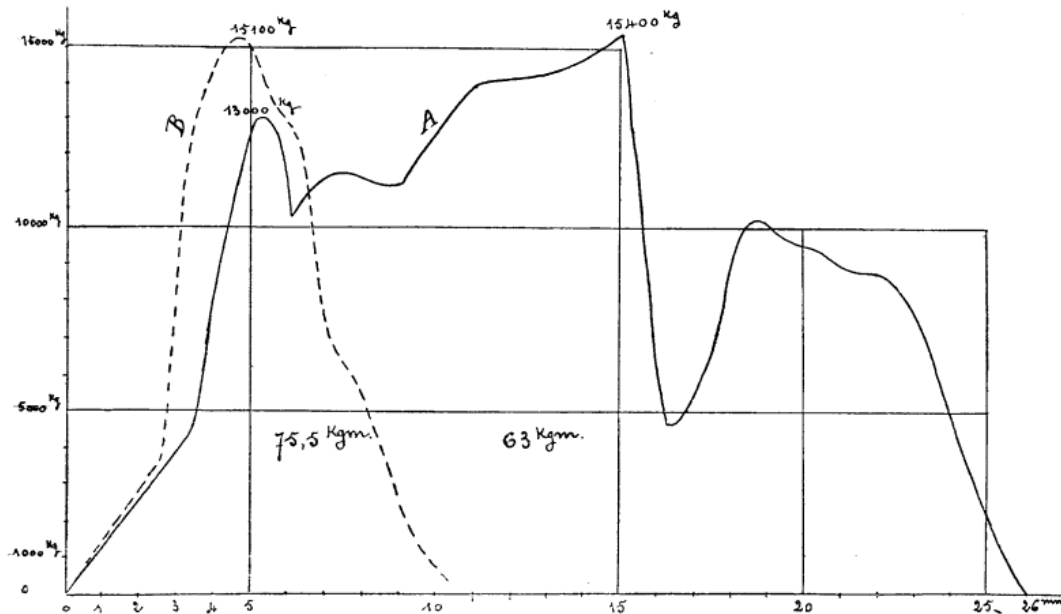


Fig. 446. — Poinçonnage de fer fondu avec poinçon à tranchants multiples parallèles.
 $d = 16 \text{ mm}$. $d' = 21 \text{ mm}$. $a = 8 \text{ mm}$.

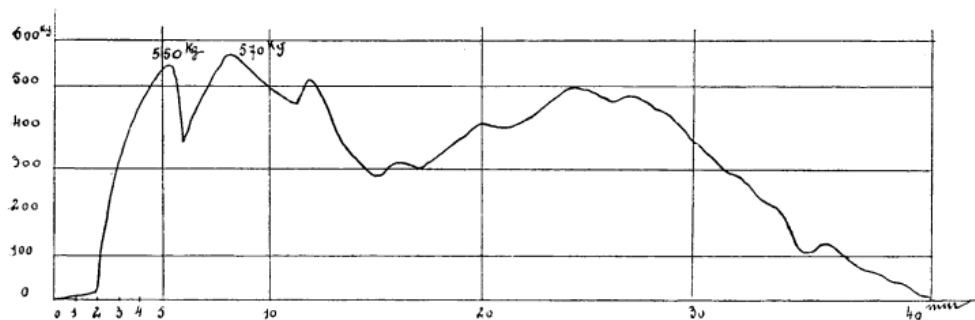


Fig. 448. — Poinçonnage et alésage de plomb avec un poinçon à tranchant hélicoïdal.
 Diamètres $d = 16 \text{ mm}$. $d' = 20$. Épaisseur $a = 8^{\text{mm}},5$.

totalisées de : $2 \times 3,14 \times 19 = 119^{\text{mm}^2},4$, soit une section de $29^{\text{mm}^2},84$. L'effort maximum étant 15 400 kilogrammes, la résistance par millimètre carré ressort à :

$$\frac{15\,400}{29,84} = 516 \text{ kg},$$

valeur élevée, qui se justifie néanmoins par les raisons indiquées précédemment.

Afin de nous rendre compte de l'usage de ce poinçon, nous l'avons monté sur une poinçonneuse ordinaire. Nous avouons n'avoir pas eu l'habileté d'en tirer un parti convenable. Après avoir percé quelques trous dans du fer doux, l'outil était hors d'usage. A la remonte du poinçon des parties de copeaux s'inséraient dans le trou; elles étaient plus ou moins aisées à retirer; l'enlèvement des fragments qui restaient sur le poinçon, exigeait une main-d'œuvre relativement longue; les tranchants s'ébréchaient et ne donnaient plus que des trous

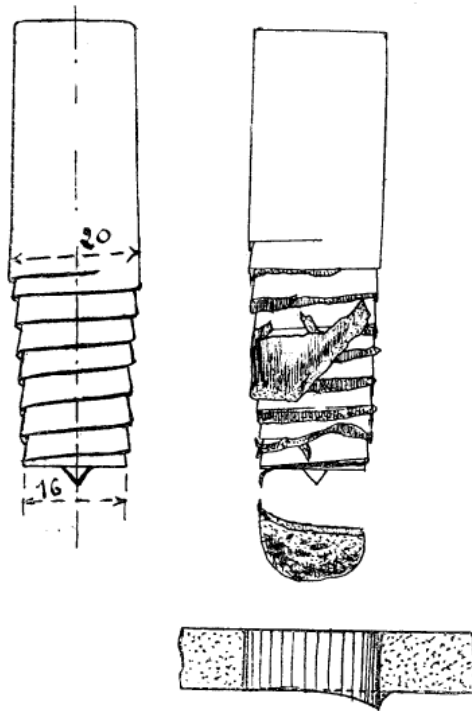


Fig. 447, 448 et 449.

bavurés très défectueux, nous confirmant dans notre opinion que ce n'est pas un outil acceptable pour la pratique courante.

Essais avec poinçon alésoir à tranchant hélicoïdal. — Le poinçon à tranchant hélicoïdal fig. 447 a accusé, pour le plomb, le diagramme (fig. 448) assez irrégulier. Le copeau était entouré d'une gaine d'arrachement étendue (fig. 449), qui rendait plus difficile son enlèvement. Cette gaine exigeait le dévissage, tandis que les morceaux du copeau, proprement dit, pouvaient s'arracher avec d'autant plus de facilité qu'ils étaient de moindre section. L'effort maximum, 570 kilogrammes, correspondait au début de la coupe; il est peu supérieur à

l'effort maximum de poinçonnage, 550 kilogrammes. Ces valeurs ne diffèrent guère de celles obtenues avec le poinçon à tranchants multiples parallèles.

La pièce figure 450 présentait une bavure assez prononcée.

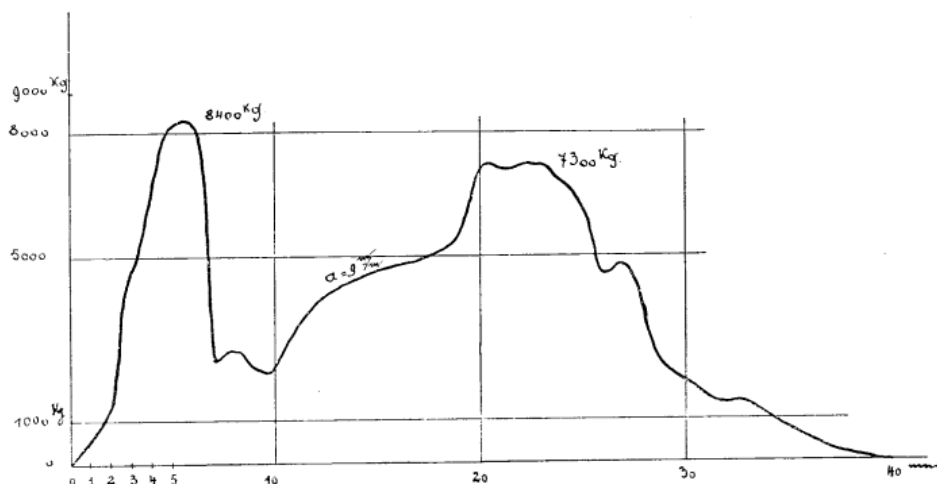


Fig. 451. — Poinçonnage de cuivre avec poinçon hélicoïdal. $a = 9$ mm. $d = 16$ $d_1 = 20$ mm.

Avec une éprouvette de cuivre de 9 millimètres d'épaisseur, nous avons obtenu le diagramme (fig. 451) et la débouchure (fig. 452 à 454).

L'effort maximum, 8 400 kilogrammes correspond au poinçonnage proprement dit, qui est bien accusé par la chute de l'effort. Celui-ci s'est ensuite relevé progressivement jusqu'à 7 300 kilogrammes, valeur assez élevée, déterminant un accroissement sensible de l'énergie dépensée. Les copeaux étaient coupés assez régulièrement; mais ici, encore, leur enlèvement n'était pas aisé.

Signalons enfin, parmi divers essais avec du fer fondu ductile, le spécimen très réussi (fig. 455 à 457) qui a donné le diagramme (fig. 458). Le copeau très régulier était garni d'une gaine assez forte provenant du métal avoisinant le trou de la matrice, métal laissé par la débouchure qui s'en est dégagée.

Un point assez curieux consiste en ce que la débouchure, de forme tronconique nettement accusée, présente une longueur de génératrice égale à 5 milli-

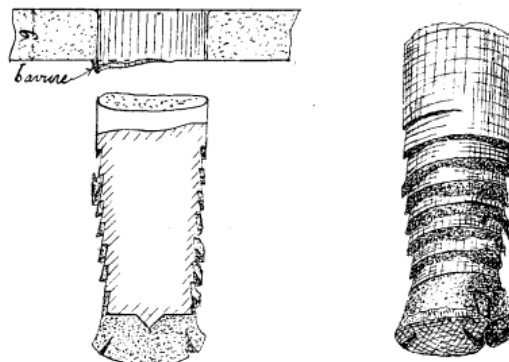


Fig. 452 à 454.

mètres seulement, tandis que l'épaisseur de la pièce était de 8 millimètres. Cela est dû à l'emboutissage prononcé que subit la débouchure: emboutissage qui permet au poinçon de se rapprocher assez de la matrice avant que la rupture du côté de cet outil se produise. L'effort maximum 14 700 kilogrammes, relativement élevé, a lieu pour un rapprochement de 8 à 9 millimètres du poinçon de la matrice; la chute de l'effort, après rupture de la débouchure, est accentuée; puis le relèvement se fait progressivement, pour atteindre le maximum: 11 300 kilogrammes, qui se rapporte à la coupe vers la fin de l'opération. L'enlèvement du copeau, on le conçoit, était plus difficile encore qu'avec le cuivre.

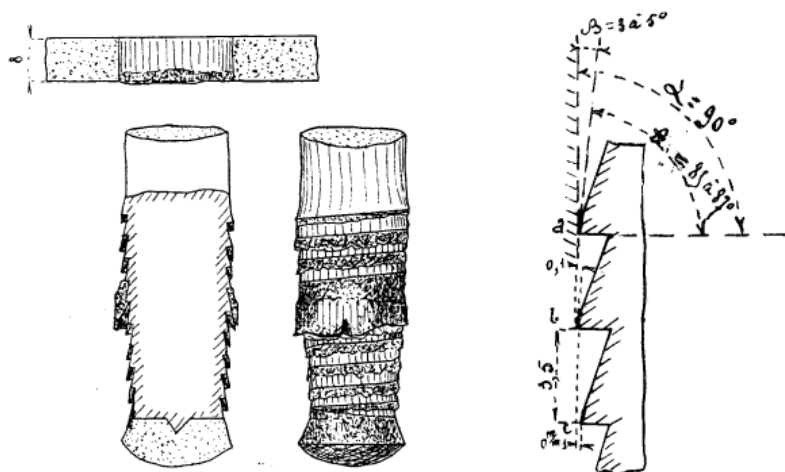


Fig. 453 à 457, et 459.

A la poinçonneuse, la levée du poinçon a laissé dans le trou des parties de collerette qui s'incrustaient fortement et qu'il n'était pas aisé d'enlever.

Il nous paraît inutile de nous étendre davantage sur ces essais qui présentent un intérêt pratique très secondaire.

Alésage de trous à la broche. — Nous avons aussi opéré avec la broche alésoire fig. 433, de 16 millimètres de diamètre maximum, avec tranchants de la forme représentée en fig. 459 à quatre fois leur grandeur naturelle.

Une pièce de fer fondu très ductile, de 10 millimètres d'épaisseur, a été percée d'un trou correspondant au diamètre de l'extrémité de l'outil; le trou a été agrandi par le passage d'outre en outre de la broche.

La courbe A (fig. 460) donne la variation des efforts. Bien que le tranchant soit une hélice continue, la courbe est assez ondulée. Cela tient à ce que le métal est coupé par à-coups et à ce que le frottement et le refoulement latéral ne sont pas réguliers. La coupe donne un copeau en hélice (fig. 461) assez uniforme, que l'on retire en dévissant l'outil. La hauteur du copeau était en moyenne de

1 millimètre pour une épaisseur de pièce de 10 millimètres, soit un rapport 1/10, une réduction de longueur ou de hauteur de copeau très grande, motivée par la faible épaisseur enlevée, égale à $0^{\text{mm}},1$. Notons que cette épaisseur correspond (fig. 459) à la différence des distances de l'axe des deux points de l'hélice, tels

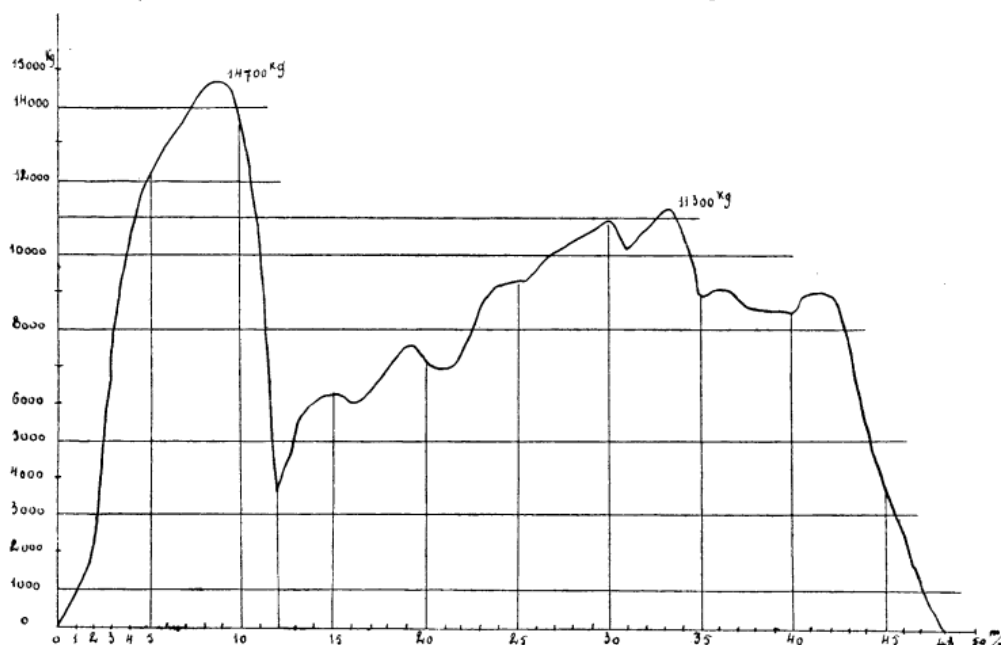


Fig. 458. — Poinçonnage et alésage de fer avec un poinçon à tranchant hélicoïdal.
 $d = 16$ mm. $d_1 = 21$ mm. $a = 8$ mm.

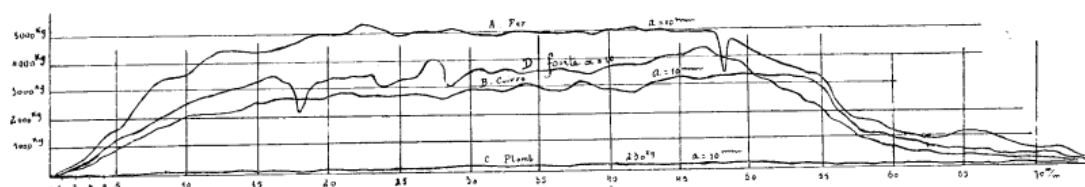


Fig. 460. — Alésage d'un trou cylindrique avec broche à tranchant hélicoïdal.
Diamètres 12 et 16 mm.; pas de $3^{\text{mm}},5$. Épaisseur $a = 10$ mm.

que a et b , situés sur une même génératrice du cône circonscrit à l'outil. Le point a commence à attaquer lorsque la broche est engagée du pas $p = ab$.

On peut rechercher à combien s'élève, avec cet outil, la résistance par millimètre carré de section de copeau.

Soient d le diamètre moyen du trou pour une position déterminée; a , l'épaisseur de la pièce; p le pas de l'hélice tranchante; $d'' - d'$ la différence des diamètres qui correspond à n spires.

Le nombre de spires engagées dans le trou étant $n' = \frac{a}{p}$, le développement du copeau ou des n' spires est de

$$n' \sqrt{\pi d^2 + p^2}.$$

$$\text{La section du copeau} = \frac{d'' - d'}{2n} n' \sqrt{\pi d^2 + p^2}.$$

L'effort moyen étant P, la résistance par millimètre carré est de

$$R = \frac{P}{\frac{d'' - d'}{2n} n' \sqrt{\pi d^2 + p^2}}.$$

Dans l'exemple considéré, on a, pour $n = 10$, $d'' - d' = 2$ millimètres, soit une épaisseur de $\frac{2}{2 \times 10} = 0^{\text{mm}},1$.

L'épaisseur de la pièce $a = 10$ millimètres, le pas $p = 3^{\text{mm}},5$, d'où :

$$n' = \frac{10}{3,5} = 2,85.$$

Le développement l du copeau, pour $d = 16$ millimètres est de

$$2,85 \sqrt{3,14^2 \times 16^2 + 3,5^2} = 143 \text{ mm.}$$

La section du copeau $0,1 \times 143 = 14^{\text{mm}^2},3$.

L'effort moyen, au diamètre 16 millimètres, étant de 5050 kilogrammes, la résistance par millimètre carré : $\frac{5050}{14,3} = 353$ kilogrammes, valeur admissible pour une telle coupe de fer, et qui sera justifiée ultérieurement quand nous considérerons la coupe proprement dite des outils tranchants dont l'angle de coupe $\alpha = 90^\circ$ et l'angle d'acuité $\theta = 85^\circ$ environ. L'énergie de coupe rapportée au millimètre cube, ou au gramme de métal, peut s'évaluer en considérant le volume qui correspond au développement $l = 143$ millimètres ci-dessus, à la hauteur ou épaisseur a de la pièce, et à l'épaisseur e du copeau, soit un volume $v = lae$.

L'énergie dépensée : $\tau = Pa = le Ra$.

Par millimètre cube $\tau_1 = \frac{leRa}{lae} = R = 353$ kilogrammillimètres = 0,353 kilogrammètres. Si on se rapporte au gramme de métal, il suffit de poser, δ étant la densité :

$$\tau_1 = \frac{Pa}{V\delta} = \frac{le a R}{le a \delta} = \frac{R}{\delta} \text{ kilogrammillimètres.}$$

Pour le fer, R étant rapporté au millimètre carré et δ exprimé en grammes par millimètre cube; il vient :

$$\tau_1 = \frac{R}{0,0077} = \frac{353}{0,0077} = 46\,000 \text{ kilogrammillimètres, soit } 46 \text{ kilogrammètres (1).}$$

Le millimètre cube de métal de fer enlevé sous forme de débouchure ne nécessite qu'une énergie de $0^{\text{kgm}},04$ pour une épaisseur de 10 millimètres et un diamètre de 16 millimètres. Le rapport des énergies pour les deux procédés

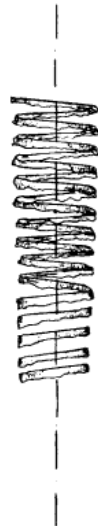


Fig. 461.

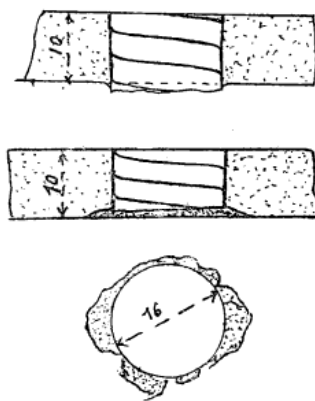


Fig. 462 à 464. — Cuivre, fonte.

d'alésage à la broche-poinçon et de poinçonnage ordinaire serait, dans le cas considéré, de $\frac{0,353}{0,04} = 8,8$.

La valeur de ce rapport fait ressortir, en ce qui concerne les énergies, combien le poinçonnage est moins exigeant comparativement à la coupe sous forme de copeau. Par rapport au meulage, la différence est beaucoup plus grande; il suffit de rappeler que nous avons trouvé, pour le fer, avec une meule de dégrossissage :

$$\tau_1 = 500 \text{ kgm., par gramme et } \tau'_1 = 3^{\text{kgm}},8 \text{ par millimètre cube.}$$

Des essais faits dans les mêmes conditions d'épaisseur avec le cuivre, le

(1) Pour exprimer τ_1 en kilogrammètres directement, il suffit d'exprimer R en kilogrammètres, soit :

$$\tau_1 = \frac{R}{\delta} = \frac{353 \text{ kgmm.}}{0,0077} = \frac{0^{\text{kgm}},353}{0,0077} = \frac{353}{7,7} = 46 \text{ kgm.}$$

plomb et la fonte douce, ont accusé les courbes B, C, D (fig. 460). Ces courbes sont donc comparatives avec celle A du fer, pour apprécier les résistances et les énergies dépensées, lesquelles sont sensiblement dans le rapport $3/5$ pour le cuivre et le fer, $3/50$ pour le plomb et le fer, $2/30$ pour le plomb et le cuivre, $35/50$ pour la fonte et le fer.

La hauteur des copeaux du plomb et du cuivre était un peu moindre que celle relative au fer. La résistance moyenne R, par millimètre carré, ressort à

Cuivre.	Plomb.	Fonte.
$\frac{3\ 000}{14,3} = 210\text{ kg.}$	$\frac{210}{14,3} = 14,7$	$\frac{3\ 500}{14,3} = 245\text{ kg.}$

Retenons que la coupe avec la broche laisse une bavure (fig. 462) du côté de la sortie dans le cas d'un métal ductile; avec la fonte, il se détache des

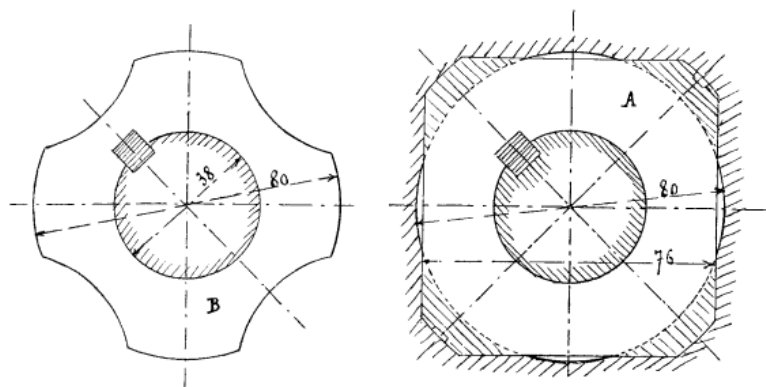


Fig. 465 et 466.

éclats, des brèches parfois étendues (fig. 463-464), que l'on ne saurait éviter si la face ne s'appuie au plus près du trou sur une pièce de soutien.

Nous avons recherché la résistance pour la fonte, en vue de déterminer l'effort maximum qu'il faut développer sur une broche qui transforme, par exemple, des trous cylindriques de poulies, roues, engrenages, en trous à faces partielles planes.

Une telle broche-mandrin du modèle figure 467, signalée par M. G. Richard (1), est employée avantageusement lorsque l'opération se répète un grand nombre de fois. C'est le modèle adopté par M. Marc Grégor, pour carrelar le moyeu d'une roue en fonte, percée d'un trou de 80 millimètres de diamètre sur 70 millimètres de hauteur. Le carrelage comporte un trou de 76 millimètres de côté, à angles abattus (fig. 465).

(1) *Traité des machines-outils*, page 498, tome II.

La broche comprend 28 lames A d'acier, entretoisées par des rondelles de fer B (fig. 466-468), qui servent aussi à guider l'outil, en portant partiellement dans le trou de 80 millimètres de diamètre. Tous les éléments de l'outil sont calés sur une tige de 38 millimètres de diamètre et de 1^m,75 de longueur.

Le métal en excès est indiqué par les hachures figure 466. Pour faciliter le

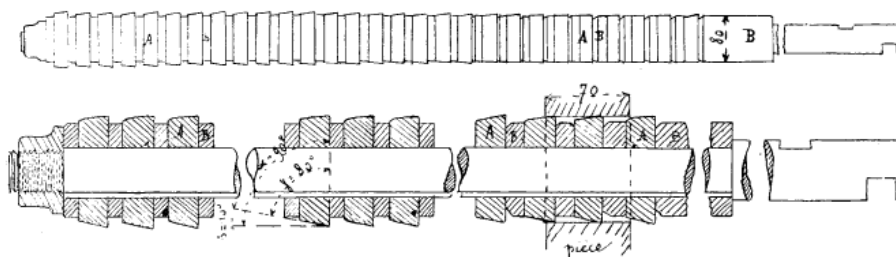


Fig. 467 et 468.

dégagement des copeaux, les outils sont alternativement entaillés à leurs extrémités. L'épaisseur totale à enlever est de 8 millimètres. Comme les trois dernières lames sont calibreuses, n'enlèvent, pour ainsi dire, pas de métal, il ne faut compter que sur 25 lames coupantes, ce qui donnerait une épaisseur moyenne de $\frac{8}{25} = 0,32$ millimètres.

Le plus grand développement des tranchants, pour une lame, correspond à la

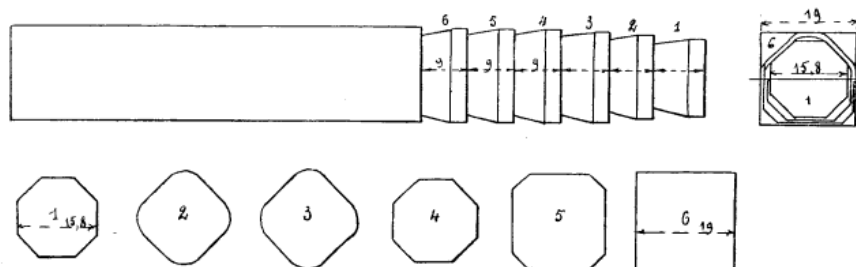


Fig. 469.

fin de l'opération; il est égal à 170 millimètres. Deux lames étant simultanément en prise (fig. 468), la longueur totale des copeaux serait de 340 millimètres, soit une section de

$$340 \times 0,32 = 108 \text{ millimètres carrés.}$$

Le coefficient de résistance unitaire, pour une épaisseur de 0^{mm},32, est notablement moins élevé que pour l'épaisseur ci-avant de 0^{mm},1. On peut admettre

qu'il s'élève, pour de la fonte douce, à 150 kilogrammes, ce qui donnerait un effort de traction sur la broche de :

$$108 \times 150 = 16\,200 \text{ kilogrammes.}$$

Cet effort ferait fatiguer la tige de 38 millimètres de diamètre à

$$\frac{16\,200}{1\,134} = 14^{\text{kg}},4,$$

valeur un peu forte.

Il est à présumer que, vers la fin de l'opération, les tranchants des lames sont réglés pour n'enlever que 0^{mm},1 d'épaisseur de copeau, et que l'effort s'élève à environ :

$$340 \times 0,1 \times 245 = 8\,330 \text{ kg.}$$

chiffre respectable, qui n'en montre pas moins les grands efforts à développer avec ce genre d'outil.

La broche est passée à vitesse lente, soit en 6 minutes, ou 360 secondes, de sorte que la vitesse par seconde est d'environ $\frac{1,45}{360} = 0^{\text{m}},004$.

La puissance développée vers la fin de l'opération serait donc de

$$8\,330 \times 0,004 = 33,32 \text{ kgm.}$$

Si l'outil est actionné par un mécanisme simple, tel que celui d'une machine à rainer qui comporte, par exemple, trois membres cinématiques dont le rendement de chacun est de 0,80, le rendement total serait de $0,80^3 = 0,512$; la puissance totale s'élèverait à :

$$\frac{33,32}{0,512} = 65 \text{ kilogrammètres.}$$

Une autre application citée dans l'*American Machinery* de janvier 1901 comprend une broche (fig. 469) qui a servi pour l'agrandissement des trous de brides en acier coulé de 0^m,012 et 0^m,016 d'épaisseur. Les trous étaient venus de fonderie à la dimension carrée de 5/8'' (0^m,0158) et il fallait les agrandir à 3/4'' (0^m,019).

Le premier étage de section octogonale servait de guide, les autres étages affectaient les sections numérotées de 2 à 6.

Ces applications sont assez rares; le plus souvent, on se contente de calibrer un trou à section polygonale en faisant usage d'un mandrin d'acier (fig. 470) dont les faces sont taillées de manière à présenter des tranchants obliques. On l'enfonce à travers la pièce à coups de marteau, dans toutes les positions possibles.

Il importe de ne pas laisser trop de matière à enlever, sinon on risque de

briser le mandrin ou de fendre la pièce; car, d'une part, les tranchants coupent peu avec des angles de coupe qui varient de 80° à 110° , et, d'autre part,

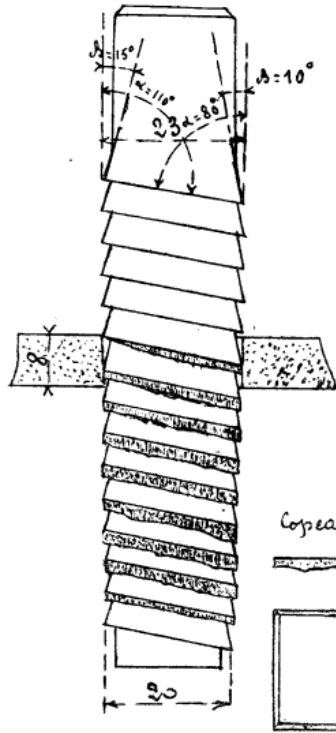
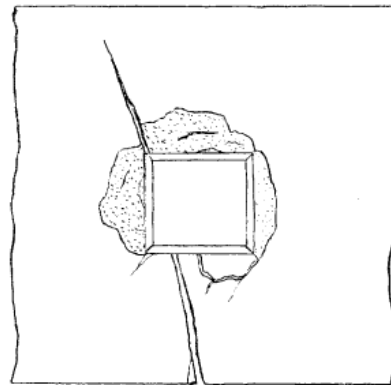


Fig. 470. — Mandrinage de fer.



[Fig. 472.]

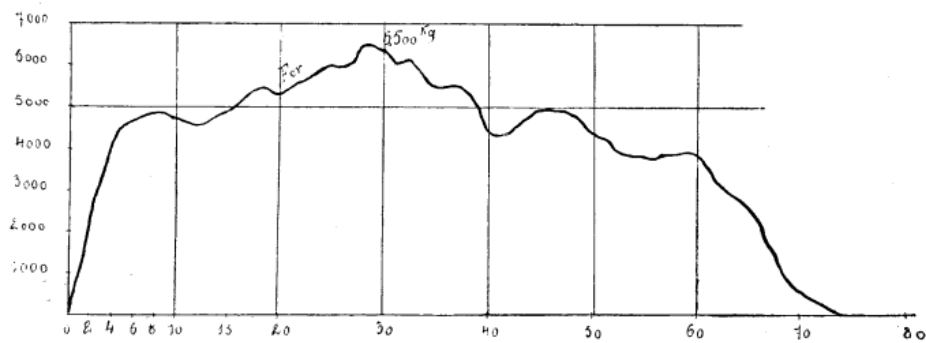


Fig. 471. — Mandrinage de fer.

si les tranchants sont émoussés, il ne coupent plus, ils refoulent le métal; l'outil agit à la manière d'un coin.

Nous avons recherché les efforts que nécessite le passage du mandrin à travers une pièce de fer fondu de 8 millimètres d'épaisseur.

Nous avons obtenu le diagramme fig. 471, dont l'effort maximum est de 6 500 kilogrammes.

A ce moment, les copeaux avaient une longueur totale de $36 \times 4 = 144$ millimètres.

La saillie entre deux dents consécutives étant de : $6^{\text{mm}},125$, la section totale des copeaux en coupe était de : $144 \times 0,125 = 18^{\text{mm}^2}$.

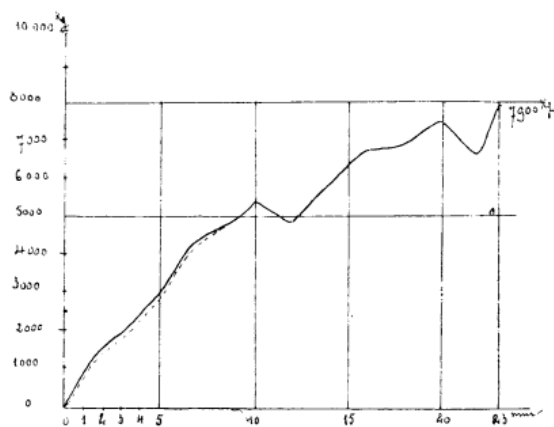


Fig. 473. — Mandrinage de fonte. Épaisseur de 15 mm.

La résistance par millimètre carré ressort à

$$R = \frac{6\,500}{18} = 361 \text{ kg.}$$

valeur qui concorde assez bien avec celle 353 kilogrammes, qui se rapporte à la broche hélicoïdale ci-avant.

Les copeaux présentaient la forme figure 469.

En opérant avec une pièce de fonte de 15 millimètres d'épaisseur, le mandrin, dans un premier essai, a déterminé la rupture pour un enfoncement de 10 millimètres, sous un effort de 5 400 kilogrammes. La pièce, au delà du trou, avait cependant une largeur minimum de 40 millimètres.

Dans un deuxième essai, la rupture s'est produite (fig. 472), à 7 900 kilogrammes avec enfoncement de 23 millimètres.

Les deux courbes des efforts (fig. 473) concordent à très peu près.

L'effort de 7 900 kilogrammes ne doit guère être inférieur à l'effort maximum dans le cas de non-rupture de la pièce.

Cette dernière était très ébréchée du côté de la sortie de l'outil ; les copeaux se détachaient très facilement. L'épaisseur étant de 15 millimètres, la longueur

totale des copeaux en prise, position de la pièce qui correspond à l'effort 7 900 kilogrammes, est de : $66 \times 4 = 264$ millimètres.

La section totale des copeaux est égale à :

$$263 \times 0,125 = 33 \text{ millimètres carrés.}$$

L'effort, à ce moment, étant de 7 900 kilogrammes, la résistance de la fonte par millimètre carré de section était de

$$R = \frac{7\,900}{38} = 239 \text{ kilogrammes.}$$

Cette valeur est un peu plus faible que celle 245 kilogrammes, trouvée avec la broche hélicoïdale qui attaquait sous épaisseur de 0,1 de millimètre.

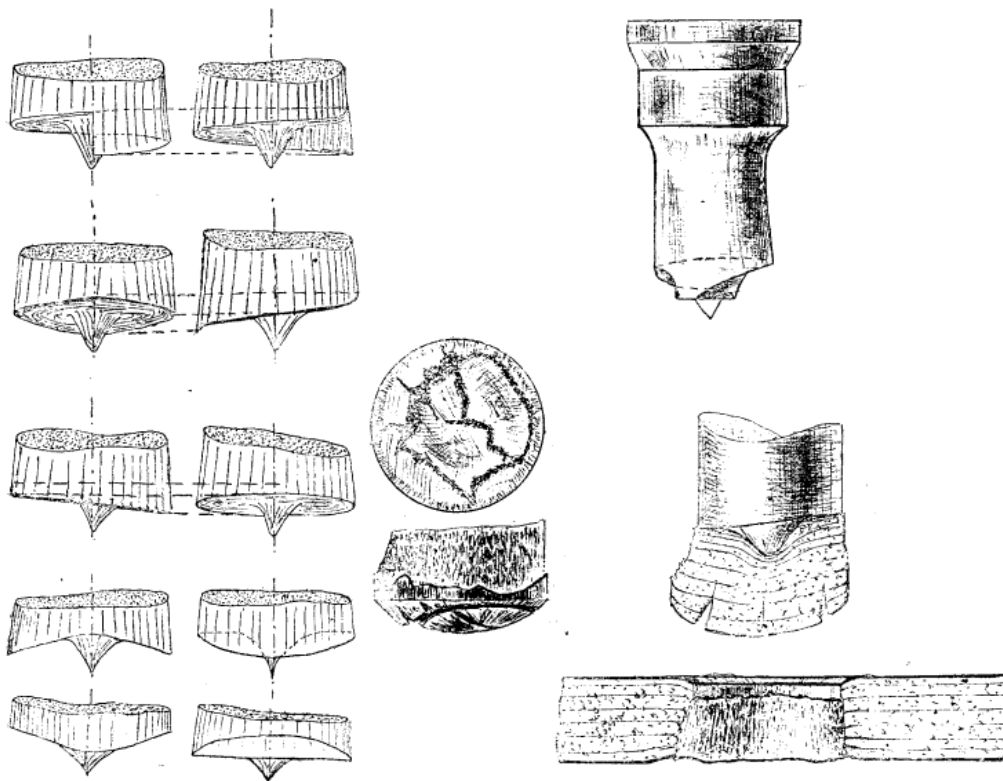


Fig. 474 à 482.

Poinçonnage progressif. — En s'inspirant de la façon progressive dont les lames obliques d'une cisaille opèrent, on a expérimenté, pour le travail courant (trous de petit diamètre relativement à l'épaisseur), des poinçons ayant une arête d'attaque en forme d'hélice simple ou double de faible pas (fig. 474-

475). Ce poinçon peut être aussi à base oblique plane ou à double plan (fig. 476 à 478) ou combiné (fig. 479). Les résultats n'ont pas été concluants, car, outre la difficulté de confection de l'outil, les arêtes s'ébrèchent, les trous sont plus défectueux, la débouchure plus déformée (fig. 480 à 482), indice que l'énergie dépensée est plus grande. De tels poinçons n'opèrent pas en écartant les parties à mesure de la séparation, mais en augmentant la flexion et l'effet d'emboutissage, attendu qu'il faut donner à la pointe plus de force pour résister aux efforts obliques, et partant, son action est plus accusée. Il faut, de plus, assurer une tenue rigide par un emboîtement conique (fig. 479), et ne tolérer aucun jeu dans le coulisseau porte-poinçon et sa glissière.

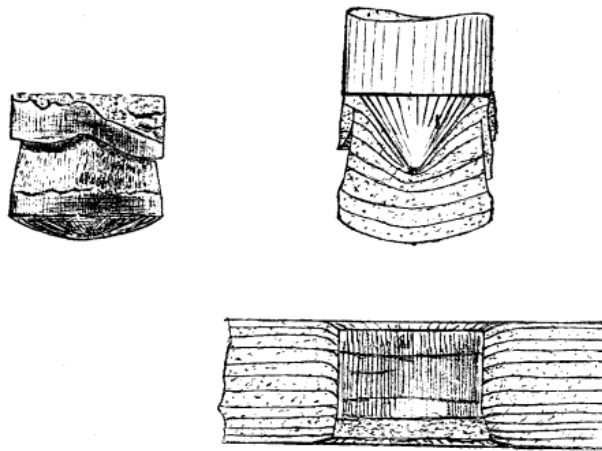


Fig. 483 à 485.

Il est plus simple et plus logique d'employer un poinçon à grosse pointe (fig. 483) qui défonce la débouchure (fig. 484-485) avant que le tranchant du poinçon entre en jeu pour la découper et l'expulser (1). Cependant ce poinçon présente l'inconvénient d'augmenter les chances de criques et devrait être rejeté soit pour les petites épaisseurs, soit pour les fortes épaisseurs relativement au diamètre. Le poinçonnage progressif n'est applicable que pour les trous de grand diamètre par rapport à l'épaisseur, pour lesquels on n'a pas à craindre la détérioration du poinçon du fait d'une pression trop grande sur les éléments qui travaillent successivement.

Par exemple, pour le défouage des flans de tubes, d'obus, etc., on opère le plus souvent à chaud, à la température du rouge, soit à la sortie du large plat du laminoir. Au lieu d'obliquer la face du poinçon, c'est la matrice (fig. 486) qui

(1) Ce modèle de poinçon est en usage courant dans les ateliers de chaudronnerie de la Maison Meunier et C^o de Fives-Lille.

présente deux plans inclinés symétriquement. Les outils sont en fonte extra-dure, qui résiste mieux que l'acier au contact des pièces au rouge.

Si nous considérons la matrice inclinée (fig. 486), le poinçon doit parcourir une distance $a + \frac{d}{2} \operatorname{tg} \theta$ pour produire la coupe complète. En supposant un effort maximum de coupe P' égal à la somme des efforts partiels relatifs aux

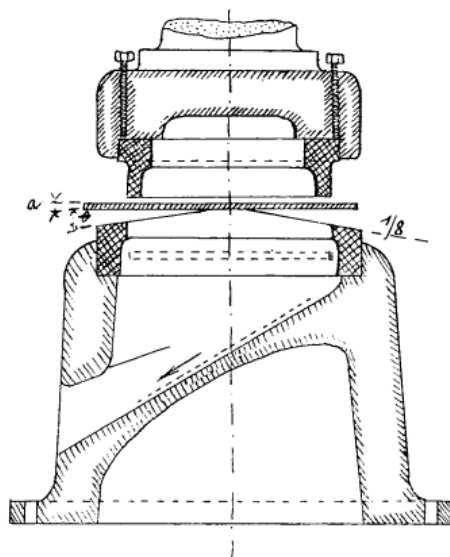


Fig. 486.

quatre coupes simultanées qui se rapprochent à mesure de la descente du poinçon, l'énergie de défonçage serait, si $m' P'$ est l'effort moyen, de

$$\tau' = m' P' \left(a + \frac{d}{2} \operatorname{tg} \theta \right)$$

$\operatorname{tg} \theta$ varie entre $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{8}$.

On peut admettre que l'énergie τ' est peu différente de l'énergie de poinçonnage à tranchants parallèles (1), soit à $\tau = m d a R \times n a$ et poser

$$\tau' = m' P' \left(a + \frac{d}{2} \operatorname{tg} \theta \right) = m n \pi a^2 d R.$$

(1) Selon le métal, l'énergie τ' est peu inférieure ou peu supérieure à l'énergie τ , ainsi que le montrent les essais signalés plus loin.

Pour du cuivre et de l'acier extra-doux au rouge, $m = 0,60$ à $0,65$, $m' = 0,40$ à $0,50$; comme il n'y a pas de pointe au poinçon, $n = 1$.

Il viendrait :

$$P' = \frac{m \pi d a^2 R}{m' \left(a + \frac{d}{2} \operatorname{tg} \theta \right)}.$$

Soit, par exemple, un disque de cuivre de 40 millimètres d'épaisseur et de 600 millimètres de diamètre défoncé au rouge, et pour lequel $R = 8$ kgr., $\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{8} = 0,125$, $m = 0,60$, $m' = 0,50$, on aurait :

$$P' = \frac{0,60 \times 3,14 \times 600 \times 40^2 \times 8}{0,50 (40 + 300 \times 0,125)} = 373\,380 \text{ kg.}$$

Le défonçage à tranchants parallèles exigerait un effort maximum de

$$P = \pi d a R = 3,14 \times 600 \times 40 \times 8 = 602\,880 \text{ kg} > 373\,380 \text{ kg.}$$

Supposons encore le cas d'un disque d'acier extra-doux de 1 000 millimètres de diamètre et de 80 millimètres d'épaisseur, pour la confection d'un récipient de gaz sous haute pression, disque défoncé au rouge, et pour lequel on peut adopter $R = 12$ kgr., $m = 0,60$, et $m' = 0,50$. Il viendrait :

$$P' = \frac{m \pi d a^2 R}{m' (a + 500 \times 0,125)} = \frac{0,60 \times 3,14 \times 1\,000 \times 80^2 \times 12}{0,50 (80 + 62,5)} = 2\,030\,640 \text{ kg.}$$

Le défonçage à tranchants parallèles nécessiterait un effort de

$$P = 3,14 \times 1\,000 \times 80 \times 80 \times 12 = 12 = 3\,014\,400 \text{ kg.}$$

L'énergie de défonçage serait de

$$m \pi d a R n a = 0,60 \times 3,14 \times 1\,000 \times 80 \times 12 \times 80 = 144\,691\,200 \text{ kgmm.} = 144\,691 \text{ kgm.}$$

Si l'opération se fait en cinq secondes, la puissance développée en poncelets serait de

$$\frac{144\,691}{5 \times 100} = 289,8 \text{ poncelets.}$$

Il va sans dire que, pour de telles opérations, on emploie des défonceuses à action hydraulique.

Essais avec poinçon oblique. — Pour comparer le poinçonnage d'un poinçon oblique (fig. 487) avec celui d'un poinçon ordinaire de même diamètre : de 16 millimètres (fig. 491), nous avons opéré sur une pièce de fer misé de 10 millimètres d'épaisseur. La matrice avait 17 millimètres de diamètre.

Les lois des efforts sont indiquées en figure 495. L'allure générale des deux courbes diffère peu.

Les efforts maxima ont été de 16 400 kil. à 5 millimètres de pénétration totale,

pour le poinçon ordinaire, et de 16 100 kilogrammes à 6 millimètres de pénétration pour le poinçon oblique, soit, pour le premier, $R = 32,6$ et, pour le second, $R = 32$ kg.

Le trou du poinçon oblique est toujours moins régulier que celui du poinçon droit (fig. 490 et 494).

On voit donc qu'il n'y a pas de différence bien importante dans les efforts maxima, différence sur laquelle on compte généralement.

L'énergie dépensée est un peu plus grande avec le poinçon oblique qu'avec le poinçon droit.

Le poinçon oblique pour épaisseurs et diamètres courants ne présente aucun

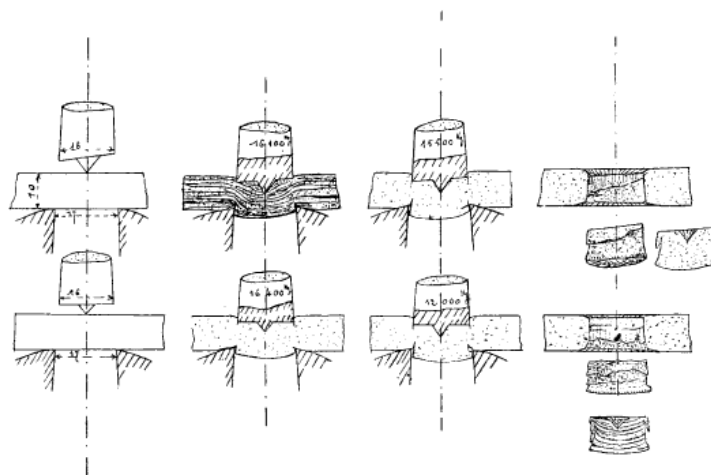


Fig. 487 à 494. — Poinçonnage comparatif avec un poinçon oblique et avec un poinçon droit.

avantage; il a une tendance à dévier, il développe des efforts latéraux qui exigent une tenue rigide, un guidage précis du coulisseau porte-outil.

Sur la figure 488, nous avons indiqué au plus près les tranches que l'acide a fait apparaître sur la coupe.

Sur les autres figures, nous avons représenté les déformations générales.

Essais comparatifs avec un poinçon à grosse pointe et un poinçon à petite pointe. — Ces essais ont d'abord porté sur le poinçonnage d'une bande de fer misé de 5 millimètres d'épaisseur, avec des poinçons de 20 millimètres de diamètre dont les empreintes sont indiquées en figures 496 et 497. Le diamètre de la matrice était de 21 millimètres.

Le poinçon à petite pointe déforme peu la débouchure, tandis que celui à grosse pointe produit un emboutissage prononcé pendant la pénétration de la pointe. Le métal étant peu ductile, la déformation détermine des fentes, puis la rupture du culot d'outre en outre. Le tranchant du poinçon, attaquant à son tour

limite la déchirure, et la pointe ne poursuit plus la déformation générale; l'opération s'achève alors, dans les conditions ordinaires, par l'expulsion complète.

Les chances de criques ou de déchirures au pourtour du trou sont donc très favorisées avec le poinçon à grosse pointe, lorsque le métal ne se prête pas à un emboutissage prononcé.

Nous avons ensuite opéré avec les poinçons figures 498-507 sur du fer fondu

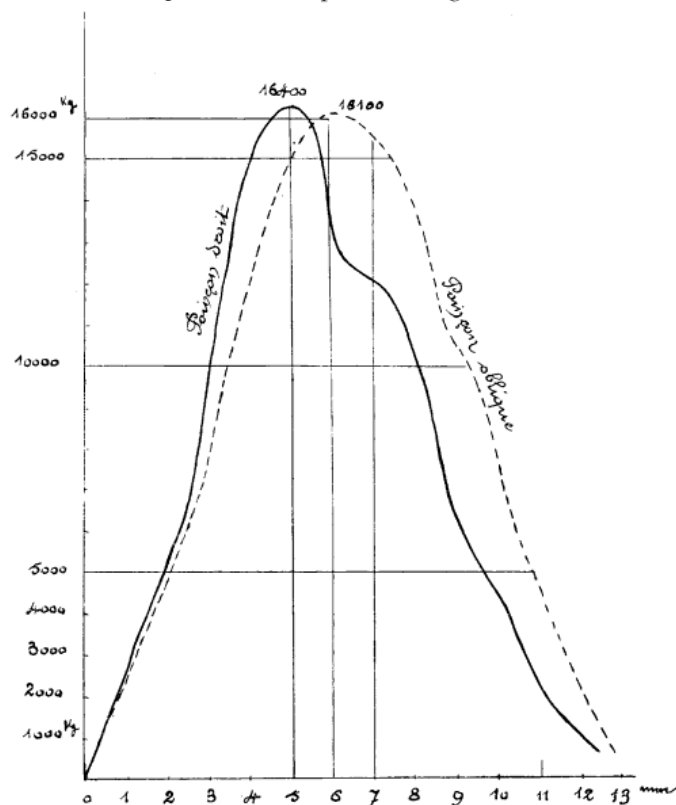


Fig. 493. — Poinçonnage comparatif de fer avec poinçon droit et poinçon oblique de diamètre = 16 mm. diamètre de la matrice 17 mm. Épaisseur de la pièce = 10 mm.

très ductile, à 30 p. 100 d'allongement sur 200 millimètres, et à coefficient de résistance de traction $R' = 36^{kg},5$.

L'emboutissage dû à la grosse pointe produit une forte réduction de l'épaisseur à l'aplomb du sommet du cône (fig. 499 à 502), un allongement prononcé des fibres extérieures, en même temps que l'allongement du cylindre primitif ou fictif de la débouchure.

Ainsi, l'épaisseur de 10 millimètres, de la pièce, accuse une hauteur de

débouchure, d'arête à arête des faces inférieure et supérieure, de 11 à 12 millimètres (fig. 506).

Cet allongement détermine soit une fente diamétrale, soit une cassure transversale telle que celle (fig. 502) position (5) du poinçon. La face supérieure de la pièce est, en outre, très infléchie, positions (2 à 4). Lorsque le poinçon, prenant appui par sa face plane, pénètre par son pourtour position (5), maximum de l'effort, la débouchure est déjà coupée partiellement par la matrice, et la déchirure se produit sans se manifester du côté du poinçon. De ce dernier côté, il

Fig. 496. — Débouchure de poinçon à grosse pointe.

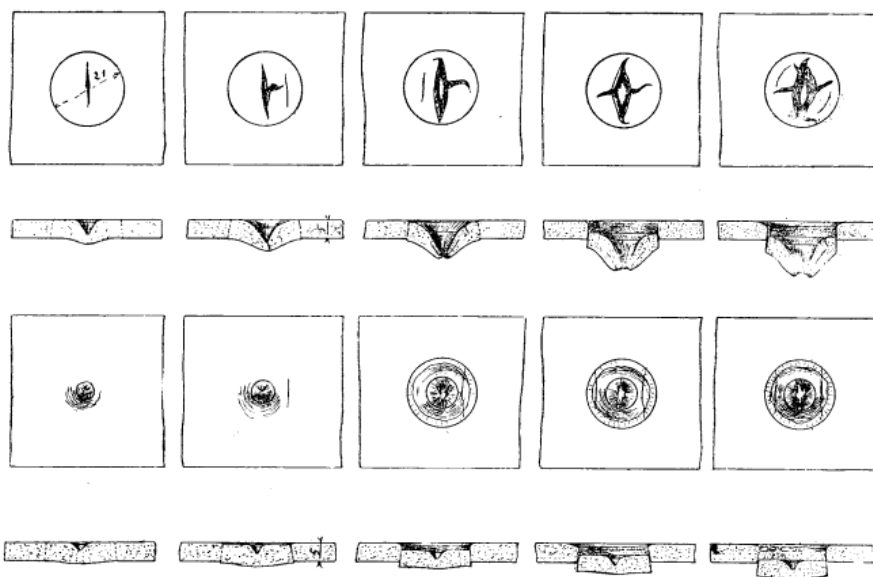


Fig. 497. — Débouchure de poinçon à petite pointe.

n'y a donc qu'une coupe proprement dite, qui se poursuit simultanément avec la déchirure du côté de la matrice positions (6 à 8). Dans le cas considéré, le métal en excès, coupé par le poinçon, ne s'est présenté que sur une partie du pourtour ; à droite (fig. 506), le poinçon n'a pas eu à couper de métal pour former la collerette partielle, mais il a forcé au passage, ce que dénote le poli du trou qui existe sur presque toute l'épaisseur de la pièce. L'effort maximum : 18 200 kilogrammes, diffère très peu de celui : 18 400 kilogrammes, relatif au poinçon à petite pointe (fig. 507 à 512). Mais l'allure du diagramme (fig. 513) est très différente : la période d'emboutissage et d'allongement de la débouchure a eu pour effet de reporter l'effort maximum vers 11 millimètres de pénétration de la

pointe, tandis que, pour la petite pointe, l'effort maximum correspond à une pénétration de 5 millimètres.

La deuxième phase relative à la coupe du métal est sensiblement de même allure pour les deux courbes. On voit, de nouveau, que l'effort maximum cor-

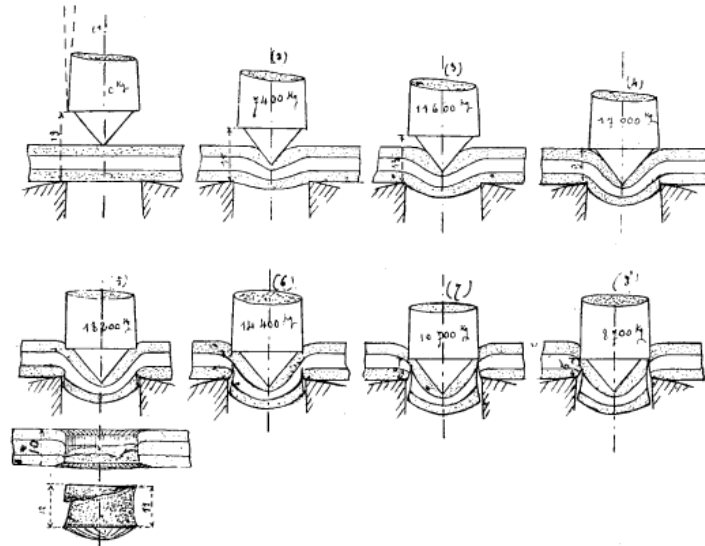


Fig. 498 à 506.

respond au commencement de la déchirure de coupe des collerettes; qu'ensuite, le déplacement de la débouchure, par un poinçon à petite pointe ou par un poin-

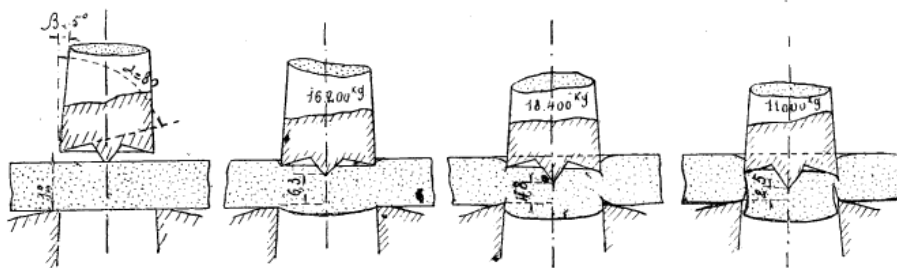


Fig. 507 à 509.

çon à grosse pointe, n'exige qu'un effort inférieur au précédent. Si, figure 503 ou position (6) alors que la déchirure est presque achevée du côté de la matrice, on considère la résistance de coupe du métal par l'arête du poinçon, et si on admet une épaisseur de copeau de 1 millimètre, avec pourtour $\pi d = 3,14 \times 20 = 62,8$ millimètres, soit une section de copeau de 62,8 millimètres carrés, la résistance

de coupe, rapportée au millimètre carré de section de copeau, ressortirait à : $\frac{14\,400}{62,8} = 232$ kilogrammes.

Cette valeur, relativement élevée par rapport à celle relative à un outil ordi-



Fig. 511 et 512.

naire, est cependant admissible si l'on considère que le copeau n'est pas libre de se courber, qu'il est soumis à une compression générale énergique. Cette

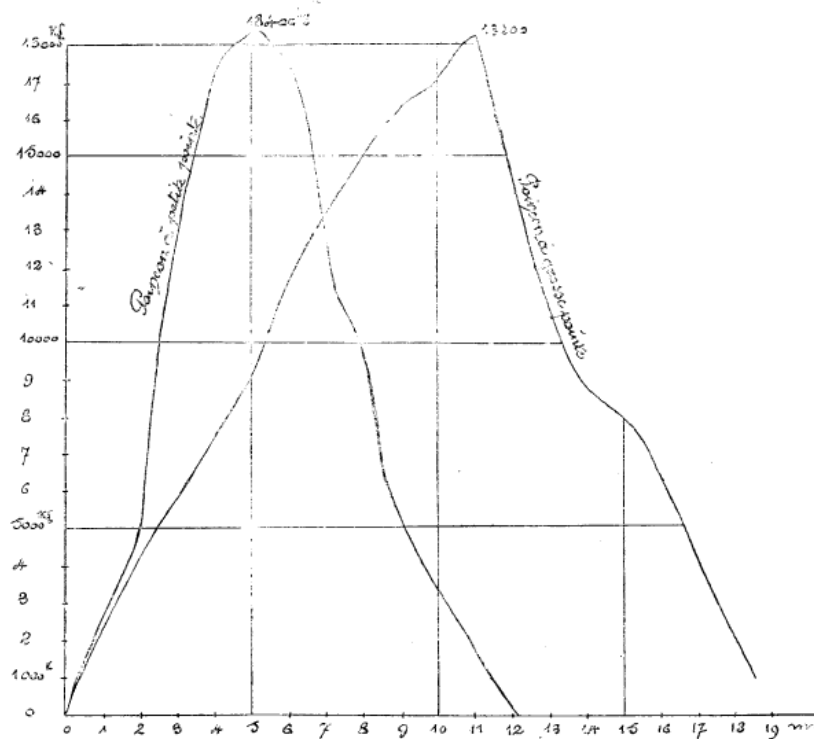


Fig. 513. — Poinçonnage comparatif, dans une pièce de fer de 10 mm. d'épaisseur, de 2 poinçons, l'un à petite pointe, l'autre à grosse pointe; $d = 20$ mm. $d' = 21$ mm. $a = 10$ mm.

valeur justifie le grand effort qu'il faut développer pour poursuivre l'opération à ce moment, et jusqu'à ce que le copeau de collerette soit détaché.

On peut encore en inférer que le poinçonnage est analogue à une coupe

d'outil circulaire dont le copeau ne peut se développer, fléchir, se rouler librement. Et l'on conçoit assez que cette liaison générale de la masse du copeau cylindrique, qui constitue la débouchure, nécessite des efforts de coupe plus

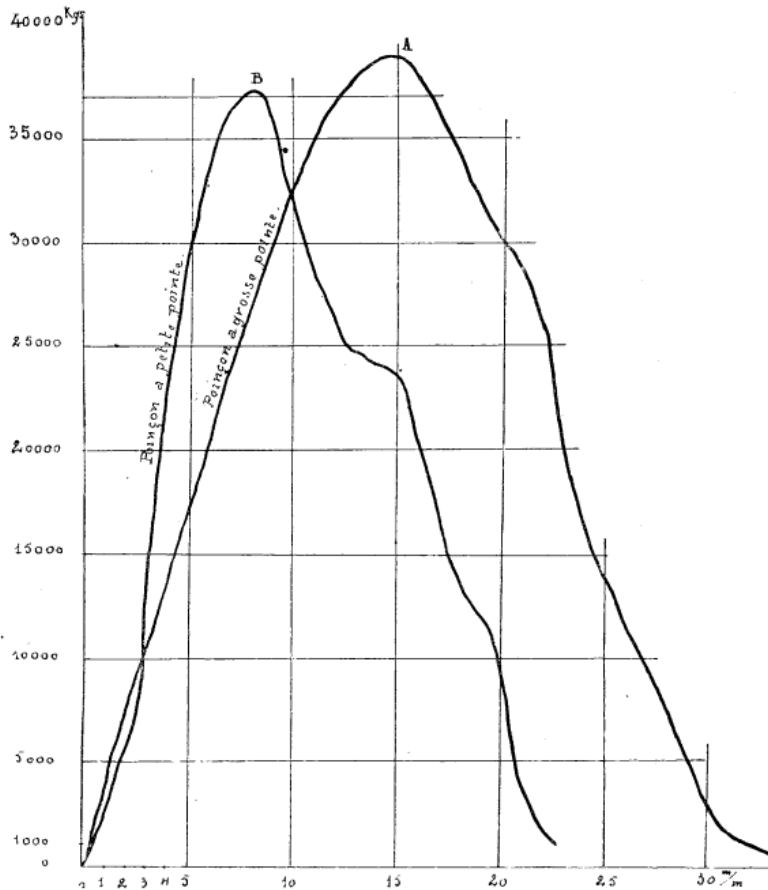


Fig. 514. — Poinçonnage comparatif du fer avec un poinçon à grosse pointe et avec un poinçon à petite pointe : $d = 20$ $d' = 21,5$ $a = 20$ mm.

élevés que ceux d'une coupe ordinaire, avec un outil dont l'angle α est inférieur à 90° et dont le tranchant est aussi plus actif.

La résistance de poinçonnage, pour le poinçon à petite pointe, est de

$$R = \frac{18400}{3,14 \times 20 \times 10} = 29,2 \text{ kilogrammes.}$$

Pour celui à grosse pointe de $R = \frac{18200}{3,14 \times 20 \times 10} = 29$ kilogrammes, soit,

pour ce dernier, un rapport de $\frac{R}{R'} = \frac{29}{36,5} = 0,796$.

Retenons encore que, dans cet exemple, les énergies dépensées sont dans le rapport de $\frac{162}{88}$, c'est-à-dire que le poinçon à grosse pointe exige deux fois plus d'énergie que celui à petite pointe.

Ces essais comparatifs montrent qu'il n'y a aucun avantage à utiliser le poinçon à grosse pointe. Lorsqu'on opère sur une pièce de forte épaisseur, la pointe

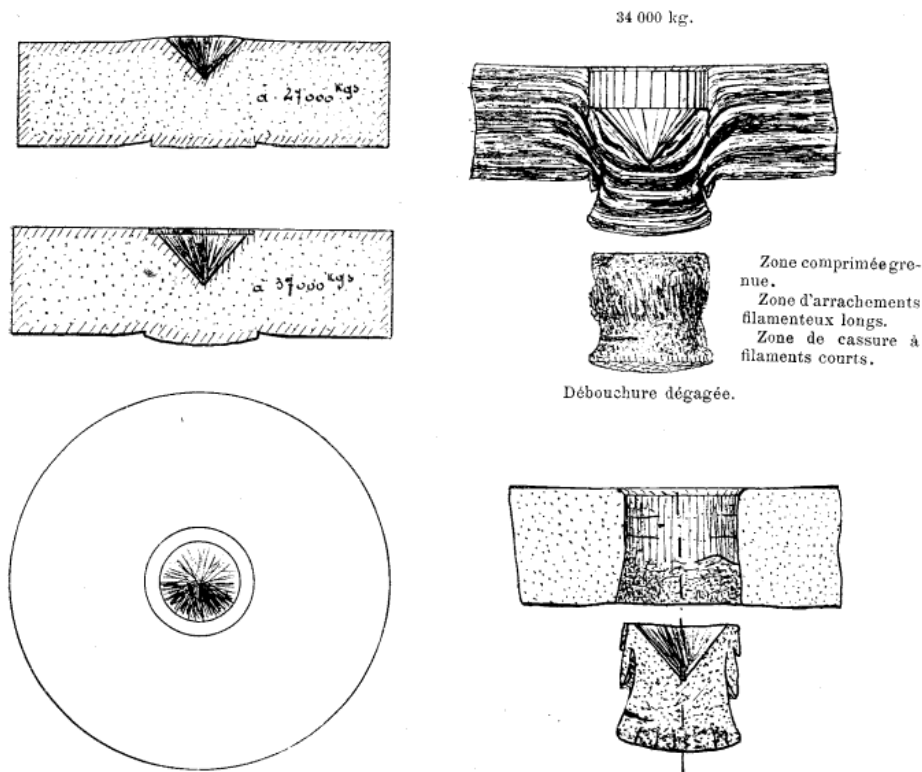


Fig. 515 à 517.

Fig. 518 et 519.

ne peut faire fléchir ou emboutir la débouchure comme dans le cas précédent ; elle doit refouler le métal dans la masse, ce qui exige de plus grands efforts relatifs, ce qui détermine un effort maximum plus élevé que celui afférent au poinçon à petite pointe, ainsi que l'indiquent les courbes A et B (fig. 514) relatives à une même épaisseur de 20 millimètres, et à des poinçons de 20 millimètres de diamètre également.

Pour opérer sur de telles épaisseurs, nous avons dû adopter des poinçons très courts, bien trempés, sinon ils fléchissent ou refoulent, et les essais ne

peuvent réussir; la matrice doit aussi être de faible hauteur et renforcée pour prévenir son écrasement ou sa rupture par flexion (1).

On reconnaît que la pointe est soumise à des efforts considérables. Ainsi, à un enfoncement de la pointe égal à 8 millimètres (fig. 515), l'effort est de 27 000 kilogrammes; la pression moyenne, par millimètre carré de surface d'appui, ressort à 152 kilogrammes.

A l'aplomb de l'axe du poinçon, le sommet de la pointe a réduit l'épaisseur de 20 millimètres à 13 millimètres (fig. 516 à 519), indice d'un refoulement prononcé.

Le métal est aussi refoulé au-dessus du plan supérieur de l'éprouvette, tout

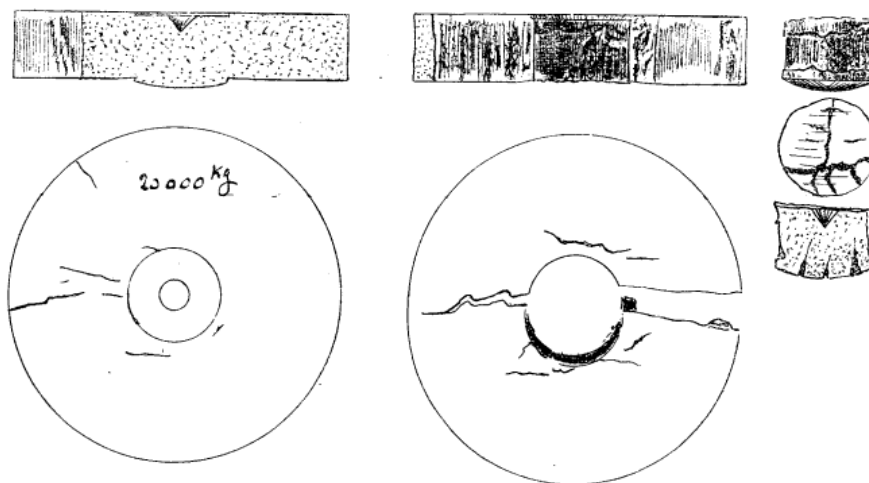


Fig. 520 à 522. — Poinçonnage de fer misé dans le sens parallèle aux fibres.

autour de l'empreinte (fig. 515). A 37 000 kilogrammes, le tranchant du poinçon pénètre seulement de 1 millimètre, en refoulant à son tour le métal qui faisait saillie. Ici encore, la débouchure se déchire du côté de la matrice sans atteindre la face d'appui du poinçon. L'inflexion des fibres de milieu était très prononcée, ainsi que le fait ressortir la coupe fig. 518, passée à l'acide. Pour reconnaître les traces de rupture, nous avons dû faire remonter la demi-débouchure en la soumettant à un effort de 700 kilogrammes, ce qui l'a dégagée. L'aspect des surfaces permet alors de distinguer les zones de rupture première.

Essais de poinçonnage de fer misé dans le sens parallèle aux fibres. — Avec un métal homogène tel que le fer fondu, l'acier très doux, on peut admettre l'isotropie, c'est-à-dire une résistance égale dans toutes les directions molé-

(1) Ces essais ont mis hors service plusieurs poinçons et matrices qui s'écrasaient ou se brisaient.

lares, tandis que, dans le fer misé, la résistance suivant le sens perpendiculaire aux fibres du laminage est beaucoup plus grande que dans le sens parallèle.

En vue de rechercher le rapport des résistances de poinçonnage dans le sens parallèle aux fibres réelles ou fictives et de traction dans le sens transversal, nous avons découpé au tour, dans une barre cylindrique, des rondelles de 72 millimètres de diamètre et de 14 millimètres d'épaisseur, que nous avons poinçonnées avec des poinçons de 20 mètres à petite et à grosse pointe. Nous avons opéré en arrêtant l'action des outils à diverses périodes de pénétration.

La rondelle (fig. 520) présente le début de la crique principale qui se fait tou-

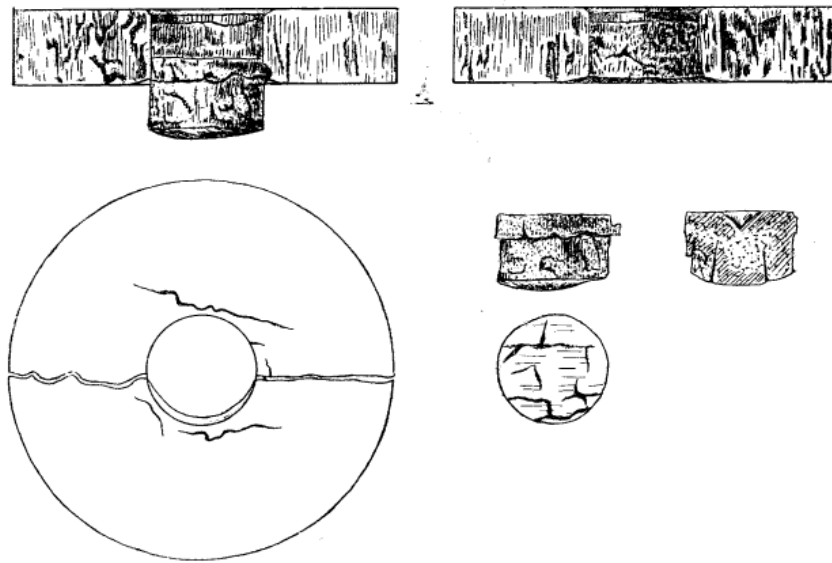


Fig. 523 à 525.

jours à partir du pourtour. Le rapprochement des outils compris, l'empreinte de la pointe est de 4^{mm},4 ; l'effort est de 20 000 kilogrammes.

Pour cette valeur de la pénétration du poinçon, soit de 4^{mm},4 sans la pointe, les effets du refoulement déterminent l'augmentation du diamètre extérieur, et la rupture partielle sur toute l'épaisseur. Avec un rapprochement des outils de 4^{mm},7, effort de 21 600 kilogrammes, l'ouverture de la crique était de 1 millimètre ; à 23 000 kilogrammes, elle était de 2 millimètres.

Sous l'effort maximum 23 600 kilogrammes, la débouchure glisse, l'effort s'abaisse vivement, (diagramme fig. 526) ; il suffit d'une pression assez faible, 3 500 kilogrammes, pour continuer l'expulsion, ce qui se conçoit, attendu que la pièce présente alors une cassure diamétrale très prononcée (fig. 521 ou 523 à 525), lesquelles se rapportent à une autre rondelle de même épaisseur.

La partie non brisée de l'éprouvette n'offrait qu'une faible résistance ; la cassure montrait bien les surfaces de séparation des mises du fer, qui semblent collées plutôt que soudées. Il arrive le plus souvent, que l'éprouvette se rompt en deux avant l'expulsion incomplète de la débouchure (fig. 523) ; cependant, la répétition des essais donne une grande concordance des valeurs des efforts aux différentes pénétrations.

La débouchure affecte la forme générale, plutôt cylindrique que conique,

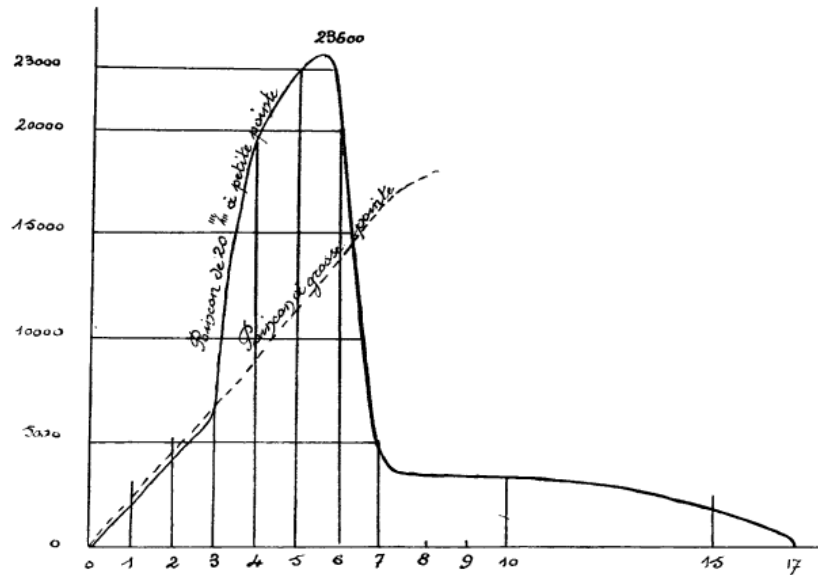


Fig. 526. — Poinçonnage de fer misé, dans le sens parallèle aux fibres.

avec bourrelet de petite hauteur et culot criqué par la flexion. L'aspect de la surface dénote un glissement très caractérisé. Cette débouchure réalise le cas si rare d'une rupture par glissement direct ou parallèle aux efforts, sans obliquité des fibres, fictives ou réelles, à la séparation des parties.

La résistance de poinçonnage en long ressort à $R = \frac{23,600}{3,14 \times 20 \times 14} = 26^{kg},9$ valeur relativement très élevée pour du fer, dont la résistance de traction dans le sens transversal était de $R' = 18^{kg},5$, sans allongement sensible sur 40 millimètres de longueur. La résistance de traction dans le sens en long était de $35^{kg},2$.

La valeur du rapport : $\frac{R}{R'} = \frac{26,9}{18,5} = 1,47$ est donc, dans ce cas, beaucoup plus élevée que celles voisines de 0,80, relatives au fer poinçonné en travers, et tractionné en long.

Comme, dans le poinçonnage d'une pièce de fer misé, il existe une partie du trou qui correspond à la plus faible résistance, soit celle en travers du laminage, il n'est pas étonnant que la valeur du rapport $\frac{R}{R'}$ varie dans d'assez fortes propor-

tions. On ne saurait tabler sur ce rapport pour établir des comparaisons ou

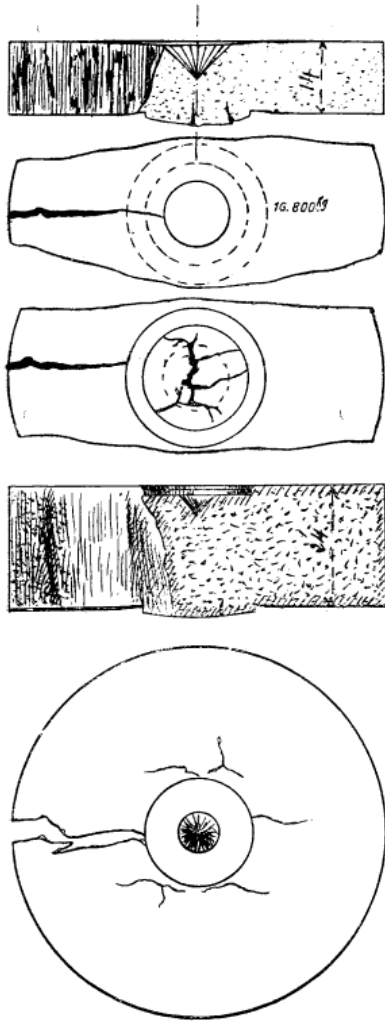


Fig. 527 et 528. — Fer.

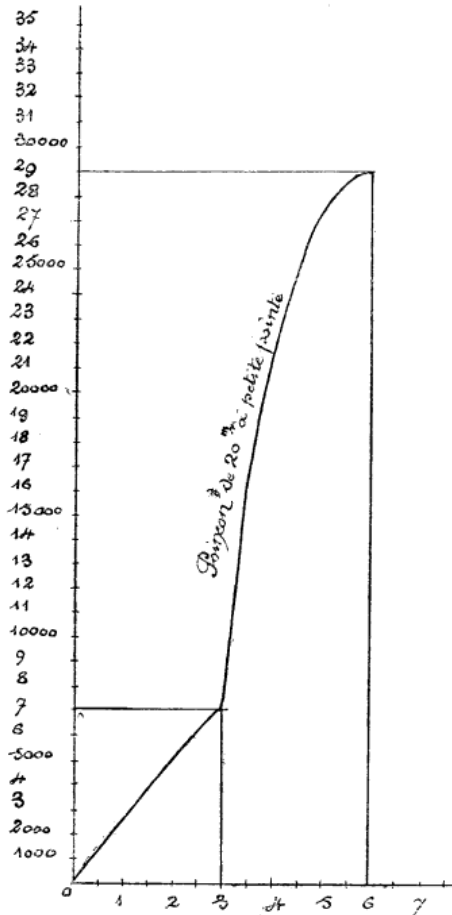


Fig. 529.

déduire de l'essai de poinçonnage une valeur exacte du coefficient de traction R' .

Avec le poinçon à grosse pointe, une rupture diamétrale brusque s'est produite à 16 800 kilogrammes; l'enfoncement de la pointe était de 7 millimètres. La cassure (fig. 527) ne permettait pas de poursuivre l'opération avec succès

La débouchure présentait de nombreuses fentes. Cet essai montre qu'un poinçon à grosse pointe ne doit être utilisé pour percer des trous au voisinage des bords d'une pièce si le métal est peu ductile.

Nous avons encore essayé de poinçonner une rondelle de 24 millimètres d'épaisseur avec le poinçon à petite pointe de 20 millimètres. A 26 000 kilogrammes, une crique s'est produite ; à 27 800, la crique est ouverte de 1 millimètre ; à 29 000, la pièce présente l'aspect (fig. 528) qui indique que l'essai ne saurait être continué dans de bonnes conditions. Le diagramme de cet essai est représenté (fig. 529) ; les criques ont pour effet de réduire sensiblement les efforts, ce qui se comprend aisément.

Essais comparatifs de poinçonnage oblique et de poinçonnage parallèle. — Nous avons opéré avec un poinçon de 85 millimètres de diamètre, et des matrices de 86 millimètres de diamètre sur du plomb, du zinc, du cuivre et du fer.

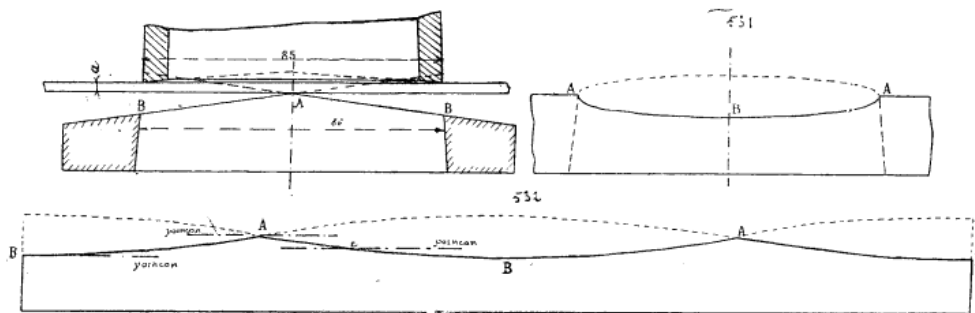


Fig. 530 à 532.

Avec la matrice à double plan incliné (fig. 530-531), la ligne tranchante de cet outil est formée de deux demi-ellipses, dont les divers éléments sont inégalement inclinés par rapport à l'arête du poinçon, ainsi que le montre le développement fig. 532.

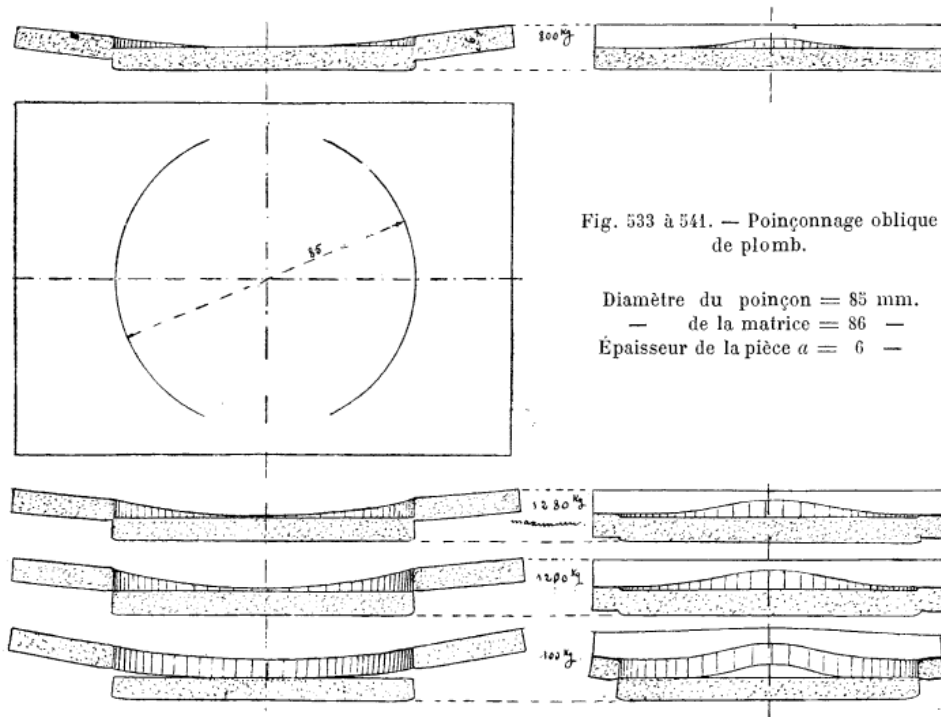
L'inclinaison maximum correspond à la ligne de pente des plans obliques en chacun des sommets A ; elle diminue en les autres points, pour devenir nulle aux points B. Il s'ensuit que l'attaque des outils, très limitée au début de l'opération, ne nécessite qu'un effort assez faible pour produire la coupe partielle première ; puis, l'attaque s'étend ; elle produit les quatre coupes simultanées en progressant, ce qui nécessite un effort qui progresse aussi, fait qui concorde bien avec les essais.

De plus, au début du poinçonnage, la pièce fléchit ; elle se dérobe sous le poinçon, à l'endroit où il n'attaque pas ; la plus grande flèche se trouve à l'aplomb des points B. Ce phénomène est aussi favorable à la réduction des premiers efforts.

Vers la fin de l'opération, la coupe s'étend davantage et détermine un effort maximum relativement élevé.

On ne réalise pas, comme dans le cisailage oblique, un effort de coupe constant.

Les déformations successivement accusées par une bande de plomb de 6 millimètres d'épaisseur sont représentées en fig. 533 à 541. La débouchure ne



se déforme guère, tandis que le pourtour affecte des surfaces dont la courbure complexe est prononcée.

La courbe A (fig. 542) montre la variation de l'effort, dont le maximum : $P' = 1\,280$ kilogrammes se produit vers la fin de l'opération.

La courbe B est relative au poinçonnage avec matrice parallèle; l'effort maximum P s'est élevé à 1 790 kilogrammes.

Le rapport $\frac{P'}{P} = \frac{1\,280}{1\,790} = 0,71$.

Les énergies sont respectivement de $\tau = 7^{kg},2$ et $\tau' = 8^{kg},4$.

Le coefficient m' , qui affecte l'effort P' pour obtenir l'effort moyen $m' P'$, se déduit de l'égalité :

$$m' P' \left(a + \frac{d}{2} \operatorname{tg} \theta \right) = 7^{\text{kgm}}, 2$$

soit

$$m' = \frac{7,2}{1\,280 (0,006 + 0,006)} = 0,47$$

Le cuivre, le zinc, le fer ont accusé des déformations (fig. 543 à 550) ana-

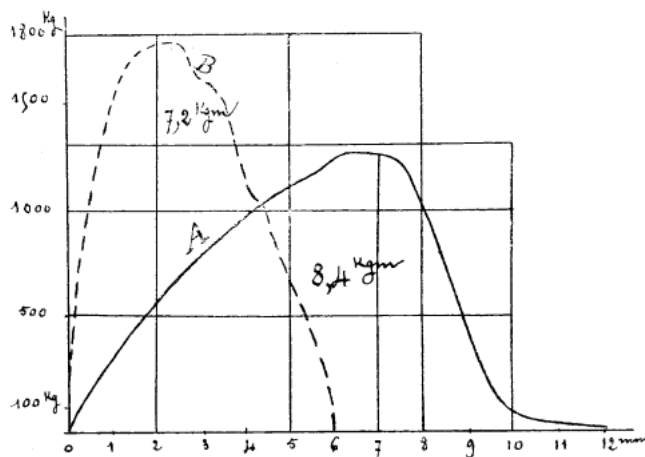


Fig. 542.

logues à celles du plomb, et les valeurs suivantes pour les divers éléments relevés ou calculés :

Métal.	Épaisseur. a	Efforts maxima.		Rapport. $\frac{P'}{P}$	Énergies.		Coefficient. m'
		P	P'		τ'	τ	
Plomb	6	1 780	1 280	0,71	8,4	7,2	0,47
Zinc	4	8 100	4 250	0,52	16,2	17,4	0,41
Cuivre	4,5	19 500	11 250	0,58	49,1	51,2	0,43
Fer fondu recuit. 3	3	29 400	15 200	0,52	44,1	53,2	0,39

On peut retenir que le plomb, à cause de sa grande ductilité, présente le coefficient m' le plus élevé.

Pour le fer fondu et le cuivre au rouge cerise, en adoptant une valeur de $m' = 0,45$, on ne s'écarte pas beaucoup de la réalité. Les diagrammes fig. 551 à 553 permettent de comparer les deux modes de poinçonnage mieux qu'avec les nombres ci-dessus. Les courbes A se rapportent à la matrice oblique ; les courbes B concernent la matrice parallèle.

Essais de poinçonneuse. — Dans un premier essai, avec un poinçon de 16 millimètres de diamètre et une pièce de fer de 9 millimètres d'épaisseur, nous

avons relevé les efforts tangentiels P' à la poulie de commande (fig. 554), au moyen d'un dynamomètre ordinaire, ce qui nous a permis de déduire le diagramme dont les abscisses sont les arcs de cercle de rayon $r' = 360$ millimètres de la roue d'engrenage, montée sur l'arbre de l'excentrique qui actionne le coulisseau porte-outil.

Les valeurs de P' , ou ordonnées, ont été portées sur les rayons en dehors du cercle des abscisses.

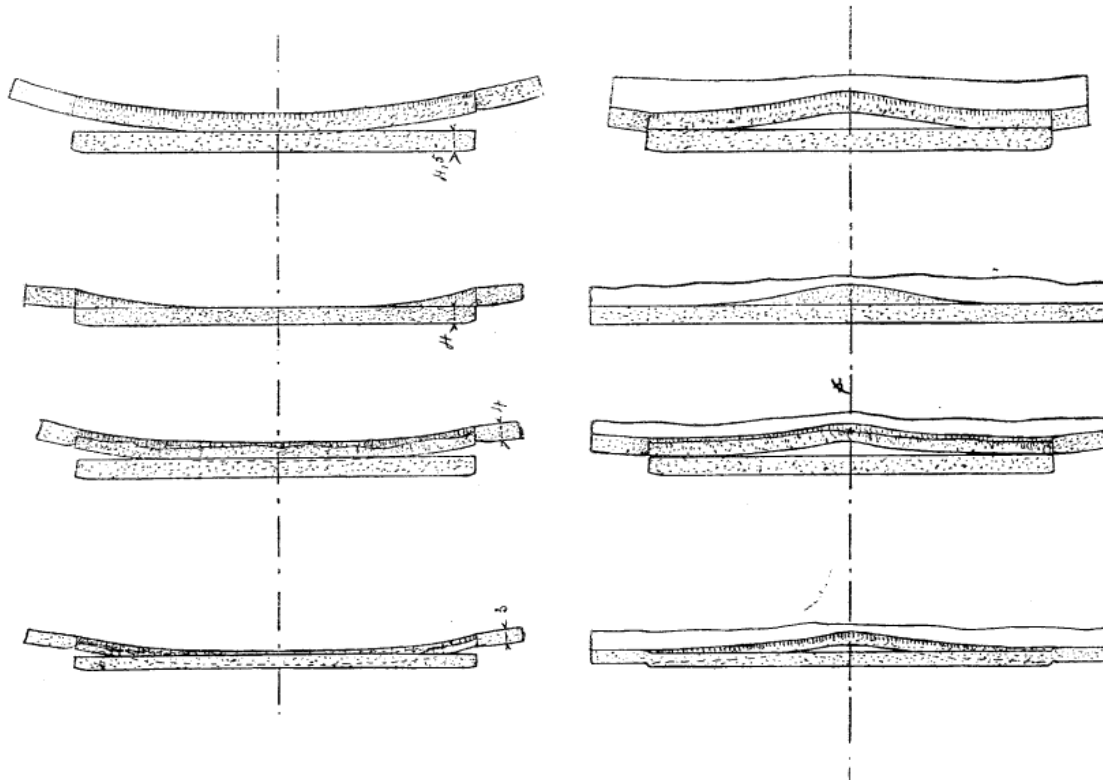


Fig. 543 à 550. — Poinçonnage oblique de cuivre, zinc, fer fondu recuit.

On retrouve dans la partie de ce diagramme qui correspond au poinçonnage l'allure générale des efforts que l'on a constatés en opérant à la machine à essayer.

La marche à vide accuse un effort moyen peu variable d'environ 2 kilogrammes, qui s'annule cependant lorsque le coulisseau porte-outil descend.

Le diagramme des efforts P' en coordonnées rectangulaires (fig. 555) permet d'estimer l'énergie motrice à la poulie pendant l'opération qui correspond, à très peu près, à un tour de la poulie motrice, ou à un chemin de $2 \times 3,14 \times 0,250 = 1^m,57$.

L'effort moyen étant $P' = 82$ kilogrammes, l'énergie motrice serait de : $82 \times 1,57 = 128$ kilogrammètres.

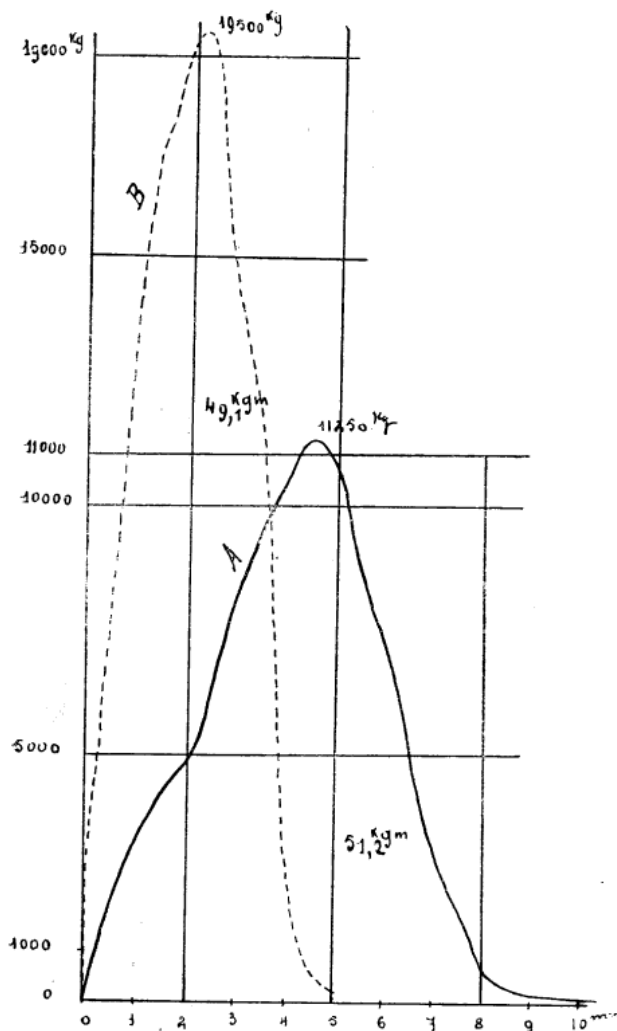


Fig. 551. — Poinçonnage progressif de cuivre. $d = 85$, $d' = 86$, $a = 4,5$

La montée et la descente du poinçon correspondent à 6 tours de la poulie, soit à une énergie de :

$$1,57 \times 9 \times 2 = 28^{\text{kgm}}, 26.$$

L'énergie totale dépensée pour une opération s'élèverait à :

$$\tau = 128 + 28,26 = 156^{\text{kgm}}, 26.$$

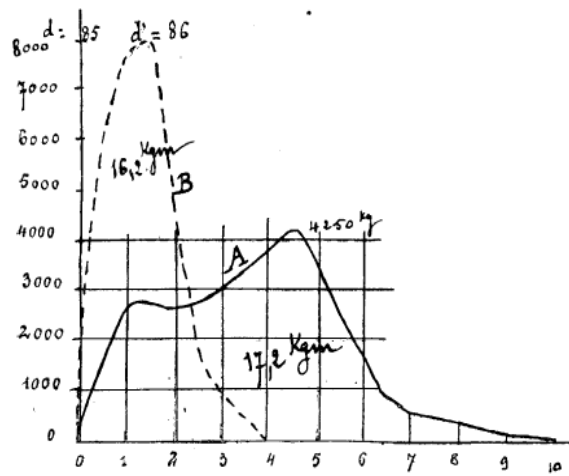
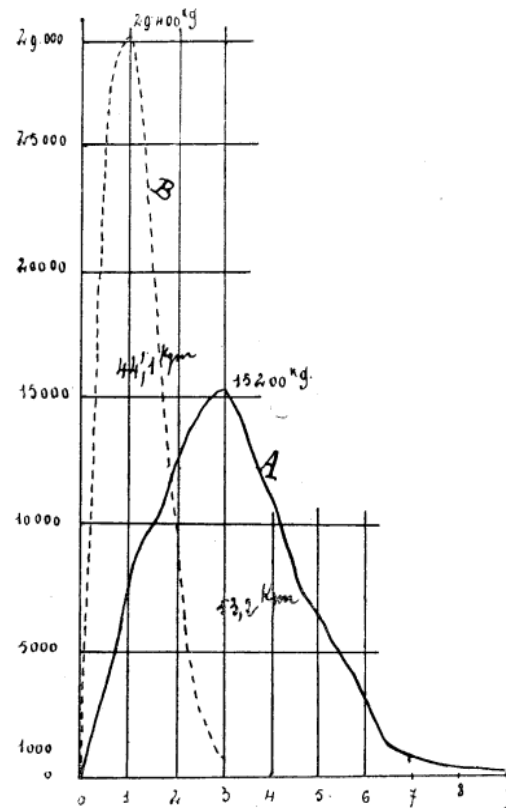


Fig. 552. — Poinçonnage progress de zinc.

Fig. 553. — Poinçonnage progressif de fer fondu. $d = 85$ mm. $d' = 80$ mm. $a = 3$ mm.

A raison de 15 coups par minute, tous utiles, la puissance dépensée par seconde est de $\frac{156,26 \times 15}{60} = 39^{\text{kgm}},06$.

Si, pour une épaisseur de fer de 9 millimètres et un diamètre de 16 millimètres, on table sur une énergie, par millimètre carré de section de, $\tau''_1 = 0,15$, l'énergie nette exigée par le poinçonnage seul serait de :

$$\pi d a \tau''_1 = 3,14 \times 16 \times 9 \times 0,15 = 67^{\text{kgm}},67$$

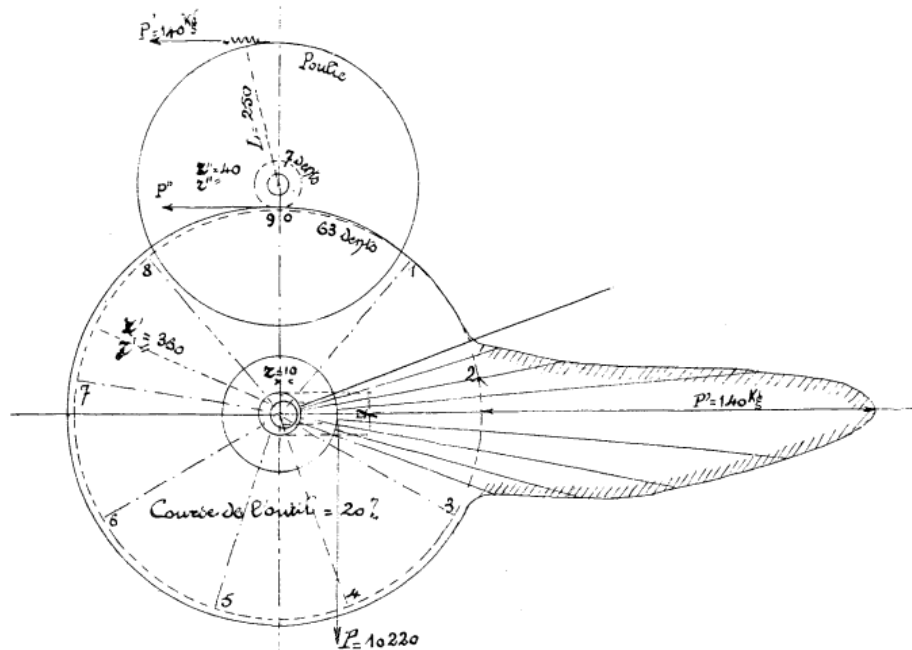


Fig. 554. — Diagramme de poinçonneuse.

et le rendement ressortirait à $\frac{67,67}{156,26} = 0,43$, valeur assez faible pour une machine dont la *chaîne cinématique* est simple puisqu'elle ne comporte qu'un couple de roues d'engrenages, une manivelle et deux coulisseaux et glissières (1). Le rendement se réduit si on n'utilise pas toutes les courses de l'outil.

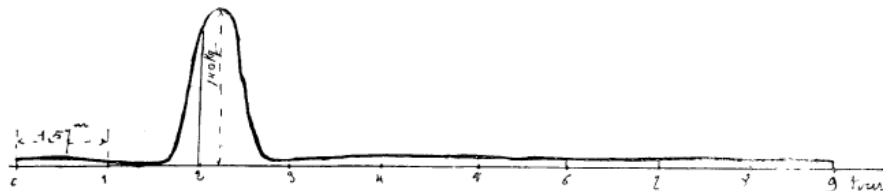
(1) Des essais de tels mécanismes nous ont montré que leur rendement est généralement très inférieur à celui qu'indique la théorie ou les coefficients ordinaires admis.

Un couple d'engrenages à grand rapport de vitesse et ses arbres, en transmettant des énergies telles que celles des machines-outils, n'a, le plus souvent, qu'un coefficient de rendement K de 0,70 à 0,80.

Si les couples d'éléments se multiplient, le rendement général se réduit rapidement, soit comme K^n , n étant le nombre de transmetteurs intermédiaires. Généralement, le rendement se relève quand les énergies croissent.

La présentation de la pièce oblige souvent à ne faire agir le poinçon que toutes les deux courses, de sorte que l'énergie à vide correspondant à une opération est doublée ou de $28,26 \times 2 = 56,52$ kgm.

L'énergie totale dépensée serait de $128 + 56,52 = 184,52$ kgm. L'énergie nette étant toujours de 67,67 kgm., le rendement s'abaisserait à $\frac{67,67}{184,52} = 0,36$,



Chemin parcouru par efforts pendant la descente et la montée de l'outil.

Fig. 555.

Le nombre de trous à l'heure serait ainsi de $\frac{15 + 60}{2} = 450$. Si on le réduit à 400, à cause des pertes de temps, et si l'ouvrier est payé à raison de 0 fr. 50 l'heure, le prix de main-d'œuvre de 100 trous est d'environ 0 fr. 125, soit 0 fr. 25 en ajoutant le coût de l'énergie motrice et frais généraux.

Le diagramme fig. 556 a été relevé par un dynamomètre enregistreur. Le

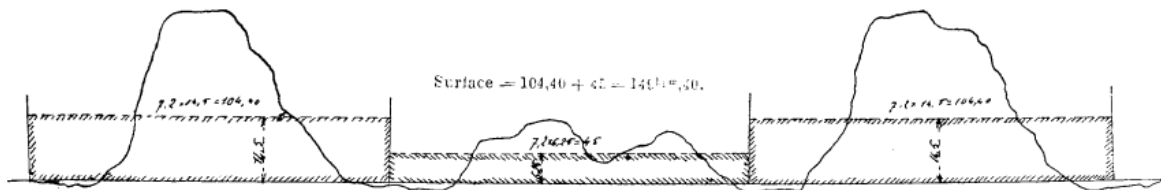


Fig. 556. — Poinçonnage de fer. Diamètre du poinçon 17 mm. Épaisseur de la bande 6^{mm},8.
Nombre de coups par minute = 7,55.

poinçon avait 17 millimètres de diamètre et la pièce de fer 6^{mm},8 d'épaisseur.

Les courbes accusent bien la variation des efforts de poinçonnage et ceux que nécessite, à la levée, le frottement d'un poinçon sans dépouille, lorsqu'il se dégage de la pièce.

L'énergie totale, pour les deux courses de l'outil, s'est élevée à 149^{kgm},40.

L'énergie de poinçonnage seul, pouvant être estimé à $\pi d a \tau_1'' = 3,14 \times 17 \times 6,8 \times 0,14 = 50,8$ kilogramètres, le rendement serait de $\frac{50,8}{149,4} = 0,34$.

Cet essai a été fait à la vitesse de 7,5 coups par minute. Avec une vitesse moindre, la courroie glissait, montrant ainsi que le volant ne possédait pas

assez d'énergie vive, ou qu'il eût fallu la tendre davantage pour prévenir le glissement.

A raison de 7,55 coups par minute, vitesse pratique trop petite, la puissance dépensée ressort à $\frac{149,40 \times 7,55}{60} = 18,8$ kilogrammètres.

Il faut doubler cette vitesse, et par suite la puissance, pour se trouver dans les conditions ordinaires de la pratique.

Essais avec dynamo. — Nous relevons, dans une note dont nous n'avons plus l'origine, qu'une poinçonneuse actionnée par une dynamo, pour percer un trou de 32 millimètres de diamètre dans une pièce d'acier demi-dur de 13 millimètres d'épaisseur, exigeait :

Volts 220	Ampères 6 à 10	Watts 1320 à 2200	Poncelets 1,3 à 2,2
-----------	----------------	-------------------	---------------------

Au démarrage, le volant étant lourd, on notait :

Volts 220	Ampères 30	Watts 6600	Poncelets 6,6
-----------	------------	------------	---------------

La dynamo de 4 poncelets tournait à 1 000 tours par minute.

Dans la construction des navires, on poinçonne sur chantier des trous de 20 à 25 millimètres de diamètre avec une poinçonneuse dont le moteur électrique est de 1 à 1,5 poncelets.

Ces indications ne permettent pas d'en déduire les autres éléments mécaniques du poinçonnage, attendu que ni les épaisseurs ni le nombre d'opérations par minute ne sont indiqués (1).

Nous avons essayé d'actionner une poinçonneuse avec une dynamo. Les lectures au voltmètre et à l'ampèremètre étaient trop variables pour les noter utilement; les vitesses aussi variaient beaucoup, nous n'avons pu tirer parti des éléments constatés.

Les exemples qui précèdent permettent de calculer les éléments du travail d'une poinçonneuse, de modèle analogue, plus ou moins puissante.

Considérons la grosse poinçonneuse des ateliers de Fives-Lille, établie pour percer des trous jusqu'à 56 millimètres de diamètre dans des tôles d'acier doux de 35 millimètres d'épaisseur.

Le poinçon opère à raison de 12 coups par minute, avec courses de 60 millimètres.

En adoptant, pour la résistance de poinçonnage, 36 kilogrammes par millimètre carré, l'effort maximum développé sur les outils peut être estimé à :

$$P = \pi d a R = 3,14 \times 56 \times 35 \times 36 = 221\,500 \text{ kgm.}$$

(1) Il est fâcheux que, trop souvent, les publications techniques signalent des résultats d'essais dont les termes ne sont pas assez complets pour permettre de les utiliser et de les comparer à d'autres.

L'énergie de poinçonnage, en prenant $m = 0,60$ et $n = 1$, serait de :

$$\tau = m n \pi a^2 d R = m n P a = 0,60 \times 1 \times 221\,500 \times 35 = 4\,651\,500 \text{ kgmm.} = 4\,651 \text{ kgm.}$$

En admettant un coefficient de rendement général de 0,50, l'énergie à dériver sur l'arbre de couche s'élèverait à :

$$\frac{4\,651,5}{0,50} = 9\,303 \text{ kgm. par opération.}$$

soit, par seconde, une puissance de $\frac{9\,303 \times 12}{60} = 1\,860$ kilogrammètres ou de 18,6 poncelets.

A vide, l'effort à la courroie est en moyenne de	16 kg.
Diamètre de la poulie	0,65
Nombre de tours par minute	78
Vitesse circonférentielle	2,65
Énergie à vide	$2,65 \times 16 = 42 \text{ kgm.}$
L'effort moyen à la courroie serait d'environ $\frac{1\,860}{2,65}$	$= 700 \text{ kg.}$

La courroie a une largeur de 160 millimètres, une épaisseur de 15 millimètres, soit une section de $2\,400 \text{ mm}^2$.

Ce qui fait ressortir la tension due à l'effort de 700 kilogrammes à

$$\frac{700}{2\,400} = 0^{\text{kg}}, 29.$$

Dans le brin surtendu, la tension est plus que doublée.

Le volant de cette forte poinçonneuse pèse 900 kilogrammes, dont 600 pour la jante. Son diamètre moyen étant de $1^{\text{m}}, 950$, sa vitesse v atteint

$$\frac{2,65 \times 1,950}{0,65} = 19^{\text{m}}, 50.$$

et son énergie vive s'élève à environ $\frac{P v^2}{2g} = \frac{600 \times 19,50^2}{2 \times 9,8} = 11\,690$ kilogrammètres.

Le rapport entre l'énergie du volant et l'énergie de poinçonnage ressort à :

$$\frac{11\,690}{4\,651} = 2,5.$$

Si le volant n'existait pas dans une telle poinçonneuse, il faudrait développer à la poulie un effort tangentiel d'environ 3 000 kilogrammes, ce qui nécessiterait une courroie de section 750×20 , fortement tendue pour éviter le glissement. Le rôle du volant est toujours de grande importance dans une poinçonneuse; cet organe s'impose dans ces machines.

Essais de poinçonnage à vitesse variable. — Les variations des efforts et celles des énergies se rapportant à l'opération seule, à différentes vitesses, étant très diffi-

ciles à déterminer, nous avons dû y renoncer (1); mais nous avons fait quelques essais de poinçonnage à vitesse variable, pour étudier l'influence du volant et la variation des énergies dépensées par la poinçonneuse.

Le dynamomètre de rotation commandait directement la machine dont le volant, de 1 mètre de diamètre, pesait 150 kilogrammes.

Le dynamomètre était actionné par le plateau d'un tour à huit vitesses, nous en avons utilisé six.

La commande donnait les nombres de coups de poinçon par minute suivants :

Numéros d'ordre.	1	2	3	4	5	6
Nombre de coups par minute.	1,33	2,44	4,33	7,33	12	21
Vitesse du volant	0,70	1,28	2,27	3,95	6,38	11 mètres.
Énergie vive du volant. . . .	3 ^{kgm} ,78	12,8	39,5	112	302	930 kgm.

Les diagrammes fig. 557 se rapportent à l'épaisseur 1^{mm},5, qui a permis d'utiliser les six vitesses indiquées.

A mesure que la vitesse augmente, on voit que les efforts maxima diminuent, que la marche est plus régulière.

Avec l'épaisseur 4 millimètres, à la plus faible vitesse de 1,33 coups, la poinçonneuse s'arrêtait, la courroie glissait sur le cône de première commande du tour; le diagramme ne pouvait être obtenu dans des conditions de marche normale. A' 2,44 coups, l'opération se faisait bien. Notons que, quand la vitesse est insuffisante, la courroie du dynamomètre peut aussi glisser tout en donnant lieu à une rotation relative; l'opération se fait dans un temps plus long, le travail enregistré est plus élevé et ne correspond plus à un travail normal. C'est l'une des causes qui font progresser l'énergie dépensée à faible vitesse comparativement à l'énergie dépensée à plus grande vitesse.

D'autre part, les efforts plus intenses que doit transmettre la courroie marchant à faible vitesse déterminent des différences de tensions plus grandes dans les brins, lesquelles produisent des glissements élastiques plus élevés aussi, et qui ne sont pas négligeables. Au contraire, à grande vitesse, les efforts tendent vers une valeur constante réduite; les divers glissements sont également réduits, le rendement augmente.

(1) On conçoit que, par analogie avec la plupart des opérations de travail des métaux, les efforts de poinçonnage augmentent quelque peu avec la vitesse, ce dont la pratique tient compte dans les calculs en augmentant dans une certaine proportion le coefficient R. Dans les plus fortes poinçonneuses, la vitesse moyenne du poinçon ne s'éloigne pas de 20 millimètres par seconde; au moment de l'attaque, la vitesse est d'environ 20 millimètres, valeur qui n'implique pas d'analogie avec un choc, de sorte que l'augmentation des efforts n'est pas grande. On peut admettre 10 p. 100 au plus. En accélérant la vitesse des essais autant que le permet une machine à essayer, nous avons constaté une augmentation dont l'accroissement ne progresse guère.

Les diagrammes fig. 558 se rapportant à l'épaisseur 4 millimètres sont nets; la période de poinçonnage est surtout très distincte aux petites vitesses, tandis qu'aux plus grandes de 12 et 21 coups, les efforts maxima se réduisent dans une forte proportion.

Il en est de même pour l'épaisseur 4^{mm},5; mais ici, les vitesses lentes : 1,33 et

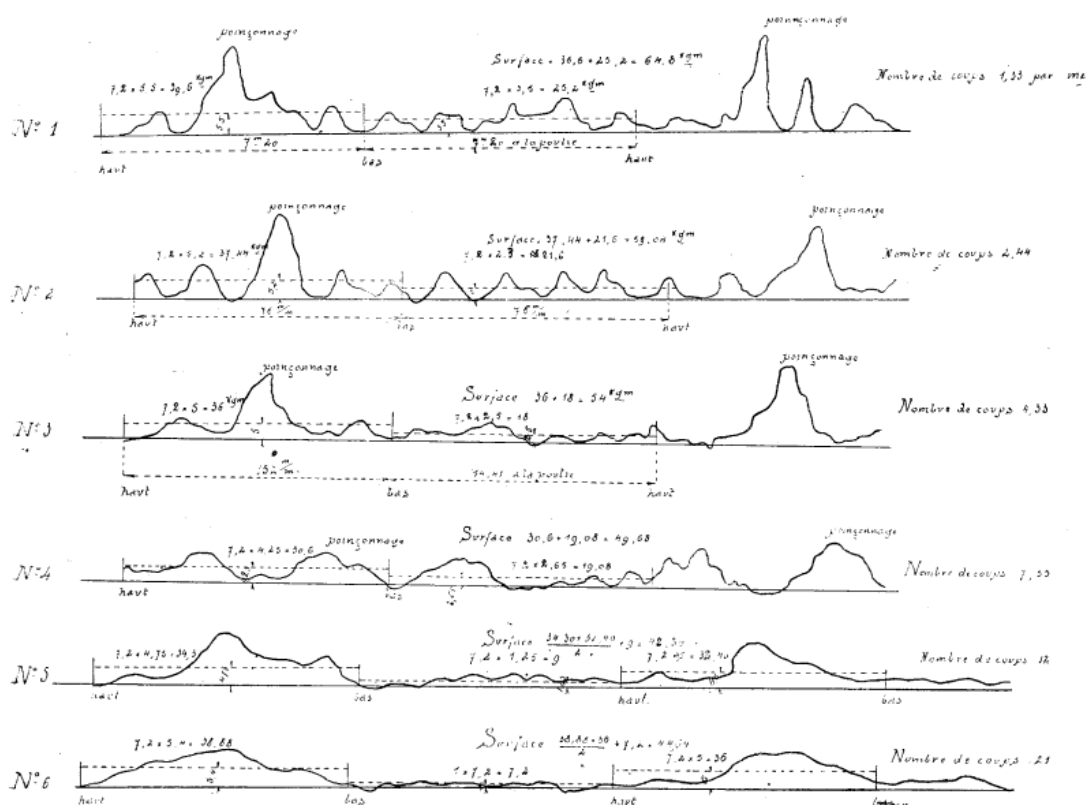


Fig. 557. — Poinçonnage (fer), 4^{mm} 1/2. Diamètre du poinçon 17 mm.

2,44 coups, faisaient trop glisser la courroie du tour qui ne pouvait entraîner quand le poinçonnage avait lieu.

Nous nous en sommes tenu aux quatre autres vitesses dont les résultats (fig. 559) concordent assez bien avec ceux relatifs à l'épaisseur de 4 millimètres.

Dans ces divers diagrammes, on peut remarquer, lors de la période de relèvement de l'outil, un effort plus grand, qui se détermine quand la pièce touche la butée d'arrêt et que le poinçon se dégage du trou. Cet effort correspond en grande partie au frottement du poinçon, et aussi à l'accélération du mouvement

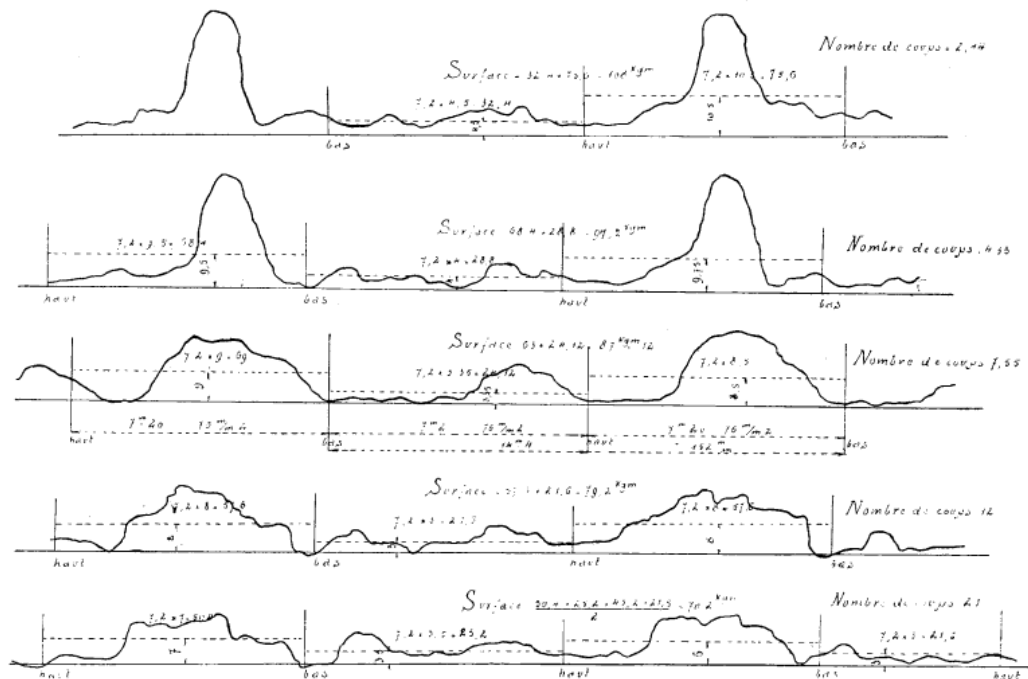
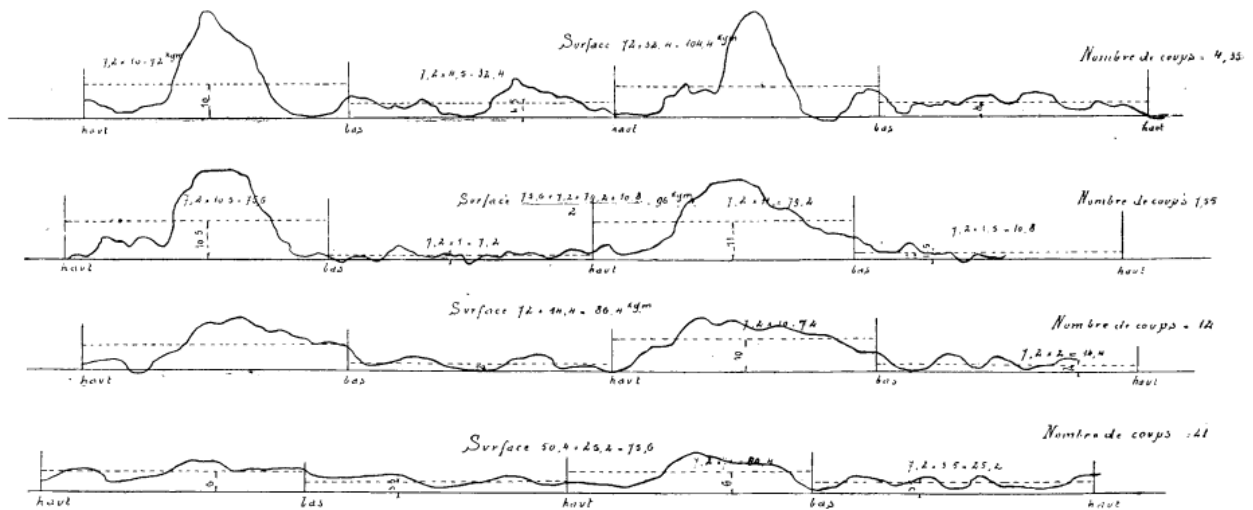


Fig. 538. — Poinçonnage de fer à vitesse variable. Diamètre 17 mm. Épaisseur 4 mm.

Fig. 539. — Poinçonnage de fer à vitesse variable. Diamètre du poinçon 17 mm.
Épaisseur de la bande 4^m,5.

du volant, dont la vitesse se ralentit toujours quelque peu pendant l'opération.

Les énergies étant rapportées à deux axes de coordonnées, en prenant pour abscisses les nombres de coups par minute et pour ordonnées les surfaces des diagrammes en kilogrammètres, on obtient les courbes B, C, D (fig. 560), ayant une grande analogie avec celles trouvées pour le cisailage.

Les énergies décroissent quand la vitesse augmente dans les limites de ces essais, qui contiennent les vitesses admises par la pratique (10 à 15 coups par minute).

Pour l'épaisseur de 4 millimètres, nous avons indiqué la courbe E, obtenue en

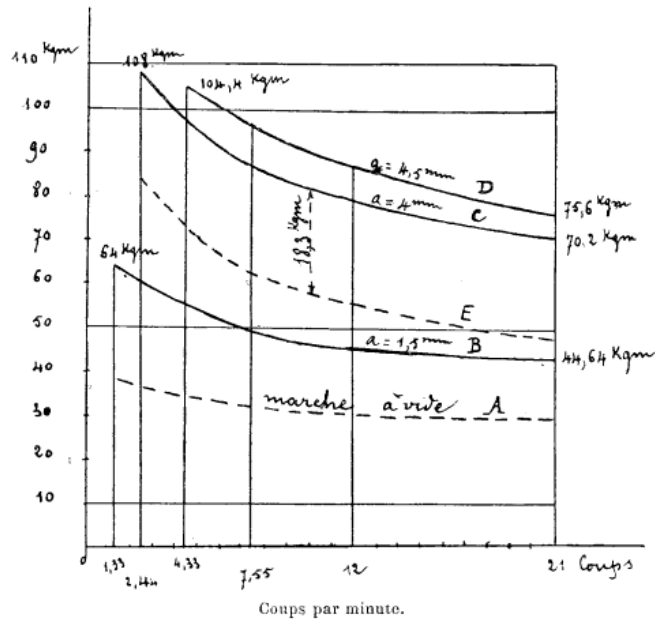


Fig. 560. — Poinçonnage à vitesse variable. Énergies pour différentes épaisseurs.

déduisant des ordonnées de la courbe C l'énergie de $18^{\text{kgm}},3$, relative au poinçonnage seul, supposée constante dans les limites des vitesses considérées, de telle sorte que l'on peut apprécier le rapport de l'énergie utile τu à l'énergie totale dépensée τm . Les valeurs de ces rapports sont :

Nombre de coups..	2,44	4,33	7,55	12	21
$\frac{\tau u}{\tau m}$	0,17	0,189	0,21	0,23	0,26

Le rendement est donc très faible dans une telle poinçonneuse quand on perce des pièces de petite épaisseur. Il augmente avec la vitesse et avec l'importance de l'opération.

A la vitesse de 15 coups par minute, qui est celle de la marche ordinaire, l'énergie vive du volant tournant à $15 \times 9 = 135$ tours est de 390 kilogrammètres.

Les dimensions maxima du trou étant, pour cette poinçonneuse : diamètre 20 millimètres, épaisseur 4 millimètres, soit une énergie, pour du fer, d'environ 35 kilogrammètres, le rapport de l'énergie vive du volant à l'énergie de poinçonnage ressort à $\frac{390}{35} = 11$, valeur élevée.

Pour la forte poinçonneuse des ateliers de Fives-Lille, considérée précédemment, ce rapport n'était que de 2,5.

Dans ces mêmes ateliers, pour diverses poinçonneuses, sa valeur varie de 1,2 à 2. Les éléments de ces machines sont les suivants :

Diamètre des trous.	20	25	30	33 mm.
Épaisseurs.	14	20	22	28 —
Énergie de poinçonnage τ_u . . .	300	600	870	1 500 kgm.
Nombre de coups de poinçon. . .	17	15	15	12 —
Poids du volant.	400	480	540	600 kg.
Vitesse	3,60	6	6,60	7,70 m.
Énergie vive τ'	620	860	1 180	1 800 kgm.
Rapport $\frac{\tau'}{\tau_u}$	2	1,4	1,6	1,2

Citons encore le travail d'une poinçonneuse pour trous, ayant jusqu'à 114 millimètres de diamètre, dans des contre-plaques de chaudières semi-tubulaires d'épaisseur maximum égale à 15 millimètres, poinçonneuse installée chez MM. Meunier et C^{ie}, chaudronniers à Fives-Lille (1).

Les éléments principaux de cette machine sont :

Nombre de courses du poinçon par minute.	12
Course du poinçon	50 mm.
Diamètre de la poulie de commande.	750 mm
Nombre de tours par minute.	50
Largeur de la courroie simple.	150 mm.
Vitesse —	2 ^m ,00
Diamètre du volant.	2,300 m.
Poids de la jante du volant.	1500 kg
Vitesse V, du centre de gravité de la section de la jante. . . .	5,77 m.

$$\text{Énergie vive} = \frac{PV^2}{2g} = \frac{1500 \times 5,77^2}{2 \times 9,8} = 2550 \text{ kgm.}$$

(1) Cette poinçonneuse a été établie par M. Mazet, directeur de la maison Meunier, où nous avons fait divers essais que nous signalerons dans le cours de ce mémoire. Nous nous plaisons à reconnaître ici l'extrême urbanité avec laquelle nous ont toujours accueilli MM. Pichon et Flipo, propriétaires de l'usine; nous les remercions vivement de nous avoir donné toutes les facilités pour réaliser nos opérations avec le concours empressé de M. Mazet.

Effort maximum de poinçonnage dans du fer fondu sec, en admettant $R = 30$ kg :

$$P = 3,14 \times 114 \times 15 \times 30 = 161\,082, \text{ soit } 161\,000 \text{ kil.}$$

Énergie de poinçonnage, en prenant $m = 0,55$ et $n = 1$:

$$T = mnPa = 0,55 \times 1 \times 161\,000 \times 15 = 1\,328\,250 \text{ kgmm.}$$

En supposant un coefficient de rendement de 0,50, l'énergie dépensée à la courroie serait, par opération de $\frac{1328}{0,50} = 2\,656$ kgm.

L'une des courses n'étant pas utilisée, les opérations se font à raison de 6 par minute, soit par seconde, une puissance de $\frac{2656 \times 6}{60} = 266$ kgm.

A vide, l'effort moyen à la courroie est de 12 kg., soit, par seconde, une énergie de $12 \times 2 = 24$ kgm.

La puissance totale moyenne, à la courroie, serait de $266 \times 24 = 290$ kgm., soit environ 3 poncelets.

L'effort moyen s'élèverait à $\frac{290}{2} = 145$ kg.

La courroie a une largeur de 150 millimètres, une épaisseur de 6 millimètres, une section de 900 mm^2 .

La fatigue due à l'effort 145 kg. serait de $\frac{145}{900} = 0,16$ kg. par mm^2 .

Le rapport entre l'énergie du volant et celle de poinçonnage ressort à

$$\frac{2550}{1328} = 1,88$$

Ajoutons que l'épaisseur de 15 millimètres des plaques est assez exceptionnelle; on se contente couramment de 8 et 10 millimètres. Les plaques sont poinçonnées d'avant-trous de 20 millimètres, qui guident le poinçon de plus grand diamètre, muni d'un téton.

Il est intéressant de comparer les éléments de cette opération avec ceux de la précédente; nous laissons ce soin au lecteur.

Poinçonnage multiple. — Lorsque la poinçonneuse comprend une série de n' poinçons échelonnés (fig. 561-562) de manière à opérer successivement, il suffit, pour calculer l'effort moyen et l'énergie de poinçonnage, d'estimer la surface totale des n' trous pratiqués, soit $n'\pi ad$.

L'énergie totale de poinçonnage serait de

$$n' m n \pi a^2 d R.$$

Si la course correspondant à l'opération est h , l'effort moyen serait de

$$\frac{n'mn\pi a^2 dR}{h}$$

Pour obtenir l'effort maximum, il faut calculer les efforts sur les poinçons qui travaillent en même temps, et les additionner.

Soit, par exemple, le cas de 20 poinçons de 10 millimètres de diamètre.

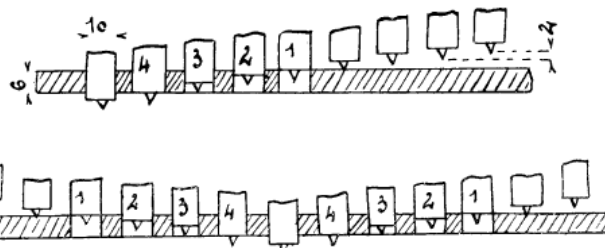


Fig. 561 et 562. — Schéma indiquant quatre poinçons en travail.

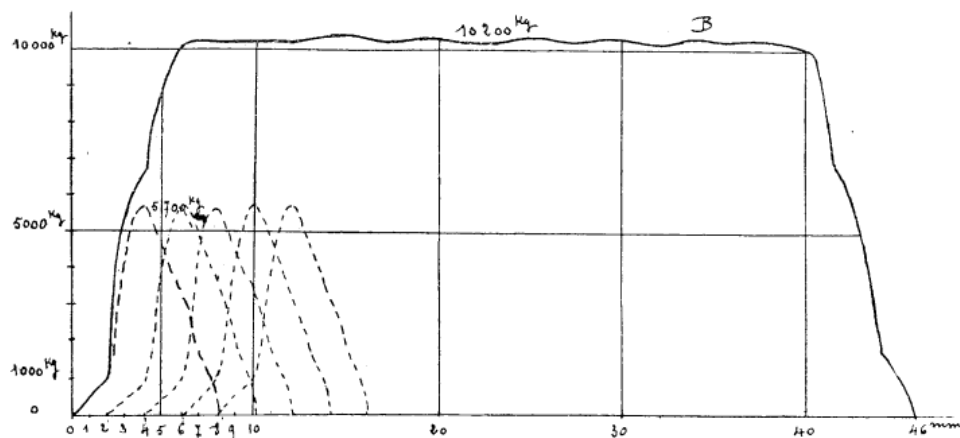


Fig. 563. — Poinçonnage multiple progressif de fer. $d=10$ mm. $a=6$ mm. Nombre de poinçons 20.

perçant une tôle de 6 millimètres d'épaisseur. En admettant un étagement ou différence de hauteur de 2 millimètres entre chaque poinçon, la course totale des 20 poinçons serait de $h = 20 \times 2 + a = 40 + 6 = 46$ millimètres.

Il y aura ainsi $\frac{8}{2} = 4$ trous en perçage simultané.

Le diagramme A (fig. 563) des efforts relatifs à un seul poinçon étant combiné pour obtenir les efforts totalisés qui se rapportent aux quatre poinçons en travail, on obtient la courbe B, dont l'effort maximum reste à peu près constant, et égal à 10 200 kilogrammes.

L'énergie relative à un trou est de

$$m n \pi a^2 d R = 0,50 \times 1,2 \times 3,14 \times 6^2 \times 10 \times 30 = 20\,300 \text{ kgmm.} = 20^{\text{kgm}},3$$

Pour les 20 trous, l'énergie de poinçonnage serait de

$$20 \times 20,3 = 406 \text{ kgm.}$$

L'effort moyen aurait pour valeur $\frac{406}{0,046} = 8828$ kilogrammes.

En tablant sur un rendement général de 50 p. 100, compris descente et levée, cette dernière exigeant un effort non négligeable, l'énergie totale dépensée s'élèverait à 812 kilogrammètres.

A la vitesse de 5 courses doubles par minute, la puissance développée serait de

$$\frac{812 \times 5}{60} = 67^{\text{kgm}},6$$

valeur relativement modérée. Le rendement de la poinçonneuse est généralement plus élevé qu'avec un seul poinçon, parce que la pièce étant présentée automatiquement à chaque course, les pertes de temps sont moindres.

Les poinçons peuvent encore être disposés comme en fig. 562. S'il s'agit de trous rectangulaires ou polygonaux, on pourra appliquer la même méthode de calcul des efforts et des énergies.

Parfois, plusieurs poinçons agissent simultanément sans être échelonnés; l'effort maximum correspond alors à $n' \pi a d R$.

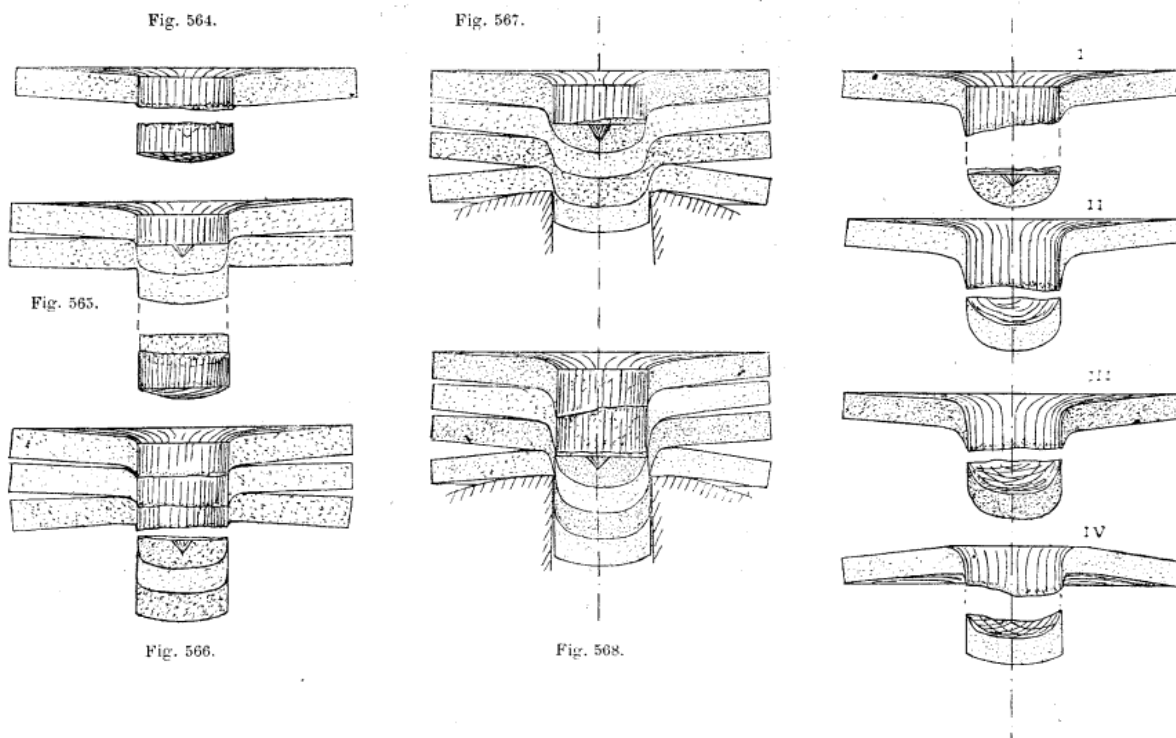
Poinçonnage sur épaisseurs multiples. — Une autre méthode de poinçonnage multiple, consiste à superposer plusieurs épaisseurs et à opérer avec un ou plusieurs poinçons échelonnés ou non.

Des essais faits avec un poinçon de 20 millimètres de diamètre, à matrice de 21 millimètres, sur éprouvette de plomb de 6 millimètres d'épaisseur, nous ont donné les débouchures et trous fig. 564 à 569, qui permettent de comparer l'action des outils selon le nombre de pièces poinçonnées en même temps. Avec une seule épaisseur, l'effort étant modéré, le disque fléchit moins que dans le cas de quatre épaisseurs, dont la figure 567 montre l'avancement de l'opération quand les débouchures supérieure et inférieure viennent d'être détachées en totalité. Les débouchures intermédiaires ont suivi le déplacement général par un glissement relatif accentué; les zones d'arrachement s'emboutissent, s'allongent obliquement à la direction de l'effort de poinçonnage; finalement, elles se rompent par traction, il va sans dire, suivant un angle très petit avec l'axe des outils.

La rondelle inférieure s'est moulée quelque peu sur la matrice, en s'infléchissant dans le sens inverse des autres. La figure 568 est relative à la pénétration

pour laquelle toutes les débouchures sont rompues; les zones d'emboutissage en sens contraire pour la débouchure et la pièce correspondante, sont plus distinctes sur la figure 569, où nous avons indiqué chaque élément, avec sa distance respective par rapport à l'autre.

Dans ces essais, relatifs à un métal très ductile, et à des épaisseurs totalisées assez fortes, les efforts maxima accusent la courbe A (fig. 370) en prenant pour abscisses les nombres de pièces superposées. Les ordonnées ne sont pas proportionnelles aux abscisses; la résistance unitaire diminue avec l'épaisseur totale.



(Fig. 569 N° I à IV.)

Fig. 564 à 569. — Poinçonnage de plomb sur épaisseurs multiples. $d = 20$ mm. $d' = 21$ mm. $a = 6$ mm.

Ainsi, pour une seule épaisseur de 6 millimètres, l'effort maximum est de 480 kilogrammes; tandis que, pour quatre épaisseurs, l'effort est de 1420 kilogrammes $< (4 \times 400) = 1600$.

La résistance de poinçonnage, par millimètre carré, ressort, dans le premier

$$\text{cas, à } \frac{480}{3,14 \times 20 \times 6} = 1^{\text{kg}},33$$

$$\text{et, dans le second cas, à } \frac{1420}{4 \times 3,14 \times 20 \times 6} = 0^{\text{kg}},94.$$

Cette réduction des efforts maxima est donc en concordance avec la loi qui indique que la résistance unitaire décroît avec l'épaisseur.

Il en est sensiblement de même en ce qui concerne les énergies totales. On conçoit que, quand on opère en épaisseurs multiples, le but principal est d'augmenter la production sans s'inquiéter de la dépense proportionnelle relative à l'énergie dépensée, qui entre pour une faible valeur dans le prix de revient du travail.

Poinçonnage de cuivre sur épaisseurs multiples. — Des bandes de cuivre de

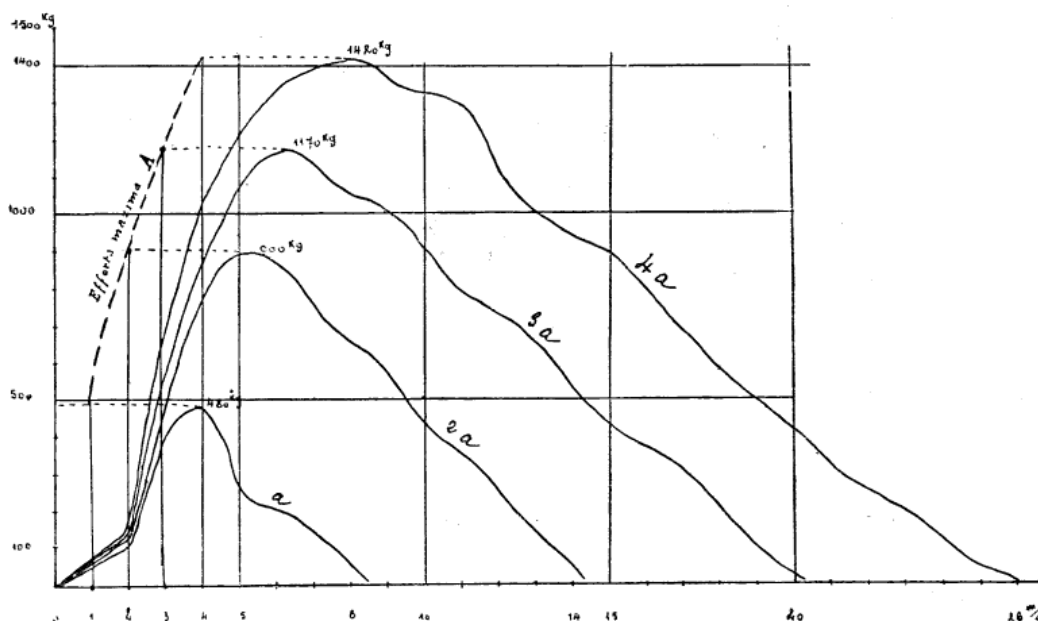


Fig. 570. — Poinçonnage de plomb sur épaisseurs multiples. $d = 20$ $d' = 21$ $a = 6$ mm.

3 millimètres d'épaisseur, à l'état simple et à l'état repliés en double, triple et quadruple épaisseur ont accusé les diagrammes fig. 571, dont les efforts maxima donnent la courbe A, qui ne s'éloigne guère d'une droite.

Les parties, étant maintenues par le pliage, ne se sont pour ainsi dire pas écartées l'une de l'autre, et nous indiquons seulement (fig. 572-573) les trous et débouchures relatives à l'épaisseur unique et à l'épaisseur quadruple.

Dans ce dernier cas, à l'exception de la première, côté du poinçon, les débouchures présentent une bavure du côté de la face supérieure, bavure provenant de l'arrachement de la partie emboutie.

On constate que ce procédé de poinçonnage multiple n'est pas favorable à l'obtention de débouchures ou flancs peu déformés.

Poinçonnage de fer sur épaisseurs superposées. — Nous avons opéré avec des disques libres de 2 millimètres d'épaisseur et jusqu'à cinq pièces superposées. Les

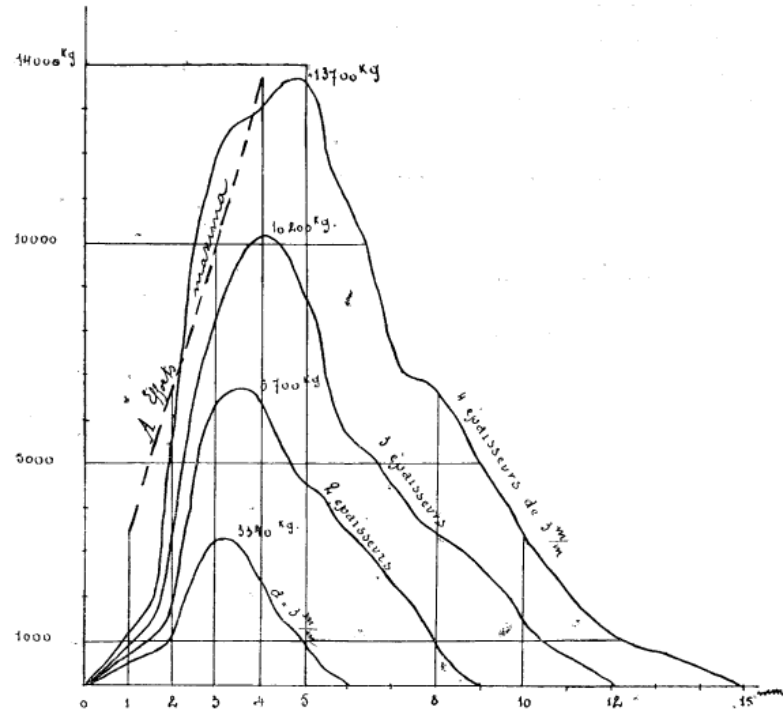


Fig. 571. — Poinçonnage de cuivre sur épaisseurs multiples $d = 20$ mm. $d' = 2$ mm. $a = 3$ mm.

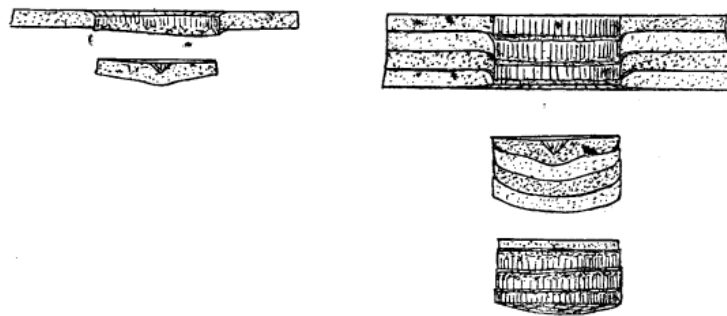


Fig. 572 et 573. — Poinçonnage de cuivre sur épaisseurs multiples $d = 20$ mm. $d' = 21$ mm. $a = 3$ mm.

figures 574 à 578 montrent que, pour les cas de deux, quatre et cinq épaisseurs, l'éprouvette inférieure s'est infléchie vers la matrice, tandis que, pour le cas de trois épaisseurs, toutes se sont embouties vers le poinçon. Pour les quatre et cinq épaisseurs, nous avons indiqué (fig. 577-578) l'état de l'opération alors que

les éprouvettes du milieu n'avaient pas leurs débouchures détachées. Notons que ces essais se prêtent bien à l'examen des déformations soit en multipliant les essais, soit en arrêtant l'opération pour constater et noter les particularités intéressantes. C'est ainsi que l'on aperçoit bien le mode de rupture d'un métal ductile dans le poinçonnage : l'emboutissage, plus prononcé au milieu que vers les outils, et d'autant plus accentué que le nombre de pièces est plus grand ; l'effet des pressions développées sur la débouchure par le poinçon, celui déterminé par la matrice, et la direction des bavures d'arrachement des débouchures en opposition avec celle des bavures des trous, particulièrement pour les éprouvettes de milieu, dont la séparation des éléments se fait par inflexions des fibres, sans que les outils interviennent directement comme sur les éprouvettes extérieures. Chaque débouchure intermédiaire est poussée par la débouchure au-dessus ; elles se moulent les unes sur les autres avec liberté plus grande que celles des

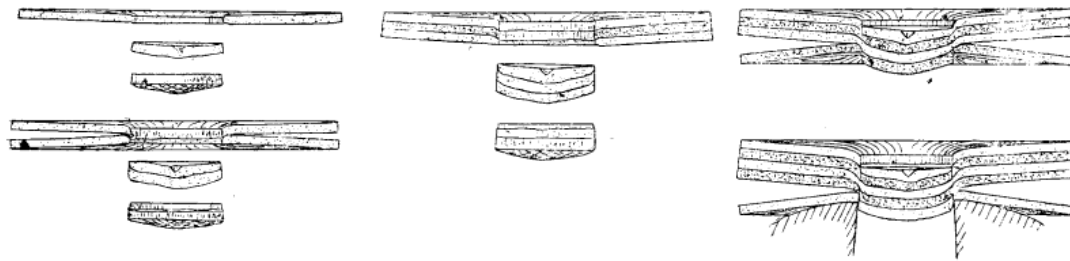


Fig. 574 à 578. — Poinçonnage multiple de fer sur épaisseurs superposées
 $d = 20$ mm. $d' = 21$ mm. $a = 2$ mm.

tranches analogues en lesquelles on peut concevoir divisée une débouchure en plein métal.

La figure 578 fait bien ressortir que c'est l'éprouvette du milieu qui se déchire la dernière, par traction peu oblique ici, à cause de la grande valeur relative de l'emboutissage.

Les efforts maxima ont varié suivant la courbe A (fig. 579). Les divers diagrammes sont des plus comparables entre eux.

La résistance R , relative à une seule épaisseur, est égale à

$$\frac{4\,100}{3,14 \times 2 \times 20} = 32^{\text{kg}},64$$

celle relative à cinq épaisseurs ressort à

$$\frac{20\,200}{5 \times 3,14 \times 2 \times 20} = 32^{\text{kg}},16$$

soit une légère décroissance avec l'épaisseur.

Poinçonnage de laiton sur épaisseurs multiples. — Des éprouvettes de laiton de 2 millimètres d'épaisseur ont donné les déformations et les débouchures fig. 580 à 584, qui se rapportent à une, deux et cinq épaisseurs. Les éprou-

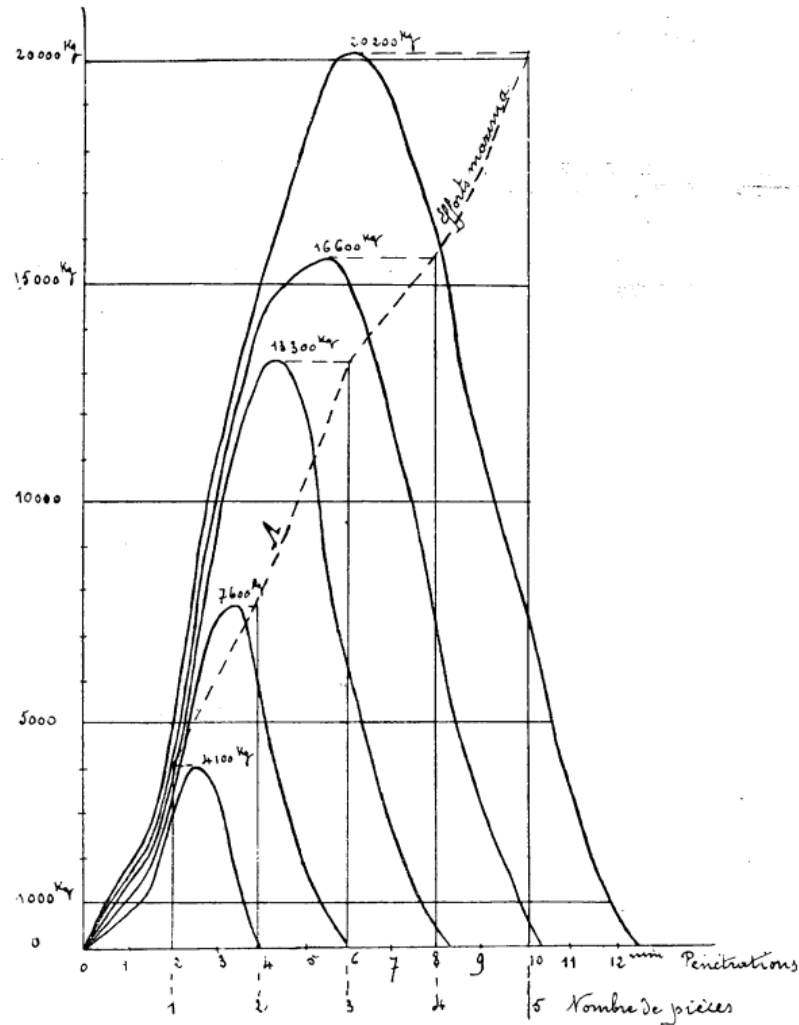


Fig. 379. — Poinçonnage multiple de fer sur épaisseurs superposées
 $d = 20$ mm. $d' = 21$ mm. $a = 2$ mm.

vettes sur trois et sur quatre épaisseurs étant analogues, nous ne les avons pas dessinées.

Avec cinq épaisseurs, l'emboutissage des disques supérieurs est très pro-

noncé, de même, pour les débouchures, ainsi que l'indiquent isolément les figures 583.

Les efforts accusent les diagrammes fig. 585.

La courbe A des efforts maxima est sensiblement une droite.

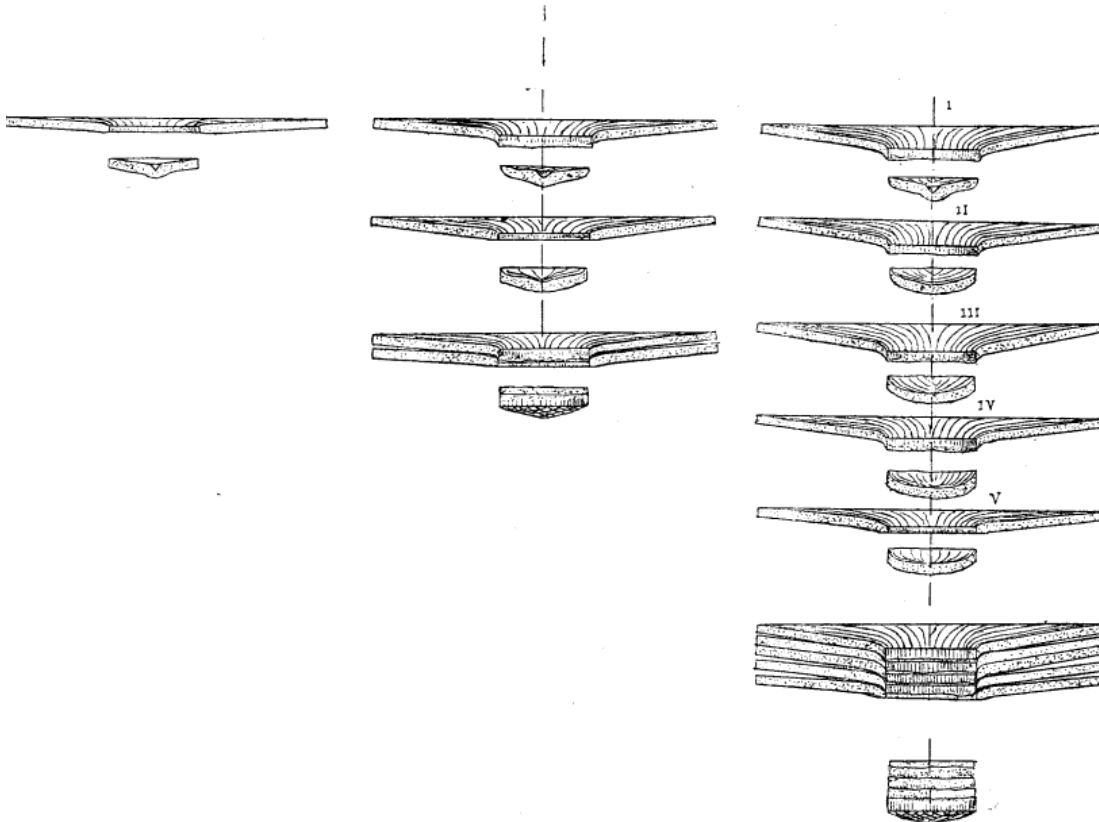


Fig. 580 à 584. — Poinçonnage de laiton sur épaisseurs multiples $d=20$ mm. $d'=21$ mm. $a=2$ mm.

La résistance par millimètre carré, relative à une épaisseur, ressort à

$$R = \frac{2450}{3,14 \times 20 \times 2} = 19^{\text{kg}},5.$$

Par rapport aux cinq épaisseurs, cette résistance est égale à

$$R = \frac{12450}{5 \times 3,14 \times 20 \times 2} = 19^{\text{kg}},34;$$

valeur peu différente de celle qui précède.

Ces divers essais montrent que, pratiquement, l'effort de poinçonnage simul-

tané de n' épaisseurs a , diffère peu de $n' \pi d a R$, R étant le coefficient de résistance se rapportant à une seule épaisseur.

Ces essais indiquent aussi que le poinçonnage sur plusieurs épaisseurs

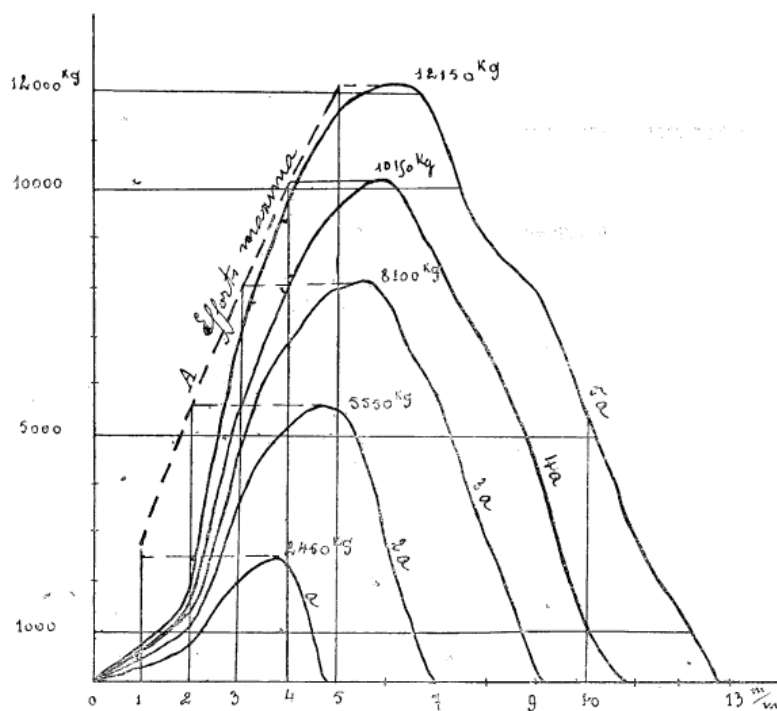


Fig. 583. — Poinçonnage de laiton sur épaisseurs multiples $d=20$, $d'=21$, $a=2$.

peut être adopté pour des flans à emboutir ultérieurement; mais, pour des débouchures telles que des rondelles et des flans de monnaie, cette méthode a l'inconvénient de trop déformer les pièces, et de ne pas donner des débouchures à pourtour assez net.

(A suivre.)

NOTES DE MÉCANIQUE

LA PROTECTION DES ASCENSEURS, D'APRÈS *M. H.-C. Walker* (1).

Les accidents d'ascenseurs sont, en réalité, excessivement rares par rapport au nombre des personnes transportées, et ils sont dus, pour la plupart, à l'insuffisante protection des portes, protection qu'il est très difficile d'assurer complètement en l'absence d'un règlement général relatif à cette sécurité et d'un dispositif susceptible de répondre à tous les cas.

Pour les ascenseurs commandés par transmissions mécaniques, courroies et poulies, qui marchent, en général, à faible vitesse, et quand la hauteur disponible le permet, le meilleur système de portes est la porte à guillotine, avec taquets commandés par la cage de l'ascenseur de manière à ne permettre à la porte de s'ouvrir que si la cage se trouve bien devant son ouverture; la porte ainsi levée est alors enclanchée par un second loquet, que la cage déclanche automatiquement dès qu'elle remonte ou redescend, de sorte que la porte retombe par son propre poids et se referme sûrement d'elle-même. Les portes du haut et du bas de la course de la cage peuvent facilement être ouvertes et fermées par la cage même; mais, aux étages, elles doivent être ouvertes à la main et fermées seulement automatiquement.

Avec les portes à charnières ouvertes et fermées automatiquement, il faut que la cage ne puisse être mise en marche sans que les portes soient complètement fermées et verrouillées; il faut aussi éviter que ce départ de la cage puisse être commandé intempestivement d'un autre étage que de celui devant la porte duquel se trouve la cage, comme cela se produit quand la corde de manœuvre se trouve en dehors de la cage; avec la corde dans la cage, celle-ci ne peut être commandée que par une personne dans la cage, et la sécurité est considérablement augmentée.

Il faut donc, pour assurer une sécurité complète, enclancher la corde de manœuvre; pour cela, l'emploi d'un loquet dans la cage n'est admissible que s'il s'y trouve toujours quelqu'un; une pince ou une vis de serrage seraient plus sûres, mais à la condition qu'on n'oublie pas de s'en servir. Il serait préférable d'employer un levier barrant l'entrée de la cage quand il est abaissé et enclanchant la corde de manœuvre quand on le lève, de manière à empêcher de remettre la cage en marche avant d'avoir abaissé de nouveau cette barre devant la porte.

Dans le cas d'un ascenseur manœuvré par une personne constamment dans la cage, comme pour les hôtels et magasins, toutes les portes doivent, avant la mise en train, être fermées et enclanchées de manière à ne pouvoir être ouvertes pendant la marche de la cage; lorsque la cage arrive à l'étage qu'elle doit desservir, la porte de cet étage doit pouvoir s'ouvrir, mais en enclanchant, par son ouverture, la manœuvre de la cage

(1) *Institution of Mechanical Engineers*, London, mars 1902.

de manière qu'elle ne puisse bouger tant que cette porte reste ouverte. Ces différentes opérations ne doivent pas se faire toutes automatiquement, pour des raisons de sécurité et pour ne pas trop compliquer les mécanismes.

Lorsque le conducteur entre dans la cage, la porte doit se fermer non pas automatiquement, mais à la main, car la fermeture automatique pourrait évidemment occasionner des accidents, et cette fermeture doit déclancher automatiquement la manœuvre de la cage, bloquée pendant l'ouverture de la porte. Cette manœuvre doit être commandée par un simple levier, bien à la portée, arrêtant la cage quand il se trouve dans sa position moyenne et la faisant partir graduellement pour la montée ou la descente, suivant qu'on le pousse à droite ou à gauche; l'arrêt doit pouvoir s'effectuer ainsi graduellement ou très vite en cas d'urgence. Arrivé à son étage, arrêté au niveau de la porte, le conducteur déclanche cette porte en même temps qu'il enclanche la manœuvre, puis, après la sortie des voyageurs, il referme la porte, ce qui renclanche automatiquement la manœuvre.

Les ascenseurs pour personnes doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1° Il doit être impossible d'ouvrir les portes à un étage quelconque sans que la cage ne soit au niveau exact de la porte;

2° Quand la porte est ouverte, il doit être impossible d'en éloigner la cage sans avoir de nouveau refermé et renclanché la porte;

3° Impossibilité de pouvoir ouvrir plusieurs portes à la fois.

S'il est nécessaire de pouvoir amener la cage vide à un étage quelconque, il faut ajouter à ces dispositifs ceux permettant de manœuvrer la cage à la fois de son intérieur et d'un étage quelconque.

Les différents dispositifs proposés et appliqués pour satisfaire à ces desiderata peuvent se diviser en deux classes : suivant qu'ils sont commandés par le mouvement même de la cage ou par le conducteur, et suivant qu'ils le sont par une puissance motrice : eau sous pression, électricité.

Un moyen simple d'empêcher de tomber dans le puits de l'ascenseur consiste (fig. 1) à lui faire entraîner, dans sa descente aussi bien que dans sa montée, autant de plateaux qu'il y a d'étages, plateaux suspendus à des chaînes et écartés de la hauteur de ces étages de façon que la cage en laisse un devant chaque porte; mais ce moyen ne convient pas aux grandes vitesses, encombre le puits, et dépense de la force motrice.

Dans le dispositif représenté par la figure 2, la porte est ordinairement fermée et enclanchée en 1 par le verrou C du levier L, poussé par son ressort P; quand la cage passe en montant, un de ses taquets, repoussant C de l'encoche 2, déclanche la porte, que l'on peut alors ouvrir en avant jusqu'à son arrêt par la butée de son toc 2 sur le bas M du levier L; quand la cage remonte ou redescend, l'un de ses taquets redéclanche M, de sorte que la porte retombe et se referme automatiquement, avec une chute amortie par la levée de contrepoids successifs, qui viennent s'ajouter sur leurs cordes d'équilibre à mesure que la porte descend. Ce système fonctionne parfaitement sur des monte-charges à petite et à grande vitesse.

Le dispositif fig. 4 à 6 convient aussi pour les monte-charges où l'on n'a que peu de place; les portes sont en deux pièces, guidées verticalement et actionnées simultanément, pour se fermer ou s'ouvrir par un taquet élastique de la cage; ce taquet agit sur deux tocs (fig. 6) de la chaîne qui conjugue les deux parties de la porte, et dont l'un cède quand la cage descend et l'autre, celui du haut, quand elle monte.

Le système *Hollins Amendt* consiste essentiellement (fig. 7) en un levier enclancheur de la corde de manœuvre, placé sur le haut de la cage, et que l'on manie de l'intérieur de la cage. Quand on arrive à l'étage, le conducteur enclanche la corde de manœuvre, ce qui, en même temps, et par un contact électrique, déclanche la fermeture de la serrure de la porte de manière qu'on puisse l'ouvrir; d'autre part, cette ouverture fait, par un relais, enclancher le levier de la manœuvre, qui reste ainsi fermé tant que la porte est ouverte. Avec ce système, on ne peut pas mettre la cage en marche si

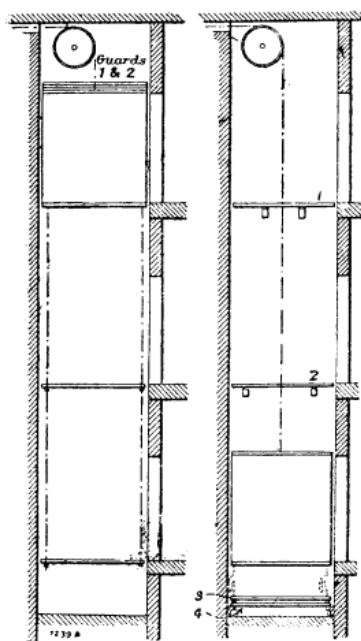


Fig. 1. — Moc Gee.

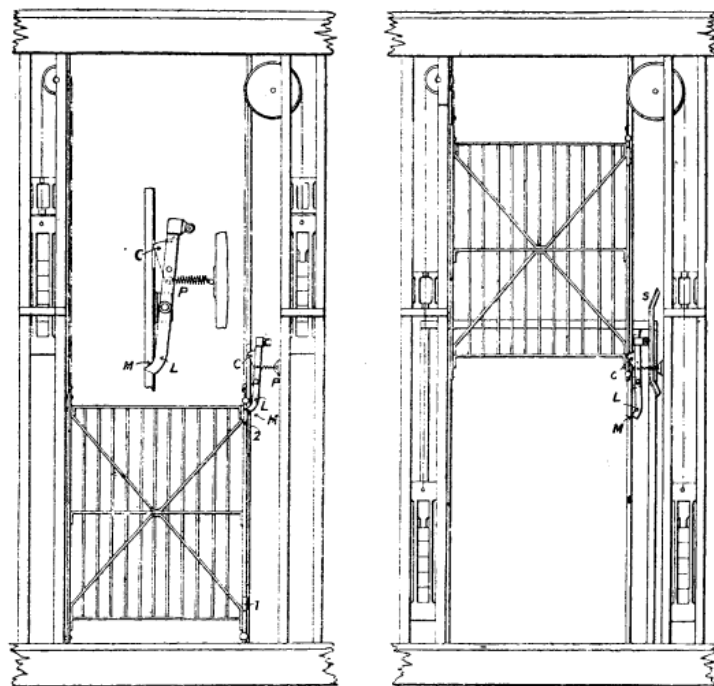


Fig. 2 et 3. — Walker et Hildred.

toutes les portes ne sont fermées et enclanchées, et aucune porte ne peut s'ouvrir si la cage n'est devant elle.

Le dispositif fig. 8 est caractérisé par l'emploi de sémaphores *EE'*, manœuvrés par de l'eau sous pression, qui restent enclanchés comme *E* tant qu'il n'y a pas de cage arrêtée devant eux; quand la cage s'arrête devant une porte, le sémaphore correspondant est déclanché en *F'* et se lève, comme en *E'*, pour laisser passer; mais cette levée, qui se fait automatiquement par une cataracte *D*, a lieu avec un retard suffisant pour l'empêcher de se produire quand la cage ne fait que passer sans s'arrêter.

Le dispositif électrique de *M. Secondo*, remarquable par sa simplicité, convient pour les ascenseurs dont la cage n'est pas manœuvrée constamment par un conducteur. Chacune des serrures est pourvue d'un loquet manœuvré électriquement. Quand la cage est immobile, on peut relever chacun de ces volets pour ouvrir la porte correspondante, mais cette levée d'un volet enclanche tous les autres, de sorte qu'il est

impossible d'accéder à l'ascenseur par une autre porte; lorsque l'on met l'ascenseur en marche, tous les volets s'enclenchent, de sorte que l'on ne peut ouvrir aucune porte de l'extérieur. Toutes les portes sont refermées par des ressorts, mais si l'un de ces ressorts ne ferme pas sa porte, les autres portes ont leurs volets fermés, et les portes sont, en outre, pourvues de sonneries reliées entre elles, de manière qu'en pressant le bouton de l'une quelconque d'entre elles, celle de la porte restée ouverte part et avertit de cette ouverture. Quand la cage est en marche, tous les volets sont fermés, et il suffit de presser sur le bouton d'un étage pour que la sonnerie de la cage indique l'arrêt demandé à cet étage.

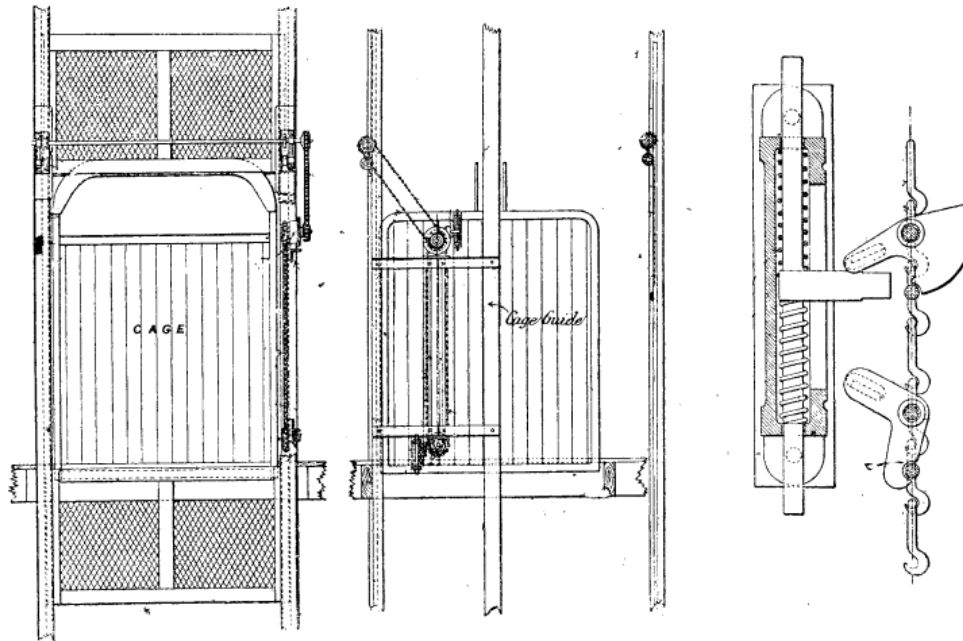


Fig. 4 à 6. — *Saut.*

Le système de *Walker et Hildred* (fig. 9) est contrôlé par un circuit électrique à commutateurs S, manœuvrés par les penes des portes, et relié par un câble flexible au commutateur multiple de la cage; en outre, la corde de manœuvre est, tant que toutes les portes ne sont pas fermées, enclanchées par le verrou MD du solénoïde M. Arrivé à un étage, le conducteur y ouvre le circuit de sa serrure, ce qui fait enclancher en W la corde de manœuvre, jusqu'à ce que toutes les portes soient de nouveau refermées; les portes ne peuvent s'ouvrir de l'extérieur que par une clef d'urgence spéciale.

Ce dernier dispositif convient mieux aux ascenseurs électriques qu'aux hydrauliques, en raison des fuites qui peuvent se manifester à leurs valves en compromettant l'automatisme de la marche des enclenchements. Il vaut mieux, dans ce cas, mettre le solénoïde dans la cage et faire saisir la corde de manœuvre par un enclan-

chement commandé par ce solénoïde. Tout y est automatique, sauf la manœuvre de la corde et l'ouverture des portes, et, en cas de dérangement au circuit ou de forçage d'une porte, l'ascenseur s'arrête; enfin, le système peut s'appliquer facilement aux ascenseurs existants.

Les ascenseurs électriques destinés à fonctionner sans l'aide d'un préposé sont

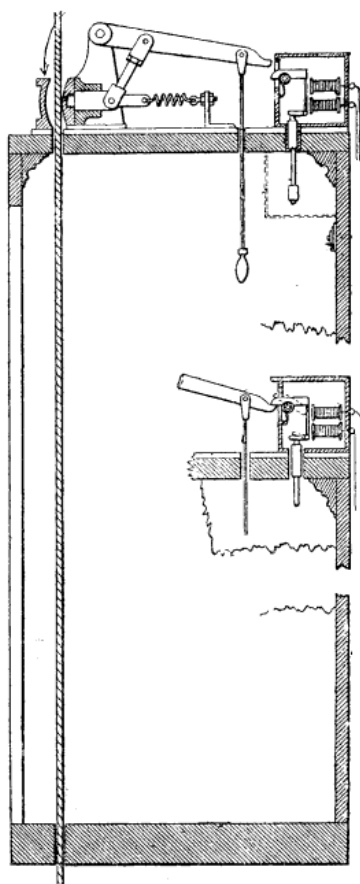


Fig. 7. — Hollins.

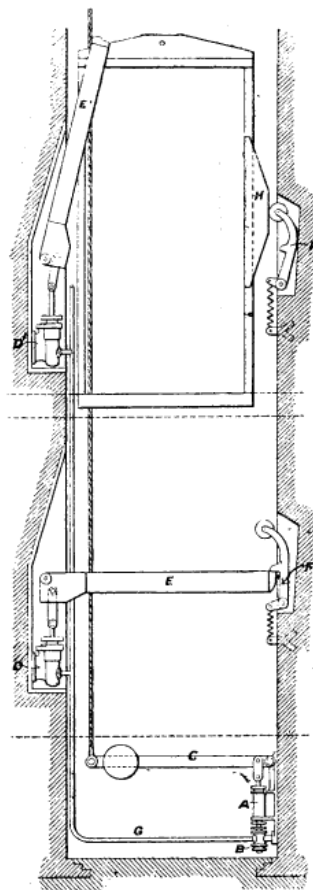


Fig. 8. — Stolcs et Richemond.

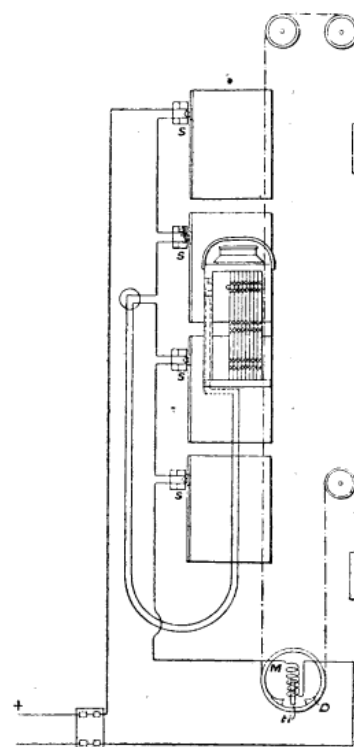


Fig. 9. — Walker et Hildred.

pourvus de boutons enclanchant automatiquement les portes; lorsqu'on pousse un des boutons de la cage, la cage part et s'arrête à l'étage indiqué par ce bouton; mais elle ne peut partir que si toutes les portes sont fermées et enclanchées, et aucune porte ne peut s'ouvrir avant que la cage ne soit arrivée à l'étage indiqué; enfin, on peut appeler la cage à un étage quelconque en pressant le bouton de cet étage.

DRAGUE POUR PLACERS *Levat*.

L'emploi des dragues pour l'exploitation des gisements aurifères d'alluvion et en rivière s'est considérablement étendu dans ces dernières années, notamment en Nouvelle-Zélande, en Sibérie et aux États-Unis.

On conçoit immédiatement, en effet, la supériorité écrasante, toutes les fois que le terrain s'y prête, d'une drague pouvant traiter jusqu'à 3000 mètres cubes de sables par jour sur les procédés manuels; le tout est de ne pas vouloir appliquer ce procédé au hasard, sans tenir compte des conditions indispensables à son succès, conditions multiples, et pour l'étude desquelles je ne puis que renvoyer à quelques-uns des nombreux mémoires publiés à ce sujet par des spécialistes (1).

Ces dragues pour placers se composent, en général, des cinq éléments principaux suivants : 1° l'appareil dragueur proprement dit, ordinairement à godets, les pompes centrifuges et les cuillères ayant presque partout échoué; 2° la trémie de décharge du dragueur; 3° le laveur tournant qui sépare les pierres; 4° le sluice (écluse) pour la séparation des stériles; 5° la pompe centrifuge pour fournir l'eau nécessaire au lavage; ces appareils sont mus presque toujours par la vapeur; quelquefois par l'électricité (2).

La plupart des dragues actuelles n'extraient qu'une partie de l'or des sables en raison de l'imperfection de leur lavage et du triage, et, en outre, leur débit réel, celui de la matière réellement draguée par godet, n'est guère que les 2/3 environ de leur débit théorique, ce qui tient à ce que les augets travaillent dans le sol frais et compact, qui n'a pas été, au préalable, ameubli par des jets d'eau affouilleurs. Une autre cause de pertes est l'irrégularité du fonctionnement des sluices, due principalement au tangage de la drague déterminé par les réactions des godets sur les résistances imprévues qu'ils rencontrent : pierres, roches, agglomérats... ce tangage provoque des courants d'eau rapides, qui entraînent, au lavage, une partie de l'or et des matières encore riches déposées sur les gradins du sluice. Enfin, surtout si l'alluvion aurifère est recouvert d'une couche de terrain stérile, il faut, pour décharger ces terres à une distance suffisante de la drague, employer à l'arrière de la drague, des élévateurs suffisamment élevés pour décharger dans une zone hors de celle de l'action de la drague, et desservis par une dérivation qui permette de leur envoyer la matière draguée directement ou après son passage dans le trommel trieur. En temps ordinaire, ces matières n'arrivent à l'élévateur qu'après avoir été triées et lavées à grande eau, ce qui exige une grande dépense d'eau uniquement pour le lavage de terres stériles.

M. Levat s'est efforcé de parer à ces inconvénients au moyen de modifications très simples que la figure ci-contre représente schématiquement.

La drague est maintenue par deux pieux, 4-4, terminés par des pointes en fonte d'un poids de 1000 kilogrammes, et que l'on peut charger en les remplissant d'eau ;

(1) *Engineering*, avril-août 1899, avril 1900. *Engineering and Mining Journal*, 25 décembre 1897, 22 janvier, 17 décembre 1898, 4 août 1900; *Mining and Scientific Press* (San Francisco), 24 mars et 7 juillet 1900. *Engineering Magazine*, février 1900; *Mines and Minerals* (Scranton), janvier et mars 1900; *New Zealand Mines Record*, septembre et novembre 1899, juin 1900; *Australian Mining Standard* (Sidney), janvier 1899; *Cassier's Magazine*, juin 1899, octobre 1900.

(2) *Electrical World*, 3 mars 1898.

ces pieux sont manœuvrés par des treuils; en marche, un seul d'entre eux est enfoncé, et sert de pivot pour la rotation de la drague, commandée par des cabestans à vapeur tirant sur des chaînes de manière à faire osciller la drague autour de ce piquet.

Le trummel qui opère le premier lavage et classement est en 5, cylindrique, porté par quatre galets, et a sa rotation commandée par des vis sans fin; il est pourvu de jets d'eau 6, alimentés par la même pompe qui fournit l'eau au jet 7, affouilleur en avant de la chaîne des godets 2. Ces godets se déchargent dans une trémie 14, à vanne 13, permettant de diriger les terres soit sur le trommel 5, soit sur un second

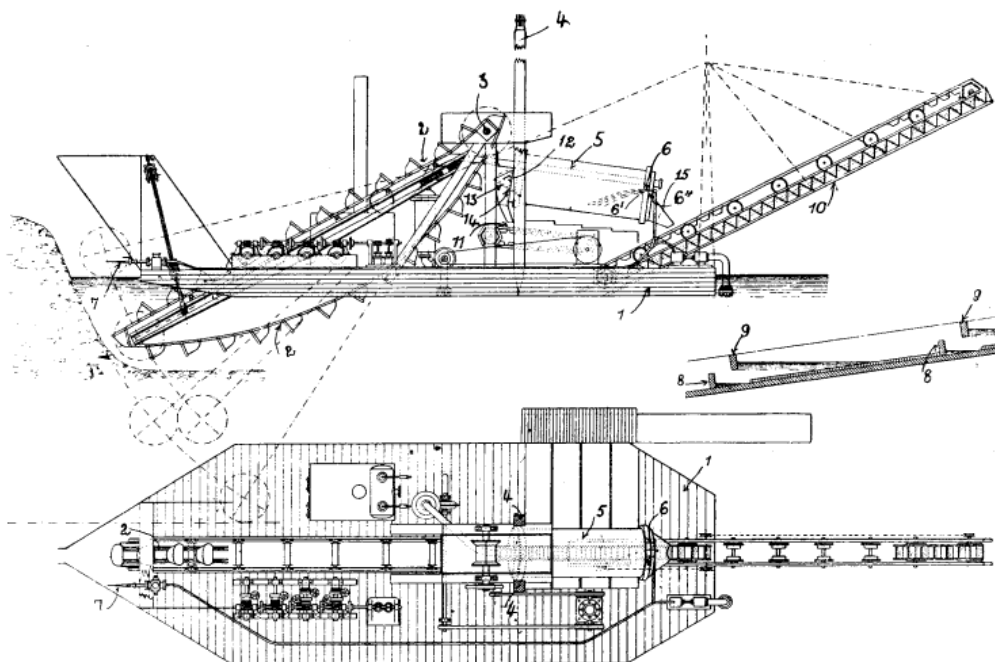


Fig. 1, 2 et 3. — Drague *Levat*. Élévation, plan, détail du sluice.

élévateur 11, qui les amène à l'élévateur de décharge définitive 10, et le trommel se termine par une seconde trémie 15, qui s'évacue dans ce dernier élévateur.

L'action des jets d'eau sous forte pression 6, qui vient s'ajouter à celle du lavage ordinaire du trummel par l'eau de la pompe centrifuge, fait que les pierres sortent de ce trummel absolument nettes, et, de plus, ces jets débourent les trous du trummel de leurs obstructions, ce qui assure un classement aussi parfait que possible. Le jet 7, lancé sous une pression d'une dizaine d'atmosphères, affouille et ameublit les terres devant les augets au point qu'elles remplissent entièrement ces augets; en outre, cet affouillement fait tomber l'or sur les alluvions riches du fond de la fouille de manière à l'enrichir encore, condition favorable au rendement, qui s'améliore, comme on le sait, avec la richesse des terres déversées par les augets.

La régularisation du courant du sluice est obtenu par des barrettes alternées 8 et 9

(fig. 3) dans son canal, et affleurent le courant en marche normale; quand le sluice s'incline de manière à augmenter la vitesse de ce courant, les barrettes agissent, ainsi que le montre la figure 3, comme des barrages ralentissant la rapidité de ce courant, puis elles laissent le surplus s'écouler quand le sluice reprend son inclinaison normale.

MACHINES *Collet* POUR LA FABRICATION DES TRÉNAILS

M. Collet est l'inventeur d'un ingénieux système de consolidation des attaches des rails aux traverses par le moyen de douilles en bois, ou trénaïls, et ce procédé a été l'objet d'un rapport de M. Sauvage dans notre *Bulletin* de juin 1900, p. 849. L'une

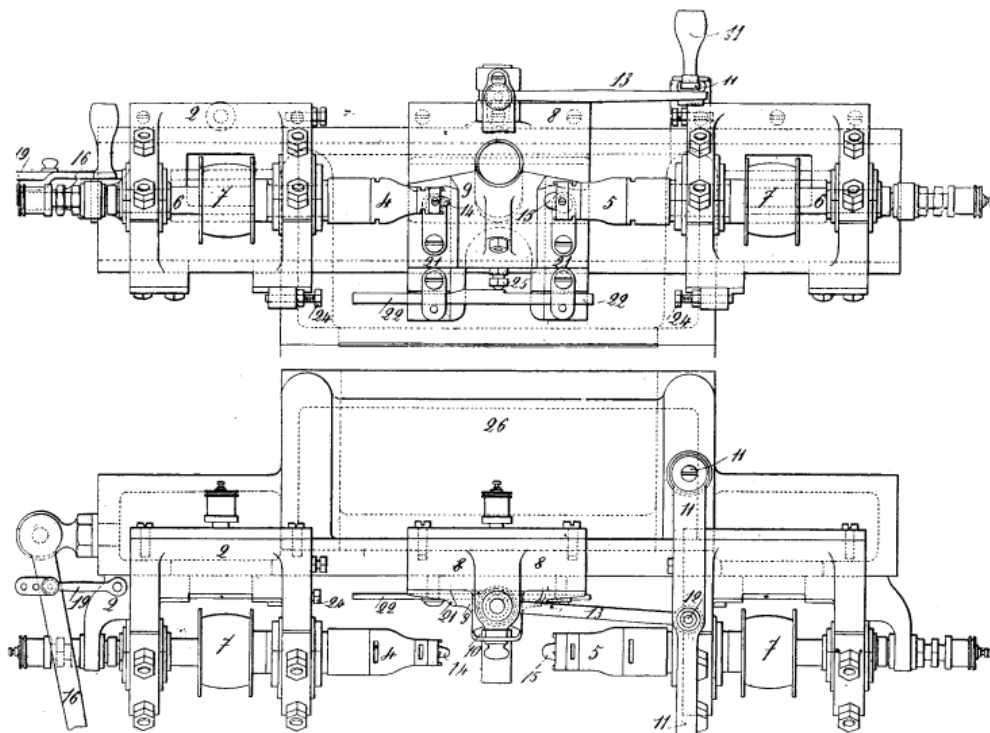


Fig. 1 et 2. — Machine *Collet* à tourner et forer les trénaïls. Élévation et plan.

des conditions du succès de ce procédé est de pouvoir livrer ces trénaïls convenablement exécutés et à très bon marché; aussi M. Collet a-t-il imaginé, pour leur fabrication, deux machines fort intéressantes, destinées l'une à tourner et forer ces douilles, l'autre à les fileter, et qui en permettent la fabrication exacte et rapide.

La première est représentée par les figures 1 à 12.

La douille, tirée de la bille fig. 10, et percée comme en figure 11, est serrée entre les têtes 14 et 15 des poupées 4 et 5, sans cesse en rotation par les poulies 7; à cet

effet, on écarte par le levier 16 et sa bielle 19, le chariot 2 et 4 vers la gauche, on place la bille entre 4 et 5, et on rapproche 4 de 5 en serrant ainsi la bille.

Le tournage de la bille s'opère par le couteau 10 (fig. 3), en forme de tube à arête tranchante monté sur la glissière 9 du chariot 8; ce chariot se déplace devant la bille par le levier 11 et la bielle 13, en même temps que le passage de la touche 23 du chariot 9 sur le gabarit 22, arrêté par les tocs 24, lui fait décrire le profil fig. 12.

Les copeaux se dégagent facilement en 26 par l'intérieur du tube coupant 10.

Pour percer la bille comme de figure 10 à figure 11, on remplace les têtes 4 et 5

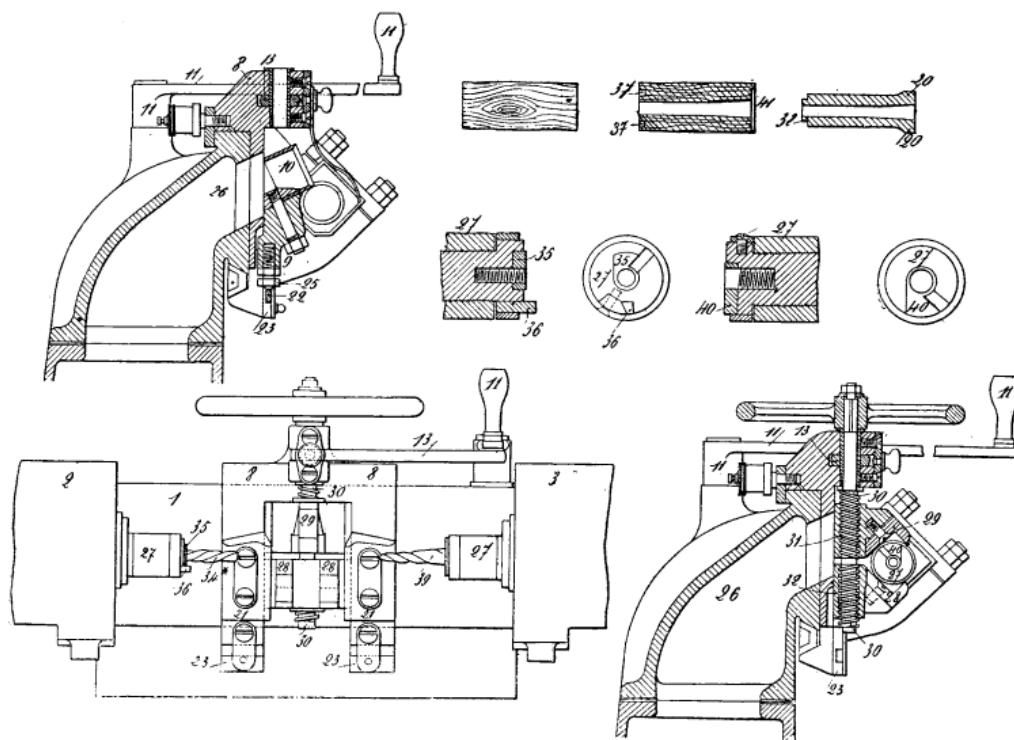


Fig. 3 à 12. — Machine Collet à tourner et forer les trénaïls. Détails divers.

par celles 27 (fig. 4) et le chariot 9 par celui de la figure 5, à mâchoires 28, 29, 28, actionnées par la vis de tendeur 31-32, qui serrent et centrent la bille, et l'on avance cette bille d'abord sur le foret cylindrique 34, puis sur le foret conique 39. La tête 27 de gauche porte, en outre, l'outil dresseur 35 et (fig. 6) une lame 36, qui amorce en 37 (fig. 11) l'épaule 38. La tête 27 de droite porte une lame 40, qui dresse la face 20 (fig. 12).

Les machines à fileter les trénaïls est représentée par les figures 13 à 19; elle est aussi des plus simples et des plus expéditives.

La bille est travaillée par un bloc à trois outils 15 (fig. 16) dont l'arbre 19, commandé par la poulie 20, tourne dans l'enveloppe 5, à bras 4-4, pivotés sur 3-3, avec vis d'appui 21, permettant de régler la pénétration des outils.

On commence, au moyen de la manette 10 et de sa vis 9, faisant écrou en 8 et solidaire du chariot 11 des poupées 12 et 13, par amener le collet 35 sur 8; on insère la bille entre 13 et 12, et on tourne 10 de manière à avancer la bille vers la gauche: les outils 15 taillent alors sur cette bille, qui tourne en même temps qu'elle avance, par 9, une vis qui s'arrête au point 33 (fig. 19), dès que le toc 32 de 5 vient monter sur le plan incliné 31 et écarter ainsi les outils de la bille. Quand la bille arrive au

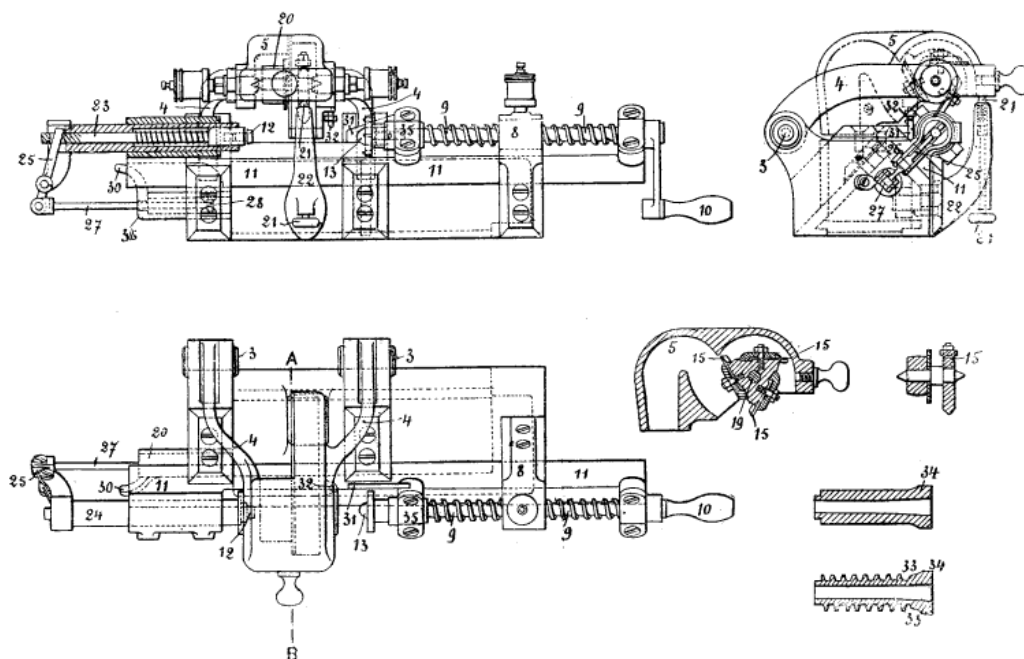


Fig. 13 à 19. — Machine Collet à fileter les trénaux. Élévation, plan, vue par bout, coupe AB et détails.

bout de sa course à gauche, la tête 28 de la tige 27 vient heurter, en 29, un toc qui la tire et, par 25-23, retire à gauche la tête 12 de manière à laisser retomber le trénaux achevé. On place alors entre 12 et 13 un second trénaux, et on tourne la manette 10 de manière à amener 11 vers la droite et à tailler la vis comme précédemment; après quoi la butée du levier 25 sur le toc 30 retire, comme précédemment, le bouton 12, et laisse tomber le trénaux. On évite, en utilisant ainsi le retour de 11, toute perte de temps.

La longueur des trénaux varie de 120 à 150 millimètres; leur diamètre à la grande base est d'environ 50 millimètres, et leur trou de 12 millimètres.

CALCUL DES DIMENSIONS PRINCIPALES DES MOTEURS A GAZ, D'APRÈS *M. H. Güldner* (1).

M. Hugo Güldner part du volume de l'air aspiré par cycle pour déterminer les dimensions principales des moteurs à gaz. Dans les formules nouvelles, on a désigné par :

- N_n la puissance normale effective en chevaux-vapeur;
 n le nombre de tours par minute;
 d le diamètre du piston, en mètres;
 s la course du piston, en mètres;
 $V = 0,888 d^3 s$ la cylindrée en m^3 ;
 $V_o = \tau_v V$ la quantité de mélange réellement aspirée à l'état normal, en m^3 ;
 L la consommation pratiquement favorable de l'air par mètre cube de combustible gazeux ou par kilogramme de combustible liquide en m^3 ;
 L_h la consommation réelle d'air résultant de la consommation L par course motrice, à la puissance normale N_n , en m^3 ;
 C_s la dépense de combustible par heure à la puissance nominale N_n : gaz en m^3 , et pétrole en kilogrammes;
 C la même, par cheval-heure;
 Ch la même, par course d'aspiration;
 H le pouvoir calorifique du combustible par m^3 de gaz ou par 1 kilogramme de pétrole en calories;
 $\tau_v = \frac{V_o}{V}$ le rendement volumétrique de la course d'aspiration;
 $\tau_{ve} = \frac{N_n \times 75 \times 3600}{C_s H 428} = \text{environ } \frac{631 N_n}{C_s H}$, le rendement économique.

On a, tout d'abord, pour les *moteurs à quatre temps* à gaz ou à pétrole :

$$C_s = \frac{N_n \times 75 \times 3600}{H \tau_{ve} 428} = \frac{630841 N_n}{H \tau_{ve}};$$

$$C_h = \frac{N_n \times 75 \times 60 \times 2}{H \tau_{ve} n 428} = \frac{21028 N_n}{H \tau_{ve} n};$$

$$L_h = \frac{C_s L}{30 n} = \frac{630841 N_n L}{30 H \tau_{ve} n} = \frac{21038 N_n L}{H \tau_{ve} n}.$$

a) *Moteurs à gaz.*

La charge qui arrive pendant la course d'aspiration dans le cylindre

$$V_o = C_h + L_h$$

exige une cylindrée active de

$$V = 0,785 d^3 s = \frac{C_h + L_h}{\tau_{ve}} = \frac{N_n \times 75 \times 60 \times 2}{H \tau_{ve} n \tau_{ve} 428} + \frac{L N \times 75 \times 60 \times 2}{H \tau_{ve} n \tau_{ve} 428}$$

$$= \frac{N_n 75 \times 60 \times 2 (1 + L)}{H \tau_{ve} n \tau_{ve} 428} = \frac{21028 N_n (1 + L)}{H \tau_{ve} n \tau_{ve}} \text{ mètres cubes.}$$

En résolvant par rapport aux trois valeurs de d , s et n , on obtient :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 21028 N_n (1 + L)}{\pi H \tau_{ve} n s \tau_{ve}}} = \sqrt{\frac{26787 N_n (1 + L)}{H \tau_{ve} s n \tau_{ve}}} \text{ mètres,} \quad (1)$$

$$s = \frac{26787 N_n (1 + L)}{H \tau_{ve} d^2 n \tau_{ve}} \text{ mètres,} \quad (2)$$

$$n = \frac{26787 N_n (1 + L)}{H \tau_{ve} d^2 s \tau_{ve}}. \quad (3)$$

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 26 avril 1902.

TABLEAU I
Pouvoir calorifique, air nécessaire à la combustion, et dépense de combustible.

	Colonnes N°	1	2	3	4				5				6				7				8			
					Air nécessaire		C	η_{pe}	10 chevaux.		C	η_{pe}	25 chevaux.		C	η_{pe}	50 chevaux.		C	η_{pe}	100 chevaux et plus.		C	η_{pe}
					théorique L_0 par 1 m ³ ou (kg).	réelle L par 1 m ³ ou (kg).			m ³ (kg)	m ³ (kg)			m ³ (kg)	m ³ (kg)			m ³ (kg)	m ³ (kg)			m ³ (kg)	m ³ (kg)		
I	Gaz d'éclairage	calories.																						
		4 500	3,5	7,5			0,70	0,20	0,63	0,22	0,18	0,24	0,52	0,24	0,31	0,26	0,525	0,27						
		5 000	a	a			0,63	0,20	0,57	0,22	0,52	0,24	0,52	0,24	0,48	0,26	0,47	0,27						
		5 500					0,58	0,20	0,52	0,22	0,48	0,24	0,48	0,24	0,44	0,26	0,43	0,27						
II	Gaz d'éclairage	6 000	6,5	10,0			0,53	0,20	0,475	0,22	0,44	0,24	0,44	0,24	0,40	0,26	0,39	0,27						
		7 500	"	"			0,75	0,44	0,65	0,43	0,57	0,45	0,57	0,45	0,50	0,47	0,47	0,48						
		1 250	0,85	1,1			3,0	0,47	2,7	0,49	2,4	0,21	2,4	0,21	2,2	0,23	2,1	0,24						
		7 200	a	a			0,8	0,44	0,68	0,43	0,59	0,45	0,59	0,45	0,52	0,47	0,49	0,48						
III	Gaz Bowson.	4 150	4,0	4,5			3,3	0,47	2,9	0,49	2,6	0,21	2,6	0,21	2,4	0,23	2,3	0,24						
		950	0,75	1,0 à 1,2			"	"	3,7	0,48	3,3	0,20	3,3	0,20	3,0	0,22	2,8	0,24						
IV	Gaz des hauts fourneaux.	4 000	5,3	7,0			"	"	4,0	0,47	0,85	0,49	0,85	0,49	0,75	0,21	0,70	0,23						
V	Pétrole rectifié par kilogramme.	10 500	41,5	46 à 22			0,55	0,41	0,50	0,42	0,46	0,13	0,46	0,13	"	"	"	"						
VI	Pétrole brut (moteur Diesel)	10 000	41,0	48 à 20			0,25	0,25	0,24	0,26	0,23	0,27	0,23	0,27	0,30	0,21	0,20	0,315						
VII	Essence.	11 000	41,5	45 à 70			0,30	0,19	0,28	0,24	0,25	0,23	0,25	0,23	"	"	"	"						
VIII	Alcool brut de 90 p. 100 de vol.	5 700	6,0	8 à 42			0,50	0,22	0,46	0,24	0,42	0,26	0,42	0,26	"	"	"	"						

b) *Moteurs à pétrole.*

On a dans ce cas :

$$V = 0,785 d^2 s = \frac{L_h}{\tau_{iv}} = \frac{21\,028 N_n L}{H \tau_{iv} n \tau_{iv}} \text{ mètres cubes;}$$

d'où :

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 21\,028 N_n L}{\pi H \tau_{iv} n s \tau_{iv}}} = \sqrt{\frac{26\,787 N_n L}{H \tau_{iv} s n \tau_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (4)$$

$$s = \frac{26\,787 N_n L}{H \tau_{iv} d^2 n \tau_{iv}} \text{ mètres,} \quad (5)$$

$$d = \frac{26\,787 N_n L}{H \tau_{iv} d^2 s \tau_{iv}} \quad (6)$$

Ces équations fondamentales (1) à (6) ne contiennent aucune grandeur qui ne puisse être déterminée avec certitude pour chaque cas spécial. Une estimation n'est nécessaire que pour les valeurs des rendements τ_{iv} et τ_{ie} . Les tableaux I et II donnent des valeurs moyennes pour les cas principaux.

TABLEAU II

Rendement volumétrique τ_{iv} de la course d'aspiration des types principaux.

Moteur à faible vitesse avec soupape d'admission réglée.	$\tau_{iv} = 0,88$ à $0,93$
— — — soupape d'admission automatique	$\tau_{iv} = 0,80$ à $0,87$
— à grande vitesse — — — réglée.	$\tau_{iv} = 0,78$ à $0,85$
— — — — — automatique	$\tau_{iv} = 0,65$ à $0,75$
— à très grande vitesse pour automobiles avec soupape d'admission automatique et radiateur.	$\tau_{iv} = 0,50$ à $0,65$

NOTA. — Les carburateurs à l'échappement des moteurs à essence réduisent le rendement τ_{iv} de 3 à 5 p. 100.

Les indications des colonnes 3 à 8 du tableau I sont relatives à la puissance normale (N_n) du moteur; comme celle-ci est, dans les moteurs bien exécutés, au moins de 15 à 20 p. 100 inférieure à la puissance maxima, et comme, pour cette puissance maxima, il faut un excès d'air, on doit admettre, pour la puissance normale, un excès d'air de 30 p. 100 au moins. Or, les compressions élevées obligent à raréfier encore davantage le mélange, surtout dans le cas de combustibles ayant un pouvoir calorifique élevé, où l'excès d'air est de 50 à 60 p. 100 et davantage. Pour toutes ces raisons, on a, dans le tableau I, supposé un excès d'air très grand.

La dépense de combustible C (colonnes 4 à 8, tab. I) suppose une construction rationnelle du moteur. La consommation des lampes d'allumage et de chauffage n'est pas comprise dans les valeurs de C.

Formules pratiques pour les combustibles principaux.

En introduisant dans les équations (1) à (6) les valeurs moyennes de H et de L, on peut obtenir des formules dans lesquelles les deux inconnues τ_{iv} et τ_{ie} subsistent seules, et que l'on peut prendre dans les tableaux I et II. Les équations suivantes (7) et (24) ont été obtenues en opérant sur des moteurs fixes de qualité moyenne et à faible

vitesse; de plus, on a admis pour η_c environ 0,85. On n'a plus alors qu'à se donner η_{iv} . Pour le cas de moteurs à faible vitesse, on prendra la valeur de η_{iv} et η_{iw} dans les tableaux I et II.

a) *Moteurs à combustibles gazeux.*

1° *Gaz d'éclairage* : $H = 5\,000$ cal. par m^3 ; $L = 8,5$ m^3 par m^3 .

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 (1 + 8,5) N_n}{5\,000 \times 0,85 \eta_{iv} n s}} = \sqrt{\frac{0,060 N_n}{s n \eta_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (7)$$

$$s = \frac{0,060 N_n}{d^2 n \eta_{iv}} \text{ mètres,} \quad (8)$$

$$n = \frac{0,060 N_n}{d^2 s \eta_{iv}} \quad (9)$$

2° *Gaz Dowson* : $H = 1\,150$ cal. par m^3 ; $L = 1,25$ m^3 par m^3 .

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 (1 + 1,25) N_n}{1\,150 \times 0,85 \eta_{iv} n s}} = \sqrt{\frac{0,062 N_n}{s n \eta_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (10)$$

$$s = \frac{0,062 N_n}{d^2 n \eta_{iv}} \text{ mètres,} \quad (11)$$

$$n = \frac{0,062 N_n}{d^2 s \eta_{iv}} \quad (12)$$

3° *Gaz de hauts fourneaux* : $H = 950$ cal. par m^3 ; $L = 1,1$ m^3 par m^3 .

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 (1 + 1,1) N_n}{950 \times 0,85 \eta_{iv} n s}} = \sqrt{\frac{0,070 N_n}{s n \eta_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (13)$$

$$s = \frac{0,070 N_n}{d^2 n \eta_{iv}} \text{ mètres,} \quad (14)$$

$$n = \frac{0,070 N_n}{d^2 s \eta_{iv}} \quad (15)$$

b) *Moteurs à combustibles liquides.*

4° *Pétrole* : $H = 10\,500$ cal. par kgr.; $L = 19$ m^3 par kgr.

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 \times 19 N_n}{10\,500 \times 0,85 N_{iw} n s}} = \sqrt{\frac{0,057 N_n}{s n \eta_{iw}}} \text{ mètres,} \quad (16)$$

$$s = \frac{0,057 N_n}{d^2 n \eta_{iw}} \text{ mètres,} \quad (17)$$

$$n = \frac{0,057 N_n}{d^2 s \eta_{iw}} \quad (18)$$

5° *Essence* : $H = 11\,000$ cal. par kgr. ; $L = 17,3$ m³ par kgr.

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 \times 17,3 N_n}{11\,000 \times 0,83 \tau_{iv} n s}} = \sqrt{\frac{0,050 N_n}{s n \tau_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (19)$$

$$s = \frac{0,050 N_n}{s n \tau_{iv}} \text{ mètres,} \quad (20)$$

$$n = \frac{0,050 N_n}{d^2 s \tau_{iv}} \quad (21)$$

6° *Alcool brut* à 90 p. 100 environ : $H = 5\,700$ cal. par kgr. ; $L = 10$ m³ par kgr.

$$d = \sqrt{\frac{26\,787 \times 10 N_n}{5\,700 \times 0,83 \tau_{iv} s n}} = \sqrt{\frac{0,055 N_n}{s n \tau_{iv}}} \text{ mètres,} \quad (22)$$

$$s = \frac{0,055 N_n}{d^2 n \tau_{iv}} \text{ mètres,} \quad (23)$$

$$n = \frac{0,055 N_n}{d^2 s \tau_{iv}} \quad (24)$$

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 25 avril 1902.

Présidence de M. LINDER, Président.

M. Collignon, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Cacheux, vice-président de la *Société forestière française des amis des arbres*, remercie la Société d'Encouragement pour les médailles qu'elle a accordées en vue du concours de mars 1902 de la Société des amis des arbres.

MM. Harlé et Hillairet remercient le Conseil de la Société d'Encouragement de leurs nominations comme membres de ce conseil au Comité des *Arts économiques*.

M. Claude Couhin, président de l'Association des inventeurs et artistes industriels, recommande à l'attention de la Société d'Encouragement les inventions de M. Forest : *moteurs à gaz et automobilisme*. (Arts mécaniques.)

M. Pierre Jonand, 23, rue de Nantes, Rennes, demande le concours de la Société pour la *construction d'une dynamo*. (Arts économiques.)

M. Oltramare, 27, rue Laffitte, présente une *chaudière à petits éléments*. (Arts mécaniques.)

M. G. Lapeyre, 4, rue de Grenelle, demande une annuité de brevet pour un *générateur d'acétylène*. (Arts économiques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — M. Collignon présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 580 du *Bulletin* d'avril.

NOMINATION D'UN MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommé membre de la Société d'Encouragement : M. Dugenaït, 10, rue Lagrange, présenté par MM. Linder et G. Richard.

CONFÉRENCE. — M. L. Appert, fait une conférence sur le *Verre armé*.

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

Séance du 9 mai 1902.

Présidence de M. VOISIN BEY, Vice-Président.

CORRESPONDANCE. — M. Collignon, secrétaire, dépouillée la correspondance.

M. W. H. Maw, président de l'*Institution of Mechanical Engineers* de Londres, invite le président de la Société d'encouragement à assister à la réunion des Mechanical Engineers, qui se tiendra à Londres le 16 mai.

M. Ronna, membre du Conseil, envoie un très intéressant mémoire sur *Léonard de Vinci, peintre ingénieur hydraulicien*, destiné au *Bulletin*.

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — M. Collignon présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 730 du présent *Bulletin*.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

M. Fleureau (Georges), ancien ingénieur des ponts et chaussées, à Paris, présenté par MM. Donard et Granger.

M. G. Coude, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur en chef de la Société du Donetz, présenté par M. G. Richard.

RAPPORTS DES COMITÉS. — Sont lus et approuvés les rapports de :

M. Lindet, au nom du Comité d'Agriculture, sur la machine de M. Prangey, à raffiner le sucre d'une façon continue.

M. Barbet, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur la transmission par poulies extensibles, de M. Delagnaux.

M. Toulon, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur le trolley pour tramways, de M. Martial Jacob.

COMMUNICATIONS. — M. Guillet fait une communication sur les alliages d'aluminium.

M. le Président remercie vivement M. Guillet de sa très intéressante communication, qui sera insérée au *Bulletin*.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN MAI 1902

Du Ministère de l'Instruction publique. Lettres de Catherine de Médicis, publiées par M. le comte Bagnenault de Puchesse. Vol. V. *Comptes des bâtiments du roi sous le règne de Louis XIV*, publiés par M. J. Guiffrey. Vol. 5. *Bibliographie des travaux historiques et archéologiques publiés par les sociétés savantes de la France*, par M. Robert de Lasteyrie. Paris, Imprimerie Nationale.

Jahres Bericht. Chemischen Technologie. Electrochemie und Gewerbestatistik (1901), par M. F. Fischer.

La contamination par les vieux papiers, par M. G. Hyvert. In-4°, 126 p. Carcassonne, Servièrre.

Bulletin de la *Société libre d'Émulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inférieure*. Année 1900-1901. In-8°, 361 p. Rouen, C. Cagnard.

Les recettes du chauffeur, par M. Baudry de Saunier. In-8°, 420 p. Dunod.

Annuaire sanitaire de France, par M. L. d'Esménard. In-8°, 809 p. Au Bureau Sanitaire Central, 39, rue Legendre, Paris.

Du Bureau international des poids et mesures, travaux et mémoires. Vol. XII. In-4°, 405 p. Paris, Gauthier-Villars.

Le matériel roulant des tramways à l'Exposition de 1900, par M. R. Godfernaux. Extrait de la *Revue générale des chemins de fer et tramways*.

De la *Smithsonian Institution. Experiments with Ionized Air*, par M. C. Barus. In-4°, 93. Washington.

Congrès international d'électricité à l'Exposition de 1900. Rapports et procès-verbaux publiés par M. E. Hospitalier. In-8°, 520 p. Paris, Gauthier-Villars.

Sulphur, Oil and Quiksilver in Trans-Pecos. Texas. In-8°, 43 p., Von Boeckmann Anhem. Texas.

La maladie bacillaire de la pomme de terre, produite par le bacillus Solanincola, par M. E. Marre. In-8°, 20 p. Coulet, Montpellier.

De l'*Encyclopédie Leauté. L'industrie des acides minéraux*, par M. Guillet. Paris, Gauthier-Villars.

De la *mécanique à l'Exposition de 1901*. Les *appareils de sécurité*, par M. Mamy, les *moteurs hydrauliques*, par M. Rateau, et les *machines-outils*, par M. G. Richard. In-4°. Paris, Dunod.

De l'*Électricité à l'Exposition de 1900. Électrochimie et électro-métallurgie*, par M. A. Brochet. In-8°. Paris, Dunod.

Du *Ministère du Commerce*. **Brevets d'invention**, N^{os} 300 676 à 302 562, juin et juillet 1900. Imprimerie nationale.

Hallfasthetsprof. Andra Undersokningar a diverse Metalleroch Amnen, par M. J. A. Brenelt. In-8°. Stockholm, Beckmans (donné par M. H. Le Chatelier).

Jahrbuch fur das Eisenhttenwesen (1900), par M. O. Vogel. In-8°, 460 p. Bagel, Dusseldorf.

L'arrosement de la voie publique à Paris, par M. E. Bret. Brochure in-8°, 21 p. Extrait du *Génie Civil*.

Du *Ministère de l'Agriculture*. **Concours général des moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé**, tenu à Paris du 16 au 24 novembre 1901. *Rapports des Jurys*. In-18, 92 p. Imprimerie nationale.

Tir des fusils de chasse, par M. Journée. In-8°, 285 p. (2^e édition). Paris, Gauthier-Villars.

Sur les principes de la mécanique rationnelle, par M. de Freycinet. In-8°, 167 p. Paris, Gauthier-Villars.

Les combustibles solides, liquides et gazeux, par M. J. Philips, traduction de M. J. Rosset. In-8°, 152 p. Paris, Gauthier-Villars.

L'enseignement général du dessin dans les lycées et collèges de France. Rapport présenté par M. Pillet à la Commission parlementaire de l'Enseignement supérieur (mars 1899). In-8°, 130 p. Paris, Librairie des arts du dessin, 82, rue de Rennes.

Du *Department of Labor*, Annual Report, 1901. **Strikes and Lockouts**. In-8°, 2053 p. Washington.

Les **Chaux et Ciments**, par M. C. Leduc. In-18, 484 p. Paris, J.-B. Baillière.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Avril au 15 Mai 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> . . . Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> . . . Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> . . . Annales de la Construction.	<i>MC.</i> . . . Revue générale des matières colo-
<i>ACP.</i> . . . Annales de Chimie et de Physique.	rantes.
<i>AM.</i> . . . Annales des Mines.	<i>N.</i> . . . Nature (anglais).
<i>AMa.</i> . . . American Machinist.	<i>PC.</i> . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>Ap.</i> . . . Journal d'Agriculture pratique.	<i>Pm.</i> . . . Portefeuille économ. des machines.
<i>APC.</i> . . . Annales des Ponts et Chaussées.	<i>RCp.</i> . . . Revue générale de chimie pure
<i>Bam.</i> . . . Bulletin technologique des anciens	et appliquée.
élèves des écoles des arts et	<i>Rgc.</i> . . . Revue générale des chemins de fer
métiers.	et tramways.
<i>BMA.</i> . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Rgds.</i> . . . Revue générale des sciences.
<i>CN.</i> . . . Chemical News (London).	<i>Ri.</i> . . . Revue industrielle.
<i>Cs.</i> . . . Journal of the Society of Chemical	<i>RM.</i> . . . Revue de mécanique.
Industry (London).	<i>Rmc.</i> . . . Revue maritime et coloniale.
<i>CR.</i> . . . Comptes rendus de l'Académie des	<i>Rs.</i> . . . Revue scientifique.
Sciences.	<i>Rso.</i> . . . Réforme sociale.
<i>DoL.</i> . . . Bulletin of the Department of La-	<i>RSL.</i> . . . Royal Society London (Proceedings).
bor, des États-Unis.	<i>Rt.</i> . . . Revue technique.
<i>Dp.</i> . . . Dingler's Polytechnisches Journal.	<i>Ru.</i> . . . Revue universelle des mines et de
<i>E.</i> . . . Engineering.	la métallurgie.
<i>E'</i> . . . The Engineer.	<i>SA.</i> . . . Society of Arts (Journal of the).
<i>Eam.</i> . . . Engineering and Mining Journal.	<i>SAF.</i> . . . Société des Agriculteurs de France
<i>EE.</i> . . . Eclairage électrique.	(Bulletin).
<i>Elé.</i> . . . L'Électricien.	<i>ScP.</i> . . . Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Ef.</i> . . . Économiste français.	<i>Sie.</i> . . . Société internationale des Électri-
<i>EM.</i> . . . Engineering Magazine.	ciens (Bulletin).
<i>Es.</i> . . . Engineers and Shipbuilders in	<i>SiM.</i> . . . Bulletin de la Société industrielle
Scotland (Proceedings).	de Mulhouse
<i>Fi.</i> . . . Journal of the Franklin Institute	<i>SiN.</i> . . . Société industrielle du Nord de la
(Philadelphie).	France (Bulletin).
<i>Gc.</i> . . . Génie civil.	<i>SL.</i> . . . Bull. de statistique et de législation.
<i>Gm.</i> . . . Revue du Génie militaire.	<i>SNA.</i> . . . Société nationale d'agriculture de
<i>IC.</i> . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).	France (Bulletin).
<i>Ie.</i> . . . Industrie électrique.	<i>SuE.</i> . . . Stahl und Eisen.
<i>Im.</i> . . . Industrie minérale de St-Étienne.	<i>USR.</i> . . . Consular Reports to the United
<i>IME.</i> . . . Institution of Mechanical Engi-	States Government.
neers (Proceedings).	<i>VDI.</i> . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher
<i>IoB.</i> . . . Institution of Brewing (Journal).	Ingenieure.
<i>La.</i> . . . La Locomotion automobile.	<i>ZOI.</i> . . . Zeitschrift des Oesterreichischen
<i>Ln.</i> . . . La Nature.	Ingenieure und Architekten-
<i>Lo.</i> . . . Locomotion.	Vereins.

AGRICULTURE

- Bétail.** Emploi de la mélasse comme nourriture. *Ag.* 19, 26 *Avril*, 609, 643; 10 *Mars*, 735.
- Exploitation de la race bovine bretonne et la production du lait. *Ap.* 24 *Avril*, 532.
 - Fonction glycogénique du foie. *Ap.* 15 *Mai*, 629.
- Betteraves** coupées et ensilées. *Ap.* 17 *Avril*, 520.
- Valeurs des collets (Linart). *SNA.* 12 *Mars*, 171.
 - Fourragères. Culture au champ d'expériences de Grignon (Dehéraïn et Dupont). *CR.* 28 *Avril*, 953.
- Blé** (Culture du). (Schribaux). *SNA.* 26 *Mars*, 220.
- Champ d'expériences* du parc aux Princes. Cultures de 1902. *Ap.* 1^{er} *Mai*, 564.
- Cinaigre* (Culture de la). *Ap.* 12 *Avril*, 547.
- Haricot* de grande culture dans la région parisienne. *Ap.* 15 *Mai*, 633.
- Engrais.** Fraudes dans la vente. *Ag.* 12 *Avril*, 565.
- Valeur agricole des scories. Martin, *Ap.* 24 *Avril*, 535.
 - Fumure du tabac. *Ag.* 3 *Mai*, 690.
- Forêts.** Traitement des sapinières (Gazin et Liocourt). *SAF.* N° 4, 443.
- Essences pour sols calcaires. *Ap.* 8 *Mai*, 601.
 - Australiennes (Scammell). *SA.* 2 *Mai*, 533.
- Froid** industriel en agriculture (le), (de Loverdo). *Rs.* 26 *Avril*, 527.
- Lait.** Coopératives pour la vente à Paris. *Ap.* 1^{er} *Mai*, 571.
- Machines agricoles** au concours général. *Ag.* 12, 19, 26 *Avril*, 572, 621, 630. *Ap.* 24 *Avril*, 18 *Mai*, 537, 574, 602.
- A l'Exposition de 1900, *VDI.* 26 *Avril*, 609.
- Mais.** Valeur alimentaire. *CAP.* 1^{er} *Mai*, 568.
- Œufs** (Commerce des). *Ef.* 19 *Avril*, 528.
- Vigne.** Black root, développement (Prunet). *CR.* 5 *Mai*, 1072.

CHEMINS DE FER

- Chemins de fer** transaustraliens. *E'.* 2 *Mai*, 423.

- Chemins de fer.** Économiques (les). *E'.* 9 *Mai*, 462.
- du Sud de l'Afrique. (Keg). *EM.* *Mai*, 183.
 - *Électriques* (les) (L. Girard). *IC.* *Mars*, 442.
 - de Rossen. *EE.* 19, 26 *Avril*, 93, 193. *E.* 25 *Avril*, 547.
 - à crémaillères. *VDI.* 26 *Avril*, 600.
 - Paris-Arpajon. *Gc.* 26 *Avril*, 421.
 - Fayet-Chamonix. *E.* 2 *Mai*, 573. *Ri.* 3 *Mai*, 174.
- Frein Westinghouse* rapide. *RM.* *Avril*, 383.
- Locomotives** à l'Exposition. *VDI.* 10 *Mai*, 670.
- Essais de Purdue (Goss). *E.* 9, 16, 23 *Mai*, 627, 660, 692.
 - (Rendement des). *E'.* 18 *Avril*, 387.
 - Américaines (Construction des). *E'.* 25 *Avril*, 403; 9 *Mai*, 452.
 - Compound, 4 cylindres du Plant. system. *RM.* *Avril*, 370.
 - de l'Atcheson Topeka. *Id.*, 375.
 - Consolidation du Lake shore and Michigan. *E'.* 25 *Avril*, 403.
 - Tender pour le fort Talbot. *Ry.* *E.* 25 *Avril*, 536.
 - Distribution Hahn. *RM.* *Avril*, 378.
 - au pétrole. *Gc.* 19 *Avril*, 404. Southern-Pacific. *RM.* *Avril*, 376.
 - Flammèches (distribution des) autour de la voie. *Ri.* 10 *Mai*, 187.
 - Entretoises des foyers. *E'.* 25 *Avril*, 412.
 - Échappement. Marcel Deprez. *RM.* *Avril*, 382.
 - (Fanal électrique pour). *Elé.* 19 *Avril*, 248.
 - Pare-étincelles Meldrum. *RM.* *Avril*, 376.
 - Sablière Gresham. *RM.* *Avril*, 381.
- Trains de grande vitesse** (prix des). *E'.* 2 *Mai*, 436.
- Voitures** pour les chemins de l'Inde. *E.* 25 *Avril*, 531; 2 *Mai*, 568.
- Voie.** Rails, détérioration, examen microscopique (Andrens). *E.* 18 *Avril*, 501.
- Voitures** (Chauffage électrique des). Parvillé. *Ri.* 10 *Mai*, 189.
- des chemins de fer italiens. *Pm.* *Mai*, 66.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles (Industrie des). *E.* 25 *Avril*, 545.

- Essais en France. *E'*. 9 *Mai*, 450.
- poids lourds. Essais en France. *E'*. 2 *Mai*, 424.
- à air liquide. *Ln.* 17 *Mai*, 381.
- à pétrole. Chenard et Walker. *Lo.* 19 *Avril*, 246.
- — Darracq. *La.* 24 *Avril*, 262.
- — Renault. *Lo.* 10 *Mai*, 294.
- — Mercedes. *Lo.* 26 *Avril*, 264; 3 *Mai*, 276.
- — Manivelle de sûreté pour mise en marche. Provost. *Lo.* 3 *Mars*, 282.
- à vapeur. Camions. Exposition d'Islington. *E'*. 25 *Avril*, 406.
- — Serpollet. Consommation d'une. *Lo.* 3 *Mars*, 275.
- Électriques (Essai de). *Lo.* 3 *Mai*, 284.
- Changement de vitesse. Hanriot. *Lo.* 3 *Mai*, 287.

Boîtes d'essieux à billes et galets Wyss-Seure. *Ri.* 26 *Avril*, 162.

Tramways électriques (Les) (Dawson). *E.* 2 *Mai*, 585.

- — Mesure des courants circulant dans les conduites d'eau et de gaz d'un réseau de tramways. (Faber). *EE.* 26 *Avril*, 140.
- — à unités multiples Thomson Houston. *Ie.* 25 *Avril*, 175.
- — Conduite des trains à plusieurs voitures motrices (Kubierschsky). *EE.* 3 *Mai*, 177.
- — de Birkenhead. *E.* 2 *Mai*, 574.
- — énergie consommée par une voiture (Volkers). *EE.* 3 *Mai*, 181.
- — protection contre les accidents, chasse-corps. *EE.* 3 *Mai*, 186.
- à air comprimé (Berhle). *VDI.* 26 *Avril*, 189.
- à vapeur aux Indes néerlandaises (Moreau). *IC.* *Mars*, 399.

Voitures. Origine et histoire (Chancellor). *SA.* 9 *Mai*, 554.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide persulfurique. (Armstrong et Lowry). *CN.* 25 *Avril*, 193.

Acétylène (Question des becs à). *RCp.* 20 *Avril*, 162.

— Éclairage de Buchy. *Ln.* 3 *Mai*, 549.

Acoustique. Courbes de Lissajoux. *Fi.* *Avril*, 269.

— Interférence du son (Lord Rayleigh). *N.* 8 *Mai*, 42.

Alcool éthylique et eau. Points d'ébullition des mélanges (Noyes et Warfel). *CN.* 18 *Avril*, 185.

Baryte. Fabrication de l'oxyde et du peroxyde (Heinz). *CN.* 2 *Mai*, 206.

Borax et sa fabrication. *E.* 18 *Avril*, 513.

Brasserie. Divers. *Cs.* 15 *Avril*, 490.

— Origine de l'arsenic dans les bières. *Ap.* 17 *Avril*, 501.

Cérium (glucose et carbonate de) (Job). *CR.* 5 *Mai*, 1052.

— Oxycarbure. *id.* 1056.

Cadmium. Alliages avec le baryum et le calcium. (Gautier). *CR.* 5 *Mai*, 1054.

Carbonate de chaux. Formation sous différentes conditions (Stocks). *Cs.* 30 *Avril*, 527.

Céramique. Divers. *Cs.* 15 *Avril*, 477.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 15, 30 *Avril*, 477, 549.

— Note sur les mortiers hydrauliques. (Canaud). *Bam.* *Avril*, 545.

— Coefficient de dilatation des ciments. *Le Ciment.* *Avril*, 51.

— Causes des différences dans les essais. *Id.*, 53.

— État actuel des essais en Allemagne. *Id.*, 57.

Chrome. Combinaison du sesquioxyde avec l'alumine (Duboin). *CR.* 9 *Avril*, 840.

Chlore (Hydrate de) (de Forcrand). *CR.* 24 *Avril*, 991.

Colophane (Étude chimique de la) (Vézes). *Ms.* *Mai*, 339.

Diastase nouvelle, la Catalase. *RCp.* 4 *Mai*, 182.

Distillation dans le vide. (Thermo-régulateur pour la) (Patterson). *Cs.* 15 *Avril*, 456.

Égouts. Effet des acides de décapage sur le traitement des eaux d' (Eddy). *Cs.* 30 *Avril*, 534.

Eau oxygénée commerciale. Remarques sur l' (Arth). *CN.* 18 *Avril*, 183.

- Eau suroxydée* (Bach). *Ms. Mai*, 337.
 — Titration de l' (Tarbouriech). *Pc.* 1^{er} *Mai*, 422.
- Essences et parfums*. Divers. *Cs.* 15, 30 *Avril*, 494, 559.
- Explosifs** divers. *Cs.* 15 *Avril*, 498.
 — Nitrocellulose. Recherches sur la (Lunge). *Ms. Mai*, 361.
 — Évolution de la poudre sans fumée et d'autres explosifs supérieurs. *E.* 2 *Mai*, 563.
 — Fabrication des charges de fulmi-coton. *E.* 9 *Mai*, 610.
- Fusion*. Points du cuivre, de l'argent et de l'or. Application de la doctrine des phases (Richards). *American Journal of science. Mai*, 377.
- Gaz*. État colloïdal des (Barns). *American Journal of science. Mai*, 400.
- Graisses*. Divers. *Cs.* 30 *Avril*, 552.
- Huiles*. Valeur iodine, détermination de la. Méthodes diverses (Hunt). *Cs.* 3 *Avril*, 434.
- Hydrates de gaz*, composition (De Forcrand). *CR.* 9 *Avril*, 835.
- Hydrogène*. Action sur l'amalgame de sodium (Guntz). *CR.* 9 *Avril*, 838.
- Laboratoire**. Analyse des vins et liqueurs (Rocques). *RCp.* 20 *Avril*, 149.
 — Recherches des acides gras dans les eaux contaminées (Causse). *Sep.* 20 *Avril*, 343.
 — Dosage de l'alcali total, libre et carbonaté dans les savons (Henriquez et Meyer). *CN.* 18 *Avril*, 182.
 — — du tungstène dans les minerais (Butenheimer). *CN.* 18 *Avril*, 134.
 — — du titane (Waterhouse). *CN.* 25 *Avril*, 198.
 — — du thorium. *Cs.* 30 *Avril*, 563.
 — — volumétrique du zing (Prothière). *Pc.* 1^{er} *Mai*, 449.
 — Séparation du nickel et du cobalt. (Biltzer). *RCp.* 4 *Mai*, 178.
- Licopone*. Son analyse. *Ri.* 3 *Mai*, 179.
- Molybdène* (oxydes de) (Guichard). *Sep.* 5 *Mai*, 358.
- Optique**. Réfractomètre interférentiel. Sagnac. *CR.* 9 *Avril*, 820.
 — Opto-technics (S. P. Thompson). *SA.* 25 *Avril*, 518.
 — Mesure optique des épaisseurs. Nouvelle méthode (de Lépinay). *CR.* 21 *Avril*, 898.
- Optique**. Indice de réfraction des mélanges liquides (Van Aubel). *CR.* 28 *Avril*, 985.
- Photographie*. Objectif à longue portée pour l'aérostation militaire. *Gm.* *Avril*, 325.
- Papier*. Divers. *Cs.* 15 *Avril*, 492.
- Parfums* chimiques et naturels à l'Exposition de 1900 (Tiffeneau, Bernard et Gloess). *Ms. Mai*, 321.
- Radio-activité**. Absorption par les liquides (Tommasin). *CR.* 21 *Avril*, 900.
 — Nature des éléments radio-actifs. (Martin). *CN.* 2 *Mai*, 205.
- Radium*. Nouveaux gaz du. Rutherford et Brooks. *CN.* 25 *Avril*, 195.
- Résines et vernis* divers. *Cs.* 15 *Avril*, 487.
- Sociétés chimiques* du XIX^e siècle (Bolton). *CN.* 9 *Mai*, 220.
- Sucrierie**. Divers. *Cs.* 15-30 *Avril*, 489.
 — État actuel (Geswind). *RCp.* 20 *Avril*, 157.
 — Production depuis 1853. *SL.* *Avril*, 468-537.
- Tannage*. Divers. *Cs.* 15 *Avril*, 488.
 — Cuir. Essais chimiques des cuirs belges : influence des eaux de tannerie (Nihoul). *Ru. Mars*, 322.
 — Détermination du tannin, rapport à l'association des chimistes des industries du cuir (Procter). *Ms. Mai*, 386.
 — Production des couleurs fixes sur cuirs par les sels de titane avec matières tannantes à couleurs mordantes (Dicher). *Ms. Mai*, 374.
- Teinture**. Divers. *Cs.* 15-30 *Avril*, 466, 471, 475, 541, 544.
 — Mercerisage du coton (Grosheintz). *SeM. Janv.*, 30.
 — Teinture des fibres animales par les matières colorantes acides (Sisley). *MC.* 1^{er} *Mai*, 89.
 — des cotons en noir d'aniline (Beltzer). *MC.* 1^{er} *Mai*, 95.
- Thermométrie**. Méthode optique pour la mesure des températures en valeur absolue (Berthelot). *ACP.* *Mai*, 58.
 — Mesure des températures élevées et loi de Stefan (Féry). *CR.* 28 *Avril*, 977.
 — Pyromètre optique pour hautes températures (Wanner). *Pm.* *Mai*, 74.

Uranium. Poids atomique (Rechards et Merigold). *CN.* 18-25 *Avril*, 186, 201, 2-9 *Mai*, 207, 222.

Zéro absolu. (Etat) de la matière au (Brinkworth et Martin). *CN.* 23 *Avril*, 194.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Accidents. Nouvelle loi et fonction sociale du juge (Renard). *Rso.* 1^{er} *Mai*, 688.

— (suicide et aliénation mentale dans les). *Ge.* 3 *Mai*, 11.

Allemagne. Expansion commerciale, emploi de la méthode scientifique (Clerget). *Rgds.* 15 *Avril*, 335.

Argent. Nouvelle baisse. *Ef.* 3 *Mai*, 604.

Compagnies d'assurances (charges des). *Ef.* 26 *Avril*, 568.

Contrat collectif de travail. *Ef.* 26 *Avril*, 567.

Charbons américains (les). *Ef.* 10 *Mai*, 645.

Entre-exploitation des classes populaires à Whitechapel, le Sweating system (Sayons). *Musée social.* *Avril*, n° 3.

France. Situation actuelle. *Ef.* 19 *Avril*, 525.

— (Propriété rurale en); le morcellement; la rente foncière et la valeur du sol. *Ef.* 3-10 *Mai*, 605, 641.

— Régime successoral et crise de la natalité (Boyenval). *Rso.* 1^{er} *Mai*, 669.

Grèves (Exercice du droit de). *Ge.* 26 *Avril*, 431.

Habitations à bon marché en France à la fin de 1900. *Ef.* 26 *Avril*, 574.

Impôts (Répercussion des). *Ef.* 19 *Avril*, 527.

Mutualité et l'action sociale de la femme (Cheyson). *Rso.* 16 *Avril*, 585.

Paris. (Œuvre contre l'émigration provinciale à) (de Genestoux). *Rso.* 1^{er} *Mai*, 732.

Port de Dalny. Russie du Nord, Mandchourie. *USR.* *Mai*, 1.

Salaires. Le premium system. *E'.* 18 *Avril*, 377.

Sel. Production et commerce dans le monde. *Ef.* 10 *Mai*, 647.

Sucre. Production et emploi en France, campagne de 1900-1901. *Ap.* 17 *Avril*, 500.

— Conférence de Bruxelles (Tétard). *SNA.* 19 *Mars*, 201.

Syndicats ouvriers allemands (Tondeur, Schefler). *Musée social.* *Avril*, n° 4.

Trust de l'Océan. *E.* 2 *Mai*, 579; *E'.* *id.*, 435.

Valeurs industrielles (capitalisation des). *Ef.* 26 *Avril*, 563.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

Ciment armé Boussiron. *Rt.* 10 *Mai*, 431.

Exposition de Dusseldorf. Société d'Encouragement de Berlin. *VDI.* *Avril*, 137 et 3 *Mai*, 621.

Murs de soutènement. Calcul graphique (Schreier). *ZOI.* 4-25 *Avril*, 261, 320.

Ponts du Rhin à Bâle. *VDI.* 19 *Avril*, 568.

— Renforcement des vieux ponts en fer. *E'.* 9 *Mai*, 449.

Tunnel d'Aspen (Colorado). *Eam.* 12 *Avril*, 519.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. Point d'arrêt dans la décharge (Hospitalier). *Ie.* 25 *Avril*, 183.

— de la Société électrique d'Arras. *EE.* 3 *Mai*, 168.

Charbons électriques. Brandt et Strauss. Fabrication. *Pm.* *Avril*, 53; *Mai*, 70.

Dynamos. Latour et Heyland. *Ie.* 10 *Mai*, 197.

— Réaction magnétique de l'induit (V. Karpen). *CR.* 14 *Avril*, 827.

— Rendement (calcul des) (Bienaimé). *Elé.* 19 *Avril*, 250.

— Alternateur en parallèle (Lincoln). *Fi.* *Avril*, 241.

— Le moteur d'induction et le convertisseur rotatif dans les transmissions d'énergie (Scott). *Elé.* 26 *Avril*, 266.

Éclairage (méthode d') (Bell). *EE.* 10 *Mai*, 228.

— Arc. Lampe de la Société alsacienne. *Elé.* 10 *Mai*, 292.

Electrochimie. Polarisation électro-chimique (Reed). *Fi.* *Avril*, 239.

— Divers. *Cs.* 15 *Avril*, 483.

— Fabrication de la soude caustique et du chlorure de chaux à l'usine du Saut-de-Sainte-Marie (Rhodin). *Cs.* 15 *Avril*, 449. Procédé Hargreaves. *Eam.* 5 *Avril*, 472.

— de l'antimoine (Izart). *Elé.* 17 *Mai*, 307.

— Graphite artificiel et platine-iridium comme anodes (Forster). *EE.* 10 *Mai*, 213.

Électrochimie. Attaque des anodes en platine-iridium dans l'électrolyse des chlorures (Donso). *EE.* 10 Mai, 215.

Forces électro-motrices (recherches sur les) (Berthelot). *CR.* 9 Avril, 793.

Mesures. Perméamètre Lamb et Walker. *EE.* 19 Avril, 112. Drysdale. *Elé.* 26 Avril, 257.

— Mesure de la différence de phases (Brenlaner). *EE.* 19 Avril, 116.

— Indicateur de phases Woodbury. *Id.*, 117.

— Mesure des fréquences, nouvel appareil (Manzette). *Id.*, 118.

— Appareils divers (Armagnat). *EE.* 26 Avril, 121.

— Oscillographes pour l'inscription des courbes périodiques des courants alternatifs (Armagnat). *EE.* 3 Mai, 161.

— Ampèremètres et voltmètres (Chauvin et Arnoux). *EE.* 10 Mai, 207. Bristol. *Id.*, 224. Indépendance de leur aimant pour courant continu (Weiss). *Sie.* Avril, 266.

— Essais des matériaux électriques (Holtscher). *FE.* 10 Mai, 216.

— Compteurs pour courants alternatifs Arno. *EE.* 10 Mai, 226.

Piles thermo-électriques, graduations (Berthelot). *CR.* 28 Avril, 983.

— Étude des piles fondées sur l'action réciproque des liquides oxydants et réducteurs (Berthelot). *CR.* 28 Avril, 933; 5 Mai, 1009.

— Résistance intérieure (mesure de la) (Weber et Roberjot). *EE.* 10 Mai, 201.

Polarisation voltaïque (la) (Berthelot). *CR.* 21 Avril, 865.

Stations centrales de Paris. *Gc.* 19 Avril; 10 Mai, 410-417.

— Banlieue-Est, lumière. *Elé.* 3 Mai, 273; *Ie.* 10 Mai, 199.

— de Salon. *Ie.* 25 Avril, 173.

Survolteurs et dévolteurs automatiques par batteries d'accumulateurs (Thury). *Elé.* 19 Avril, 241.

Télégraphie sans fils. Fonctionnement des cohérents (Rocheffort). *CR.* 14 Avril, 830.

— Sous-marine, détermination des éléments d'un projet (Devaux Charbonnel). *EE.* 3 Mai; 26 Avril, 124-170.

Télégraphie. Charrue pose-câbles. *E'*. 2 Mai, 439.

Téléphone. Appareil Berliner. *Elé.* 17 Mai, 310.

Transmissions à haute tension en Amérique. *Elé.* 3 Mai, 276.

HYDRAULIQUE

Pompes centrifuges Schabaver. *Gc.* 19 Avril, 413. Chodsko. *RM.* Avril, 391. Parsons, *id.* 393.

— d'inertie Haste. *E.* 25 Avril, 562.

— rotative Gurden. *Ri.* 19 Avril, 156.

— pour les eaux d'Hitchin. *E.* 2 Mai, 572.

— directes Worthington. De Laval et Aborn. *RM.* Avril, 386.

— fonctionnement des clapets annulaires (Schroder). *VDI.* 10 Mai, 661.

— différentielle Davey. *RM.* Avril, 390.

Puits artésiens et irrigations. *E'*. 25 Avril, 402; 9 Mai, 451.

MARINE. NAVIGATION

Cales de radoub du port de Kiel. *Ac.* 66.

Canal du Nicaragua. *E'*. 2 Mars, 425.

Circulation océanique (Thoulet). *Rs.* 3 Mai, 550.

Constructions navales. Le Navipendulum (Russo). *E.* 18 Avril, 520; 2 Mai, 591.

— Résistance aux vagues satellites (de Bussy). *CR.* 9, 21 Avril, 813, 882.

Dock flottant de MM. Clark et Standfield. *E.* 2 Mai, 572.

— de radoub de Pontaniou. *Gc.* 3 Mai, 1.

Hélice. Recul négatif. *E.* 2 Mai, 585.

Jetées courbes ou droites (Haupt). *Fi.* Avril, 295.

Machines marines. Rendement des (Hall. Brown). *Es.* Avril, 33.

— dans la marine anglaise. *Rmc.* Mai, 860.

— économie des triples expansions (Mac Farland). *EM.* Mai, 207.

— perfectionnement du graissage (Bayle). *Rmc.* Mai, 723.

Marines de guerre Anglaise. Croiseur Leviathan. *E'*. 25 Avril, 415. Budget. *Rmc.* Mai, 894.

— Allemande. *Rmc.* Mai, 902.

— Française. Cuirassé Suffren. *E'*. 9 Mai, 465.

Navigation intérieure en Autriche-Hongrie (Bellet). *Rs.* 19 Avril, 495.

Sauvetage et renflouage des navires échoués (Debos). *IC. Mars*, 368.

Service du Canal (historique). *E'*. 18 *Avril*, 380.

Touage à l'Exposition de 1900. *VDI*. 26 *Avril*, 397.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Aérostation. Ballon Barton. *E'*. 18 *Avril*, 392.

— Santos-Dumont. *Dp.* 3 *Mai*, 287.

— Voyages au long cours. *Gm. Avril*, 363.

Chaudières à l'Exposition de Dusseldorf. *VDI*. 3 *Mai*, 633.

— à tubes d'eau. Circulation (Elliot). *E.* 18 *Avril*, 493; *Hardie. E'*. 9 *Mai*, 467.

— modernes. *Dp.* 26 *Avril*, 266.

— Accidents en 1900. *AM. Déc.*, 548.

— Désincrustants. Emploi de l'aluminate de baryte (Arth). *ScP.* 20 *Avril*, 297.

— Détartrage, procédé nouveau (Kopp). *Bam. Avril*, 560.

— Nettoyage des. *RM. Avril*, 333.

— Purgeur Holden. *E.* 9 *Mai*, 623.

— Soupapes d'arrêt, commande à distance Valmier. *Ri.* 10 *Mai*, 184. Marchand, *RM. Avril*, 369.

— Titrage de la vapeur. Calorimètres (Bichstein). *Dp.* 3 *Mai*, 280.

Courroies. Note sur les. *Rt. Mai*, 138.

Drague Kleimzath. *VDI*. 19 *Avril*, 552.

Dynamomètre de transmission Morgan. *EE.* 26 *Avril*, 123.

Embrayages. Les (Euverte). *RM. Avril*, 315.

— Fuller. *E.* 9 *Mai*, 623.

— Lindzey. *Ln.* 17 *Mai*, 369.

Engrenages. Hélicoïdaux, tracé. *AMa.* 26 *Avril*, 514.

— Globoïdes (Lindner). *VDI*. 3 *Mai*, 644.

Frein électromagnétique. Rieter. *EE.* 26 *Avril*, 124.

Froid. Machine frigorifique Windhausen. *RM.* *Avril*, 445.

Graisseurs Hamelle. Depireux. *RM. Avril*, 414.

Imprimerie Electrotypographie Meray-Rozar. *La.* 20 *Avril*, 327.

Levage. Basculeur Malizard-Taza. *Pm. Avril*, 50.

— Pont roulant électrique Lesage et Seutin. *Pm. Avril*, 54.

— Conveyeurs divers. *Dp.* 19 *Avril*, 243. Cork. *RM. Avril*, 395.

Levage. Élévateurs à grains modernes (Wille). *EM. Mars*, 223.

— Grues des ports allemands. *E'*. 25 *Avril*, 411; de fonderie électrique. *SuE.* 1^{re} *Avril*, 380.

Machines-outils. (Protection des) (Johnson). *E.* 25 *Avril*, 559.

— Commandes électriques Kendall et Gent. *Ri.* 10 *Mai*, 181.

— Anciennes machines Maudsley. *AMa.* 10 *Mai*, 581.

— Affûtage des scies. *Rt.* 10 *Mai*, 129.

— Alésoir Tangye. *E'*. 18 *Avril*, 293. Double Wilkinson. *E'*. 9 *Mai*, 464.

— Ateliers Rowan. *E.* 9 *Mai*, 597.

— — Ferranti. *AMa.* 10 *Mai*, 267.

— Centreuse automatique. *AMa.* 10 *Mai*, 588.

— Cloutières anciennes et modernes. *SuE.* 23 *Avril*, 516.

— Dresseuse pour T. *AMa.* 10 *Mai*, 577.

— Limes : affûtage au sable (Schultz). *VDI.* 10 *Mai*, 676.

— Étau instantané Jones. *E.* 2 *Mai*, 575.

— Forge à l'étampe (Hoerner). *E.* 25 *Avril*, 527; 9 *Mai*, 607.

— Fraiseuses. Emploi à la C^{ie} de l'Est (Fort). *Bam. Avril*, 449. Pour écrous Meischner. *Ru.* 30 *Avril*, 408. Schreuter. *Ru. Avril*, 359.

— Mortaiseuses Sentker. *VDI.* 10 *Mai*, 684.

— Meules à dresser Snow. *Ru. Avril*, 401.

— Perceuses Lambert. *RM. Avril*, 404. Hebbond pour ponts Niles. *RM. Avril*, 404, *id.*, 403. Pour rails de tramways Buckton. *E'*. 2 *Mai*, 427.

— Parqueteuse Vivartas. *RM. Avril*, 363.

— Raboteuse Oldfield. *RM. Avril*, 398.

— Tour électrique Hendey. *E.* 18 *Avril*, 504.

— — à commande pneumatique. *Gc.* 19 *Avril*, 417.

— — à fraiser les forêts Rivett. *RM. Avril*, 400.

— — vertical Ducommun. *Ri.* 26 *Avril*, 161.

— — alésoir Ernault. *Ri.* 3 *Mai*, 173.

— Tubes sans soudure. Fabrication Ehrhardt. *Société d'encouragement de Berlin. Avril*, 403.

Machines-outils. Taraudeuses Runge. *RM. Avril*, 405. Wiedemann, *id.*, 407.

— Riveuses Carney et Gorton. Sellers et Lewis, Derbyshire. *Ru. Avril*, 409.

Moteurs à vapeur à l'Exposition de Dusseldorf. *VDI. 3 Mai*, 625.

— Ferranti de 1000 chevaux. *E'. 9 Mai*, 457.

— Condenseur Worthington. *RM. Avril*, 419. Chaligny. *RM. Avril*, 426. Corrosion des tubes de condenseurs (Cohn). *E. 25 Avril*, 558.

— Diagrammes d'inertie (Baumann). *Dp. 10 Mai*, 293.

— Régulateurs (Lecornu les). *RM. Avril*, 309. Stein. *Id.*, 419. Etudes sur les *Sie. Avril*, 281-326.

— Turbines Parsons. *Dp. 19 Avril*, 251. Schultz. *RM. Avril*, 417.

— à gaz Reid. *AMa. 3 Mai*, 549. Klein. *RM. Avril*, 420.

— — Allumage. *PM. Lo. 10 Mai*, 298.

— — Cylindre Crossley. *RM. Avril*, 422.

— — Refroidissement. *Ri. 19 Avril*, 458.

— — Gazogène Thwaite. *Gc. 26 Avril*, 428.

— — Gaz de hauts fourneaux (Utilisation des) (Deschamps). *RM. Avril*, 347. (soert) *SuE. 15 Avril*, 420. Analyse des (Wencelius), *id.*, 506. Purification centrifuge. *SuE. 15 Avril*, 420. Moteur de 1200 chevaux Cockerill. *E. 2 Mai*, 573.

— à pétrole. Carburateur Gardner. *RM. Avril*, 423.

Régulateur de pression Phoenix. *E. 25 Avril*, 537.

Résistance des matériaux. Fatigue des (Ramisch). *Dp. 3 Mai*, 277.

— Essais au choc Yarrow. *E. 18 Avril*, 513.

— Acier. Influence de la température sur l'élasticité. *E. 25 Avril*, 549.

— Essais au choc, barrettes entaillées. *SuE. 11-15 Avril*, 374-425.

— Essais des fontes (Buchanam). *EM. Mai*, 246.

— Stabilité des pièces chargées debout (Gérard). *Ru. Mars*, 249.

Ressorts à boudins. Propriétés élastiques. *Ie. 10 Mai*, 205.

Tuyauteries. Standardisation des brides (Atkinson) *E. 25 Avril*, 534, 534. *2 Mai*, 589.

MÉTALLURGIE

Bronze contenant du plomb. Corrosion, érosion et structure. (Bailey). *Cs. 30 Avril*, 531.

Examens microscopique des métaux. *E. 25 Avril*, 532.

Cuivre et étain. *E. 2 Mai*, 581.

— Métallurgie par voie humide et la cémentation (Chalon). *Ru. Fév.*, 200.

Fer et acier. Alumine. Rôle dans les scories de hauts fourneaux (Ward). *Cs. 15 Avril*, 452.

— Fours à réchauffer Daniels. *SuE. 15 Avril*, 416.

— Laminier de Rocklingen. *SuE. 15 Avril*, 413.

— — Machine de Sellers. *E'. 2 Mai*, 438.

— Teneur en soufre des scories (Von Juptner). *SuE. 15 Avril*, 432.

— Mélangeurs divers. *E'. 9 Mai*, 465.

— Cémentation du fer forgé. *SuE. 15 Avril*, 438.

— Combinaison du fer avec le silicium (Lebeau). *ACP. Mai*, 5.

— Hauts fourneaux d'Autun le Tiche avec machinerie électrique. *AMa. 3 Mai*, 545.

— à charbon de bois de Vazes (Bosnie). *SuE. 1 Mai*, 490.

— — Machine soufflante de Sulin. *VDI. 1^{er} Mai*, 488. Thwaite. *RM. Avril*, 347.

Or. Production de 1891 à 1900. *SL. Avril*, 464.

Zinc. Production aux États-Unis. *Eam. 5 Avril*, 477.

MINES

Borax. Mine dans l'Oregon. *Eam. 26 Avril*, 581.

Explosion d'un dépôt de dynamite à Aniche. *AM. Déc.* 521.

Extraction (Machine d'). sans condensation Follerton. *E. 18 Avril*, 504.

Fer. Gisement de minette du Jura Lorrain. (Kohlmann). *SuE. 1^{er} Mai*, 493.

— De fer oolithique de la Lorraine (Villain). *AM. Fév.*, 120.

— Enrichissement des minerais (Rosambert), *id.*, 503.

Grisou. (Coups de). Dans les mines (Meunier). *Rs. 10 Mai*, 577.

- Houillères.** Terrains de Crow's Nest. Canada.
Eam. 19 Avril, 549.
— Ressources de la côte du Pacifique
(Emerson). *EM. Mai*, 161.
Or. Géologie de la Gould Mountain (Arizona).
Eam. 19 Avril, 546.
Perforatrice par rodage (Orban). *Ru. Mars*, 306.
Pétrole de Bakou. *Eam.* 3 Mai, 613.
Plomb et zinc. Région d'Ozark, États-Unis.
Eam. 5 Avril, 475.
— Dans le Missouri. Est, *id.*, 478.
- Préparation mécanique.** Bocard Parnall-
Krause. *Eam.* 5 Avril, 489.
— Bocardage-triage à la mine de cuivre
de Greenwood, Colombie britannique.
Eam. 12 Avril, 515.
— Trieur magnétique Thomson Houston.
Gc. 10 Mai, 27.
Russie. (Mines et métallurgie dans le midi de
la) (Spilberg). *Ru. Fév.*, 218.
Sel. Montagne de Cardona. *Ln.* 17 Mai, 372.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

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

ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. A. Barbet**, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, SUR
LA POULIE EXTENSIBLE DE **M. Delagneaux**, *mécanicien à Paris, 20, rue
Manin.*

Les organes qui servent à transmettre le mouvement d'un arbre moteur à un arbre récepteur sont généralement les poulies à courroies ou les engrenages. Le rapport de vitesse entre les deux arbres est fixe et, pour le faire varier, il faut recourir à plusieurs paires de poulies ou d'engrenages.

Divers inventeurs ont cherché à obtenir cette variation du rapport des vitesses avec une seule paire de poulies à diamètres variables combinées de sorte que, l'une augmentant de diamètre, l'autre diminue de la même quantité. On évite ainsi la multiplicité des organes et on obtient en même temps le passage graduel et sans secousse d'une vitesse à une autre vitesse. Aux dernières expositions d'automobiles du grand Palais des Champs-Élysées, on remarquait deux systèmes de poulies extensibles :

La poulie Foullaron, formée de deux cônes opposés par le sommet et se pénétrant plus ou moins par leurs pointes. La courroie, formée de maillons triangulaires en cuir, se place à l'intersection des deux cônes.

La figure 1 fait, du reste, comprendre ce dispositif;

Le second système de poulies extensibles était exposé par *M. Roger du*

Montais. C'est une application du système articulé dit des ciseaux de Nuremberg, ou zigzag, utilisé dans la fabrication de certains jouets ou encore dans la confection des ronds de serviettes. La jante de la poulie est formée d'un rond de serviette sur les articulations duquel sont fixés des tronçons de fer à $\sqcap$ devant recevoir la courroie. Le mouvement d'extension du rond de serviette formant la pointe est obtenu par un système articulé (1).

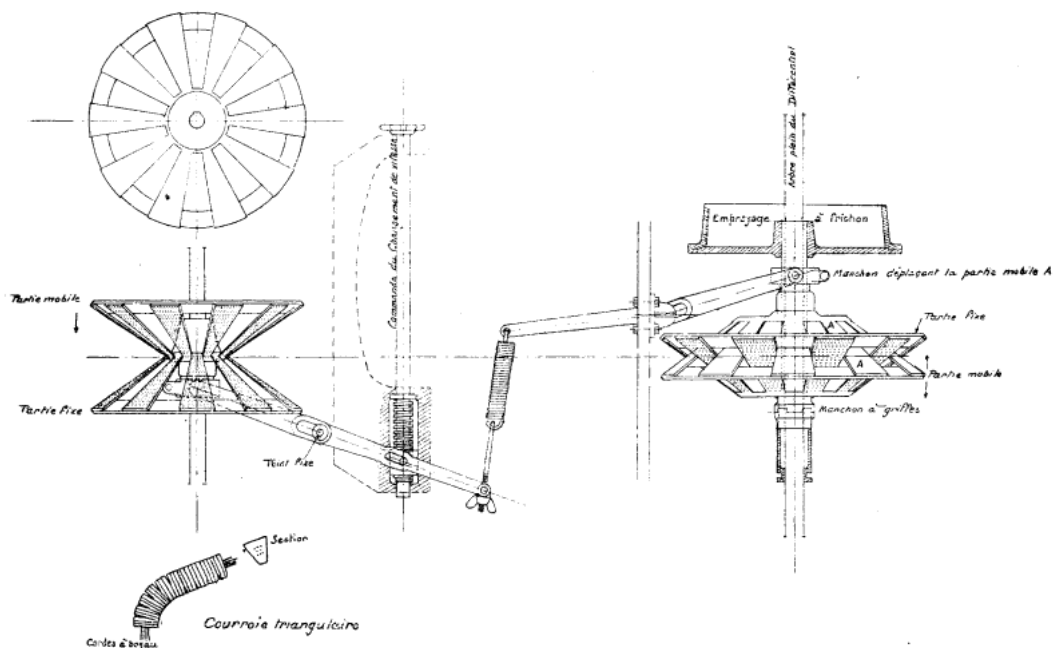


Fig. 1. — Poulie Fouillaron.

M. Delagneaux, mécanicien, soumet à la Société d'Encouragement un type de poulie extensible également basé sur l'application des ciseaux de Nuremberg. La jante extensible de la poulie est formée de deux couronnes articulées placées de champ, c'est-à-dire dans des plans normaux à l'axe, et, sur ces deux couronnes, sont fixés des tronçons de fer à $\sqcap$ formant la surface cylindrique destinée à recevoir la courroie. Dans les ciseaux de Nuremberg, le système articulé se développe en ligne droite; ici, il fallait obtenir que ce système, placé de champ, se développât suivant une circonférence. A

(1) Voir le rapport de M. Hirsch, inséré au *Bulletin* de juin 1901, p. 743.

cet effet, le point d'articulation intermédiaire de chaque lamelle est excentré (fig. 2) dans le sens périmétrique, d'une quantité égale à la demi-longueur de l'arc compris entre deux lamelles de directions opposées articulées ensemble

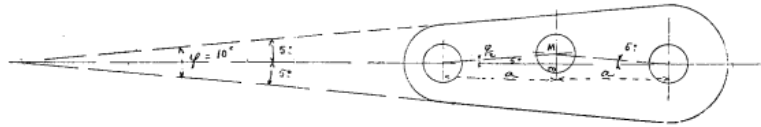


Fig. 2. — Poulie Delagneau. Croquis d'une lamelle. Excentricité : $mn = a \tan \frac{\varphi}{2}$.

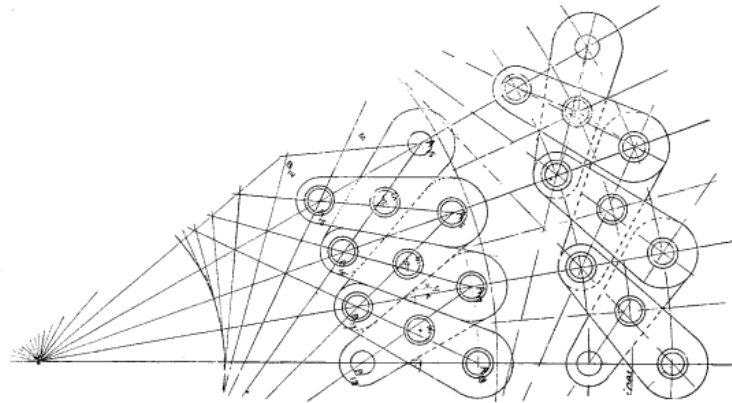


Fig. 3. — Poulie Delagneau. Diagramme d'une couronne.

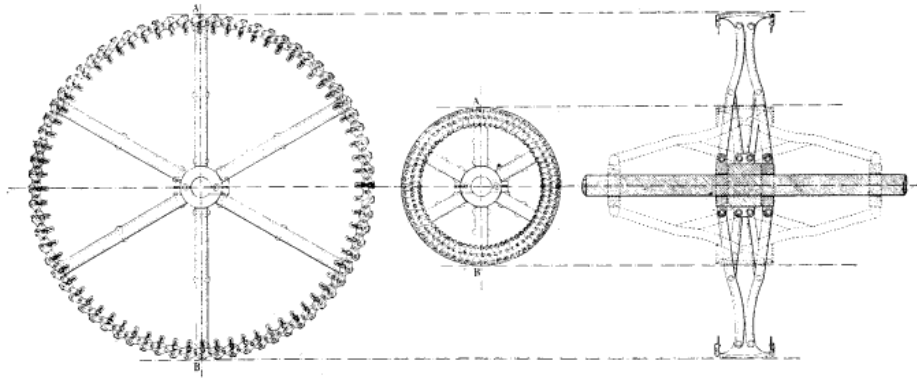


Fig. 4, 5, et 6 — Poulie Delagneau.

à leurs extrémités inférieures. L'arc sur le quel cette longueur est comptée fait partie de la circonférence passant par les points d'articulation intermédiaires, la couronne étant ramenée à son diamètre le plus petit (fig. 2 et 3).

L'ensemble de la construction des poulies se voit sur les figures 4, 5 et 6. Les rais extenseurs peuvent être construits de différentes manières. Sur

la figure 6 ; ils sont formés de deux arcs-boutants articulés, à leurs extrémités inférieures, aux bagues glissant sur le moyeu et, à leurs extrémités supérieures, à un support brasé avec la traverse de la jante correspondante ; deux autres arcs-boutants, articulés au milieu des deux précédents, sont, à leurs extrémités inférieures, articulés au moyeu fixé sur l'arbre.

La figure 7 montre une application de cette poulie à un changement de vitesse pour automobiles.

Pour étendre la courroie on n'a qu'à rapprocher au moyen d'une tige portant

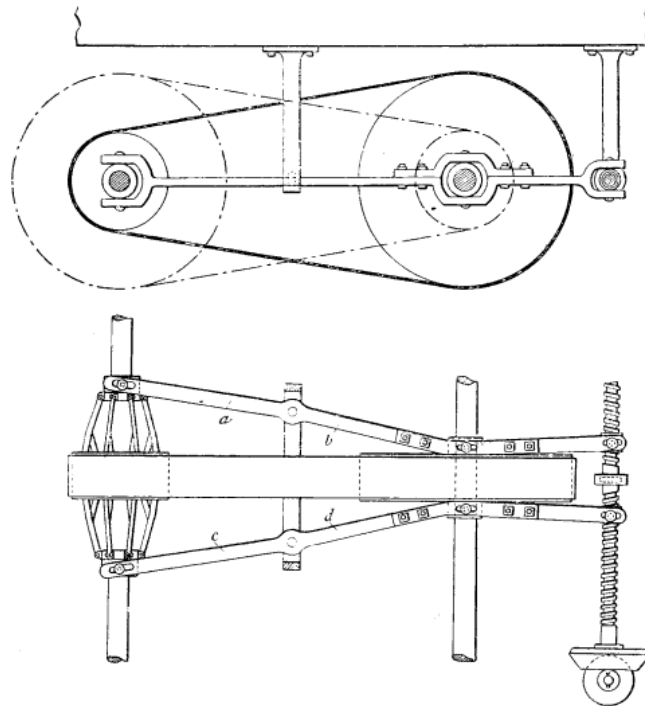


Fig. 7.

des filets de vis à pas contraires les deux points d'appui des leviers *a b* (fig. 7).

Ce système de poulie extensible nous paraît ingénieux, simple, solide et semble appelé à recevoir des applications. En conséquence, votre Comité des Arts mécaniques vous demande, Messieurs, de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport avec les dessins qui l'accompagnent.

Signé : A. BARBET, rapporteur.

Lu et approuvé en séance, le 9 mai 1901.

ARTS CHIMIQUES

CONFÉRENCE SUR LE VERRE ARMÉ, par **M. L. Appert**, *membre du Conseil* (1).

Le verre armé, dont la désignation rappelle pour beaucoup de personnes un autre produit, le *ciment armé*, avec lequel il présente, comme qualités de résistance, certaines analogies, est un verre plan, de même composition ou de composition très analogue à celle du verre à vitre ordinaire, qu'il peut remplacer dans toutes ses applications, soit qu'il s'agisse de clore les fenêtres de nos habitations, soit qu'il s'agisse de faire ces toits lumineux si judicieusement employés pour éclairer nos ateliers, nos gares de chemin de fer et lieux de réunion; il s'en distingue essentiellement en ce qu'il contient, inséré dans son épaisseur, un réseau métallique, généralement de fer ou d'acier.

De la réunion de ces deux éléments, de composition et de propriétés très différentes, résulte un corps pour ainsi dire nouveau, doué de propriétés nouvelles elles-mêmes et, en particulier, d'une *cohésion* et d'une *ténacité* que ne possède pas le verre ordinaire.

Avant d'aborder l'étude des procédés employés pour la fabrication du verre armé, il m'a paru nécessaire de rappeler aux membres de la Société les procédés employés pour fabriquer le verre à vitre ordinaire et les verres dits de vitrage, cette étude devant permettre de se rendre compte des difficultés qu'on a eu à vaincre pour en organiser la fabrication industriellement.

Quoique les propriétés si précieuses du verre et, particulièrement, sa transparence et sa malléabilité, semblassent le désigner pour clore les fenêtres de nos habitations et en protéger l'intérieur contre les intempéries tout en y laissant pénétrer la lumière, cet élément indispensable de notre existence et de sa conservation, ce n'est qu'au bout d'un grand nombre d'années et, peut-on dire, de plusieurs dizaines de siècles même après sa découverte, que l'on paraît avoir songé à l'employer pour cet usage.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cette apparente anomalie :

La première réside dans la situation géographique des lieux où la fabrication du verre avait été découverte; les centres de civilisation dans lesquels s'était

(1) Conférence du 23 avril 1902.

développée et s'était transférée successivement cette fabrication se trouvaient dans des contrées méditerranéennes, à climat tempéré, dans lesquelles, par suite, le besoin de clore les fenêtres des habitations ne se faisait qu'exceptionnellement sentir.

Une seconde raison est celle provenant du verre lui-même : le verre, en effet, avait été regardé longtemps comme une matière précieuse dont la composition, mystérieusement conservée par quelques initiés, était fort peu connue ; toujours d'un prix élevé, on ne l'employait que pour la fabrication d'objets d'ornement, et de petites dimensions.

Les pièces les plus volumineuses qui aient été conservées de ces époques lointaines sont des vases en forme d'amphores, de quelques décimètres cubes de capacité, et qui étaient employées en particulier pour conserver les cendres des morts.

Néanmoins, si on a la certitude, qu'avant l'époque romaine, le verre n'avait jamais été employé pour cet usage, même à l'époque grecque, les découvertes faites à Pompéi et à Herculanium, détruites en l'an 79 de notre ère, prouvent d'une façon certaine que, à cette époque, on avait fabriqué de véritables vitres, de dimensions déjà respectables, dont l'usage n'était pas douteux ; on avait trouvé, en effet, des morceaux de verres plans encore enchâssés dans les châssis en bronze destinés à les protéger.

Ces vitres avaient été fabriquées par un procédé depuis lors perdu, et qui devait être retrouvé quinze cents ans plus tard, c'est-à-dire par le procédé du coulage.

Par contre, le verre qu'on avait su produire des nuances les plus variées dès les premiers temps où il avait été découvert (le verre coloré dans les conditions dans lesquelles on l'avait produit pour la première fois étant plus facile à obtenir que le verre non coloré) avait été employé à la confection de mosaïques décoratives par la juxtaposition de fragments de nuances différentes consolidés dans du ciment ou du plâtre. On en avait fait des revêtements pour les murailles ou des pavements servant pour la décoration architecturale des palais, des temples et des tombeaux.

Ce mode de décoration, connu des Égyptiens, fut employé également par les Grecs et, plus tard, par les Romains, qui l'avaient utilisé à profusion : la plupart des maisons rendues au jour par les fouilles faites à Pompéi et à Herculanium étaient garnies de mosaïques de verre, dont on augmenta encore la richesse en formant des dessins reproduisant des scènes et des paysages.

Les morceaux de verre constituant ces mosaïques, primitivement informes, furent remplacés plus tard par des morceaux de verre, toujours de petites dimensions, mais dont les surfaces, étant plane, étaient plus faciles à assembler, et permettant, par suite, d'obtenir des effets de décoration plus satisfaisants.

Ces morceaux de verre provenaient du découpage de petites pièces rondes obtenues par le développement à chaud de boules sphériques préalablement soufflées dont l'épaisseur était toujours plus ou moins irrégulière : le verre lui-même était généralement assez impur, rarement opaque, quelquefois translucide, mais le plus souvent transparent.

D'une façon toute naturelle, on avait été amené, par l'usage même qu'on avait fait de ces morceaux de verres, à les utiliser par transparence en employant un procédé analogue à celui que, au ^{xvi}^e siècle, les Arabes avaient trouvé eux-mêmes, en les enchâssant dans les murs et les maintenant par du plâtre, du ciment, ou un mortier agglutinant ; on avait perfectionné plus tard ce moyen de les assujettir, en les incrustant dans des châssis en bois dans lesquels on avait préalablement découpé les ouvertures destinées à les recevoir.

Ce n'est que beaucoup plus tard qu'on avait songé à les maintenir par des tiges ou barres de fer, toujours de moindre épaisseur qui, permettaient à la lumière de se transmettre dans de meilleures conditions ; le fer était lui-même remplacé par des attaches ou baguettes en plomb coulées dans des lingotières en bois de buis généralement, et auxquelles on avait donné le nom de plombs. Ces plombs, constitués en forme de Toude double rainure, étaient destinées à recevoir le verre et à en maintenir les morceaux dans leur position relative ; ils étaient soudés les uns aux autres et formaient les panneaux dont la réunion constituait le vitrail.

C'est ainsi qu'ont été faits ces merveilleux vitraux, d'une rare perfection de composition et de couleurs, que l'on rencontre encore dans un grand nombre de nos monuments religieux du moyen âge.

Ce procédé avait été employé dès le ⁱⁱⁱ^e siècle ; aux ^{iv}^e, ^v^e et ^{vi}^e siècles, les écrivains ecclésiastiques parlent avec admiration de l'effet merveilleux produit par les verrières qui garnissent les fenêtres des églises, qu'ils comparent à des pierres précieuses qui seraient enchâssées les unes à côté des autres en produisant des dessins et des figures.

Mais c'est aux ^{xii}^e et ^{xiii}^e siècles que ce genre de décoration fut à son apogée ; une grande partie des vitraux que la France possède datent de cette époque : ce mode de décoration qui, dans les édifices religieux, avait remplacé la décoration en mosaïque de verre, est du plus merveilleux effet et doit être l'objet de notre légitime admiration.

Ce mode d'emploi du verre était très coûteux et n'avait pu, par suite, être employé pour les habitations, si luxueuses qu'elles fussent, et ce n'est qu'à la fin du ^{xiii}^e siècle, au moment où la fabrication du verre prenait plus de développement et se perfectionnait, qu'on semble avoir pensé à l'utiliser dans les habitations dans des conditions analogues : celles où on l'avait fait pour les vitraux décoratifs, c'est-à-dire en enchâssant des rondelles de verre dont il a été

parlé, et auxquels on avait donné le nom de *cives*, ou en découpant dans des plateaux de plus grande dimension de petits rectangles qu'on assemblait avec des plombs qu'on soudait ensuite, formant ainsi les panneaux qui devaient remplir les baies destinées à éclairer les pièces où ils étaient placés.

Il n'est pas inutile de rappeler que jusqu'à cette époque la façon dont on éclairait les habitations était des plus rudimentaires : les ouvertures ou fenêtres étaient le plus souvent de petites dimensions ; pour se garantir du vent et de la pluie on les fermait avec des volets de bois, dans lesquels on perçait de petits trous plus ou moins espacés, destinés à laisser passer la lumière tout en produisant l'aérage de la pièce.

Plus tard, pour permettre un meilleur éclairage et dans de meilleures conditions, on pratiquait au-dessus des fenêtres des ouvertures en forme d'impostes ou d'œils-de-bœuf.

Ces impostes étaient garnies, le plus souvent, de croisillons décoratifs en fer ou en bois.

Quelquefois, enfin, dans les habitations plus luxueuses, on produisait l'occlusion des fenêtres en les garnissant de parchemin, de pierre ou même de marbre, qui, découpés à une faible épaisseur, possédaient une certaine translucidité, éclairant ainsi bien faiblement leur intérieur.

Dans les maisons de moindre importance, on remplaçait le parchemin par du papier huilé assujéti dans des châssis en bois remplissant la baie.

L'emploi des châssis garnis de verre, assemblés à la façon des vitraux, était encore tout à fait exceptionnel, même à cette époque, et ce n'est qu'au xvi^e siècle que l'usage des vitres paraît avoir pris une réelle importance ; on trouve à cette époque, dans les chroniques du temps, dans la description de l'aménagement des habitations, des indications précieuses sur la façon dont les fenêtres étaient garnies, et on y cite comme digne d'être signalée d'une manière spéciale la façon dont les fenêtres avaient été garnies, et qui étaient *verrées*.

Ce mode de clore les fenêtres ne se répandit que très lentement, et on employa longtemps encore le papier huilé dont il vient d'être parlé.

A la fin du xviii^e siècle, en effet, il existait encore, sous le nom de *châssissiers*, une corporation qui avait pour fonction de garnir les fenêtres de papier huilé.

Il a été dit que les cives dont il vient d'être parlé résultaient du développement à chaud d'une petite sphère, préalablement soufflée, et qu'on avait collée par le fond à l'aide d'une tige en fer garnie de verre ; les verres de couleurs que l'on employait pour la confection des travaux étaient obtenus par un procédé analogue, avec cette seule différence que le plateau était de beaucoup plus grande dimension : d'après les spécimens des morceaux qu'on trouve dans les vitraux des xii^e et xiii^e siècles, quand on les démonte, ces plateaux devaient avoir un diamètre de 60 à 70 centimètres.

Le verre à vitre obtenu par ce procédé, et qui était fabriqué dans des verreries de Normandie, contrée dans laquelle le bois abondait à cette époque, était désigné sous le nom de *verres en plats* ou à *boudine*.

Un autre procédé avait été employé à une époque correspondante pour fabriquer également le verre plan; ce procédé, connu très certainement à la même époque, que celui employé pour les plateaux, consistait à souffler des cylindres auxquels on donnait le nom de *manchons*, et qu'on développait par une opération ultérieure pratiquée dans un four désigné, à cette époque, sous le nom de four de dilatation, et auquel on a donné actuellement le nom de four d'étendage, en une surface plane, constituant la vitre telle qu'elle est employée. Le verre ainsi fabriqué portait le nom de *verre en table*.

Le procédé des plateaux se perfectionna, et on en augmenta successivement le diamètre qu'on porta à 1 mètre et 1^m,10; plus tard même, on fit en Angleterre, pour les vitres des fenêtres des maisons, des plateaux ayant 1^m,50 de diamètre.

Le procédé des cylindres, qui permettait d'obtenir des feuilles de verre de dimensions beaucoup plus grandes et qui, en même temps, était plus économique, se substitua petit à petit au procédé des plateaux. Ce dernier, maintenant, est totalement abandonné, même en Angleterre où on l'employait encore il y a une vingtaine d'années.

Le verre des plateaux était plus beau et de surface plus unie, réfléchissant la lumière dans des conditions différentes de celles du verre fabriqué par le procédé des cylindres.

On peut voir encore en Angleterre, et à Londres en particulier, aux fenêtres à guillotine d'anciennes maisons, des carreaux de petites dimensions, dont l'aspect est, par réflexion, très différent de celui des carreaux fabriqués actuellement tels que nous les voyons journellement; il est sensiblement plus brillant.

A la fin du xvii^e siècle, un procédé nouveau permettant de fabriquer le verre plan en très grandes surfaces était découvert par un Français, Lucas de Nehou; sans se douter que son invention n'était qu'une reproduction de ce qu'avaient fait avant lui les Romains, il créait la fabrication des glaces coulées, fabrication que devait continuer et développer avec tant de succès la célèbre Compagnie de Saint-Gobain. Ce procédé, tout différent de ceux décrits plus haut, consistait à laminier sur une table métallique, à l'aide d'un rouleau de grande pesanteur, le verre fluide provenant du déversement d'un creuset qu'on sortait du four de fusion au moment même de l'opération.

Vers 1850, un maître verrier d'Angleterre, M. Hartley, de Sunderland, dans le but d'utiliser le verre qui restait dans ses creusets, pensa pouvoir procéder d'une façon analogue à celle qu'on employait pour la fabrication des glaces, avec

cette différence que, au lieu de vider tout un creuset, on puisait le verre dans un creuset analogue, restant à demeure dans le four, à l'aide d'une poche ou cuillère en cuivre ou en fer, le verre fluide, qu'on versait ensuite sur une table métallique disposée comme celle employée pour le coulage des glaces; il procédait ensuite au laminage de cette masse de verre exactement dans les mêmes conditions. On pouvait obtenir de cette façon des feuilles de verre très égales, d'épaisseur et de dimensions beaucoup plus grandes. Ce procédé s'est beaucoup répandu depuis vingt-cinq ans : quoique produisant un verre manquant de la transparence que possède le verre soufflé ordinaire, et toujours d'une plus grande épaisseur que ce dernier, ce verre peut lui être substitué avec avantage dans un grand nombre de ses applications.

Il est employé en particulier : en surfaces horizontales pour le vitrage des plafonds, pour les toitures des ateliers et des gares de chemins de fer, pour les terrasses et marquises des maisons d'habitation, en surfaces verticales pour le vitrage des châssis et baies destinés à éclairer les ateliers, et, en général, tous les grands espaces qui, tout en étant éclairés, doivent être clos et couverts.

Ce verre, qu'on peut produire dans des conditions économiques presque aussi favorables que le verre à vitre ordinaire, a, de plus, l'avantage de pouvoir, étant coulé sur des tables portant des dessins en creux ou en relief destinés à en faire varier l'aspect, posséder une apparence décorative qui ne fait qu'en faciliter l'emploi. Ces verres portent, dans le commerce, le nom de verres cathédrales, verres striés, verres losangés, etc., suivant les dessins que porte la table.

FABRICATION DU VERRE À VITRE EN PLATEAUX (VERRE EN PLAT)

Je résume brièvement les diverses phases de la fabrication du verre à vitre par le procédé des plateaux, appelé autrefois *verre en plat* ou *verre à boudine*.

Le verre est (fig. 1 à 6) cueilli ou puisé dans le creuset par l'ouvrier souffleur à l'aide d'une canne creuse d'une longueur de 1^m,60 à 1^m,80, dont l'extrémité légèrement renflée a été chauffée à une température de 700 degrés : la quantité de verre nécessaire ayant été cueillie, cette opération s'étant faite en une ou deux fois, l'ouvrier procède au soufflage en tournant la masse de verre ainsi cueillie, appelée *paraïson*, dans un bloc en bois ou en fonte qui lui donne une forme un peu allongée, et à l'extrémité de laquelle on laisse une partie un peu plus épaisse, à laquelle on donne le nom de *boudine*.

On soumet cette paraïson, dont le volume a été ainsi légèrement augmenté, à un premier réchauffage; une fois la pièce arrivée à la température voulue, l'ouvrier la sort de l'ouvreau, et procède de nouveau au soufflage, en en augmentant considérablement la dimension : il a soin que la boule, tout en ayant la forme sphérique, soit plus épaisse dans la partie qui est près de la canne.

A ce moment, un autre ouvrier, à l'aide d'une tige pleine en fer, qu'il a garnie de verre chaud à son extrémité et à laquelle on donne le nom de *pontil*, l'applique contre la boule, là où est la boudine, de façon à produire une véritable soudure entre le verre de la boule et celui du pontil.

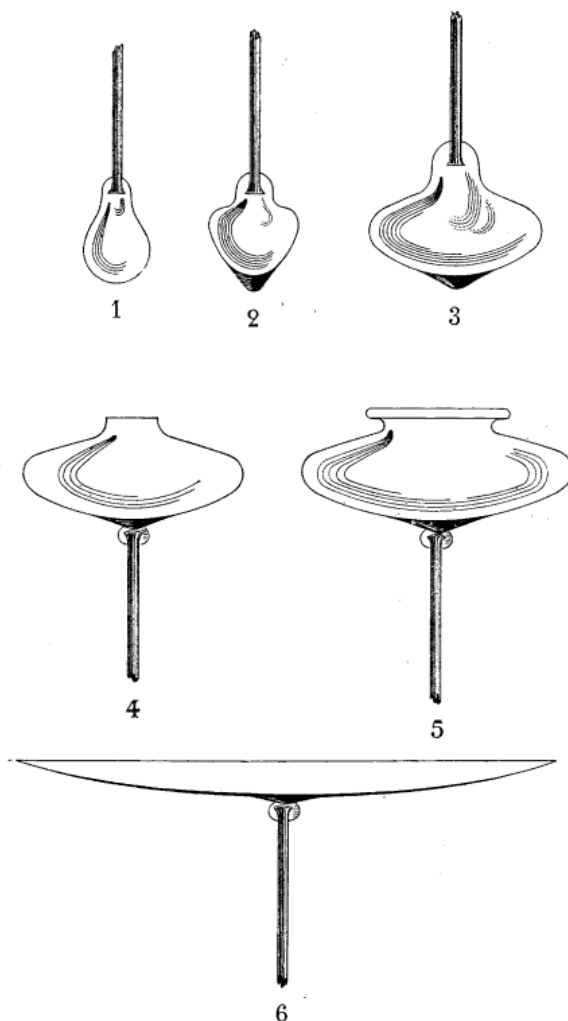


Fig. 1 à 6. — Fabrication du verre à vitre par le procédé des plateaux.

Il s'assure que l'adhérence est complète ; puis, par un coup sec, il la détache de la canne, dont elle est séparée par le contact d'un corps froid qui produit une fente qui contourne rapidement le col.

Dans ces conditions, la boule est réchauffée de nouveau dans un autre four,

de plus grande dimension ; les bords du col, en se réchauffant et se ramollissant, agrandissent l'ouverture de la boule, en même temps qu'elle prend une forme plus aplatie, puis on la retire une dernière fois du four en tournant la canne doucement.

A ce moment, la boule est toute prête pour se développer et former le plateau ; il suffit de la chauffer de nouveau et de tourner le pontil avec rapidité pour qu'elle se développe en un plateau absolument plat et égal d'épaisseur, si la paraison a été bien préparée.

Cette opération, qui doit se faire avec une très grande rapidité, exige le concours d'ouvriers robustes en même temps que doués d'une grande adresse et d'une grande dextérité.

Le plateau est terminé : on le laisse refroidir pendant quelques secondes, après quoi on le sépare du pontil avec lequel on le tenait en donnant quelques coups avec un outil pointu entre la boudine et le verre du pontil ; ce plateau est ensuite porté dans un four où il se recuit dans les conditions ordinaires.

FABRICATION DU VERRE A VITRE EN CYLINDRES (VERRE EN TABLE)

Le procédé de fabrication du verre à vitre en cylindres ou manchons est (fig. 7) sensiblement le même que celui des plateaux.

Pendant la première phase de la fabrication, le cueillage et le réchauffage de la paraison se font dans les mêmes conditions : ils n'en diffèrent qu'en ce que l'ouvrier donne à la paraison, dès le commencement, la forme d'un cylindre de même diamètre que celui qu'il doit avoir dans toute sa hauteur, une fois terminé.

Après un second réchauffage, qui s'opère sur un ouvreau du bassin ou dans un four spécial, l'ouvrier procède au longage du manchon en le balançant alternativement dans un sens et dans l'autre, tout en soufflant légèrement par l'extrémité de la canne pour en maintenir la cylindricité ; s'il est nécessaire, il procède à un troisième réchauffage suivi d'un dernier longage.

Le cylindre a alors acquis sa dimension définitive.

Pour utiliser tout le verre du manchon dont l'extrémité est en forme de demi-sphère, l'ouvrier l'ouvre en le présentant à la chaleur de l'ouvreau ; puis, par une légère insufflation produite dans son intérieur, il en augmente la pression intérieure, et produit ainsi un trou dans la partie qui, étant plus chauffée, est de moindre résistance ; ce trou, en s'évasant, permet aux parois de s'allonger et de devenir cylindriques à leur tour sur toute leur longueur.

Le manchon est terminé, l'ouvrier le dépose sur un chevalet ; puis, il le sépare de la canne en produisant une fente sur le col qui a servi à le tenir pendant le cours de sa fabrication, comme l'ouvrier l'avait fait pour la fabrication en plateaux.

Comme le procédé en plateaux, celui des cylindres demande des ouvriers très adroits et doués d'une grande force physique.

Une fois refroidis, ces manchons sont fendus à l'aide d'un fer chauffé au rouge, qu'on promène dans l'intérieur du manchon, suivant une génératrice, puis portés dans un four d'étenderie, où, par un réchauffage à une température de 800°, on

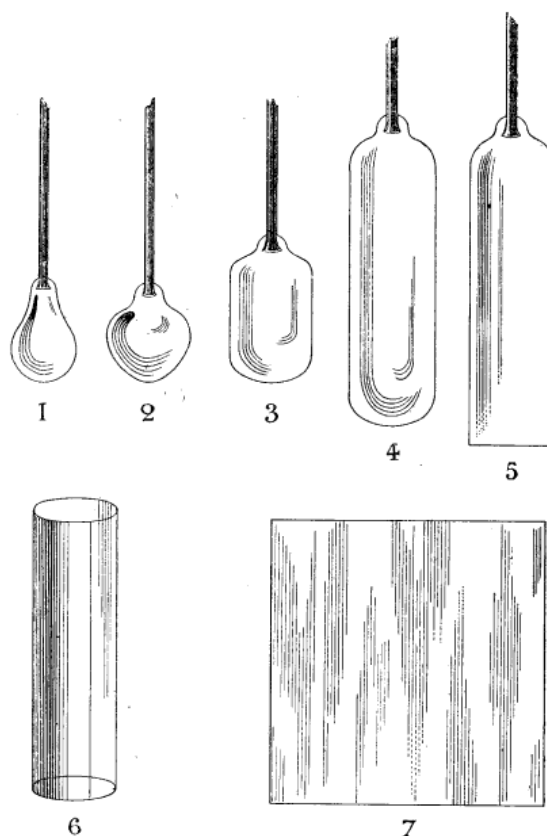


Fig. 7. — Fabrication du verre à vitres en cylindres.

les ramollit de façon qu'ils se développent lentement en une surface plane qui forme la feuille de verre définitive, qu'on n'a plus qu'à recuire, et qui, plus tard, à l'aide d'un diamant, sera, au moment de son emploi, mise aux dimensions voulues pour être mise en place.

On fait, par le procédé des cylindres, des feuilles de verre de dimensions beaucoup plus grandes que par le procédé des plateaux et, comme il a été dit plus haut, cette faculté de produire de grandes feuilles de verre a contribué à donner la préférence à ce procédé sur celui des plateaux qui, cependant, avait

l'avantage de permettre de produire du verre plus clair et plus beau, mais dont le prix de revient était, en même temps, plus élevé.

FABRICATION DU VERRE LAMINÉ (VERRE CATHÉDRALE, VERRE STRIÉ, VERRE LOSANGÉ)

Ce procédé de fabrication est tout mécanique et n'exige l'emploi d'aucune main-d'œuvre de nature spéciale.

L'ouvrier pocheur puise le verre avec une poche ou cuillère en cuivre ou

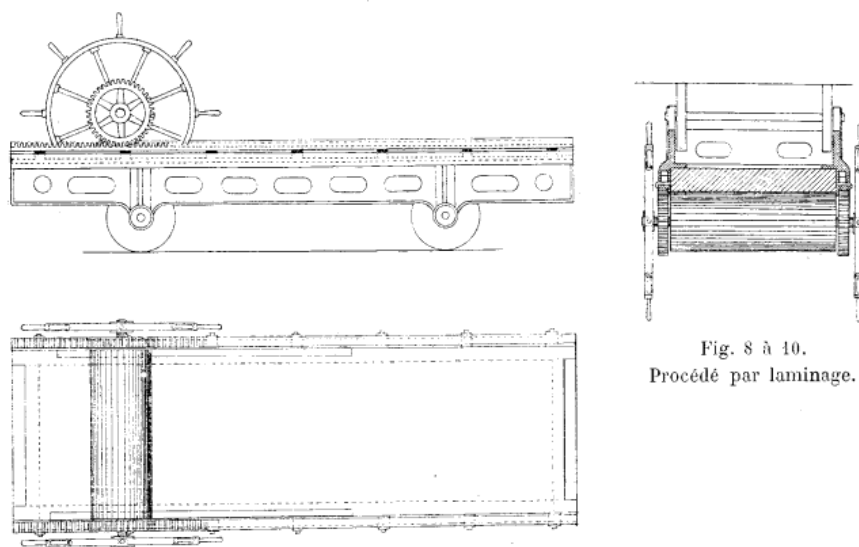


Fig. 8 à 10.
Procédé par laminage.

en fer portée sur un chariot à deux roues; le verre, une fois cueilli, est porté rapidement près d'une table en fonte épaisse (fig. 8 à 10), à l'extrémité de laquelle est un rouleau ou cylindre en fonte, reposant sur des règles en fer qui doivent donner l'épaisseur à la feuille de verre une fois laminée.

Le verre est versé devant le rouleau qui est aussitôt mis en mouvement avec une vitesse plus ou moins grande suivant l'épaisseur de la feuille de verre que l'on veut fabriquer.

Toute la masse de verre étant laminée, la feuille, une fois devenue solide, est tirée sur une autre table formée de matière mauvaise conductrice, d'où elle est introduite dans le four de recuisson.

Dans certaines verreries, le laminage se produit dans des conditions inverses, la table étant mobile et le rouleau fixe; ce dernier est alors maintenu dans deux cages par des ressorts lui permettant d'exercer la pression voulue sur le verre fondu.

Verre armé.

Les propriétés nouvelles et primordiales que procure au verre la soudure intime ou l'alliage du réseau métallique qui lui est incorporé sont la *cohésion* et la *ténacité*.

Si on vient à casser ou à couper un morceau de ce verre, les fragments qui se sont formés restent jointifs et adhérents les uns aux autres, et ce n'est qu'en coupant isolément chacun des fils du réseau mis à découvert par l'ouverture de la coupure ou de la fêlure avec un outil approprié, ou encore en fatiguant les fils par un mouvement d'exhaussement et d'abaissement alternatif des fragments en présence, qu'on parvient à les séparer; encore cette opération exige-t-elle le concours d'une personne exercée..

Il résulte de ce fait que si, par une cause quelconque, telle qu'un choc ou une pression exagérée exercée sur une feuille de ce verre, elle se casse, les morceaux restent adhérents les uns aux autres, garantissant ainsi contre leur projection ou leur chute; et ils se seraient séparés inmanquablement dans les conditions ordinaires.

Cette cohésion a pour autre conséquence de procurer au verre armé une résistance à la flexion ou une ténacité de beaucoup supérieure à celle du verre laminé ordinaire de même épaisseur; ce verre pourra se fêler ou s'éclater; la rupture ne se produira que par suite de l'application d'une surcharge de beaucoup supérieure à celle que pourrait apporter le verre ordinaire.

La résistance moyenne du verre laminé ordinaire étant de 210 à 250 kilos par centimètre carré, cette résistance peut être doublée et même triplée avec le verre armé, tout en prenant une flèche plus ou moins accentuée suivant l'application de la charge, mais sans qu'une rupture définitive et complète se produise.

Les expériences qu'a faites à ce sujet M. Frédéric Siemens avec du verre armé de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, de sa fabrication, comparé au verre ordinaire (verre strié) de même épaisseur, le démontrent d'une façon péremptoire.

Cette propriété est précieuse, puisqu'elle donne la sécurité la plus absolue en cas de surcharge accidentelle, comme cela peut se produire dans un sinistre, sur des couvertures ou sur des planchers.

Une conséquence d'une autre nature est la résistance de ce verre quand il vient à être chauffé: à une température de 70°, il se fend d'abord; mais, comme en cas de choc, les morceaux restent en contact sans qu'aucune solution de continuité s'opère entre eux, et sans qu'aucune parcelle se détache ou se sépare de l'ensemble de la feuille.

Le résultat est encore le même si on vient à projeter de l'eau sur l'une de

ses faces, et quelles que soient la température et la violence avec lesquelles cette eau a été lancée. Cette température atteindrait-elle même celle du ramollissement du verre, la feuille de verre reste encore longtemps sans déformation.

Les avantages que présente l'emploi du verre armé en cas d'incendie sont donc de la plus grande importance, et, par ce fait seul, il peut remplacer avec avantage toutes autres matières employées ordinairement, telles que la tôle de fer ou la tôle avec interposition de bois, les portes ou volets faits avec ces matières subissant des déformations que ne subit pas le verre armé, même aux plus hautes températures produites au cours d'un sinistre.

La ténacité que le verre a acquise offre une autre garantie, qui peut être utilisée contre toute tentative d'effraction qui serait faite sur la partie vitrée des habitations; le verre, en effet, ne pouvant être coupé par un moyen ordinaire, nécessite, pour être détruit, des efforts dont il est impossible de ne pas avoir un écho par le bruit fait au cours de l'opération.

Le verre armé est, par suite de la présence du réseau, moins transparent que le verre ordinaire; mais la faculté qu'on a, en employant les procédés de fabrication appropriés qui permettent d'introduire des réseaux à mailles espacées et à fil ténu, permet d'obtenir des verres armés encore transparents, et ne modifiant que peu le passage de la lumière.

Il en est de même en ce qui concerne le poli et la transparence des surfaces; à ce point de vue, le choix du procédé de fabrication a une importance dont on doit tenir compte.

CONDITIONS DE FABRICATION

Pour que le verre armé possède les qualités que nous venons d'énumérer et qui, en le distinguant des verres ordinaires, le leur rendent préférable, il doit, comme fabrication, répondre à certaines conditions essentielles, qui sont nécessaires et suffisantes :

En premier lieu, il est indispensable qu'une liaison complète existe entre le verre et le réseau métallique; la moindre solution de continuité serait, en effet, une cause de destruction et de ruine, dans le cas où le verre se trouverait soumis à des changements brusques de température.

Il faut, en second lieu, que l'immersion du réseau dans le verre soit complète, sans qu'aucune des parties soit à découvert et puisse être, à un moment donné, soumise à l'action destructive des agents atmosphériques.

La nature du verre, enfin, doit être telle que son coefficient de dilatation se rapproche le plus possible de celui du métal formant le réseau.

La forme du réseau (en fil tordu ou non tordu), la grosseur de ce fil, la

nature du verre qui le constitue et son genre de fabrication peuvent rendre moins nécessaire cette dernière condition.

La soudure intime du verre et du réseau ne peut se faire qu'à la condition qu'ils soient portés l'un et l'autre à une température suffisante, qui ne doit pas être inférieure à 1000°, cette température devant être en pratique, et comme sécurité, plutôt supérieure. Il s'ensuit que, si on se reporte à la description qui a été donnée des deux procédés employés pour fabriquer le verre à vitre soufflé, on peut voir d'abord qu'aucun d'eux ne pourra être appliqué pour cette fabrication, l'extension des plateaux ou des manchons ne se faisant que d'une façon progressive et successive, tandis que le réseau est, par lui-même, non extensible, et qu'ensuite, le verre est à une température insuffisante : de 800°, dans certaines de ses parties.

Le procédé du laminage était donc le seul qui puisse remplir les conditions de fabrication voulues, et c'est, en effet, celui qu'ont choisi les nombreux inventeurs qui se sont occupés de cette fabrication, tout en en faisant varier les moyens d'une façon très différente. Une des conditions que devra remplir ce procédé de laminage est de permettre l'incorporation de réseaux de toutes dimensions et, particulièrement de réseaux à fil fin, juste suffisants pour satisfaire aux besoins auxquels il est demandé de répondre, et qui peuvent être très différents suivant les circonstances elles-mêmes.

En dehors de la qualité du verre et du procédé employé pour le mettre en œuvre, il y a lieu de se préoccuper de la nature du réseau, de sa forme et de la nature de l'acier qui doit être employé. En égard à la haute température à laquelle s'exécute l'opération du laminage, l'acier ou le fer peuvent seuls être employés; on choisit généralement de l'acier doux, à faible teneur en carbone, susceptible, par suite, de prendre une légère trempe.

Ce fil d'acier doit être tréfilé dans des conditions de fabrication particulière, de façon à posséder un poli parfait en même temps qu'une certaine élasticité.

Aux États-Unis, le fil est tréfilé à froid par passes nombreuses, les dernières se faisant dans des filières de diamant.

A la suite de la publication des travaux de MM. Guillaume et Dumas sur les propriétés des aciers au nickel et sur la possibilité d'obtenir des aciers de cette composition ayant un coefficient de dilatation exactement semblable à celui du verre entre des limites déterminées, la Compagnie des Manufactures de glaces de Saint-Gobain, de concert avec la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, a fait des essais pour substituer un acier à 34 p. 100 de nickel à l'acier ordinairement employé : tout en présentant le plus grand intérêt, et tout en donnant une sécurité peut-être plus complète dans l'emploi du verre armé fabriqué dans ces conditions, cet acier n'a pas paru présenter des avantages suffisants pour en justifier l'emploi.

Il a, de plus, le défaut, en dehors de son prix beaucoup plus élevé que celui de l'acier ordinaire, d'absorber, au moment de sa fabrication, des quantités considérables de gaz (jusqu'à trois fois son volume) qu'il émet au moment de son introduction dans le verre fluide, et qui peuvent occasionner une détérioration du verre, par le bouillonnement qui en est la conséquence, en en altérant la transparence et l'aspect.

Le fil d'acier le plus convenable doit être poli et analogue, comme aspect, au fil employé pour la fabrication des cordes à piano.

On doit éviter avec beaucoup de soin que le réseau, une fois fabriqué, ne subisse la moindre détérioration soit par la rouille, soit par le contact de corps gras quelconques, même de la peau.

Pour éviter que ces inconvénients ne puissent se produire malgré les soins que l'on prend pour les éviter, on emploie, aux États-Unis, un fil d'acier très légèrement étamé avant d'être tissé; la couche extrêmement mince d'étain fin qui le recouvre, en même temps qu'il le protège, facilite la fabrication du réseau et évite l'emploi de corps gras pendant cette opération; quelquefois on étame le réseau une fois terminé.

Quand le réseau est fabriqué, il est roulé dans du papier de soie et mis dans des caisses ou boîtes hermétiquement closes, d'où on ne le sort qu'au moment même où il doit être incorporé au verre.

Pour permettre d'employer de l'acier préparé avec moins de soins, ou pour le nettoyer, on a proposé de le plonger dans un bain formé d'un lait de chaux : ce procédé, proposé par M. Schepard, et qui a fait l'objet d'un brevet spécial, ne donne pas les résultats favorables que paraissait en attendre l'auteur.

D'autres inventeurs, MM. Croskey et Locke, aux États-Unis, ont proposé d'entourer le fil d'acier d'une couche d'amianté, de façon à mettre l'acier du fil du réseau à l'abri de l'attaque que pourrait lui faire subir le verre au moment de la fabrication.

Ce réseau est préalablement soumis à une température voisine du rouge, avant son introduction dans le verre; ce procédé, d'une conception ingénieuse, et qui avait l'avantage de donner une certaine élasticité au réseau, n'a pas réussi, et, actuellement, est abandonné par la Mississippi Glass Co, concessionnaire du brevet : l'humidité, en s'introduisant dans l'enveloppe d'amianté, lui donnait une couleur grise et même noire, très désagréable d'aspect, en même temps qu'elle attaquait le fil.

Ce procédé a été mis en pratique par la « Besto Wire Glass Co de Pittsburg (États-Unis) ». M. Walsh junior, de la Mississippi Glass Co, par un brevet en date du 5 février 1895, a proposé d'immerger le réseau dans une masse de verre très fusible, ce qui aurait eu pour résultat de le mettre à l'abri ultérieurement de l'attaque du verre fluide; ce procédé n'a pas donné non plus les résultats qu'espérait obtenir l'inventeur.

La forme du réseau n'est pas sans influence sur la résistance du verre et sur la façon dont il se comporte quand il est soumis à des changements brusques de température, étant mis en service.

La forme et la nature des réseaux employés est très variable suivant les fabricants: En Allemagne, M. Frédéric Siemens a, le premier, employé un réseau à fil non tordu, sous la forme de toile métallique, dont la dimension de mailles est de 10 millimètres, avec un fil de 9/10 de millimètre de diamètre.

Le verre fabriqué par M. Siemens, dans ces conditions, et avec la qualité de verre qu'il produit, verre beaucoup plus fusible que celui employé par le

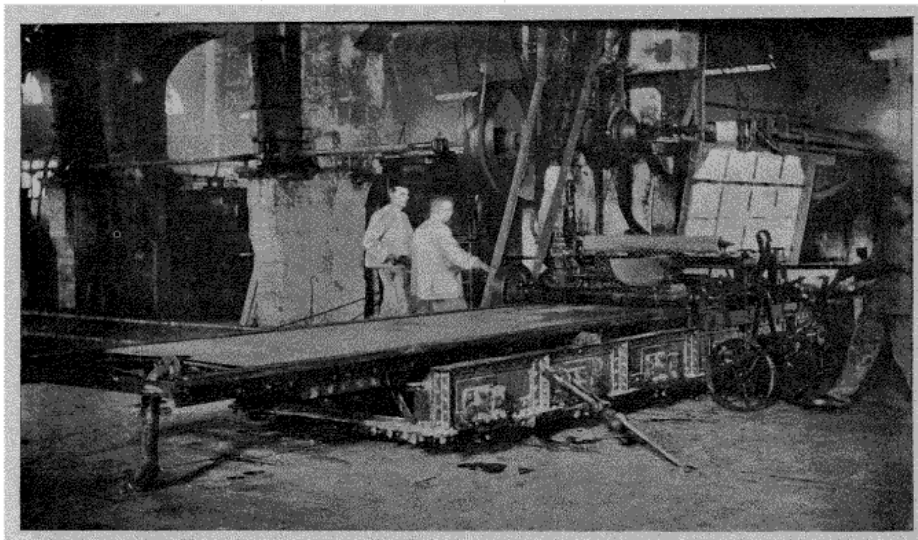


Fig. 11. — Fabrication du verre armé par le procédé Appert.

autres fabricants, résiste bien à l'action des agents atmosphériques sans détérioration et sans casse ni fêlure.

La Compagnie des Manufactures de glaces de Saint-Gobain emploie (fig. 11 et 12) une toile métallique analogue, formée d'un fil d'acier de 6/10 de millimètre seulement; cette dimension de fil étant regardée comme suffisante.

La glacerie de Skalko, en Westphalie, emploie un réseau à mailles tordues de 20 millimètres, avec un fil de 6/10 de millimètre de diamètre également.

En Angleterre et aux États-Unis, on emploie des réseaux à fil tordu à maille d'un pouce (25^{mm},4) avec fil d'acier n° 18, et avec fil n° 22 pour maille de 3/4 de pouce (19 millimètres).

Au moment de la fabrication du verre, le réseau est tendu en tous sens, de façon à le rendre bien plan; on l'enroule ensuite sur un cylindre d'où il se déroule au fur et à mesure de son immersion dans le verre, ou bien on l'étend

sur un plan qu'on incline à volonté suivant qu'on emploie le procédé de fabrication par insertion ou par interposition.

Les soins à apporter au réseau avant son introduction dans le verre sont plus nécessaires encore par l'emploi qu'on paraît vouloir faire du verre armé sous forme de glaces polies armées.

Cet emploi, qui a le plus grand avenir, et dont le développement se fait avec

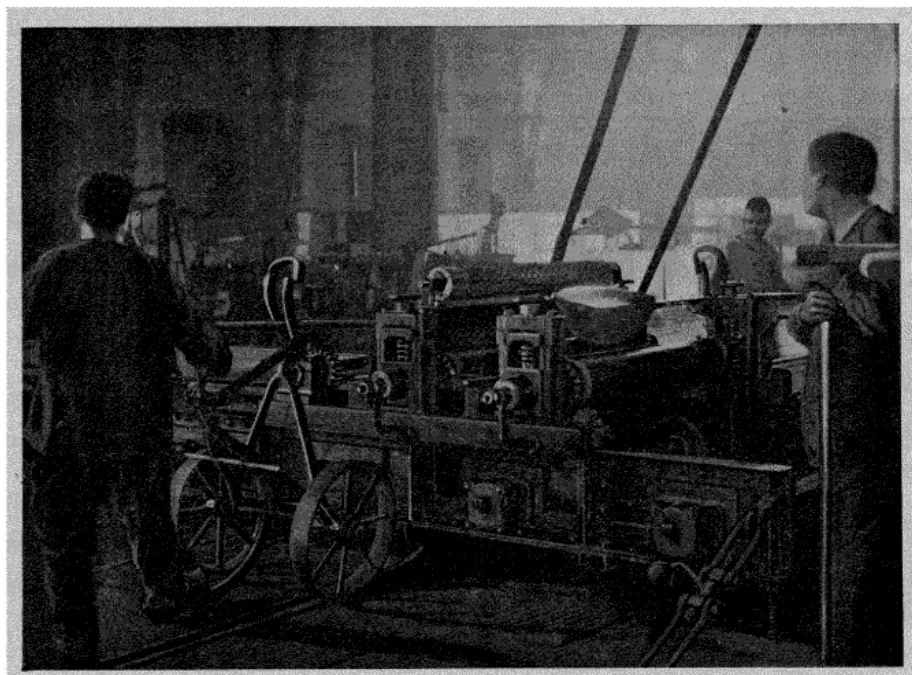


Fig. 12. — Fabrication du verre armé par le procédé Appert.

une extrême rapidité, exige, en effet, que le verre soit aussi exempt que possible de bouillons et de crachats.

EMPLOI DU VERRE ARMÉ

Les qualités que possède le verre armé le recommandent spécialement pour certaines applications, pour lesquelles son emploi semble particulièrement indiqué, et que je résume : il remplace les verres laminés ordinaires avec avantage pour la couverture des halls et gares de chemins de fer, dans les constructions industrielles, pour les fenêtres des ateliers et des magasins, pour les marquises, vérandas, les terrasses, etc., etc.

Son emploi est tout indiqué également dans les villes pour les passages, les lanternes des cages d'escalier, pour les cours intérieures.

Son emploi est préférable, et même plus économique malgré son prix plus élevé que le verre ordinaire, si l'on considère sa durée, au verre ordinaire avec treillis métallique sous-jacent, et dont, fort justement, la préfecture de police a fait une obligation sur les voies publiques. Pour cet usage, le verre armé est plus efficace, de plus de durée et d'un entretien beaucoup plus facile.

A une plus grande épaisseur, il est employé sous forme de dalles armées, donnant toute sécurité dans les planchers en cas d'incendie ou de surcharge : pour cet emploi spécial, la grosseur du fil du réseau doit être en rapport avec l'épaisseur du verre. Ces dalles armées peuvent se faire à une moins grande épaisseur.

Le verre armé se polit comme la glace ordinaire, et avec autant de facilité : il sert alors pour le vitrage des maisons luxueuses ; pour les portes et volets des boutiques et bureaux et pour tous les usages où la transparence est nécessaire et une des conditions de son emploi.

Il est employé également en glaces polies pour les voitures. Poli et cintré, il sert comme protecteur de tubes de niveau de chaudière de la façon la plus efficace.

M. Frédéric Siemens a proposé de l'employer aussi en verres armés colorés pour la confection des verres des signaux de chemins de fer et tramways.

Dans la pratique de la fabrication du verre armé, le réseau métallique est préparé sous forme de panneaux rectangulaires dont les bords sont arrêtés par un fil qui l'entoure, et qui a pour effet d'en empêcher la déformation.

Dans la fabrication, on s'arrange pour que tout le panneau ainsi préparé soit immergé dans le verre, et qu'une bande de verre non garnie de métal entoure la feuille quand elle est une fois laminée ; cette précaution en facilite la recuisson dans le four d'étenderie.

En Allemagne, on emploie généralement le verre armé préparé en feuilles de mesures fixes, auxquelles on conserve la bande de verre sans réseau. Ce mode d'emploi, imposé même pour les travaux de l'État, n'est pas sans éveiller la critique, et semble quelque peu irrationnel.

Aux États-Unis, les Compagnies d'assurances demandent, au contraire, que le verre soit débordé de façon que le fil métallique émerge et sorte du verre quand on le met en place.

Des essais de résistance du verre armé ont été faits, pour se rendre compte des conditions dans lesquelles il pouvait et devait être employé :

Dès 1892, des essais à la flexion et à la compression ont été faits au laboratoire de Charlottenbourg, sur la demande de M. Frédéric Siemens, de Dresde, avec du verre fabriqué en Bohême, dans la verrerie de Neusattl, la première où ce verre ait été fabriqué.

Ces essais ont confirmé ce qui a été dit précédemment par la façon dont ils ont été faits et dont M. Siemens a su leur donner une forme saisissante.

Ces essais ont été renouvelés par les diverses Compagnies qui s'occupent de

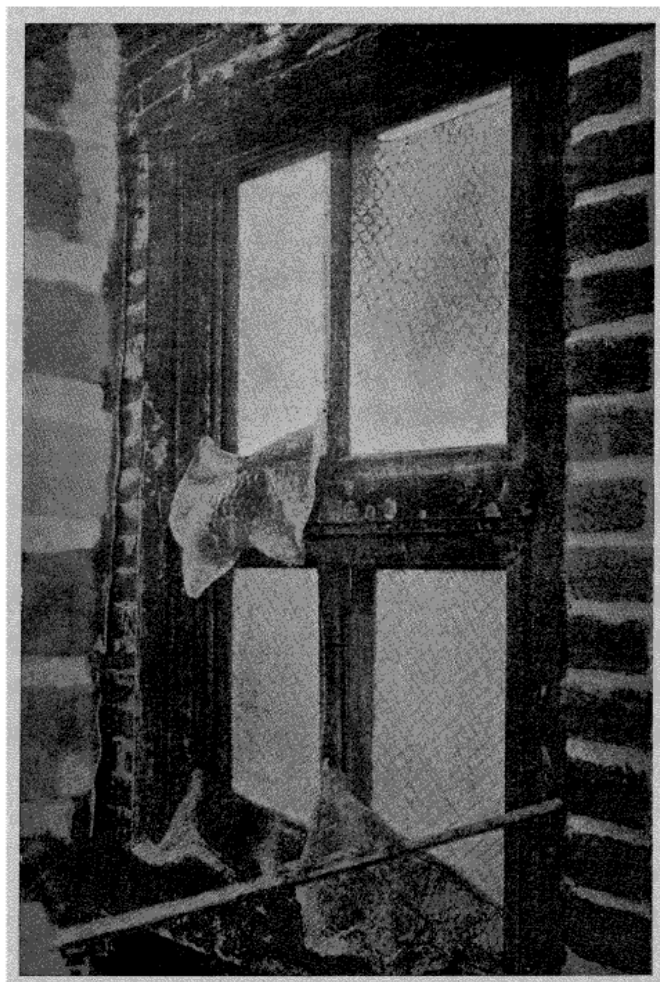


Fig. 13. — Intérieur d'une petite maison après l'incendie : le verre armé a résisté victorieusement, gondolé parfois, givré par le feu, craquelé sous les jets d'eau froide des pompiers, mais il n'y a pas eu de brèche pour les flammes, et le sinistre artificiel est resté localisé.

la fabrication du verre armé ; ils ont été confirmés de tous points, et les coefficients de résistance trouvés par chacune d'elles sont sensiblement les mêmes, quels que soient les lieux de production.

Des essais d'autre nature ont été faits pour se rendre compte de la résistance du verre quand on le soumet à l'action de la chaleur, comme en cas

d'incendie ; ces essais étaient demandés, le plus souvent, par les Compagnies d'assurances ou les administrations publiques.

Aux États-Unis, l'Appert Glass Co, de New-York, a fait, en 1900, des expériences à Philadelphie, devant les représentants du Syndicat des Fire Underwriters (Compagnies d'assurances) sur un petit édicule construit (fig. 13) et organisé à cet effet, et suivant un programme tracé par elles.

Les résultats de ces essais, qui ont donné lieu à des expériences répétées, ont été consignés dans des procès-verbaux officiels portés à la connaissance du public.

Depuis l'année 1901, aux États-Unis, les Compagnies d'assurances, très frappées des résultats constatés, ont décidé de faire intervenir dans leurs contrats l'obligation d'employer le verre armé dans les constructions neuves, sous certaines conditions, faisant bénéficier les propriétaires et les constructeurs qui en font l'emploi dans les constructions déjà existantes d'une réduction de 10 p. 100 sur le montant de leurs primes d'assurances.

La municipalité de New-York, mise elle-même au courant des résultats obtenus, a, par une ordonnance en date du 1^{er} mai 1901, imposé l'emploi du verre armé dans les escaliers, pour les fenêtres, portes ou baies qui pourraient y être ouvertes.

En France, des essais, ayant également un caractère officiel, ont été faits une première fois, au mois d'août 1900, devant une commission instituée à Paris par M. le préfet de police, désignée sous le nom de « commission des incendies », sur du verre de Bohême, fourni par M. Siemens.

Ces essais ont donné des résultats regardés comme satisfaisants ; ils ont été renouvelés en 1902, devant la même commission, avec du verre fourni par la Compagnie de Saint-Gobain.

A la suite de ces essais, la préfecture de police crut devoir recommander le verre armé aux lieu et place de la tôle, et même de la tôle doublée de bois, pour les portes de communication de maison à maison, et, dans les théâtres, pour les portes et le vitrage des châssis placés sur leurs toitures.

M. le préfet de police, sous l'inspiration de notre collègue, M. Bunel, architecte en chef de la préfecture de police, qui s'est fait le propagateur de ce nouveau produit, s'est préoccupé de l'emploi du verre armé pour les châssis destinés au vitrage des marquises et des vérandas installées sur la voie publique ; il recommande l'emploi de ce verre à l'égal du verre ordinaire avec treillis métallique sous-jacent, auquel il est bien supérieur, le treillis métallique étant susceptible de se rouiller rapidement, et en rendant l'emploi d'autant plus dangereux qu'il ne peut procurer qu'une sécurité trompeuse.

Employé en parois verticales, comme pour le vitrages des fenêtres, des lieux de réunion publique, des écoles, etc., le verre armé rend les plus grands

services en évitant des accidents très fréquents occasionnés par le jet de pierres ou autres objets susceptibles de les briser.

Le verre armé a été employé jusqu'ici dans des proportions très différentes, suivant le pays où on en a entrepris la fabrication :

Pour l'Europe, c'est en Allemagne que les applications les plus importantes et les plus nombreuses en ont été faites par M. F. Siemens.

Dès l'année 1895, des toitures de grande surface avaient été faites avec le verre armé de Bohême, principalement pour la couverture d'ateliers industriels.

Le nombre s'en est augmenté progressivement les années suivantes ; d'autres applications en ont été faites en France, en Autriche, en Belgique, en Espagne, en Italie, en Suisse, toutes faites avec du verre armé ayant la même origine.

C'est en France que les applications ont été, jusqu'ici, le moins nombreuses et ce n'est que depuis l'année 1901 que les architectes et les ingénieurs paraissent s'être préoccupés des services que pourrait leur rendre ce genre de verre.

L'emploi n'en a pas été fait jusqu'ici en très grandes surfaces, comme en Allemagne et aux États-Unis.

A ce point de vue, on a fort regretté que la couverture des grandes installations faites à l'occasion de l'Exposition de 1900, et qui avaient un caractère permanent, n'ait pas été faite avec du verre armé ; il y a eu là une lacune que des raisons budgétaires ne suffisent pas à expliquer.

C'est aux États-Unis que ce verre est, actuellement, le plus employé ; les raisons en sont faciles à saisir si on se rappelle ce qui a été dit plus haut au sujet des ordonnances rendues par les municipalités et des avantages que donnent les Compagnies d'assurances à ceux qui l'emploient.

La consommation ne tend, du reste, qu'à augmenter de jour en jour d'une façon rapide.

PROCÉDÉS DE FABRICATION

De l'examen des trois procédés de fabrication du verre plan décrits ci-dessus et des conditions dans lesquelles s'en opère le fonctionnement, il a été dit qu'il ressortait que le seul qui puisse convenir pour la fabrication du verre armé était le procédé du laminage ; c'est le seul, en effet, où le verre puisse être mis rapidement en contact avec le réseau à une température égale pour toutes ses parties, en même temps que suffisamment élevée.

Toute la difficulté que présente, en dehors de cela, la fabrication du verre armé réside dans l'introduction du réseau dans les conditions déterminées plus haut, cette introduction devant se faire en quelques secondes, et en évitant le refroidissement de la masse de verre.

Donner au verre, cette matière qui possède déjà des qualités si précieuses et d'une si grande utilité, des propriétés nouvelles propres à augmenter encore les services qu'elle peut rendre par la sécurité que procure son emploi, tel était le problème dont la solution devait, à juste titre, tenter bon nombre d'inventeurs ; c'est, en effet, ce qui s'est produit, et cette intéressante question, qui paraît avoir été étudiée pour la première fois il y a cinquante ans, puis abandonnée par suite de l'inexpérience de ceux qui s'étaient appliqués à la résoudre, a été reprise depuis plusieurs années avec une ardeur nouvelle.

Grâce aux documents qui m'ont été procurés, j'ai pu faire une statistique des brevets pris dans les divers pays où se pratique d'une façon courante la fabrication du verre ; les indications que donne cette statistique peuvent, dans une certaine mesure, renseigner sur le degré d'intérêt que cette question a pris dans chaque pays.

Depuis l'année 1855, date à laquelle a été pris le premier brevet, jusqu'à l'année 1879, le nombre des brevets accordés a été de quatre. Depuis l'année 1884, de nouveaux brevets ont été demandés et, jusqu'à l'année 1901, le nombre de ceux qui ont été demandés et accordés se monte à 84, se décomposant de la façon suivante :

Dix ont été pris en France ;
Vingt en Allemagne ;
Vingt-deux en Angleterre ;
Trente-cinq aux États-Unis.

Ces brevets ont été accordés à 41 inventeurs qui, par nationalité, se classent de la façon suivante :

6 de ces brevets ont été pris par des Français ;
7 par des Allemands ;
4 par des Anglais ;
1 par un Russe-polonais ;
23 par des Américains des États-Unis.

Un de ces derniers, à lui seul, en a pris 19, tant aux États-Unis qu'en Europe.

Les tableaux ci-dessous montrent la série de ces brevets pris dans chaque pays, avec la date et le nom des inventeurs auxquels ils ont été accordés et leur nationalité.

En faisant connaître les dispositions qu'a proposées chacun de ces inventeurs, j'essaierai d'appeler l'attention sur les avantages et les inconvénients que paraît présenter chacun d'eux.

Verre armé. — Verre treillagé. — Verre métallifié.*Brevets pris en France.*

NUMÉROS.	NOMS DES INVENTEURS.	NATIONALITÉ.	DATES DE L'ACCORD DU BREVET.
24 259	Hyatt.	Amérique.	9 octobre 1855.
103 724	Hartley.	Angleterre.	19 novembre 1874.
176 942	Bécoulet et Bellet.	France.	22 juin 1886.
224 442	Frank Shuman.	Amérique.	20 septembre 1892.
233 625	Léon Appert.	France.	19 octobre 1892.
246 775	James Gregg & Charles Stouffer.	Amérique.	20 avril 1895.
247 033	Tondeur.	—	30 avril 1895.
250 177	Frank Shuman.	—	10 septembre 1895.
251 135	John Croskey et Joseph Locke.	—	22 octobre 1895.
278 872	Frank Shuman.	—	14 juin 1898.

Verre armé (Draht-glas).*Brevets pris dans l'Empire allemand.*

NUMÉROS.	NOMS DES INVENTEURS.	NATIONALITÉ.	DATES DE L'ACCORD DU BREVET.
43 113	André Nizard.	France.	26 mars 1888.
46 278	Armin Tenner.	Allemagne.	18 mars 1889.
60 560	Paul Siévert.	—	5 février 1892.
79 256	Franck Overn, Horace Pettit et John Overn.	Amérique.	25 janvier 1895.
81 426	Léon Appert.	France.	4 juin 1895.
82 609	Henry Guinard.	Amérique.	15 août 1895.
83 081	Frank Schuman.	—	13 septembre 1895.
86 074	C.-H. Tondeur.	—	9 avril 1896.
89 699	John Croskey et Joseph Locke.	—	4 novembre 1896.
89 438	Frank Schuman.	—	3 décembre 1896.
98 033	Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie.	Allemagne.	3 juin 1898.
98 846	A. Klein.	—	23 juillet 1898.
102 961	Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie.	—	8 mai 1899.
105 516	Frank Schuman.	Amérique.	26 septembre 1899.
110 235	Max Baumgartel.	Allemagne.	19 mars 1900.
110 236	—	—	30 avril 1900.
113 171	—	—	12 septembre 1900.
122 131	Schönborner Glasfabrik Johannahütte, Ernst Jahde et Adolph Hübner in Schön- born B. Dobrilungk.	—	16 août 1900.
124 708	Theophil Pfister.	Angleterre.	10 octobre 1901.
128 705	Société anonyme de Commentry, Four- chambault et Decazeville.	France.	17 février 1902.

Verre armé (Wire glass).

Brevets américains.

NUMÉROS.	NOMS DES INVENTEURS.	NATIONALITÉ.	DATE DE L'ACCORD du brevet.
220 908	Arbogast.	Amérique.	28 octobre 1879.
222 768	—	—	23 décembre 1879.
483 020	Frank Shuman.	—	20 septembre 1892.
483 031	—	—	—
510 716	—	—	12 décembre 1893.
510 822	—	—	—
510 823	—	—	—
516 220	Frank Overn.	—	13 mars 1894.
516 221	—	—	—
516 223	John E. Parker.	—	—
531 570	Francis M. Ryou.	—	25 décembre 1894.
524 936	Croskey et Locke (Besto Wire glass). . .	—	21 août 1894.
527 754	John H. Lubbers.	—	16 octobre 1894.
531 874	Frank Shuman.	—	1 ^{er} janvier 1895.
531 875	—	—	—
533 512	Edmond Walot Jr.	—	5 février 1895.
534 391	Gregg et Stouffer.	—	19 février 1895.
535 035	Ed. Walsh Jr.	—	5 mars 1895.
538 393	Cleon H. Tondeur.	—	30 avril 1895.
546 196	Frank Shuman (Mississippi Wire glass Co). .	—	10 septembre 1895.
548 320	Croskey et Locke.	—	22 octobre 1895.
551 350	Frank J. Dudley.	—	10 décembre 1895.
560 759	William Ed. Smith.	—	26 mai 1896.
561 920	Frank Shuman.	—	9 juin 1896.
574 458	—	—	3 juin 1896.
605 754	—	—	14 juin 1896.
608 096	Léon Appert (Appert glass Co).	France.	26 juillet 1898.
610 586	Charles C. Hartung.	Amérique.	13 septembre 1898.
610 593	Ed. Walsh Jr.	—	—
646 132	Joseph W. Shepard.	—	27 mars 1900.
649 647	—	—	15 mai 1900.
653 859	—	—	17 juillet 1900.
656 295	Joseph Locke.	—	21 août 1900.
656 296	—	—	—
677 609	Sweärerk Töynbee (Brownsville glass Co). .	—	2 juillet 1901.

Verre armé (Wire Glass).*Brevets pris dans le Royaume-Uni (Angleterre).*

NUMÉROS.	NOMS DES INVENTEURS.	NATIONALITÉ	DATES DE L'ACCORD DU BREVET.
11 398	Fritz Heckert	Angleterre.	18 août 1884.
14 462	Jean-Marie Beurel	France.	25 novembre 1885.
14 846	John Armstrong	Angleterre.	8 décembre 1885.
5 701	—	—	19 avril 1887.
11 039	Paul Siévert	Allemagne.	29 juin 1891.
5 527	Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie . . .	—	21 mars 1892.
16 792	Frank Shuman	Amérique.	20 septembre 1892.
2 792	Joseph Sobolewski et Viotor Dzierzbicki . .	Russie.	8 février 1894.
5 282	Frank Overn, Horace Pettit et John Overn.	Amérique.	15 mars 1894.
5 283	John Edwin Parker	—	13 mars 1894.
7 466	Léon Appert	France.	14 avril 1894.
9 554	William Windle Pilkington	Angleterre.	16 mai 1894.
2 555	Edward Walsh Junior	Amérique.	5 février 1895.
4 661	—	—	5 mars 1895.
6 401	James Gregg et Charles Stouffer	—	25 mars 1895.
16 959	Frank Shuman	—	10 septembre 1895.
19 804	John Croskey et Joseph Locke	—	22 octobre 1895.
30 835	Paul Siévert	Allemagne.	30 décembre 1897.
13 260	Frank Shuman	Amérique.	23 juin 1898.
19 436	Charles Hartung	—	13 septembre 1898.
19 437	Edward Walsh Junior	Angleterre.	—
522	Paul Siévert	Allemagne.	9 janvier 1899.
17 461	Mississippi Glass Co	Amérique.	27 août 1901.

C'est un nommé Hyatt, de New-York, qui, d'après la nomenclature des brevets donnée plus haut, paraît avoir eu le premier l'idée d'introduire du fil de fer, sous forme de toile métallique, dans une masse de verre de façon à en faire des feuilles de verre pouvant remplacer les vitres ordinaires.

Le procédé rudimentaire proposé par Hyatt ne pouvait donner aucune solution pratique.

Beaucoup plus tard, en 1886, deux Français, MM. Bécoulet et Bellet, ce dernier ancien conducteur de trains sur la ligne des Charentes, qui avait assisté à plusieurs accidents de chemin de fer, reprenaient la question.

Après une série d'essais continués avec beaucoup de persévérance à Clichy d'abord, à Jeumont ensuite, on reconnaissait l'impossibilité de produire par ce procédé du verre armé dans les conditions de fabrication demandées.

Les procédés proposés par ces deux premiers inventeurs, M. Hyatt et

MM. Bécoulet et Bellet, étaient basés sur le principe de l'introduction d'un réseau métallique entre deux couches de verre, et laminées *successivement*.

En 1892, M. Frank Shuman, de Philadelphie, faisait breveter un nouveau procédé basé sur l'introduction d'un réseau métallique par enfoncement ou *insertion* dans une couche de verre encore fluide et malléable et préalablement laminée à l'épaisseur voulue.

Le procédé que M. Shuman avait fait breveter ayant été regardé, dans tous les pays, immédiatement comme pratique et susceptible de produire le verre armé dans les conditions voulues, une Compagnie au capital de 200 000 dollars était fondée au mois de janvier 1893, et une usine construite à Tacony, près de Philadelphie était en mesure de fabriquer au mois de septembre de la même année.

Quelques mois après, cette Compagnie obtenait l'ordre de fournir le verre nécessaire à la couverture de la nouvelle gare de Philadelphie, alors en construction, appelée Broad Street Station.

Toute cette grande toiture, de 100 mètres sur 300 mètres de longueur, fut entièrement vitrée en verre armé, vendu au prix de 1 fr. 25 par pied carré, ou environ 13 fr. 50 le mètre carré.

Au mois d'octobre 1893, M. Léon Appert, mis au courant par les ingénieurs français délégués aux États-Unis pour visiter l'exposition de Chicago, des importantes applications qui déjà avaient été faites du verre armé, imaginait un procédé de fabrication basé sur un principe différent de celui de M. Shuman, et qui, reprenant la première idée de MM. Bécoulet et Bellet, rendait pratique, par des dispositions très simples, l'immersion du réseau métallique dans la couche de verre par son interposition entre deux couches de verre laminées *simultanément*, procédé qui permettait d'obtenir avec certitude le verre armé dans les conditions demandées ; il présentait cet autre avantage de n'exiger, pour être mis en pratique, que des modifications peu importantes, et d'une réalisation facile, aux appareils employés ordinairement pour la fabrication des verres laminés et des verres de toiture, etc.

La description de ce procédé qu'avait fait connaître la publication des demandes de brevet faites à son sujet causa un vif émoi parmi les maîtres de verrerie et des Compagnies s'occupant de la fabrication du verre laminé et du verre armé : pour les uns, en effet il leur faisait courir le risque de compromettre une situation déjà acquise, quelquefois à grands frais, par le prix élevé auquel avaient été achetées les licences d'exploitation ; pour les autres, il les mettait à même de produire dans les meilleures conditions de fabrication un verre de qualité au moins égale à celle du verre fabriqué jusque-là. Aussi, l'opposition la plus vive fut-elle faite pour éviter que le brevet ne fût accordé à son auteur, et ce ne fut qu'après une série de procès et de jugements, quelquefois contradictoires, devant toutes les juridictions, en Allemagne et aux États-Unis, que la

Cour de cassation, à Leipzig, érigée en cour suprême, et le Tribunal suprême à Washington, reconnaissaient la priorité de l'invention et décidaient, après plusieurs années de lutte, que le brevet devait être accordé au demandeur.

Sans attendre le résultat de ces débats, qui ont duré plusieurs années, des industriels, se souciant peu de savoir à qui devait incomber la priorité de l'invention, et probablement convaincus de l'inanité des efforts de l'inventeur et du peu de probabilité de sa réussite, installaient la fabrication du verre armé par ce procédé.

Si cette façon de procéder, d'une correction peut-être discutable, avait le défaut de faire trop bon marché des intérêts de l'inventeur, elle avait l'avantage, d'autre part, d'attirer l'attention sur ce produit encore peu connu en provoquant immédiatement une baisse de prix qui devait aider à en propager l'emploi.

Ces deux procédés, le procédé Shuman et le procédé Appert, peuvent être considérés comme les types caractérisant les moyens pratiques de fabrication de ce genre de verre imaginés jusqu'ici.

Aux États-Unis où, comme on l'a vu, le nombre des brevets demandés et accordés a été si nombreux, on désigne par *Solid*, le procédé par INSERTION inventé par M. Shuman, et par *Sandwich* le procédé par INTERPOSITION, inventé par M. Léon Appert.

Tous les autres procédés, brevetés après eux, ne sont que des modifications plus ou moins heureuses de ces deux procédés.

M. Tondeur, de Syracuse, a toutefois proposé un procédé conçu dans un esprit un peu différent, et consistant à faire plonger le réseau dans un bassin complètement rempli de verre fluide, comme on le ferait pour une pièce d'étoffe, en le faisant entrer par une fente faite dans une des parois du bassin, et le faisant ressortir par une fente percée dans la paroi opposée, et à la sortie de laquelle ce réseau empâté de verre est laminé entre deux cylindres de même diamètre et tournant à la même vitesse.

Ce procédé, très étudié et très ingénieusement combiné comme mécanisme, n'a pas donné de résultat pratique et industriel.

Quelques mois plus tard, M. Shuman a apporté un perfectionnement nouveau à son procédé, et consistant à introduire le réseau métallique d'une façon plus prompte et plus rapide qu'il ne faisait primitivement.

Ce perfectionnement, qui n'est pas sans importance, a pour objet principalement la fabrication de feuilles de verre armé de plus faible épaisseur.

ÉTAT DE LA FABRICATION

La fabrication du verre armé étant de date relativement récente, les procédés employés pour en opérer la réalisation sont protégés encore à l'heure

actuelle, par les brevets qui ont été octroyés aux inventeurs s'étant occupés de cette question. On peut, par suite, se rendre facilement compte des conditions dans lesquelles elle s'opère dans les établissements que possèdent les Compagnies ou les Sociétés qui se sont rendues acquéreurs des licences d'exploitation de ces procédés et, par suite, suivre facilement le développement qu'a pris cette fabrication depuis son origine.

En Allemagne, M. Frédéric Siemens, dont on connaît la haute compétence dans toutes les questions touchant l'industrie du verre, à laquelle il a fait faire de si notables progrès depuis quarante ans, s'est, un des premiers en Europe, occupé de la fabrication du verre armé : par la perfection de sa fabrication et par le développement qu'il lui a donnée, il est un de ceux qui en ont le plus efficacement propagé l'emploi en en faisant connaître les propriétés et en montrant les services qu'il était appelé à rendre.

En Allemagne, toutes les gares de chemins de fer et les grandes installations industrielles, depuis 1892, ont été faites avec du verre armé fabriqué par la Société portant son nom ; ces installations ont été faites le plus souvent avec plein succès.

La Société Aktien Gesellschaft für Glasindustrie à Neusattl (Bohême), autrefois Frédéric Siemens, fabrique actuellement le verre armé pour l'Allemagne, l'Autriche-Hongrie et la Bohême.

La Compagnie des Manufactures de glaces de Saint-Gobain, Chauny et Cirey y fabrique le verre armé par le procédé Appert dans trois usines, à Mannheim dans le duché de Bade ; à Stolberg, près Cologne et à Alltwasser, en Silésie ; l'usine de Schalke, en Westphalie, avec laquelle elle est syndiquée, fabrique le verre armé par le procédé Shuman.

En Angleterre, la Société Pilkington Brothers, à Saint-Helens-Lancashire, fabrique pour le Royaume-Uni et ses colonies par le procédé Appert, dont elle vient de se rendre acquéreur.

En ce moment, cette Société fournit le verre armé pour les nouveaux ateliers qu'installe la Société Westinghouse pour la construction des machines et appareils mécaniques près de Manchester.

La fourniture de verre armé qui doit être faite pour cette installation est de 300 000 pieds carrés (30 000 mètres carrés). Une installation de même importance avait été faite, l'année dernière, aux États-Unis, pour la même Société ; le verre armé avait été fourni par l'Appert Glass Co de New-York.

En France, la Compagnie de Saint-Gobain fabrique le verre armé par le procédé Appert dans son usine de Saint-Gobain, et la Société des glaces et verres spéciaux du Nord, à Jeumont, est concessionnaire des licences d'exploitation des procédés Shuman.

La Société des Verreries de Charleroi-Roux, à Charleroi (Belgique), fabrique par le procédé Shuman.

Aux États-Unis, la Mississippi Glass Co, la plus puissante verrerie s'occupant de la fabrication des verres laminés et cathédrale, à Saint-Louis (Missouri), s'est substituée à l'usine de Tacony, et fabrique le verre armé par le procédé Shuman depuis 1895; en 1898 l'Appert Glass Co à Port Allégany (Pennsylvanie), usine formée pour l'exploitation des procédés Appert, s'est rendue concessionnaire du brevet Appert pour le verre armé en octroyant des licences d'exploitation à d'autres Compagnies qui avaient fabriqué avant elle par le même procédé.

En 1900, sur l'initiative de l'Appert Glass Co toutes ces Compagnies ont formé un trust du verre armé sous la dénomination de Mississippi Wire Glass Co au capital de 1500000 dollars, se rendant en même temps acquéreur de vingt-deux des brevets qui ont été cités plus haut, de façon à pouvoir en exercer le contrôle; elle centralisait immédiatement la fabrication dans deux des usines associées, celle de la Mississippi Glass Co à Saint-Louis, dans laquelle on fabrique par le procédé Shuman, et celle de l'Appert Glass Co à Port-Allégany, dans laquelle on fabrique par le procédé Appert.

Cette vaste association est en mesure d'alimenter de verre armé le continent américain tout entier et exporte au Canada, au Mexique, dans les Républiques sud-américaines, en Chine et au Japon, où la fréquence des accidents d'origine sismique rend l'emploi du verre armé particulièrement précieux.

Le gouvernement américain s'est préoccupé, à son tour, des conditions dans lesquelles les administrations de l'État devraient employer le verre armé; à cet effet, l'Administration de la guerre (ordonnance department), a été chargée d'entreprendre une série d'essais, destinés à déterminer les conditions d'emploi de ce verre et à comparer, en même temps, les qualités respectives du verre armé fabriqué par les procédés Shuman et Appert, les seuls employés jusqu'ici aux États-Unis.

Ces essais, qui ont duré plusieurs mois, ont été faits à l'arsenal de Watertown (État de New-York): 1° sur des verres enchâssés et encastrés dans du ciment; 2° sur des verres supportés aux deux extrémités et chargés au milieu sans garniture de ciment; 3° sur des verres soumis à l'action de hautes températures.

Les résultats de ces essais ont confirmé ceux qui avaient été constatés déjà et, de plus, ont démontré la supériorité du verre fabriqué par le procédé Appert. En conséquence, ce dernier est désormais le seul admis pour les fournitures de l'État.

Ces résultats si favorables, constatés dans l'emploi du verre armé, aussi bien par les essais entrepris que par la confirmation qu'en ont donnée les événements dans toute leur brutalité, ont rendu plus exigeantes les Compagnies d'assurances américaines au sujet de l'emploi de ce verre: dans les contrats d'assurances à consentir à nouveau, elles exigent, entre autres, le remplacement, aux portes et aux fenêtres, des volets en fer par des volets garnis en verre armé.

A Philadelphie, ville relativement ancienne, et où existent encore des rues étroites, les Compagnies d'assurances n'ont consenti à assurer les immeubles qui les bordent qu'à la condition de garnir les fenêtres de doubles volets en verre armé.

Du fait de ces obligations nouvelles, auxquelles sont soumis les constructeurs pour satisfaire aux exigences des Compagnies, la consommation du verre armé croît dans des proportions imprévues, auxquelles les usines n'arrivent que difficilement à satisfaire.

Dans des circonstances récentes, dont tout le monde a conservé le souvenir, même en Europe, on a pu constater l'efficacité de l'emploi du verre armé et les services qu'il pouvait rendre ; dans le récent incendie qui a détruit la plus grande partie de la ville de Paterson (État de New-Jersey), on a constaté qu'une maison de banque, dont les fenêtres étaient garnies de verre armé sous forme de volets doublant les fenêtres ordinaires, avait victorieusement résisté et avait échappé au sinistre grâce à la protection du verre armé, qui en avait empêché la propagation.

Au mois de janvier dernier, un événement d'un autre genre, non moins terrible par ses conséquences, se produisait au centre même de la ville de New-York : 400 kilos de dynamite destinés aux travaux du Métropolitain souterrain en construction faisaient explosion et détruisaient les fenêtres, les portes et les planchers d'une dizaine de maisons dans Park Avenue, parmi lesquelles le Murray Hill Hotel, le New-York Ear et Eye hôpital, et le grand Central Hotel, et dans la 42^e rue la gare de New-York central et Harlem road, le Manatan Hotel, qui étaient pour ainsi dire éventrés ; toutes les vitres, les glaces de devanture ont été brisées ; seul le verre armé a résisté.

A l'intérieur, toutes les boiseries et tous les meubles ont été détruits, un plafond en verre armé est seul resté presque intact.

Des constatations officielles ont été faites par les Compagnies pour faire connaître des résultats si propres à confirmer l'efficacité de l'emploi du verre armé.

Messieurs, j'ai terminé cette conférence un peu longue ; permettez-moi, en résumant les principaux points, de faire appel à nos architectes, à nos ingénieurs, aux personnes mêmes qui me font l'honneur de m'écouter, en faveur de ce verre dont j'espère vous avoir fait apprécier les qualités, qui lui permettent de jouer un rôle si utile dans des circonstances si différentes :

S'agit-il, en effet, de nos maisons d'habitation : une meilleure utilisation du terrain oblige, de jour en jour, à en augmenter la hauteur et à en améliorer l'outillage ; leur insécurité en cas de sinistre ne fait que s'en accroître par suite de la multiplicité et de la hauteur de ces longs couloirs verticaux, formés par les escaliers, auxquels vient s'ajouter souvent une cage d'ascenseur, véritables che-

minées d'appel si une ouverture vient à se produire dans leurs parois; les mesures si prévoyantes imposées administrativement aux États-Unis peuvent être prises également chez nous; nous avons les moyens, grâce au verre armé, de nous procurer une sécurité qui nous a fait défaut jusqu'ici.

Il en est de même des portes de communication de maison à maison, si dangereuses le plus souvent, que nous saurons rendre inoffensives en remplaçant le métal qui ne nous donne qu'une sécurité trompeuse par ce verre qui nous éclaire en même temps qu'il nous protège.

S'agit-il des halls destinés à nos lieux de réunion, de nos préaux d'école, de nos gares de chemins de fer, de nos grandes installations industrielles, où l'air et la lumière doivent abonder, leur grande hauteur, la multiplicité et l'étendue des surfaces vitrées, la grande dimension des vitres, leur épaisseur même ne rendent que plus graves les accidents toujours à craindre si une feuille vient à se casser, accident dont, par expérience, on ne connaît que trop les conséquences.

Là encore, la prévoyance la plus élémentaire nous fait un devoir de substituer le verre armé au verre ordinairement employé.

S'agit-il, enfin, des véhicules destinés à nous transporter, de nos voitures et wagons de chemins de fer, de nos voitures de tramways, de nos automobiles même, les exigences du public s'accroissent tous les jours, aussi bien pour le confortable de leur installation que pour la rapidité de leur marche. Quoique nous sachions tous quelle est la sollicitude de nos ingénieurs pour les intérêts du public et pour sa sécurité, ces conditions nouvelles d'installation ne font qu'augmenter la difficulté de leur tâche en rendant les conséquences des collisions plus graves; le verre armé poli, appelé à remplacer le verre à vitre ou les glaces polies qu'on lui substitue, diminuera dans une mesure importante la gravité de ces accidents en en supprimant une des principales causes.

Chacun de ceux qui connaissent les ressources que procure ce verre devra donc s'efforcer de l'employer ou d'en conseiller l'emploi.

Je remercie Monsieur le Président et mes honorables collègues de l'occasion qu'ils ont bien voulu me donner : de faire connaître ce produit d'une si grande utilité, et dont l'emploi intéresse à un si haut degré la sécurité publique.

Je fais des vœux pour que, ainsi mis à même de le mieux connaître, les architectes, les ingénieurs et les constructeurs auxquels j'ai l'honneur de m'adresser se montrent aussi soucieux de nous défendre et de nous protéger que le font leurs collègues et confrères à l'étranger.

DESCRIPTION DES BREVETS

1884. *Fritz Heckert*. — Cet inventeur s'est surtout appliqué (fig. 14) à interposer des réseaux métalliques de différentes formes dans des pièces de gobeletterie, et ce

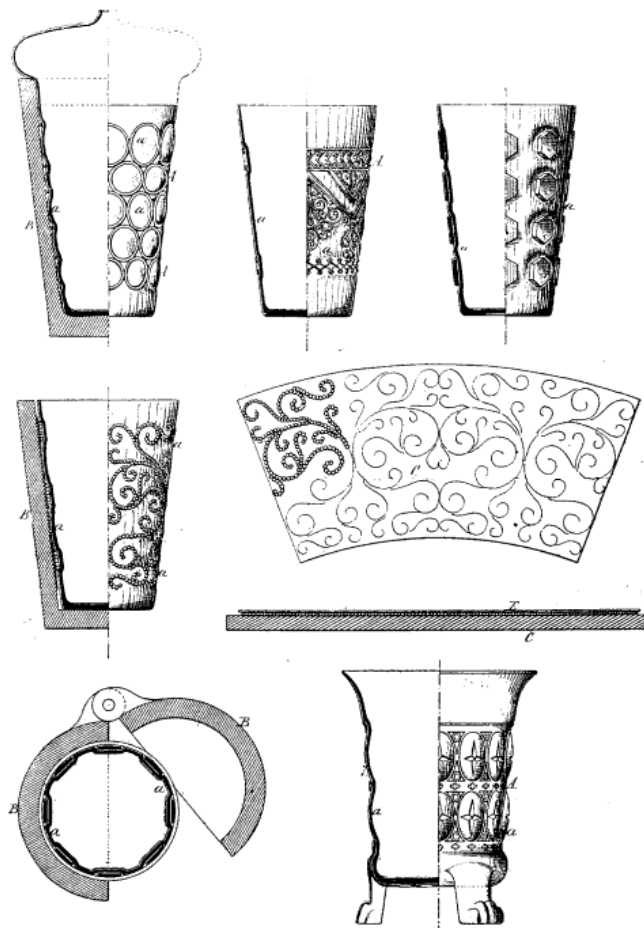


Fig. 14. — *Fritz Heckert*, Petersdorf, Silésie. (Brevet anglais 11398 de 1894.)

La carcasse métallique Aa est placée dans le moule B, dans lequel on souffle le verre comme à l'ordinaire. Le verre pénètre dans les creux a. Le moule peut être, comme en figure 7, constitué par la carcasse même. Pour orner le verre avec des mosaïques en pierres ou métaux, on grave l'ornement sur une plaque C, on y applique une feuille de papier E, avec de la colle sur laquelle la mosaïque adhère; on enlève cette feuille et on la reporte avec sa mosaïque dans un moule BB dans lequel on souffle du verre.

n'est qu'incidemment qu'il paraît s'être occupé d'insérer un réseau métallique dans une feuille de verre plane.

1887. *John Armstrong*. — M. Armstrong ne modifie que très peu (fig. 15) l'appareil employé ordinairement pour le laminage du verre; il se contente d'appliquer au-des-

sus du rouleau lamineur un bâti portant un premier rouleau sur lequel est enroulé le réseau, ce réseau étant, d'autre part, attaché par une de ses extrémités à la table; puis un rouleau plus petit, le long duquel il glisse avant de passer sous le grand rouleau.

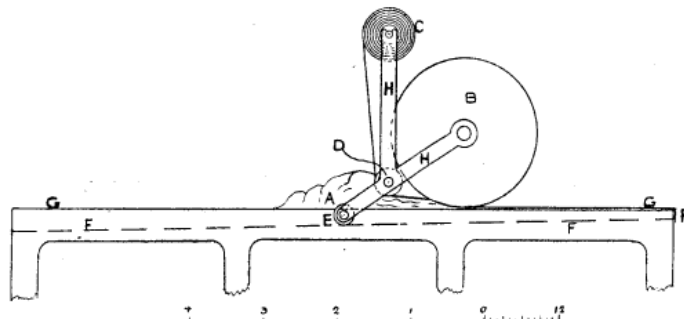


Fig. 15. — John Armstrong, Londres. (Brevet anglais 3701 de 1887.)

La masse de verre incandescent A, posée (fig. 15) sur la table G, est laminée d'abord par le petit cylindre D, sur lequel le réseau métallique passe de C en R, où il est fixé sur la table; le verre pénètre ainsi au travers des mailles du réseau, et est ensuite laminé définitivement par le gros cylindre B; le petit cylindre D a sa distance à la table, ou sa hauteur, réglée par le plan incliné E, sur lequel roule le galet E de son châssis H, de manière qu'il se rapproche de la table à mesure que l'épaisseur de la masse de verre diminue, et que D attaque toujours franchement le plan incliné formé par l'entrée sous lui de cette masse de verre.

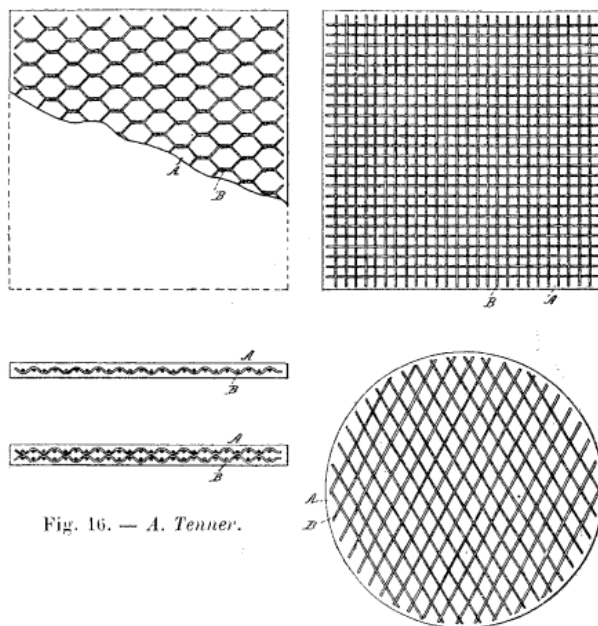


Fig. 16. — A. Tenner.

Dans les conditions où se fait l'opération, ce n'est que par hasard que le réseau se trouve inséré dans le verre, ayant, tout au contraire, toute raison pour rester à la surface de la couche de verre.

1889. *Armin Tenner*. — M. Armin Tenner se contente (fig. 16), pour fabriquer le verre armé, de couler du verre dans un moule plat et d'égaliser cette masse soit à l'aide d'une presse, soit à l'aide d'un rouleau, puis de déposer un réseau métallique AB sur cette couche de verre encore chaude et, cette opération faite, de verser une nouvelle couche de verre, qu'il aplanit comme il a fait pour la première.

Ce procédé, qui ne fonctionne que par opérations successives, ne peut donner que des surfaces de verre de dimensions réduites, et toujours d'une grande épaisseur relative.

Ce procédé est, du reste, celui qui est employé pour la fabrication des dalles armées.

1889. *Paul Siévert*. — M. Siévert propose (fig. 17) d'employer un moule encadré AB, dont le fond porte une série de saillies sur lesquelles on fait reposer le réseau ABC avant de verser le verre ; on procède à la coulée du verre en une seule opération.

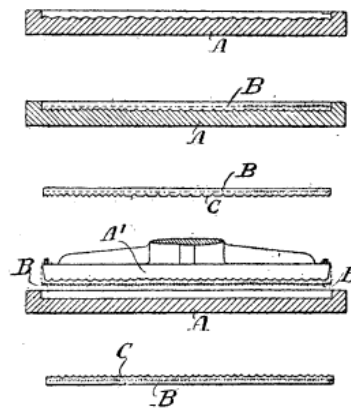


Fig. 17. — P. Siévert.

D'après ce qu'espérait l'inventeur, le verre, tout en remplissant le moule, doit passer pour le réseau et, par suite, l'emprisonner complètement ; mais cette immersion ne peut se faire que d'une façon fort irrégulière ; ce procédé ne pourrait, de plus, être employé que pour des surfaces de petites dimensions.

1892. *Frank Shuman*. — Ce procédé, qui procède par insertion, est (fig. 18) le procédé le plus pratique qui ait été imaginé jusqu'à cette époque, et on a réussi, en effet, à fabriquer le verre armé dans de bonnes conditions par ce procédé, et en très grandes surfaces.

On peut lui reprocher de refroidir le verre beaucoup trop risquant aussi d'altérer la qualité du verre en même temps que sa solidité.

1894. *John Parker*. — M. Parker lamine (fig. 19) le verre entre deux cylindres D_1 et D_2 , de même diamètre, tournant en sens contraire avec la même vitesse ; des lames métalliques h , en forme de couteaux, dirigent le réseau en dessus et en dessous, et ont pour mission de le maintenir, dans la position médiane, entre les deux cylindres ; le verre, une fois laminé, glisse sur une table et, de là, se rend dans le four de recuisson.

Le laminage ne s'opère que dans de mauvaises conditions entre deux cylindres

disposés de cette façon, et le verre ne peut se distribuer qu'inégalement entre les couteaux directeurs.

Le réseau se trouve ainsi inégalement distribué dans la couche de verre, inégale elle-même.

1894. — *William Pilkington*. — M. Pilkington (fig. 20) opère également avec deux

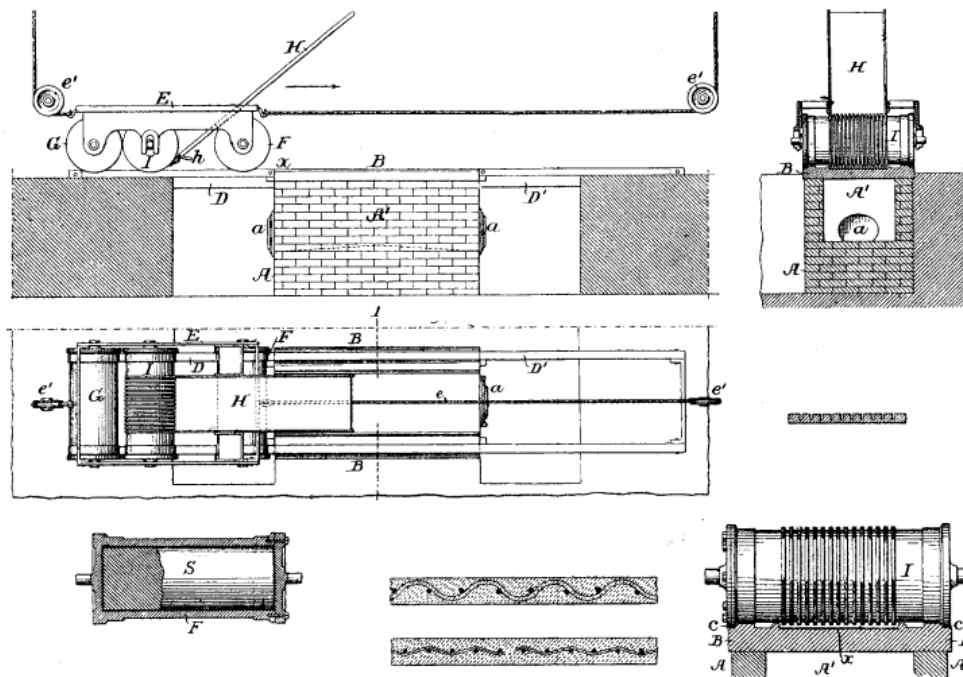


Fig. 18. — *Frank Shuman*, Tacony, Pensylvanie. (Brevet anglais 16792 de 1892.)

Le four AA' (fig. 18) à portes aa, est surmonté d'une plaque de fonte B, avec tôle d'acier x, amovible avec le verre, qu'on y lamine par le chariot E, que commande la corde e'e'; ce chariot roule sur les rails D'D' et porte trois cylindres; le premier, F, roule le verre coulé sur B et le prépare à recevoir le réseau; le second cylindre I est précédé d'un plan incliné H, qui lui amène le réseau, retenu par le loquet h, qui le laisse tomber sous I et sur le verre au moment voulu; ce cylindre est muni de cannelures qui enfoncent le réseau dans le verre, en outre, ce cylindre peut se lever, au retour du chariot, de manière à ne plus porter sur le verre. Les cylindres F et G sont creux, avec fonds amovibles et came S, qui prend une température très élevée de manière à ne pas tremper le verre; le verre préparé par le passage du premier cylindre F reçoit au point voulu le réseau lâché par h, ce réseau y est enfoncé par le cylindre I puis recouvert par le passage du troisième cylindre G. On peut employer, pour armer le verre, soit un réseau plan, soit un réseau ondulé, ce qui relie plus intimement le verre au métal soit enfin de simples fils de fer droits, auquel cas le plan incliné H est pourvu de rainures pour recevoir ces fils.

cylindres égaux de diamètre, mais plus grands, et sur lesquels il opère le versage simultané de deux masses de verre que deux rouleaux de plus faible diamètre ont pour mission de laminier à une épaisseur qui soit pour chacun d'eux égale à la demi-épaisseur de la feuille.

Ces deux demi-feuilles, ainsi laminées, doivent se rencontrer et se souder, en même temps que le réseau descendant verticalement est incorporé entre les deux lames de verre.

L'écoulement des deux feuilles de verre le long des rouleaux ne peut se faire dans

des conditions convenables; elles doivent glisser inégalement avant de se souder, rendant inutile le laminage préalable des deux demi-feuilles.

1895. *Frank Overn, Horace Pettit, John Overn.* — Le procédé imaginé par ces mes-

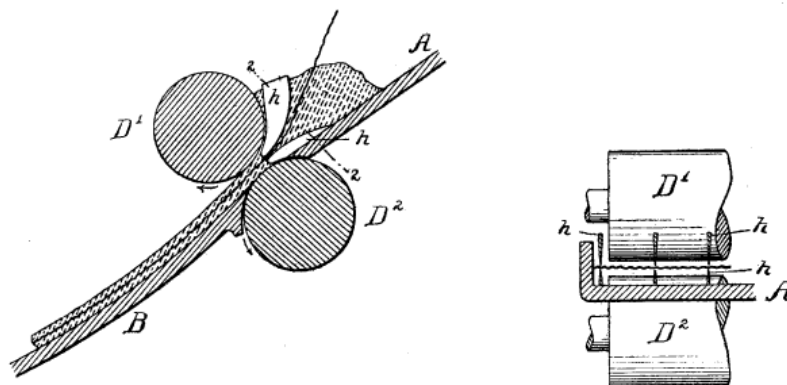


Fig. 19. — John Parker.

sieurs est (fig. 21) une modification du procédé Shuman; ils ont eu en vue simplement un autre moyen d'insertion du réseau.

Ils se contentent de remplacer le rouleau à lames de M. Shuman par un chariot portant des lames en forme de griffes, qui entrent dans le verre.

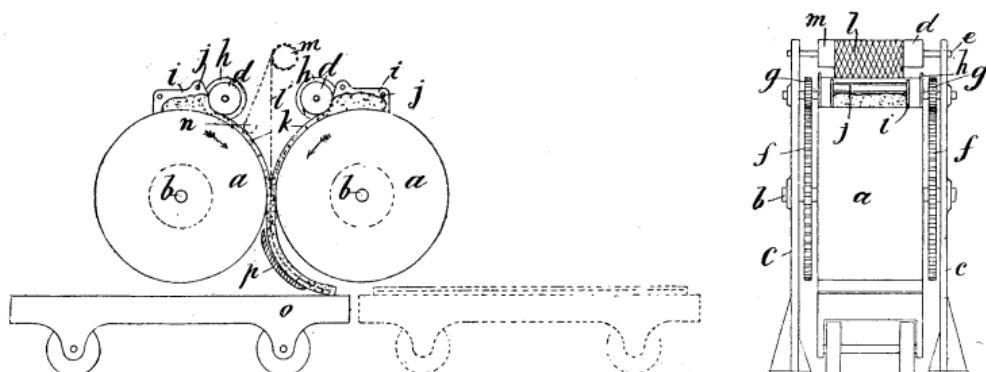


Fig. 20. — W. Pilkinton, St-Helens, Lancaster. (Brevet anglais 9534 de 1894.)

Les cylindres *a* et *d* sont conjugués par des pignons *f* et *g*; les axes *ee* de *dd* sont mobiles radialement et la distance de *d* à *a* est limitée par les rebords *h* de *d*, qui portent sur *a*; les guides *ii*, d'écartement réglable en *jj*, déterminent la largeur de la plaque de verre; le réseau *l* peut descendre directement entre *a* et *d*, ou toucher d'abord, comme en *n*, le cylindre *a* de gauche.

Ce procédé n'a rien qui le recommande de préférence à celui de M. Shuman; il offre le danger que les griffes ne s'échauffent et ne se soudent au verre de la feuille.

1895. *Edward Walsh junior.* — M. Walsh junior, directeur de la Mississippi Glass Co., a eu en vue d'éviter les bouillons et les crachats qui peuvent se produire quand le fil d'acier du réseau se trouve en contact avec le verre fluide et à haute température;

pour éviter que cet effet ne se produise, M. Walsh trempe le réseau dans une masse de verre très fusible et, par suite, très fluide.

1895. *Edward Walsh junior*. — Ce procédé nouveau consiste (fig. 22 et 23) à insérer le réseau dans la masse de verre, puis à remplir le sillon que les fils de ce réseau

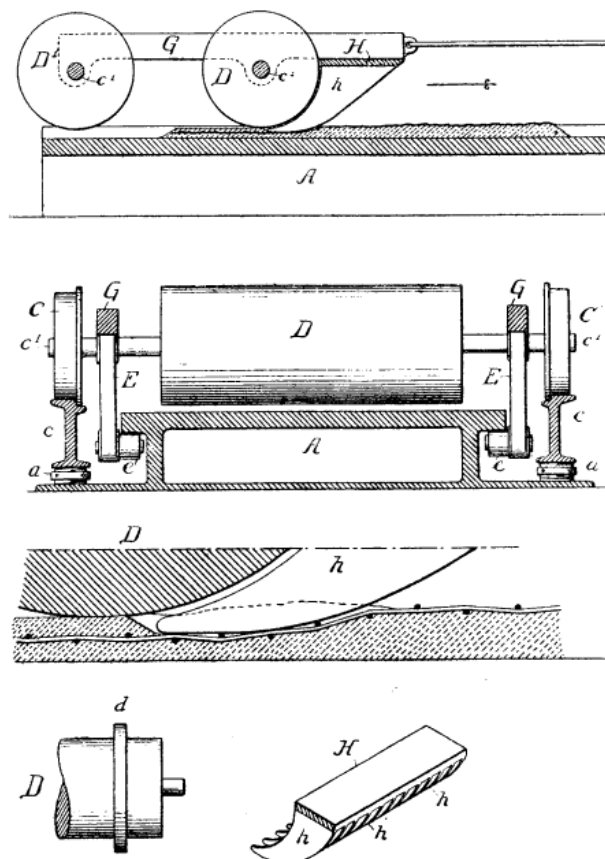


Fig. 21. — *Overn et Petitt*, Philadelphie. (Brevet anglais 5282 de 1894.)

Le chariot, dont les roues CC roulent sur des rails de hauteur réglable en *aa*, est retenu sur la table A par les tirants EE, à galets *ee*.

ont formé avec du verre très fusible de façon que la surface de la feuille de verre devienne plane et unie.

Il est difficile d'admettre que cette feuille composée de verres de diverses natures soit ni bien solide, ni bien régulière.

1895. *Gregg et Stouffer*. — Ce procédé, qui est encore (fig. 24) un procédé par insertion, agit sur le réseau à l'aide de baguettes réunies en un cadre qui marche en avant et de concert avec le rouleau lamineur.

Le réseau est attaché à l'extrémité de la table et il est dirigé à la hauteur voulue entre une série de petits cylindres.

Ce procédé n'a rien de préférable au procédé de M. Frank Overn et Horace Pettit, 1895. *Léon Appert*. — Ce procédé est le type du procédé par interposition.

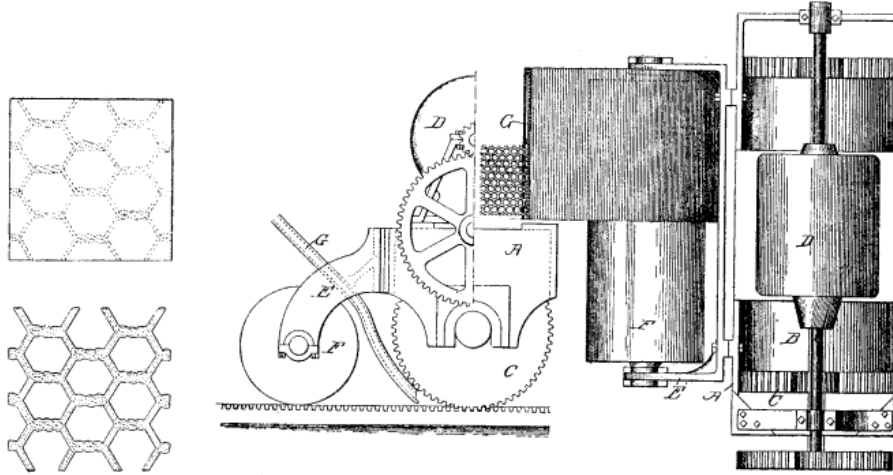


Fig. 22. — E. Walsh, Saint-Louis, Missouri. (Brevet anglais 2535 de 1895.)

On fait arriver par le guide D, devant le rouleau C, sur le verre chaud préparé par le rouleau F, un réseau constitué par des mailles en fils de fer recouverts d'un verre fusible, composé de 100 de sable, 27 de chaux et 20 de borax. Le rouleau B est commandé par un moteur rotatif D au moyen de la transmission C. (Brevet anglais 4661 de 1895.) Le réseau C, placé dans un cadre D sur la table A, est recouvert par B de la masse de verre E, puis on comble les sillons C (fig. 23) par du verre fusible.

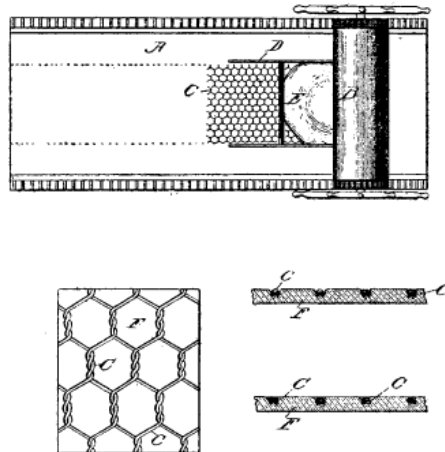


Fig. 23.

Il consiste (fig. 23) à mettre le réseau entre deux couches de verre versées et laminées *simultanément*.

Cette simultanéité dans l'opération a le grand avantage de rendre l'opération aussi simple et aussi rapide que le laminage d'une seule couche de verre ; de plus, au lieu de refroidir le verre de la première couche, la deuxième couche le réchauffe et produit

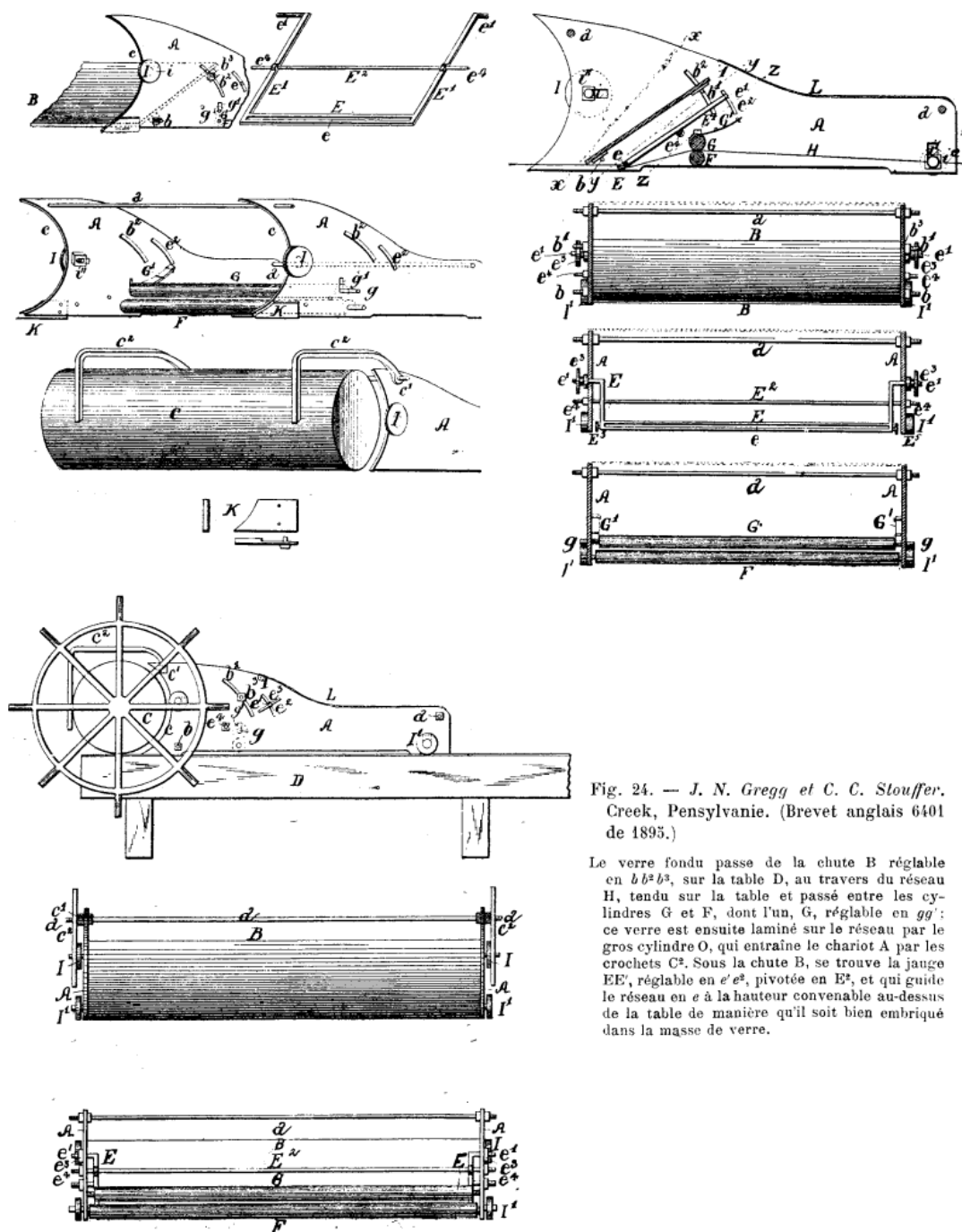


Fig. 24. — J. N. Gregg et C. C. Stouffer.
Creek, Pensylvanie. (Brevet anglais 6401
de 1895.)

Le verre fondu passe de la chute B réglable en $b^2 b^3$, sur la table D, au travers du réseau H, tendu sur la table et passé entre les cylindres G et F, dont l'un, G, réglable en $g g'$; ce verre est ensuite laminé sur le réseau par le gros cylindre O, qui entraîne le chariot A par les crochets C^2 . Sous la chute B, se trouve la jauge EE' , réglable en $e' e^2$, pivotée en E^2 , et qui guide le réseau en e à la hauteur convenable au-dessus de la table de manière qu'il soit bien embriqué dans la masse de verre.

une soudure plus parfaite du réseau, en même temps qu'elle conserve au verre toutes ses qualités.

Le verre fabriqué par ce procédé est plus poli de surface que le verre fabriqué par les procédés par insertion.

1895. *Henry Guinard*. — Ce procédé, qui est décrit seulement pour mémoire, a pour but d'armer des pièces de verre moulées à la presse AB (fig. 26) ou par le procédé du

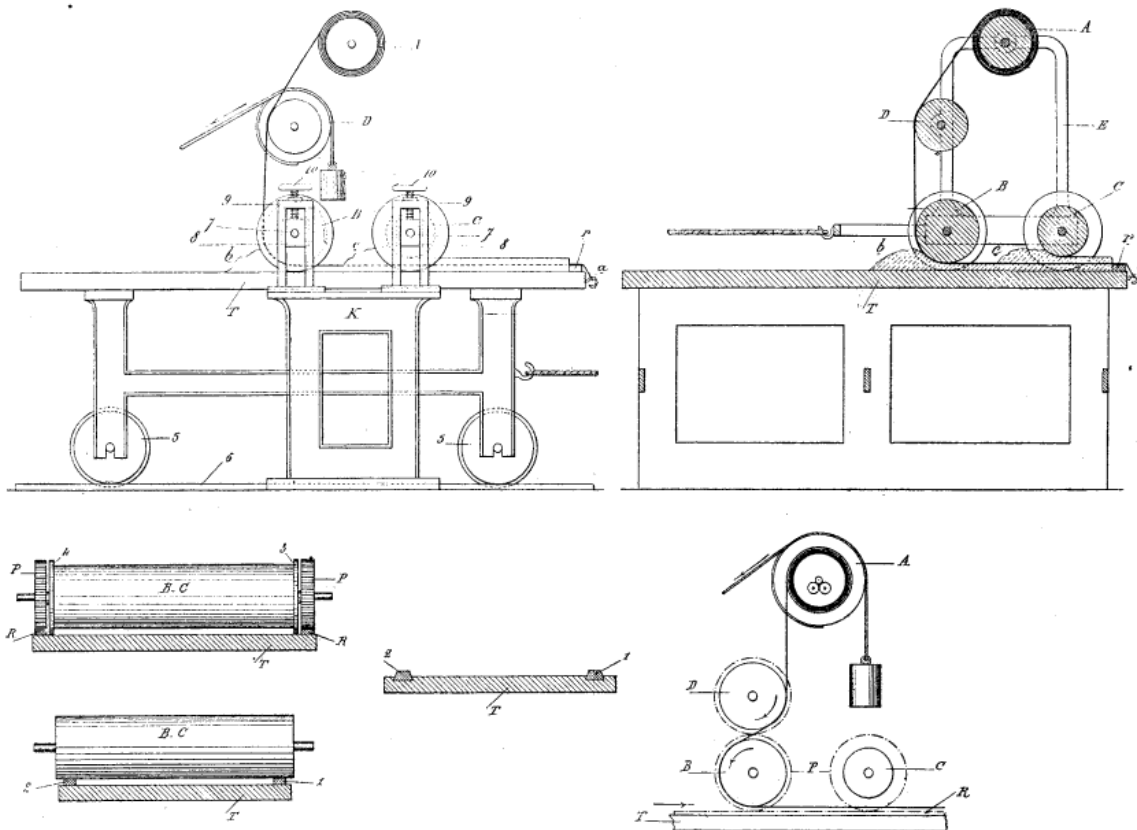


Fig. 25 a, b et c Appert.

En figure 25 a le verre est placé sur une table T, sur galets 5, et tirée sous les cylindres b et c, dont le premier b ne sert qu'à guider le réseau c, a' tension réglée par la résistance du frein D; ce réseau, attaché à la table T en ar' s'engage dans la masse de verre laminée par le cylindre c; la hauteur des cylindres b et c sur la table T peut se régler par le jeu de leurs paliers 8 dans leurs cages 7 au moyen des vis 10; le verre est maintenu entre les bords 1 et 2 de la table T, ses bords sont affranchis par les bords 3 et 4 de c, dont la rotation est commandée par les pignons pp et les crémaillères RR de T. En figure 25 b, la table T est fixe, et c'est le châssis E qui est tiré, avec ses cylindres BC et D et l'enrouleur A du réseau. En figure 25 c, le frein est en A, sur l'enrouleur, au-dessus des cylindres engrenés D et B.

moulage méthodique; il n'a pas de relation directe avec la fabrication du verre armé. Les réseaux aa' devaient être chauffés par un courant électrique cBc.

1895. *Frank Shuman*. — La modification que M. Shuman a apportée à son premier procédé consiste (fig. 27) à maintenir le réseau à la distance voulue de la table au

moyen d'une pièce arrondie garnie de nervures qui maintiennent le réseau tout en laissant passer le verre sous ce réseau.

1893. *John Croskey et Joseph Locke*. — Ces inventeurs ont eu, comme M. Walsh, l'idée de soustraire le réseau métallique à l'action directe du verre fondu en entourant le fil d'acier A (fig. 28) d'une couche d'amiante ou asbeste B qui, étant incombustible, se conserve intacte quand on le met dans le verre chaud.

Pour la fabrication du verre armé, on chauffe le panneau fabriqué dans ces conditions à la température du rouge sombre et on l'introduit ainsi préparé dans la masse de verre.

Le procédé employé pour cette introduction est le procédé Appert, le verre étant fabriqué par la Besto Wire Glass Co, à Pittsburg (Pensylvanie).

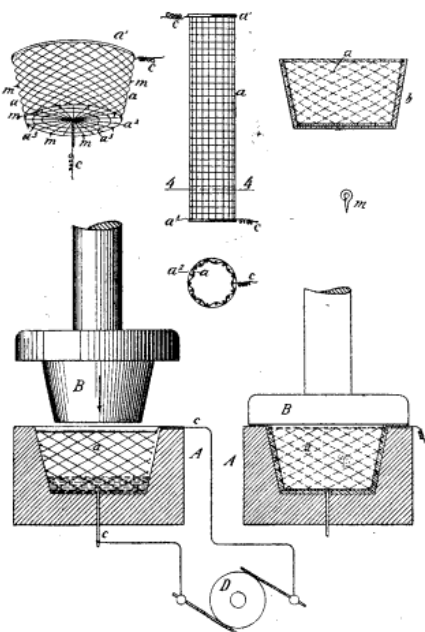


Fig. 26. — H. Guinard (1893).

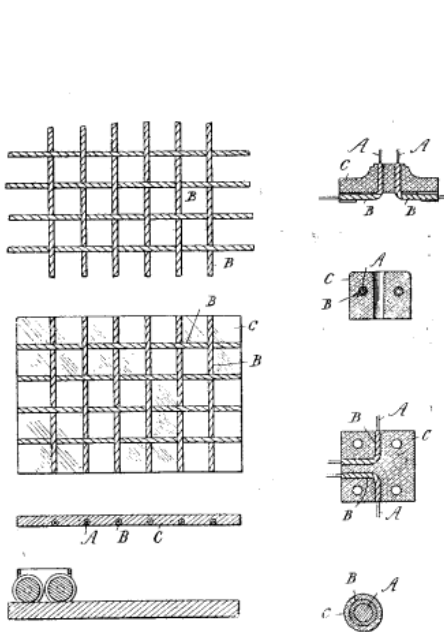


Fig. 28. — Croskey et Locke (1893).

L'élasticité donnée par l'interposition de cette matière peu résistante doit, d'après l'inventeur, procurer au verre une solidité plus grande, et lui permettre en particulier de pouvoir être employé pour fabriquer des glaces polies armées, ce qu'à tort ils prétendent ne pouvoir être fait avec le verre armé ordinaire.

Le verre ainsi fabriqué a l'inconvénient très grand de se salir après coup par l'humidité qui s'introduit dans l'amiante par capillarité en détériorant le fil d'acier et en donnant à l'ensemble une teinte grise et même noire qui en a fait rejeter l'emploi.

1896. *Tondeur*, de Syracuse. — Le procédé Tondeur, de Syracuse, consiste (fig. 29) à faire plonger le réseau métallique *aa* dans un bassin A, rempli de verre en fusion *A''*, en le faisant entrer par une fente B, faite dans une de ses parois, et le faisant sortir par une fente faite dans la paroi opposée, et à la sortie de laquelle le verre est laminé entre deux cylindres *cc''*, de même diamètre.

Ce procédé, très ingénieusement combiné au point de vue mécanique, n'a pu donner de résultat industriel en pratique.

1898. *Charles Hartung*. — Ce procédé n'est (fig. 30) qu'une modification sans importance du procédé Schuman; il en a les avantages et les inconvénients.

L'objet qu'avait en vue l'inventeur était de diriger le réseau dans de meilleures

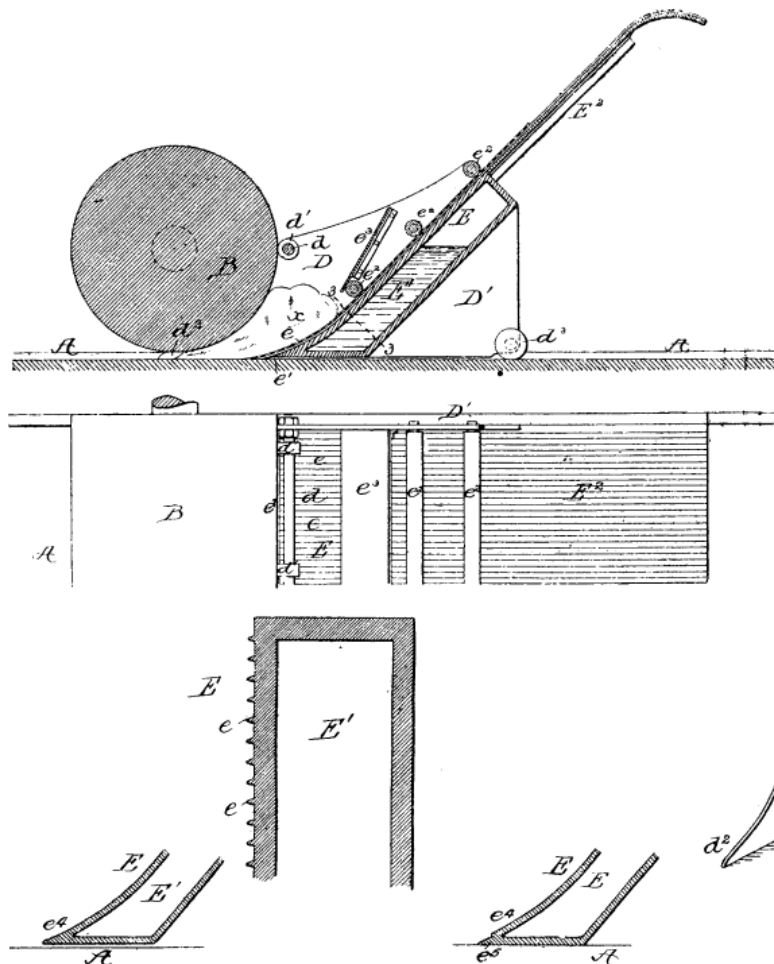


Fig. 27. — *F. Shuman* (1895), Tacony, Philadelphie. (Brevet anglais 16959 de 1895).

La masse de verre x , est amenée par la chute E du chariot DD , d^2 sur le réseau e , guidé par les galettes e^2 sur cette chute, et, dans sa partie supérieure, protégé du verre par l'écran e^3 ; les cannelures de la chute e sont assez hautes pour empêcher le réseau de toucher la table A dès son entrée dans la masse de verre, dans laquelle il se trouve ainsi interlaminé par le rouleau B , appuyé sur les galets antifriction d' ; en outre, l'enveloppe d'eau E' empêche la température de E de s'élever au point d'y faire adhérer le verre. On peut supprimer les cannelures e et munir alors E d'un avant-bec simple e^4 ou à rejet e^2 , disposé de manière à laisser le verre traverser le réseau en ce point.

conditions que ne peut le faire *M. Shuman*; la disposition adoptée est telle que le réseau est, en effet, dirigé aussi bien en dessous qu'en dessus.

Le procédé *Shuman* répond suffisamment aux besoins de la fabrication à ce sujet et est moins susceptible d'amener le refroidissement du verre.

1899. *Paul Sévert*. — Ce procédé n'a pas de relation avec la fabrication du verre armé; il a, en effet, pour but d'allier une feuille de verre avec une feuille de métal.

Pour obtenir une liaison effective, l'inventeur (fig. 31) fait venir de fonte à la sur-

face de la plaque de métal des rainures transversales creuses en forme de queue

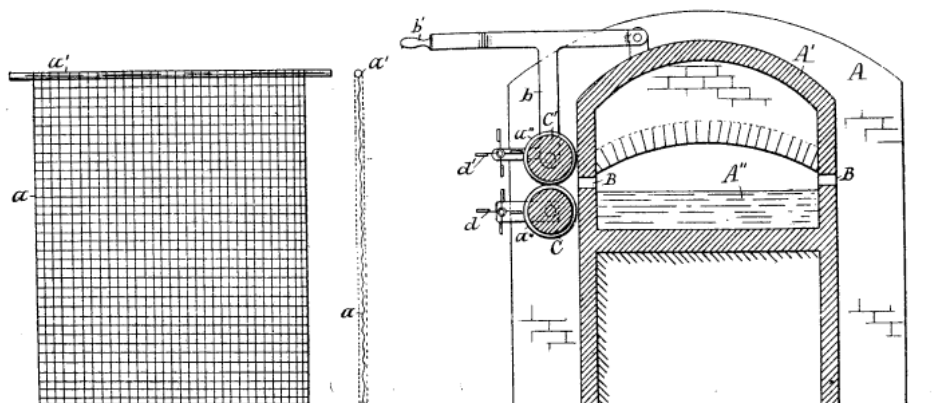


Fig. 29. — C. H. Tondeur (1896).

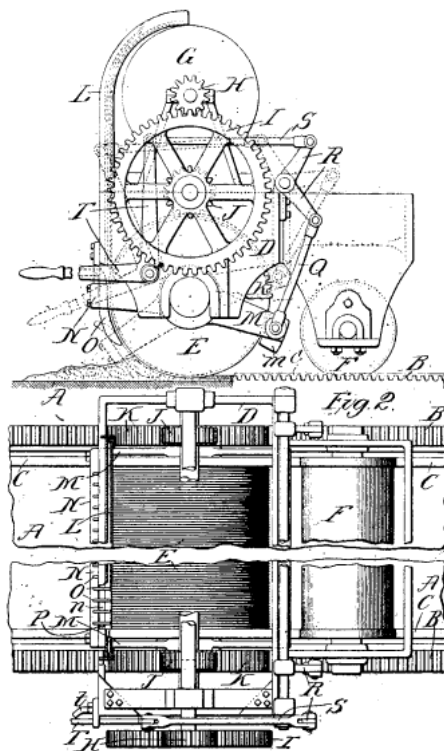


Fig. 30. — C. C. Hartung, Saint-Louis. (Brevet anglais 19436 de 1898.)

Le réseau est amené par le guide L, entre les guides O du châssis MN NP, sur les cylindres, que la dynamo G roule sur la masse de verre A par le train HJK; les guides ou couteaux O, abaissés par le levier T et son revoi SRQ, forcent le réseau dans la masse de verre sous le cylindre E, et cet amorçage accompli, on retire les couteaux O, du verre, en le ramenant de sa position pointillée à sa position en traits pleins figure 30 bis, le levier T restant main tenu dans la position correspondante par son loquet t.

d'aronde, et il coule la masse de verre fondu sur la feuille de métal, qu'il aplanit en la laminant ensuite.

La moindre différence entre les coefficients de dilatation du métal et du verre semble devoir amener l'éclatement de la feuille de verre et sa destruction.

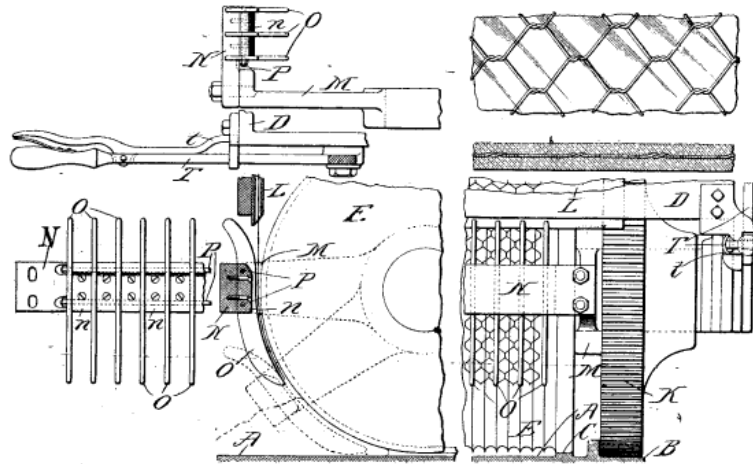


Fig. 30 bis.

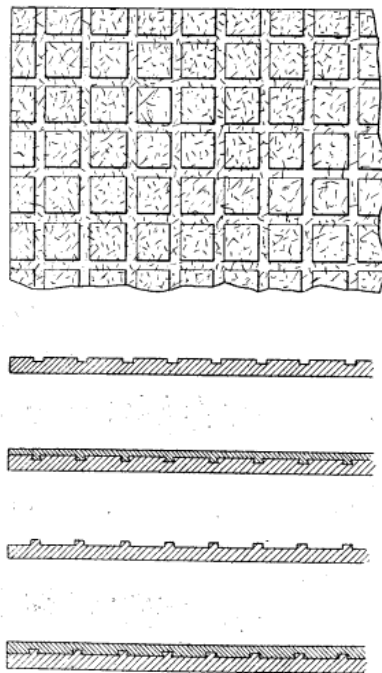


Fig. 31. — P. Sievert (1899).

1899. *Aktien Gesellschaft für Glasindustrie*. — Le procédé qu'a fait breveter cette Société ne concerne pas l'introduction du réseau, qui s'effectue par un des procédés

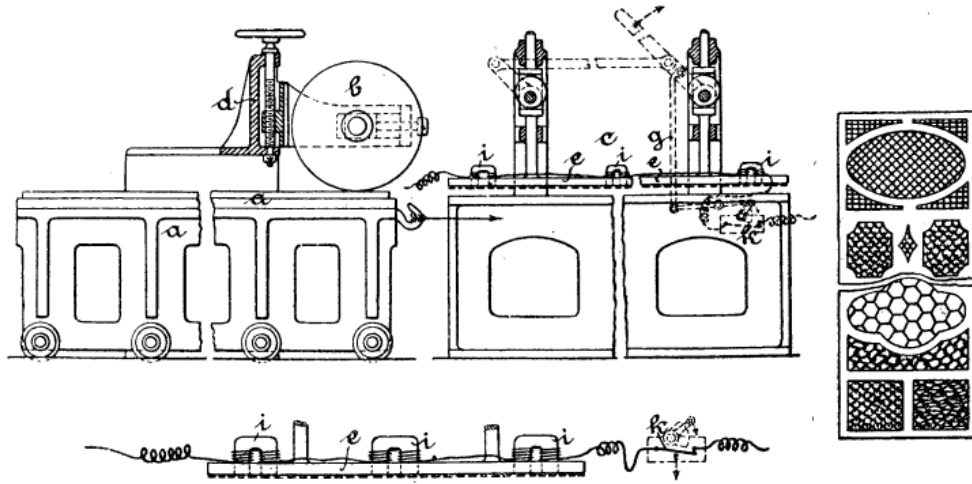


Fig. 32. — Actien Gesellschaft für Glasindustrie (1899).

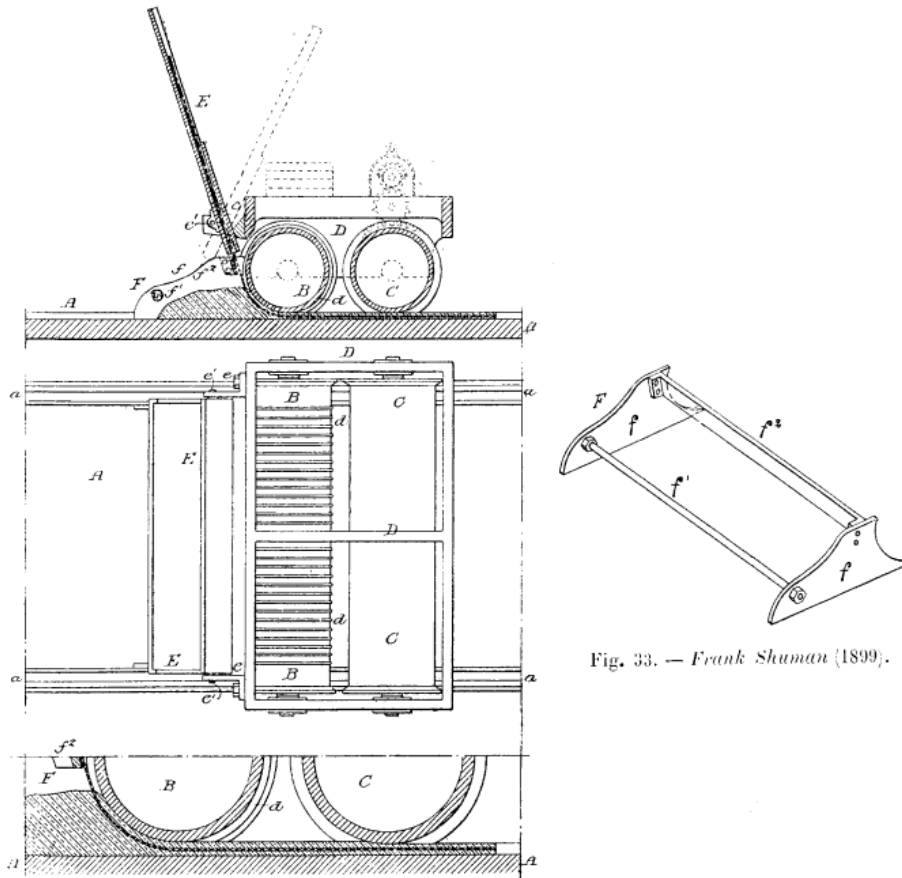


Fig. 33. — Frank Shuman (1899).

décrits ci-dessus; il a pour objet de déposer le réseau d'une forme quelconque sur une feuille de verre laminée préalablement, et pour cela, il utilise le magnétisme communiqué momentanément par les électros i (fig. 32) à un plateau horizontal sous lequel est amenée la table sur laquelle le verre a été laminé, pour maintenir le réseau et l'abandonner au moment voulu par une simple suppression du passage du courant qui ainsi fait cesser l'action magnétique.

Ce procédé donne de grandes facilités pour faire des panneaux armés de dimensions très différentes ou ornementés. Il est, de plus, très ingénieusement combiné au point de vue de la concordance du mouvement de la table et du courant électrique.

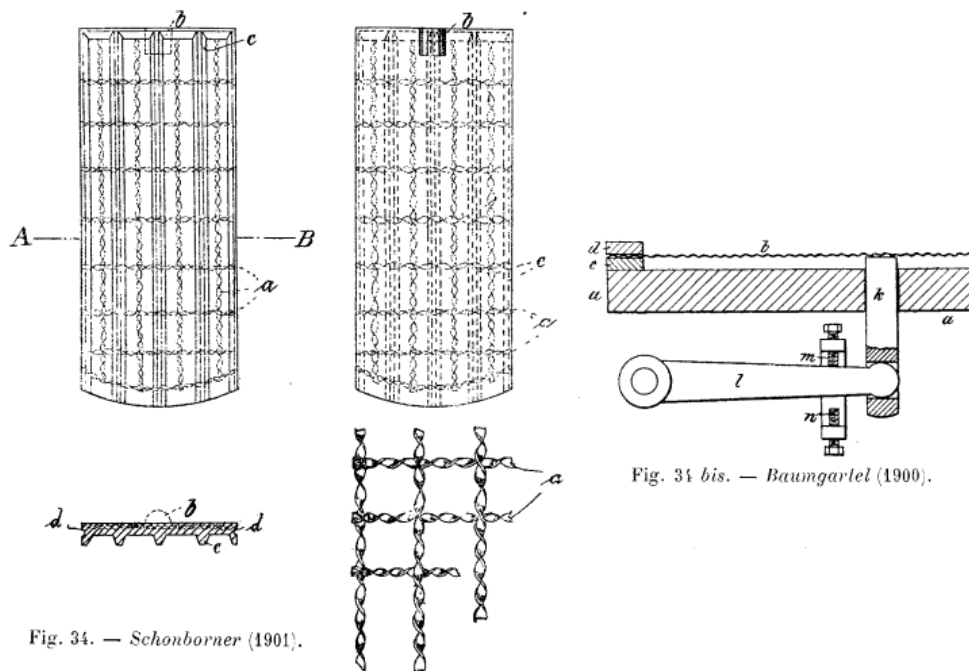


Fig. 34. — Schonborner (1901).

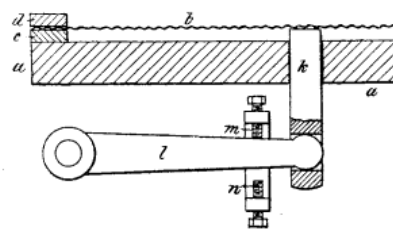


Fig. 34 bis. — Baumgartel (1900).

1899. *Frank Shuman*. — Le principe de fabrication sur lequel M. Shuman s'appuie dans ce procédé est le même que pour son premier procédé ci-dessus décrit, c'est-à-dire par *insertion*; il cherche seulement, par la modification apportée, à éviter le refroidissement intense qui se produit par l'insertion des lames du cylindre, et, pour cela, il lamine le verre et insère le réseau E (fig. 33) en même temps, par le rouleau à cannelures B que suit un rouleau lisse égaliseur C, de sorte que l'ordre dans lequel sont mis en mouvement les deux rouleaux est interverti si on le compare à ce qui se passe quand on opère par le premier procédé.

Ce procédé modifie donc dans un sens favorable le premier procédé, dont le défaut est de refroidir le verre beaucoup trop et, par conséquent, de risquer d'altérer la soudure des deux éléments et de nuire à la solidité du verre une fois laminé.

Ce procédé a eu pour but, en même temps, de permettre de faire des feuilles de verre armé plus minces.

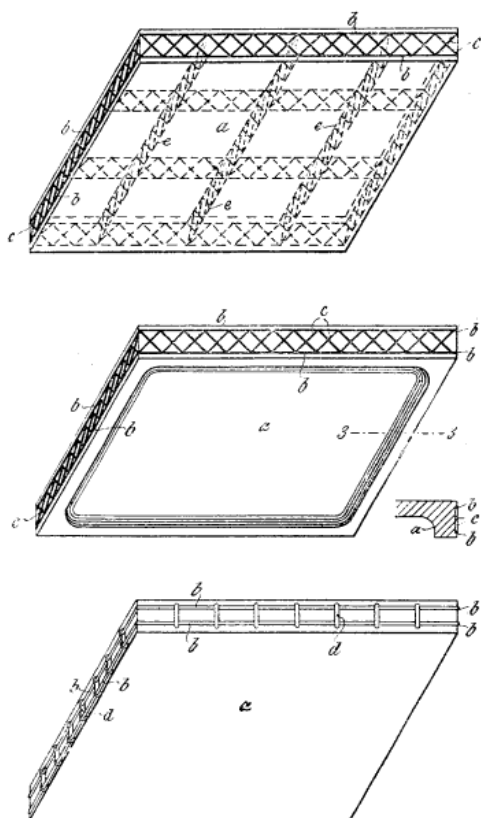
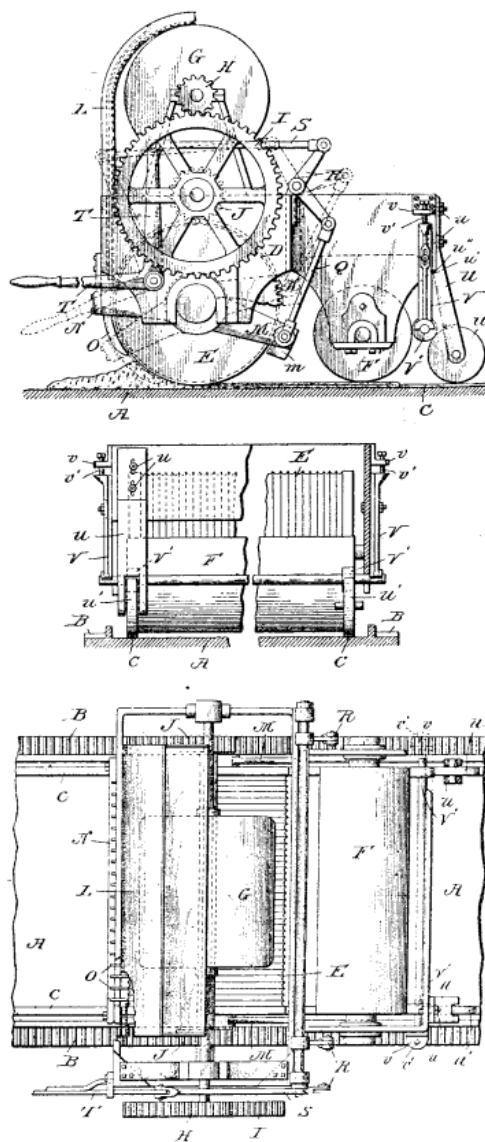


Fig. 35. — Baumgartel (1900).

1900. *Max Baumgartel*. — Le but que poursuit M. Baumgartel est de maintenir le réseau à une distance déterminée de la table de laminage jusqu'au moment où le verre vient l'entourer; pour y arriver, il propose d'employer plusieurs moyens : soit en mettant sur la table de petites cales en verre destinées à être noyées dans le verre une fois laminé, soit en remplaçant ces cales en verre par des cales constituées par une matière combustible se brûlant dans le verre une fois coulé, soit enfin par des ergots s'enblissant sur la table *a* jusqu'au moment où le verre est laminé et disparaissant au moment du passage du rouleau lamineur, n'abandonnant ainsi le réseau *b* qu'au dernier moment.

A cet effet, ces ergots sont commandés par des leviers *l* mobiles entre les tocs *m* et *n*.

Fig. 36. — Mississippi Glass Co, Saint-Louis
(Brevet anglais 17161 de 1901).

On reconnaît facilement les principaux dispositifs de la figure 30, affectés des mêmes lettres avec, en plus, deux rouleaux auxiliaires *F* et *u'* dont l'un : *u'* ne sert qu'à supporter plus ou moins le chariot; sa position est réglée par le galet de friction *V* que l'on enfonce plus ou moins entre *u'* et *F* au moyen de la vis *vv'* de son châssis *v*, le châssis *u* de *u'* pouvant aussi s'ajuster en *uu'*.

Ce procédé, qui est d'une conception ingénieuse dans la dernière partie de la description, paraît devoir être un peu délicat comme application.

1900. *Max Baumgartel*. — M. Baumgartel a imaginé (fig. 35) un autre moyen qui consiste à maintenir le réseau métallique *bc* au moyen d'un cadre *a*, de façon que les diverses parties du réseau se présentent verticalement sans déformation.

Si la figure schématique traduit exactement l'idée qu'a eue l'inventeur, ce moyen de tenir le réseau a l'inconvénient d'en mettre certaines parties beaucoup trop près de la surface.

1901. *M. Schonborner, Glasfabrik Johanaahuite*. — Le procédé décrit n'a qu'une relation indirecte avec la fabrication du verre armé proprement dit.

Il a (fig. 34) pour objet surtout la fabrication des tuiles armées, et comme particularité d'avoir un réseau *a*, formé de bandes de fer plat tournées en spirale, et qui, tout en donnant de la raideur, ne gêne le passage de la lumière que le moins possible.

1901. *Mississippi Glass Co.* — La modification proposée par la Mississippi Glass Co a pour objet d'apporter un perfectionnement peu important au procédé Shuman.

Le moyen d'insertion est le même; il y a de plus (fig. 36) deux rouleaux égaiseurs qui suivent le premier rouleau; on ne s'explique pas bien la nécessité de ces deux rouleaux.

Le perfectionnement, s'il existe, paraît peu important, et n'est pas de nature surtout à améliorer le procédé Shuman.

ARTS MÉCANIQUES

RÉSUMÉ DU MÉMOIRE PRÉSENTÉ PAR M. CONSTANTINESCU, PAR **M. Râteau**,
Membre du Conseil.

M. Constantinescu, ingénieur de la ville de Dorohoi (Roumanie) a soumis à la Société d'Encouragement un mémoire sur une conception nouvelle ayant pour objet « la *récupération de l'énergie à la descente des convois sur voies ferrées en pente* ». En raison de son originalité on a pensé qu'il valait d'être résumé dans le Bulletin de la Société.

L'idée d'utiliser le travail de descente n'est pas neuve en elle-même. Elle est réalisée couramment avec les tramways à accumulateurs électriques qui, au moyen de leurs dynamos fonctionnant comme génératrices, rechargent leurs éléments sur les fortes pentes. On sait aussi que MM. Siemens et Halske ont installé, sur la ligne à crémaillère qui réunit les deux villes allemandes de Barmen et d'Elberfeld, une traction électrique dans laquelle on pratique, à la descente, la récupération partielle de l'énergie.

Mais, dans ces quelques cas, l'on ne s'est pas préoccupé de faire remonter le véhicule *uniquement* avec l'énergie récupérée à la descente. M. Constantinescu prouve précisément, dans son mémoire, qu'il serait possible de le faire, avec une pente suffisante, en employant, pendant la descente, une surcharge d'eau dont on se débarrasserait une fois arrivé en bas, tout comme on le fait dans les funiculaires à contrepoids d'eau. Ce système ne pourrait être appliqué, à vrai dire, que sur des pentes relativement fortes, atteignant 100 à 140 p. 1 000, sur lesquelles les véhicules peuvent encore se tenir par simple adhérence, à condition que tous les essieux soient moteurs.

L'auteur du mémoire a étudié très complètement la question sous ses différents aspects et, à l'appui de son idée, il développe deux exemples principaux : le premier basé sur l'emploi de l'air comprimé servant de moteur à la montée et de frein à la descente, et le deuxième fondé sur l'application de l'électricité avec trolley. Dans chacun de ces exemples, il suppose une ligne à pente assez régulière s'élevant à 133 p. 1 000, ce qui est à peu près la limite pour le cas où l'on doit monter les véhicules sur rails par simple adhérence. Le wagon automobile du système de M. Constantinescu porte un réservoir d'eau qu'on remplit préalablement avant la descente. Grâce à cette surcharge, on emmagasine, par le

moyen que nous allons voir, une quantité d'énergie suffisante pour faire remonter le même véhicule ou un véhicule identique, après avoir vidé le réservoir d'eau. A condition que la pente moyenne soit supérieure à un certain minimum, il est toujours possible, ainsi que le montre une formule générale, de placer sur le véhicule une surcharge d'eau permettant d'obtenir ce résultat.

La formule est :

$$P_d = \frac{1}{K} P_m \frac{i + a}{-a},$$

où P_d est le poids du véhicule descendant avec sa surcharge d'eau ;

P_m celui du véhicule montant ;

K le coefficient du rendement de l'ensemble des machines génératrices et réceptrices, ainsi que de l'accumulateur d'énergie ;

i la pente en millièmes.

a le coefficient de résistance au roulement (comprenant les pertes par frottements du véhicule et la résistance de l'air) additionné d'un terme qui tient compte de l'inertie du véhicule pendant les démarrages.

Dans le système où on emploie l'air comprimé, pendant la descente, la gravité, servant de moteur, met en mouvement les pistons des cylindres qui compriment et refoulent l'air dans des réservoirs que porte la voiture. Puis, à la montée, cet air, ainsi comprimé pendant la descente, est utilisé dans les mêmes cylindres ou dans d'autres cylindres, pour ramener le véhicule à son point de départ. L'air passe, avant l'entrée dans les cylindres, d'abord dans un surchauffeur, puis dans un détendeur, comme cela se pratique avec le système Mekarsky.

M. Constantinescu suppose, pour son exemple, une ligne de 4 kilomètres de longueur, ayant 13, 3 p. 100 de pente, sur laquelle il veut faire courir, à une vitesse de 14 kilomètres à l'heure, un véhicule à deux essieux moteurs capable de transporter trente voyageurs.

Voici à quelles dimensions il arrive alors. Le véhicule aurait un poids mort total de 10 tonnes, y compris le poids des moteurs et des réservoirs à air comprimé. Le poids d'eau nécessaire pour la récupération, avec un léger supplément, permettant de parer aux nécessités de l'exploitation, atteindrait 22 tonnes. Le réservoir d'air comprimé, fonctionnant à la pression de 30 atmosphères, se composerait de 20 tubes de 40 centimètres de diamètre et 2^m,93 de longueur, ayant une paroi en tôle d'acier de 4 millimètres d'épaisseur. Le poids total de ces réservoirs atteindrait 2 650 kilogrammes. Longueur totale de la voiture 8 mètres, largeur 3 mètres.

Dans ce projet, la grosse difficulté est de loger sur la voiture ces caisses à eau de 22 mètres cubes de capacité et ces réservoirs d'air comprimé, qui ont un

volume utile de 7^m³,38. L'auteur y parvient en plaçant les caisses à eau au-dessus des essieux entre les compartiments à voyageurs, et les réservoirs à air au-dessous du châssis de la voiture, aux extrémités du véhicule.

Dans le cas où la traction se ferait avec le concours de l'électricité prise à un fil conducteur latéral au moyen d'un trolley, le bon rendement des machines électriques, bien supérieur à celui des machines à air comprimé, permettrait de réduire considérablement la surcharge d'eau, et l'on n'aurait plus alors de réservoirs d'air à transporter.

Le deuxième dispositif de M. Constantinescu consiste donc à faire mouvoir la voiture montante, renfermant plus ou moins de voyageurs, au moyen de la voiture descendante servant de génératrice, les deux voitures étant reliées entre elles électriquement par un conducteur aérien, et par les rails servant de ligne de retour. A cet effet, les voitures seraient munies, sur chaque essieu, d'une machine dynamo excitée en dérivation, de manière à obtenir facilement les variations de voltage, pour la même vitesse du véhicule, par la manœuvre d'un rhéostat de champ.

Voici, par exemple, à quels chiffres l'on arrive en supposant une ligne de 10 kilomètres de longueur, présentant, comme précédemment, une pente moyenne de 133 p. 1 000. Les voitures, capables de contenir trente personnes, pèseraient 3 tonnes, y compris les dynamos; et la surcharge d'eau, suffisante pour assurer le service, serait de 10 tonnes environ. Les dynamos auraient, chacune, une puissance de 35 chevaux, avec laquelle on pourrait effectuer le démarrage et la mise en vitesse, à 14 kilomètres à l'heure, sur une longueur de 100 mètres. La voiture, ne devant maintenant porter qu'une surcharge de 10 mètres cubes d'eau, devient pratique; ce volume, en effet, est analogue à celui qui existe dans différents funiculaires, notamment dans celui, bien connu, de Territet-Glion.

La voiture montante et la voiture descendante se trouveraient être ainsi reliées électriquement, comme les wagons montant et descendant d'un funiculaire le sont par un câble, avec cet avantage que, la liaison n'étant plus rigide, les déplacements des deux voitures auraient une certaine indépendance. Toutefois, pour assurer une indépendance à peu près complète d'un véhicule par rapport à l'autre, et aussi pour permettre des variations de pente, M. Constantinescu place une batterie d'accumulateurs en dérivation sur la ligne. De cette manière, lorsque la voiture descendante débite trop de courant, c'est l'accumulateur qui absorbe l'excès d'énergie; et, au contraire, quand elle n'en donne pas assez à la voiture montante, l'appoint d'énergie est fourni par l'accumulateur. Celui-ci jouerait donc le rôle de volant; il serait, de plus, assez largement calculé pour permettre, le cas échéant, après une avarie par exemple, de remonter d'un bout à l'autre de la ligne une voiture sans le secours du véhicule descen-

dant. La batterie pourrait être chargée par un petit moteur auxiliaire à poste fixe ou, mieux encore, c'est le procédé préféré de l'auteur, par les voitures automobiles elles-mêmes, au moyen de quelques voyages effectués à vide, c'est-à-dire sans voyageurs.

Les dynamos étant excitées en dérivation, le mécanicien aurait toute facilité, en manœuvrant le rhéostat de champ, de faire varier l'intensité de l'induction pour approprier le voltage des machines à celui de la batterie d'accumulateurs, suivant qu'elle se charge ou se décharge.

Pour illustrer sa démonstration, M. Constantinescu compare une ligne à forte pente existante, telle que celle d'Utliberg, près de Zurich, utilisant les locomotives à vapeur, à une ligne qui serait établie suivant sa méthode.

A Utliberg, la ligne actuelle a 10 kilomètres de longueur et une pente moyenne de 43,5 p. 1 000; la locomotive remorque deux voitures à voyageurs. Les frais d'installation se sont élevés à 1 628 246 francs, et la dépense de charbon, à 15 francs la tonne, doit atteindre à environ 16 000 francs par an pour huit voyages complets par jour. Avec le système à trolley et récupération par surcharge d'eau, la longueur de la ligne aurait pu être réduite à 6 kilomètres en augmentant la pente. La dépense, d'après le devis de M. Constantinescu (devis nécessairement approximatif), aurait été alors réduite à environ 1 100 000 francs. L'économie d'installation se serait donc élevée à 33 p. 100; quant à la dépense de charbon, elle serait complètement évitée.

M. Constantinescu examine encore sommairement l'application de son idée à des tramways à accumulateurs; mais ce cas est évidemment moins favorable que le précédent.

ARTS MÉCANIQUES

ESSAIS DU CUIR DANS SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES, PAR **M. Henri Boulanger**, *industriel à Lille* (1).

DES BUFFLES ET DE L'EMPLOI DE LEURS PEAUX DANS L'INDUSTRIE

Comme nous l'avons dit précédemment, les cuirs de bœufs des pays européens ne sont pas les seuls qui soient susceptibles d'être utilisés dans l'industrie; le buffle trouve aussi des applications multiples qui se généraliseront avec les progrès que les importateurs apportent dans les soins donnés à la préparation et la conservation de ces peaux.

Par sa composition spéciale, ses fibres longues, le cuir de buffle est d'une résistance bien supérieure à celle des cuirs de nos bœufs; les résultats obtenus depuis de nombreuses années dans la fabrication des taquets en sont du reste la meilleure preuve et les essais que nous donnons ci-après sur ces peaux chromées, confirment notre appréciation.

Le seul défaut qu'il soit possible de reprocher à ce cuir, c'est d'être grossier, et d'avoir la fleur rugueuse, calleuse, offrant un contraste frappant avec la nuance claire et lisse de nos peaux européennes; il est aussi plus irrégulier d'épaisseur.

Avant d'exposer le détail de nos expériences faites sur les peaux de buffle, nous croyons intéresser nos lecteurs en leur donnant quelques détails sur l'animal lui-même.

Mammifère ruminant de la famille des Bovidés, il vit dans la zone équatoriale de l'Afrique, de l'Asie, de l'Océanie jusqu'au 17° latitude nord.

Il en est de différentes sortes vivant à l'état sauvage ou domestiqués. Nous nous occuperons de ces derniers seulement, les autres n'ayant aucun intérêt au point de vue commercial ou industriel.

Le buffle commun (*Bubalus vulgaris*) est la bête de somme par excellence des pays tropicaux; au point de vue pratique, cet animal semble avoir été créé pour vivre là où les bœufs et vaches ne pourraient s'acclimater; sa force extraordinaire et sa rusticité rachètent la fâcheuse impression qu'il donne au premier aspect.

Les indigènes l'ont compris, ils en font grand cas, d'autant plus qu'il vit sans soins et sans grands besoins: un peu d'eau pour se vautrer et les plus mauvais herbages, c'est tout ce qu'il lui faut; il se priverait plus facilement de nourriture que d'eau; le manque d'humidité le rend méchant.

Aux Indes et dans les colonies européennes du sud de l'Asie et de l'Océanie, il est indispensable pour les travaux agricoles, et c'est pendant la saison

(1) Voir le *Bulletin* d'avril, mai 1902.

des pluies qu'il rend le plus de services pour les travaux dans les rizières.

Le système d'attelage et leur conduite par un simple anneau passé dans les naseaux montrent avec quelle facilité ces animaux se laissent diriger ; c'est aussi de cette façon qu'ils sont bridés lorsqu'on les utilise comme bêtes de bât ou de selle ; ils se soumettent, du reste, aux travaux les plus durs sans jamais se rebuter. Autant leur démarche est nonchalante sur terre, autant ils paraissent agiles et à leur aise lorsqu'ils doivent travailler dans la rizière.

On en rencontre de grandes quantités dans le sud de la Chine et dans toute la Malaisie ; leur propagation paraît avoir été plus rapide vers l'Occident, où ils ont peut-être trouvé un climat plus favorable.

C'est surtout dans les Indes néerlandaises que l'élevage du buffle paraît avoir atteint son plus grand développement ; non seulement il y est élevé pour son utilisation aux travaux agricoles, mais sa chair est mangée par les indigènes et ses dépouilles, cornes et peau, font l'objet d'un grand trafic.

Batavia, Samarang, Padang, Macassar, Sarabaya sont des marques ou provenances réputées à juste titre sur le marché européen.

Dans ces régions, la peau est traitée d'une façon toute particulière, avec autant de soins que sur le continent ; c'est là aussi qu'elle est parvenue à acquérir le plus de valeur.

Dès qu'elle a été dépouillée et lavée à grande eau, les indigènes l'écharnent, c'est-à-dire font disparaître la graisse, la chair et autres débris restés adhérents. Pour cette opération, ils étendent la peau sur une table, puis, à l'aide d'un outil rond, sorte de serpe, qu'ils manient des deux mains, ils raclent la peau et l'immergent ensuite dans des bains antiseptiques qui la garantissent des insectes ou vers rongeurs.

Pour s'assurer un transport économique, bon nombre d'exportateurs ont adopté le système suivant :

La peau, percée de trous à ses extrémités, est tendue sur des cadres à l'aide de cordes ou même d'herbes tressées, puis exposée au soleil qui la dessèche.

Dans certaines régions, on se contente de la tendre par terre à l'aide de petits piquets ou morceaux de bois jusqu'à siccité complète.

Les peaux sont ensuite pliées en deux par la raie du dos et mises en balles de 25 liées avec des jones.

Il est difficile d'évaluer exactement le chiffre de la production des buffles. Tous les ports échelonnés du Tonkin au golfe Persique en expédient en Europe ; d'autre part, une grande partie est consommée sans préparation dans le Levant pour les semelles de sandales. Néanmoins, nous ne pensons pas être au-dessous de la vérité en l'évaluant à 3 millions de peaux par année, statistique relevée par les marchés de Londres, Anvers, Rotterdam, Amsterdam, Le Havre.

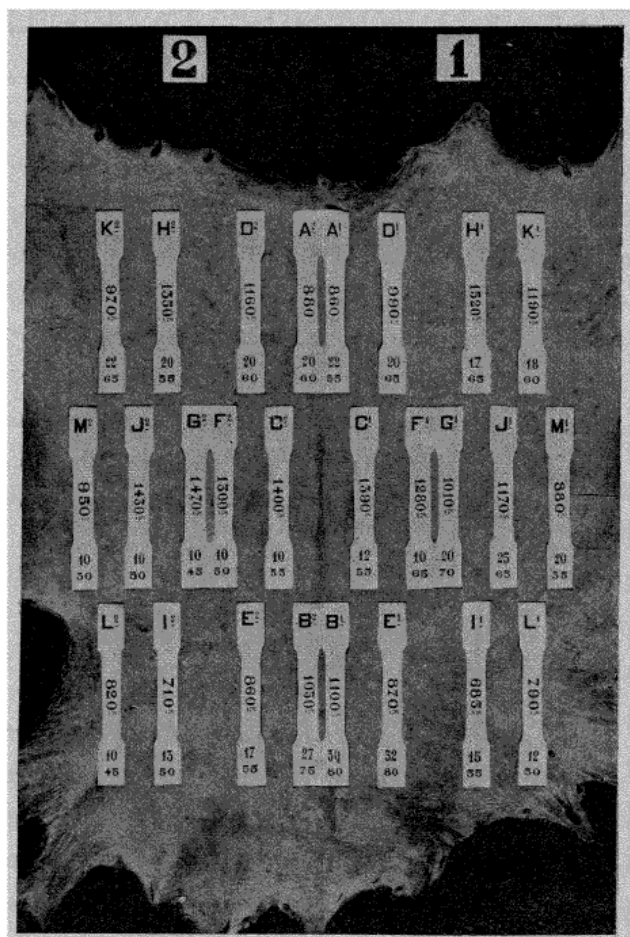
CUIR CHROMÉ BUFFLE, ALLONGEMENTS ET CHARGES JUSQU'À LA RUPTURE

[illegible]

RESISTANCE ET ALLONGEMENT DES DIVERSES PARTIES D'UN CUIR DE BUFFLE CHROMÉ

C'est donc cette sorte de peau que nous avons étudiée et comparée aux bœufs du pays travaillés à l'écorce ou au chrome.

A cet effet, nous avons choisi une peau de buffle qui, après tannage et cor-



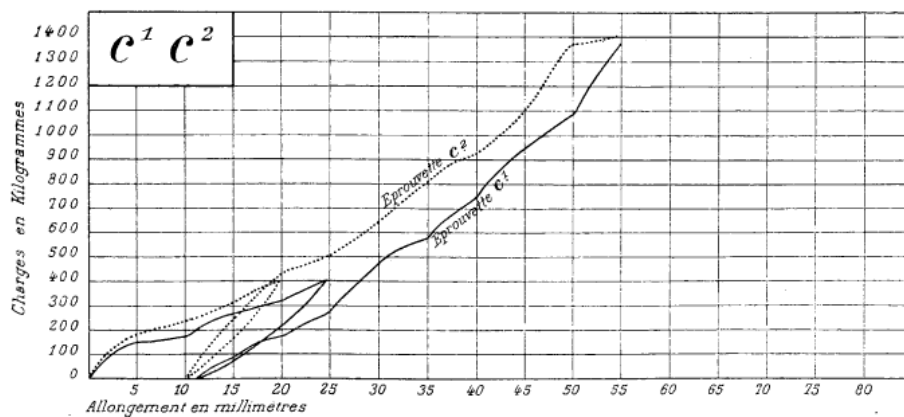
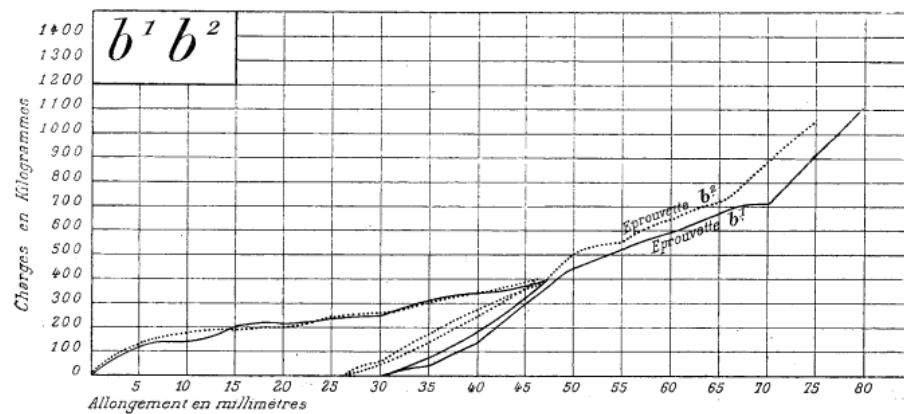
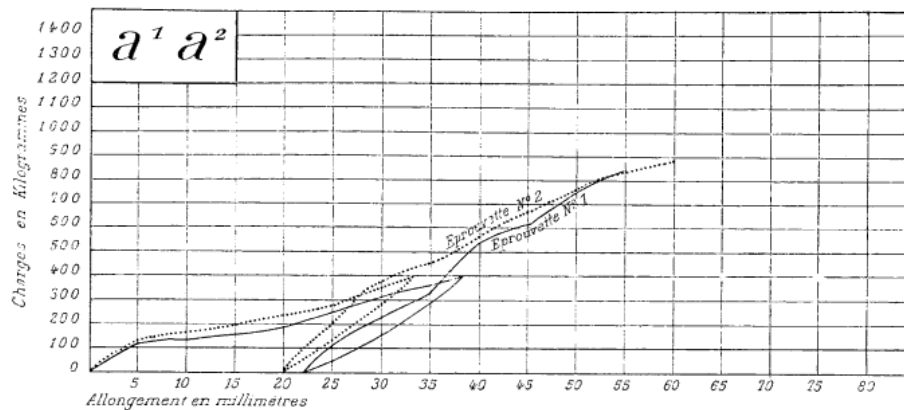
Photographie n° 28.

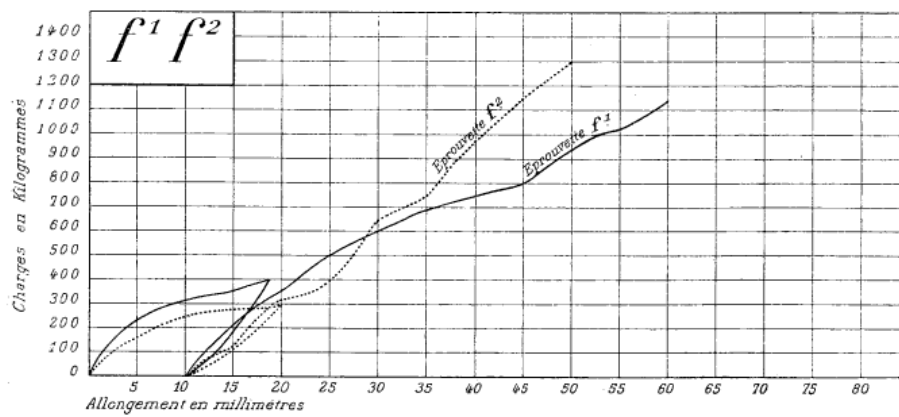
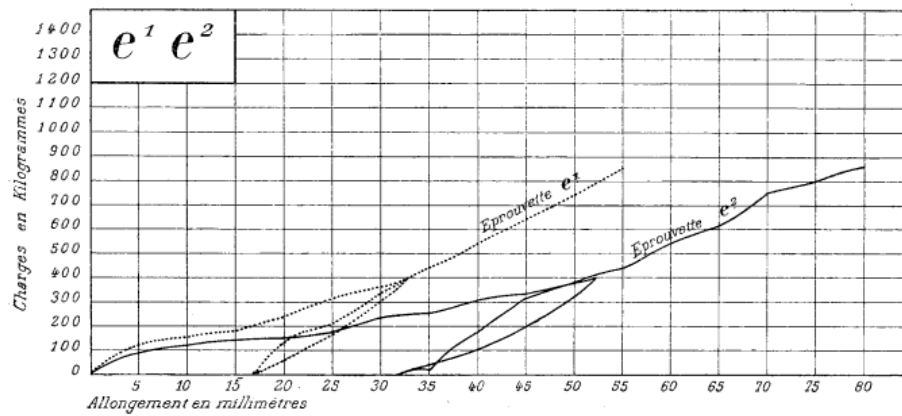
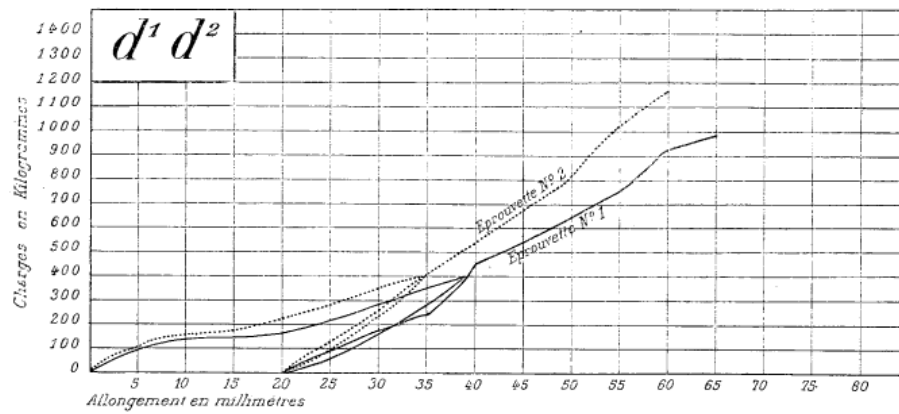
Cuir chromé buffle, peau de forme irrégulière telle que nous la recevons des colonies.

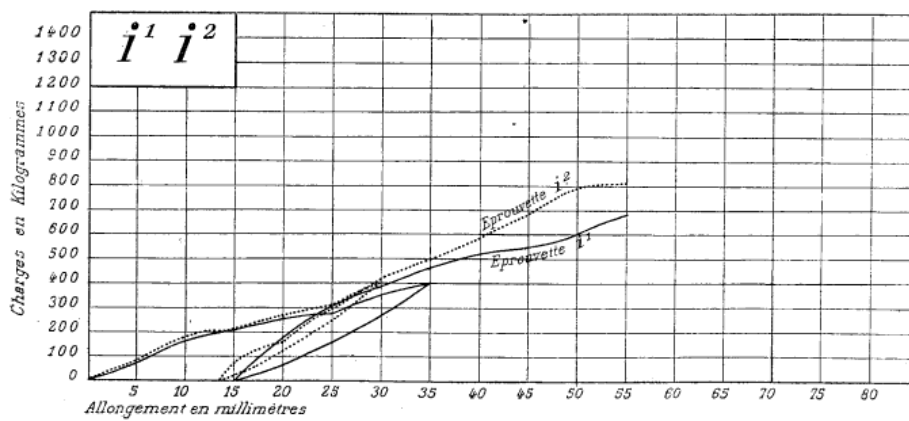
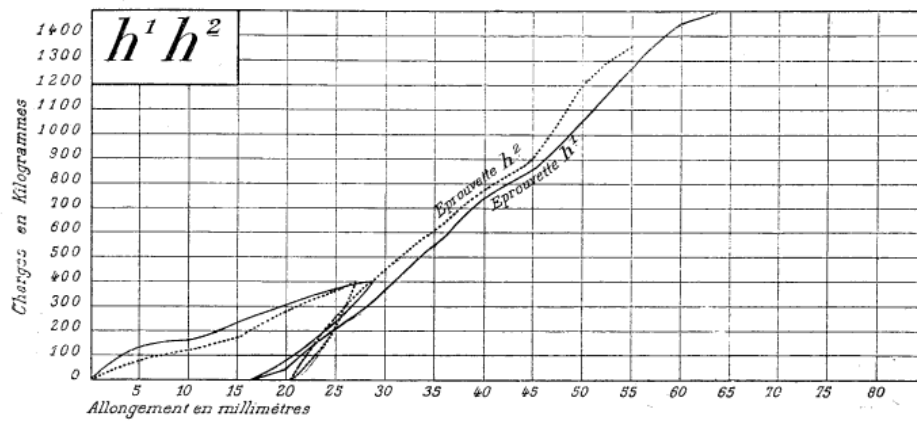
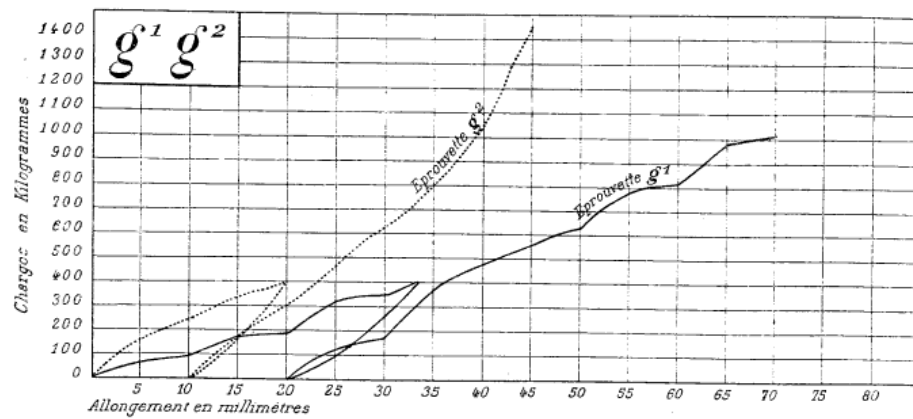
royage, avait la même épaisseur que celle du bœuf chromé décrit dans la première partie de ce chapitre. Nous l'avons tracée et découpée exactement de la même façon, et nos éprouvettes avaient également les mêmes dimensions. Une

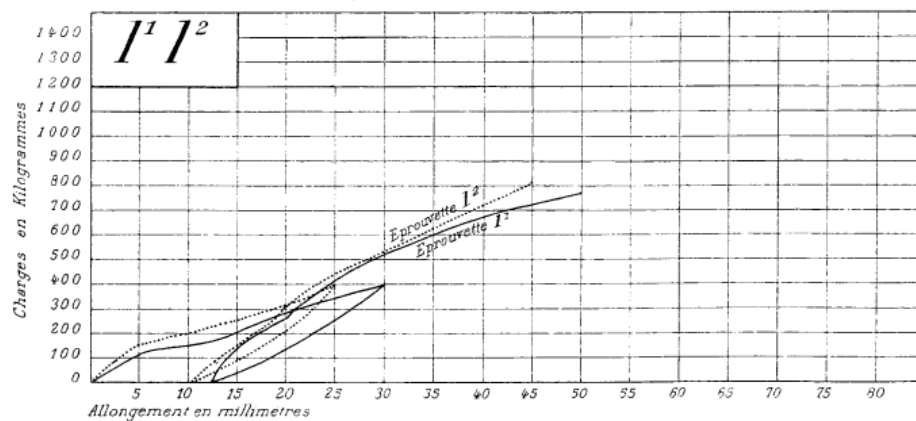
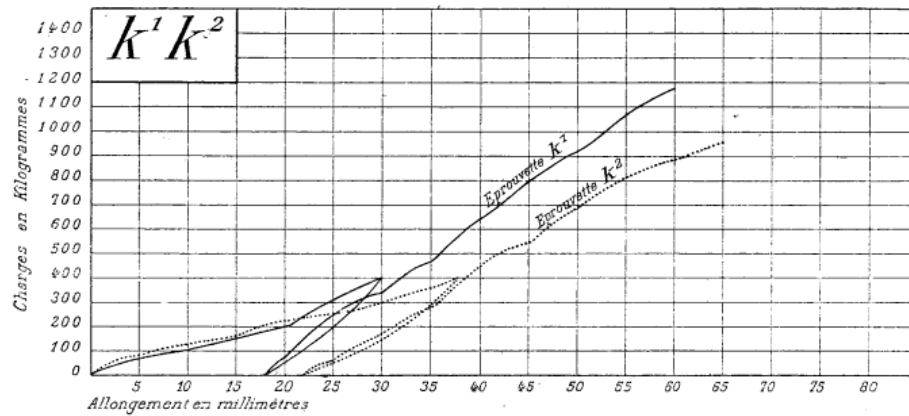
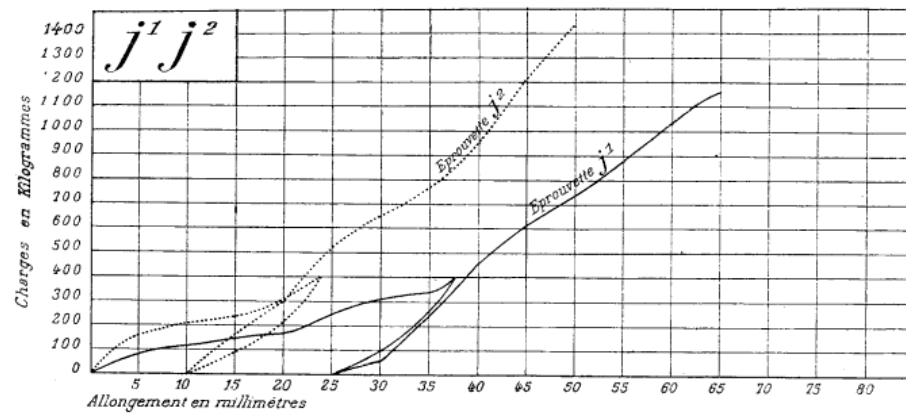
Graphiques des 26 Éprouvettes prélevées sur le cuir entier chromé buffle.

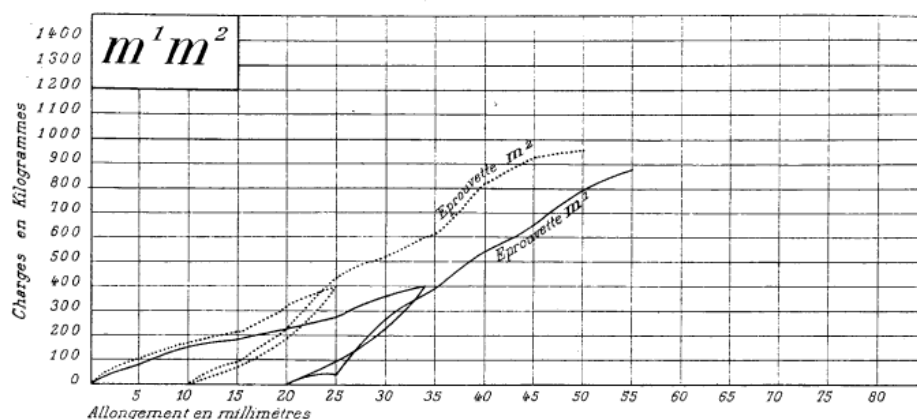
Indiquant : 1° Les allongements de 5 en 5 millimètres jusqu'à la charge de 400 kilogrammes ;
 2° L'allongement permanent après décharge et retour à zéro ;
 3° L'allongement graduel de 5 en 5 millimètres jusqu'à rupture.











seule différence existe : c'est que nous n'avons pas expérimenté les cinq éprouvettes prises dans le collet, par la seule raison que ces peaux dépouillées plus ou moins régulièrement, sont expédiées généralement sans le collet.

Nous n'avons donc plus que vingt-six éprouvettes A¹ A² à M¹ M².

La photographie n° 28 les montre.

Les tableau et graphiques correspondants donnent le détail des allongements et des ruptures.

Les lettres des éprouvettes, leurs emplacements, correspondant exactement avec celles que nous avons expérimentées sur le bœuf tanné à l'écorce ou sur le bœuf chromé, la comparaison sera des plus simples.

Comme précédemment, nous n'indiquerons aucune épaisseur, ces chiffres ne pouvant servir que de tableau comparatif.

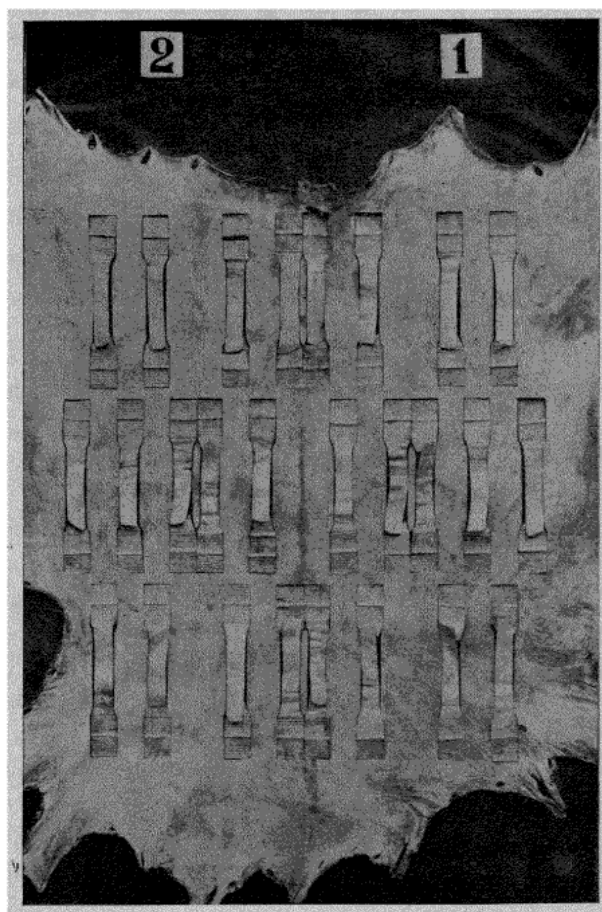
Plus loin, dans le travail des courroies confectionnées et jonctionnées, nous avons eu soin de tenir compte de l'épaisseur.

Nous avons ensuite reconstitué la peau, chaque éprouvette dans son emplacement primitif; la photographie n° 29 montre le détail de chaque cassure.

Nous n'entreprendrons pas la comparaison de chaque éprouvette; mais un seul coup d'œil d'ensemble nous prouve que le cuir de buffle offre une *résistance bien supérieure* à celle qui a été relevée sur le cuir *bœuf tanné à l'écorce* et sur le *bœuf chromé*. Quant au coefficient d'allongement, s'il est plus élevé que dans le cuir tanné, il est, par contre, bien moindre que dans le bœuf chromé.

Relevons simplement que le minimum de résistance est de 685 kilogrammes éprouvette I¹, le maximum est de 520^{kg},9 éprouvette H¹, le minimum d'allongement, 45 millimètres se rapporte aux éprouvettes G² 4², le maximum : 80 millimètres, se rapporte à l'éprouvette F¹.

Le coefficient de résistance R a varié de $2^{\text{kg}},7$ à 6 kilogrammes par millimètre carré, et le coefficient d'allongement A , a varié de 22,5 à 40 p. 100.



Photographie n° 29.

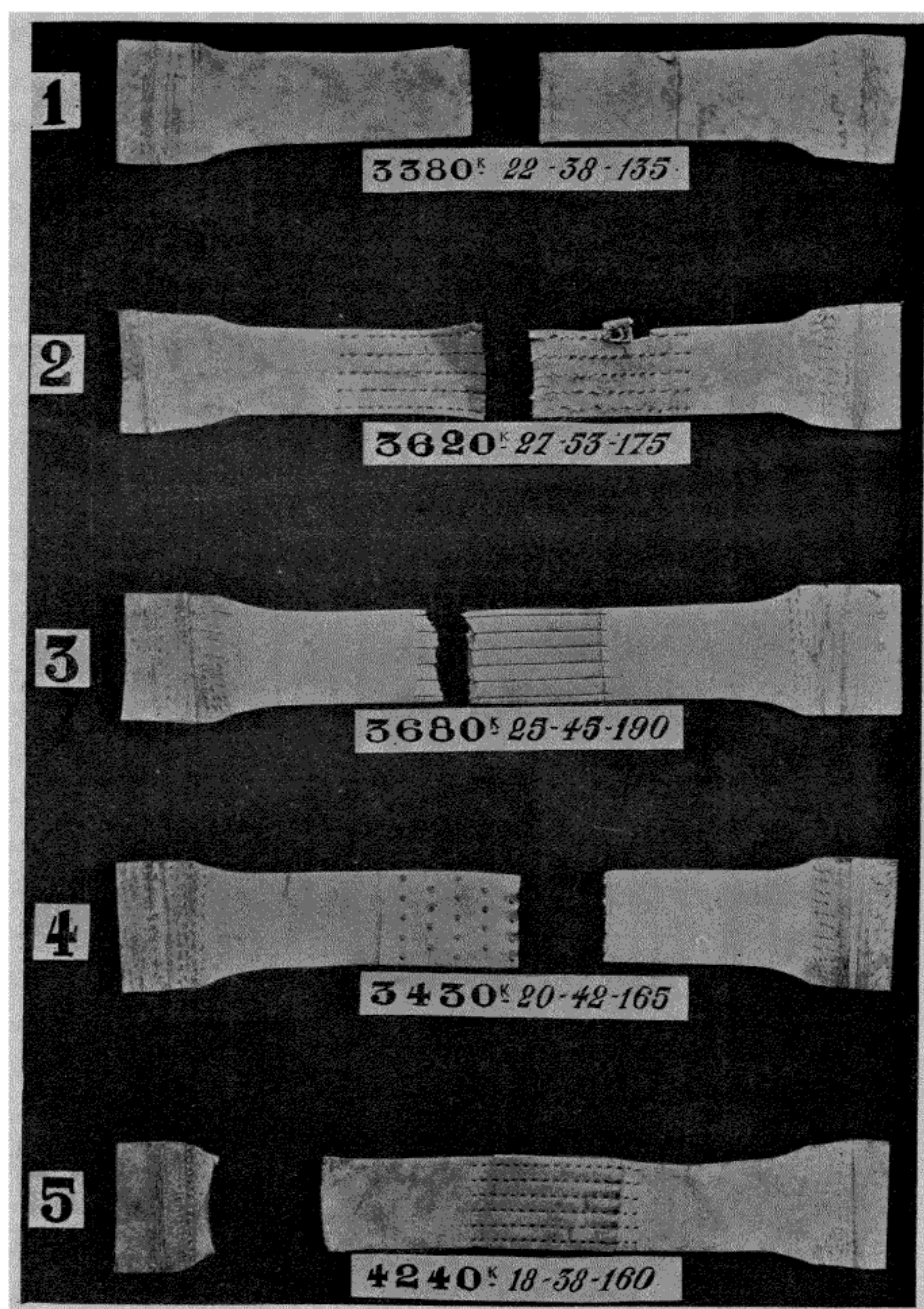
Cuir chromé bûfile avec éprouvettes reconstituées.

L'énergie de rupture moyenne, par millimètre carré, sur 1 mètre de longueur ressort à $T = 0^{\text{kgmm}},66$.

Le cuir tanné a donné $T = 0^{\text{kgmm}},36$.

Le cuir de bœuf chromé a donné $T = 0^{\text{kgmm}},57$.

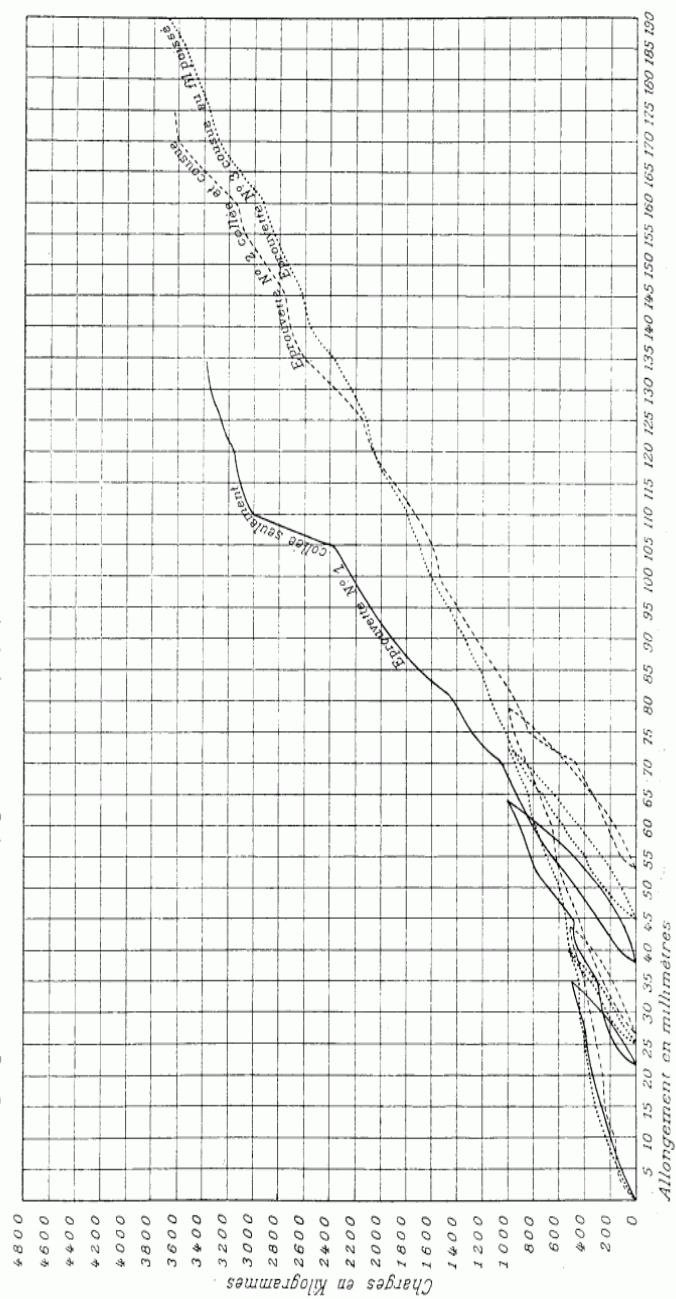
Le module d'élasticité a pour valeur moyenne $E = 21$.

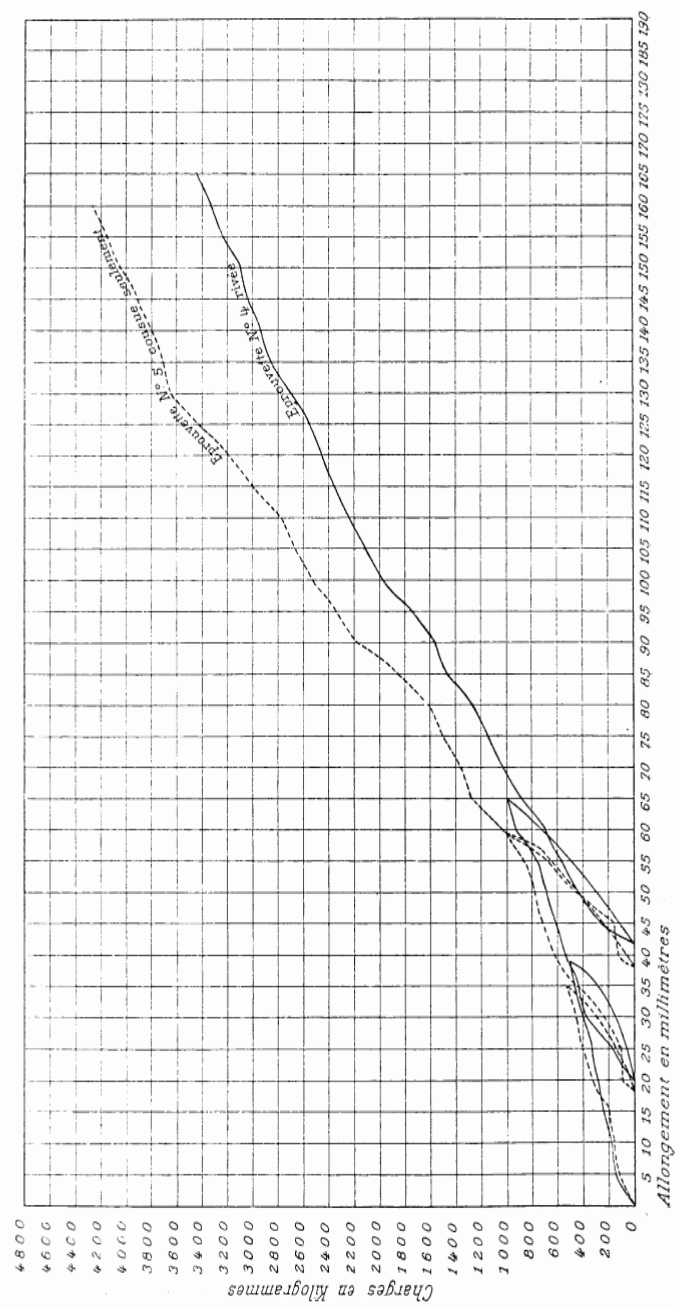


Photographie n° 30.
Junctions de courroies en buffle chromé.

Tableau indiquant les allongements et charges jusqu'à la rupture de 5 jonctions de courroies en buffle chromé. Cuir simple de 200 millimètres de largeur reproduites à la photographie n° 30.

1 ^{re} SÉRIE.						2 ^e SÉRIE.					
1		2		3		4		5			
Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet. Épaisseur 6 millim. collée seulement sans couture.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée épaisseur 6 millim. Collée et cousue à 5 rangs de lanières.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet, puis cousue au moyen de fil poissé. Épaisseur 6 millim.		Jonction formée de 2 bandes de raies de dos, épaisseur 6 millim. assemblées culée sur culée puis consolidée par 24 rivets en cuivre.		Jonction formée de 2 bandes prises dans le croupon, épaisseur 6 millim. légèrement biseautées sur chair seulement assemblées collet sur collet cousue seulem. par 5 rangs de lanières parchem.			
Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.	Millimèt.	Charges.
"	"	5	120	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	10	180	5	100	5	140	"	"	"	"
5	100	15	240	10	210	10	190	5	120	"	"
10	200	20	260	15	310	15	240	10	180	"	"
15	280	25	300	20	360	20	280	15	200	"	"
20	340	30	360	25	380	25	320	20	340	"	"
25	380	35	400	30	420	30	400	25	400	"	"
30	420	40	460	35	450	35	460	30	440	"	"
35	500	43	500	40	500	38	500	35	500	"	"
"	"	27	0	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	30	120	5	0	"	"	"	"	"	"
22	0	35	260	30	220	20	0	18	0	"	"
25	160	40	380	35	330	25	160	20	80	"	"
30	280	45	440	40	460	30	390	25	100	"	"
35	300	50	540	45	520	35	460	30	220	"	"
40	460	55	620	50	590	40	520	35	480	"	"
45	500	60	660	55	690	45	610	40	640	"	"
50	700	65	760	60	740	50	680	45	720	"	"
55	820	70	870	65	850	55	770	50	780	"	"
60	920	75	980	70	940	60	920	55	860	"	"
63	1000	78	1000	72	1000	65	1000	58	1000	"	"
"	"	"	"	45	0	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	50	260	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	55	390	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	60	580	"	"	"	"	"	"
"	"	53	0	65	720	42	0	38	0	"	"
"	"	55	100	70	910	45	210	40	100	"	"
"	"	60	220	75	1020	50	410	45	160	"	"
"	"	65	360	80	1130	55	540	50	460	"	"
"	"	70	520	85	1210	60	690	55	660	"	"
38	0	75	820	90	1320	65	880	60	1060	"	"
40	120	80	940	95	1470	70	1010	65	1280	"	"
45	280	85	1120	100	1600	75	1180	70	1360	"	"
50	480	90	1240	105	1690	80	1280	75	1500	"	"
55	640	95	1400	110	1780	85	1490	80	1600	"	"
60	800	100	1540	115	1930	90	1580	85	1860	"	"
65	940	105	1600	120	2030	95	1710	90	2200	"	"
70	1080	110	1720	125	2110	100	1990	95	2340	"	"
75	1300	115	1900	130	2240	105	2100	100	2520	"	"
80	1440	120	2080	135	2390	110	2230	105	2660	"	"
85	1720	125	2140	140	2560	115	2360	110	2780	"	"
90	1920	130	2380	145	2620	120	2470	115	3000	"	"
95	2100	135	2600	150	2730	125	2590	120	3200	"	"
100	2220	140	2700	155	2840	130	2720	125	3420	"	"
105	2400	145	2760	160	2920	135	2840	130	3640	"	"
110	3000	150	2900	165	3110	140	2930	135	3700	"	"
115	3140	155	3080	170	3280	145	3010	140	3800	"	"
120	3180	160	3480	175	3370	150	3100	145	3910	"	"
125	3260	165	3400	180	3460	155	3210	150	4060	"	"
130	3360	170	3600	185	3540	160	3220	155	4140	"	"
135	3380	175	3620	190	3680	165	3430	160	4240	"	"
Rupture.		Rupture.		Rupture.		Rupture.		Rupture.			

Graphiques de la 1^{re} Série (Éprouvettes 1, 2, 3). — Jonctions de courroies en buffle chromé.


Graphiques de la 2^e Série (Epreuves 4 et 5). — Joints de courroies en buffe chromé.

JONCTIONS OU ÉPISSURES COMPRISES DANS LE CORPS D'UNE COURROIE SIMPLE
EN BUFFLE CHROMÉ

Pour avoir une comparaison aussi simple que rapide entre la résistance de rupture des jonctions de courroies simples faites en *bœuf tanné* ou en *bœuf chromé* et celles du *buffle chromé*, nous avons entrepris, sur ce dernier genre de cuir, une série d'expériences identiquement semblables à celles que nous avons faites précédemment.

Cinq éprouvettes de mêmes dimensions ont donc été expérimentées; nous les présentons à nouveau en deux séries (photographie n° 30).

- | | | |
|------------------------|---|---|
| 1 ^{re} Série. | { | N° 1. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet, épaisseur 6 millimètres, collée seulement sans couture. |
| | | N° 2. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées culée sur culée, épaisseur 6 millimètres, collée et cousue à 5 rangs de lanières. |
| | | N° 3. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos assemblées collet sur collet, puis cousues au moyen de fil poissé. Épaisseur 6 millimètres. |
| 2 ^e Série. | { | N° 4. Jonction formée de 2 bandes de raies de dos, épaisseur 6 millimètres assemblées culée sur culée puis consolidée par 24 rivets en cuivre. |
| | | N° 5. Jonction formée de deux bandes prises dans le croupon, épaisseur 6 millimètres légèrement biseautées sur chair seulement assemblées collet sur collet et cousue seulement par 5 rangs de lanières parcheminées. |

Les tableau et graphiques ci-dessus donnent le détail des allongements de 5 en 5 millimètres relevés sur une longueur totale de 600 millimètres, soit à 200 millimètres en avant et en arrière des points de soudure de la jonction :

- 1° Jusqu'à la charge de 500 kilogrammes;
 - 2° Jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes;
- Et, jusqu'à la rupture de chacune d'elles.

COURROIES A TALONS ET COURROIES DOUBLES CONFECTIONNÉES EN CUIR
DE BUFFLE CHROMÉ

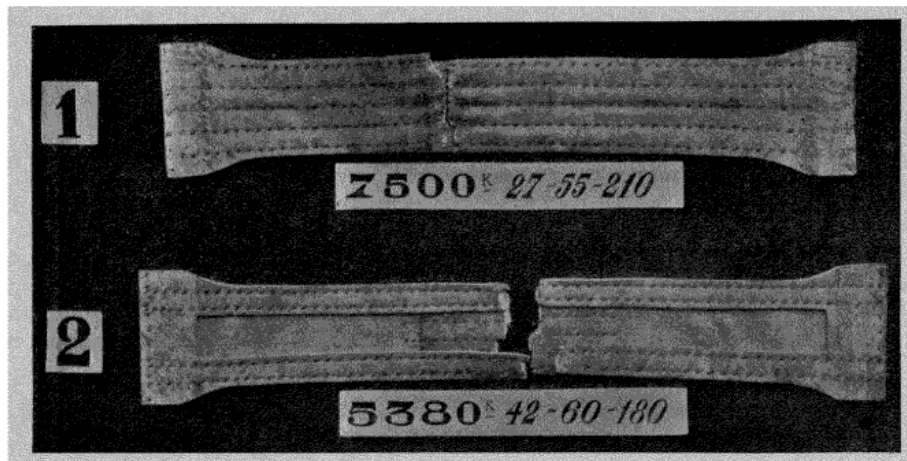
Continuant la série de nos essais, nous avons expérimenté à la traction les courroies doubles confectionnées en cuir de buffle chromé : d'abord, celles à talons, c'est-à-dire doublées sur les côtés seulement; ensuite la courroie doublée sur toute sa surface; et comme nous cherchons un point de comparaison simple et facile avec les essais faits précédemment sur le cuir de bœuf tanné et sur le cuir de bœuf chromé, nous avons repris exactement la méthode suivie pour les expériences précédentes. Nos deux éprouvettes avaient donc encore les dimensions adoptées, soit :

- Longueur : 1^m,20.
Largeur : 200 millimètres.

Les talons doublant les côtés de la courroie simple avaient aussi 60 millimètres de largeur; ils étaient fixés au corps, chacun par deux rangs de lanières parcheminées. L'épaisseur totale des deux cuirs était de 12 millimètres.

La courroie double avait cinq rangs de lanières parcheminées; son épaisseur était de 12 millimètres. Chacune de ces éprouvettes contenait une jonction ou épissure.

C'est donc encore sur une longueur de 800 millimètres, soit à 300 millimètres en avant et en arrière des points extrêmes de la jonction; que nous avons calculé :



Photographie n° 31.

Éprouvettes de courroies à talons et courroies doubles, confectionnées en cuir de buffle chromé.

- 1° L'allongement progressif à la charge de 1 000 kilogrammes, et retour à zéro;
- 2° L'allongement progressif à la charge de 2 000 kilogrammes, et retour à zéro;
- 3° L'allongement progressif jusqu'à rupture.

La photographie n° 31 montre les deux pièces brisées; les chiffres indiquent comme précédemment les résistances et les allongements.

Les tableaux et graphique ci-après nous indiquent les allongements progressifs relevés de 5 en 5 millimètres.

Ces derniers essais confirment pleinement les résultats obtenus précédemment avec le même genre de cuir préparé au chrome.

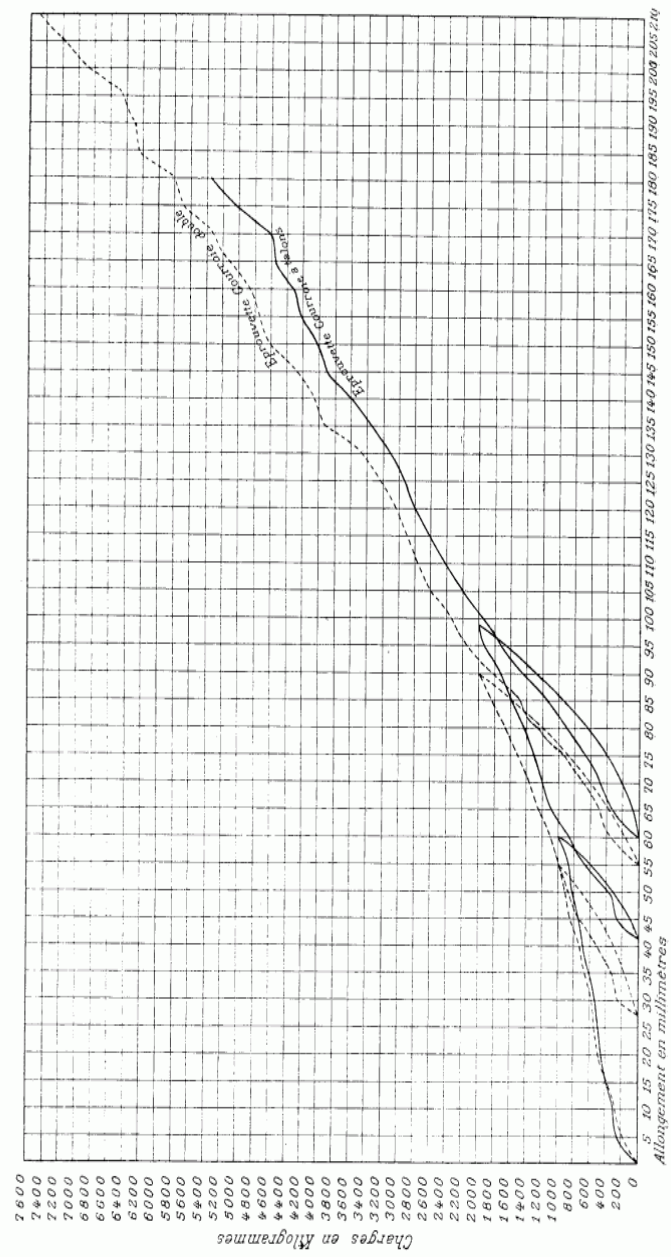
La charge de rupture : de **7 500** kilogrammes, que nous avons relevée sur la *courroie double*, n'avait pas encore été atteinte, et celle de **5 380** kilogrammes, indiquée pour la *courroie à talon* dépasse les moyennes que nous possédons déjà.

On peut donc conclure que le cuir chromé du buffle est d'une résistance bien

Tableau indiquant les allongements relevés de 5 en 5 millimètres sur 800 millimètres de longueur : 1° jusqu'à la charge de 1 000 kilogrammes; 2° jusqu'à la charge de 2 000 kilogrammes, et l'allongement permanent après retour à zéro; 3° l'allongement de 5 en 5 millimètres jusqu'à la rupture.

ALLONGEMENT EN MILLIMÈTRES.	CHARGES EN KILOGRAMMES.	ALLONGEMENT EN MILLIMÈTRES.	CHARGES EN KILOGRAMMES.
5	260	"	"
10	300	5	200
15	400	10	320
20	440	15	400
25	500	20	460
30	560	25	560
35	630	30	580
40	680	35	680
45	730	40	720
50	820	45	830
55	880	50	920
60	1 000	55	1 000
"	"	27	0
42	0	30	260
45	280	35	320
50	380	40	500
55	620	45	760
60	900	50	880
65	1 100	55	1 000
70	1 200	60	1 100
75	1 320	65	1 240
80	1 450	70	1 360
85	1 600	75	1 500
90	1 720	80	1 660
95	1 940	85	1 800
98	2 000	90	2 000
60	0	55	0
65	320	60	340
70	460	65	500
75	660	70	620
80	900	75	900
85	1 180	80	1 240
90	1 400	85	1 520
95	1 700	90	1 800
100	2 000	95	2 140
105	2 200	100	2 340
110	2 400	105	2 600
115	2 600	110	2 740
120	2 800	115	2 900
125	2 940	120	3 080
130	3 100	125	3 240
135	3 380	130	3 480
140	3 600	135	3 960
145	3 880	140	4 080
150	4 000	145	4 240
155	4 240	150	4 600
160	4 310	155	4 720
165	4 550	160	4 880
170	4 600	165	5 160
175	5 060	170	5 300
180	5 380	175	5 700
Rupture.		180	5 800
		185	6 260
		190	6 300
		195	6 480
		200	6 900
		205	7 200
		210	7 500
		Rupture.	

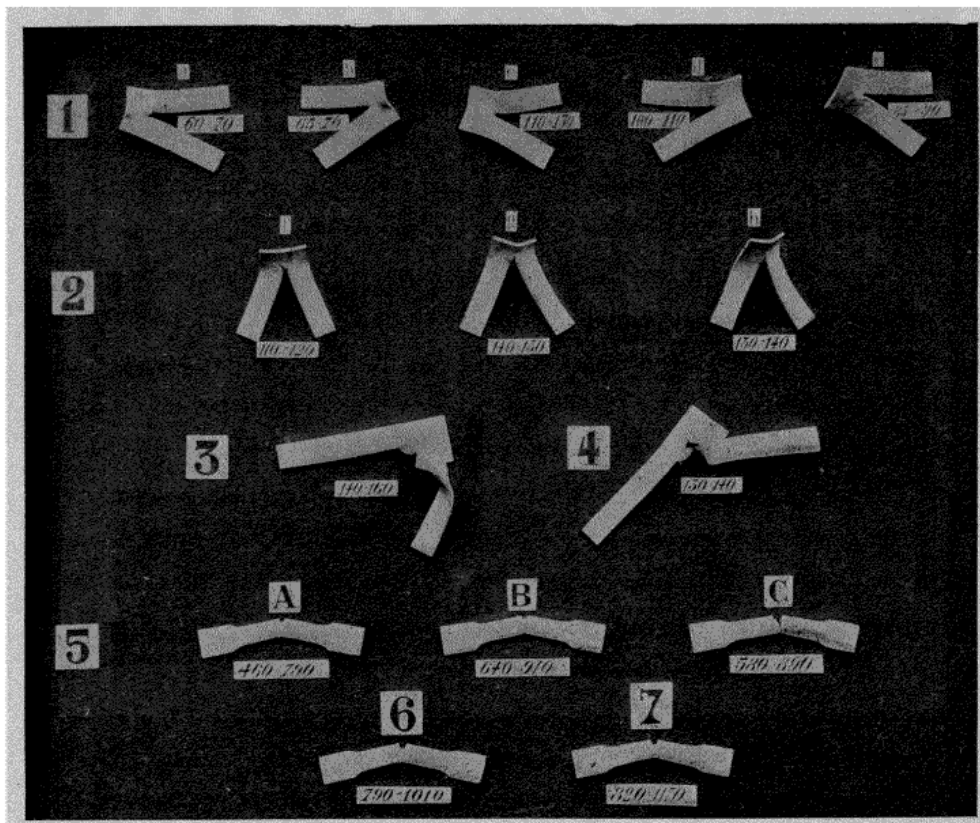
Graphiques de la courroie à talons et de la courroie double en buffe chromé.



supérieure à celle des bœufs et vaches; il a toutefois, comme nous le disions, moins belle apparence, et présente de plus l'inconvénient d'avoir moins de fermeté, moins de tenue, moins d'élasticité; il se déforme plus facilement à la traction sans chercher à reprendre ensuite sa forme primitive.

CUIR CHROMÉ BUFFLE. ESSAIS DE DÉCHIRURES

Les expériences suivantes, faites sur des éprouvettes de même taille et même épaisseur que celles utilisées pour le cuir de bœuf tanné ou de bœuf chromé, permettent de comparer ces trois sortes de cuirs et tannage.



Photographie n° 32.

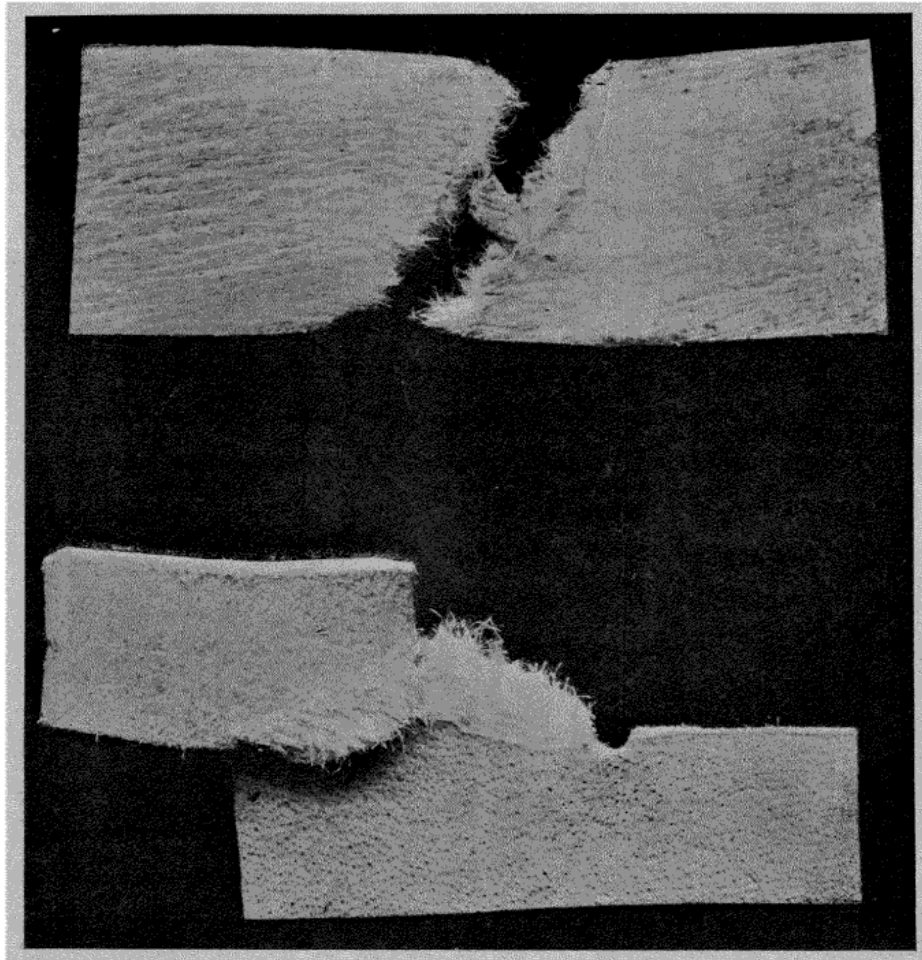
Cuir chromé buffle, essais de déchirures.

1. *Déchirure dans le sens longitudinal.* — Bande de buffle chromé de 120 millimètres de largeur, 6 millimètres d'épaisseur, prise dans le croupon noyau.

a : Culée.

e : Collet.

L'effort a été de 60 à 70 kilogrammes à la culée.
 L'effort a été de 110 à 130 kilogrammes au milieu.
 Il n'est plus que de 85 à 90 kilogrammes au collet.



Photographie n° 33.

Cuir de buffle chromé, cassure et déchirure, aspect des fibres (grandeur naturelle).

2. Déchirure dans le sens transversal. — Bande de cuir coupé dans le côté opposé de ce même croupon (complément de l'expérience ci-dessus).

f : Culée. **g** : Milieu. **h** : Collet.

L'effort a été de 110 à 120 kilogrammes à la culée.
 L'effort a été de 140 à 150 kilogrammes au milieu.

L'effort a été de 130 à 140 kilogrammes au collet.

3. Déchirure de deux cuirs de 5 millimètres d'épaisseur collés en double, ensemble 10 millimètres. — Effort opéré dans le sens longitudinal :

La déchirure commence à 140 kilogrammes ;

Et se complète à 160 kilogrammes.

4. Déchirure de deux cuirs de 5 millimètres collés en double, ensemble 10 millimètres. — Effort opéré dans le sens transversal.

Charge de 140 à 160 kilogrammes.

Comme précédemment ces deux cuirs se déchirent simultanément.

5. Résistance à la déchirure d'une bande de cuir de 50 millimètres de largeur et de 5 millimètres d'épaisseur dans laquelle on a opéré au préalable une coupure de 10 millimètres dans le sens transversal. — L'effort est une traction dans le sens longitudinal pour cette expérience ainsi que pour celles qui suivent.

A : Éprouvette prise dans la culée.

Les fibres commencent à se séparer à	460 kilogrammes.
La déchirure est complète à	790 —

B : Éprouvette prise dans le milieu.

Les fibres commencent à se séparer à	640 —
La déchirure est complète à	910 —

C : Éprouvette prise dans le collet.

Les fibres commencent à se séparer à	580 —
La déchirure est complète à	890 —

6. Résistance à la déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et de 10 millimètres d'épaisseur, dans laquelle on a pratiqué au préalable une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal. — Les fibres ne commencent à se détacher que sous le poids de 790 kilogrammes, à 1 010 kilogrammes, la déchirure est complète.

7. Résistance à la déchirure d'une bande de cuir double de 50 millimètres de largeur et de 11 millimètres d'épaisseur, renforcée intérieurement de cuir vert, dans laquelle on a opéré, au préalable, une coupure de 10 millimètres de longueur dans le sens transversal.

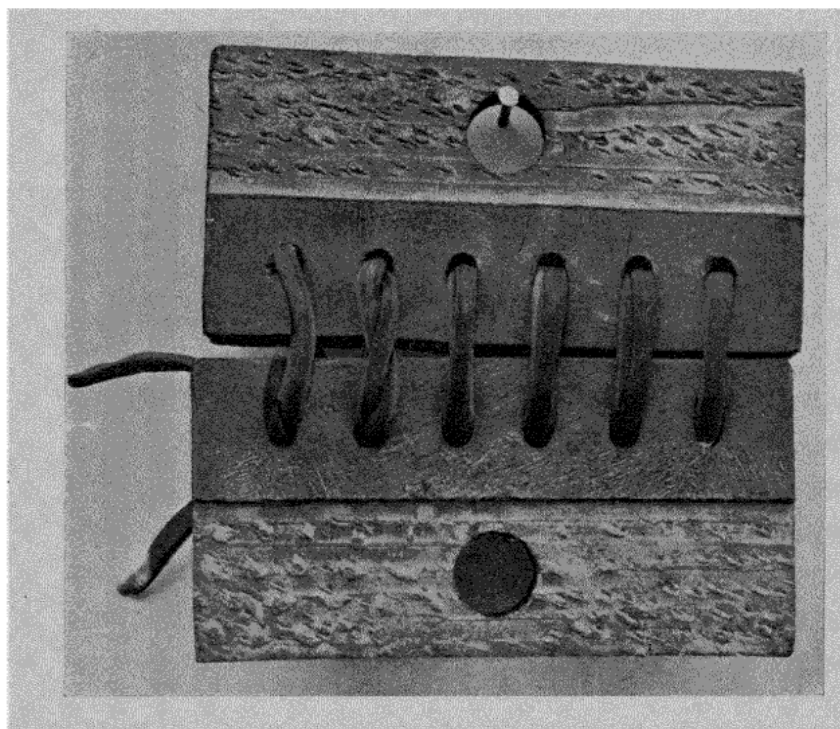
Les fibres commencent à se séparer à 820 kilogrammes.

La déchirure est complète à 1 170 kilogrammes.

Les photographies ci-contre montrent : l'une (n° 32) le détail de ces expériences ; la seconde (n° 33) une déchirure et un arrachement en grandeur naturelle.

RÉSISTANCE DES DIVERS GENRES DE LANIÈRES EMPLOYÉES POUR LES RATTACHES

Pour nous rendre compte de la résistance des diverses lanières utilisées dans l'industrie, nous avons établi un petit appareil représenté ci-dessous, photographie n° 34. Il est formé de deux blocs inextensibles de cuir vert, percés de



Photographie n° 34.

Résistance des divers genres de lanières employées pour les rattaches.

six trous bien arrondis et fraisés pour éviter toute bavure qui couperait le cuir.

On lace les lanières dans ces trous en les serrant fortement pour rapprocher les deux parties. Les points de couture sont doublés, tels qu'ils se présentent dans le montage d'une courroie bout à bout.

En soumettant cet appareil à la traction, la lanière seule supporte l'effort.

Nous avons relevé les charges suivantes, avec allongement de 5 en 5 millimètres : les lanières avaient une section de 28 millimètres carrés.

DÉSIGNATION DES LANIÈRES. LARGEUR 10 MILLIMÈTRES.	ALLONGEMENT OU ÉCARTEMENT entre les deux pièces.				CHARGES DE RUPTURE.
	5 mm.	10 mm.	15 mm.	20 mm.	
	kg.	kg.	kg.	kg.	
Cuir parcheminé (sec).	620	1 200	2 300	»	Rupture : 2 880 kilogr.
Cuir parcheminé (souple).	210	520	1 320	2 220	— 2 610 —
Cuir corroyé.	500	800	1 300	»	— 1 740 —
Cuir hongroyé.	360	700	900	1 030	— 1 100 —
Cuir chromé pays.	320	840	1 400	2 000	— 2 500 —
Cuir chromé exotique.	400	1 000	1 700	2 600	— 2 900 —
					Les lanières du dessous cassent les premières, coupées par celles du dessus.

Ces résultats justifient pleinement les essais qui ont été faits sur les rattaches de courroies avec lanières, dans lesquelles aucune de celles faites avec des lanières chromées ne s'est rompue.

(A suivre.)

MÉTALLURGIE

FER ET PHOSPHORE, PAR **J. E. Stead** (1)

CHAPITRE III

CONSTITUTION ET MICROSTRUCTURE DES FONTES CONTENANT A LA FOIS DU CARBONE ET DU PHOSPHORE

C'est Sir Frédéric Abel qui reconnut le premier qu'en brisant des lingots de fonte phosphorée immédiatement après leur solidification, on voit souvent un peu de métal liquide s'écouler de la région centrale et que cette partie fluide qui subit ainsi une sorte de liquation contient beaucoup plus de phosphore que la moyenne du lingot. Cette observation a été depuis vérifiée par un grand nombre d'observateurs.

En 1870, j'ai soumis à la presse hydraulique un bloc de fonte de Cleveland, dans les mêmes conditions, la compression détermina la sortie d'une petite quantité de métal liquide; en voici la composition à côté de celle de la moyenne du bloc :

	Moyenne du bloc.	Partie fluide.
	p. 100.	p. 100.
Carbone.	3,00	1,75
Manganèse.	0,35	0,29
Silicium	1,63	0,79
Soufre.	0,12	0,06
Phosphore.	1,53	6,84

Certaines expériences de M. Osmond démontrent l'existence d'un point critique à 900° environ dans la solidification de la fonte phosphorée, ainsi que l'indiquent les tableaux suivants :

	Métal phosphoré.
	p. 100.
Graphite.	1,50
Carbone combiné.	1,20
Manganèse.	0,74
Silicium.	1,89
Soufre.	0,03
Phosphore.	1,98

(1) *Bulletin* de 1902, janvier, p. 76; mars p. 411.

Points critiques.

	III	II	I	Art. 1, 2, 3.
En refroidissant.	1065	1025	895	698
En chauffant.	1050	1010	910	800

M. Osmond a encore fourni les mêmes renseignements sur de la fonte d'hématite pratiquement dépourvue de phosphore. Ces résultats, contenus dans les tableaux suivants, peuvent servir de points de comparaison :

Fonte d'hématite.

	p. 100.
Graphite.	2,25
Carbone combiné.	1,04
Manganèse.	0,11
Silicium.	2,45
Soufre.	0,06
Phosphore.	0,054

Points critiques.

	Point de solidification.	II	I	Art. 1, 2, 3.
En refroidissant.	1240?	1140	1090	708
En chauffant.	"	1135	1100	780

La différence caractéristique que présentent ces deux métaux consiste en ce que la fonte d'hématite n'a pas de point critique aux environs de 900°. M. Osmond a montré que ce fait était particulier aux fers phosphorés et a fait voir, en outre, qu'un composé riche en phosphore existait dans la fonte et qu'il était plus fusible que la plus grande partie de la masse métallique.

J'ai répété avec le plus grand soin les expériences de M. Osmond et j'ai vérifié que la fonte de Cleveland, lentement refroidie, présente un point critique à 900° environ. L'eutectique pur, composé de phosphore et de fer, se solidifie à peu près à 980°, il est donc clair que l'eutectique qui se solidifie à 900° doit avoir une composition différente.

Sil'on fond ensemble un peu d'eutectique de phosphure de fer avec du carbure de fer, l'eutectique ainsi formé se solidifie à 910°; pareil résultat est obtenu en refroidissant un mélange de fonte siliceuse et d'eutectique pur.

Léopold Schneider réussit à isoler le phosphure de fer dans les fontes phosphorées par l'action du chlorure cuivrique, il trouva alors que ce phosphure correspondait à la formule Fe^3P .

Ces expériences furent répétées de la manière suivante : quelques morceaux de fonte grise de Cleveland, contenant 1,56 p. 100 de phosphore, furent dissous dans l'acide étendu; le résidu se composait de graphite, des produits de décomposition du phosphure en solution solide, d'eutectique et de carbure; ces deux derniers produits étant magnétiques, furent séparés par l'aimant, et la masse ainsi obtenue par attraction fut traitée par le chlorure cuivrique pour décomposer le carbure de fer à l'état libre; l'eutectique phosphoreux inaltéré fut extrait du résidu par une nouvelle application de l'aimant. Une petite partie de ce constituant fut analysée et on trouva qu'il contenait 0,70 p. 100 de silicium; une seconde partie, préalablement porphyrisée, fut traitée par l'acide azotique de densité 1,20, afin de séparer le fer du siliciure, le résidu donna à l'analyse 15,1 p. 100 de phosphore au lieu de 15,56 : on peut donc admettre que ce résidu se composait presque exclusivement de phosphure Fe^3P . Cette observation sem-

ble démontrer que l'un des constituants de l'eutectique phosphore des fontes grises siliceuses est une dissolution de siliciure de fer dans le fer.

Des expériences pratiques, faites séparément par M. Osmond et par moi, mirent en évidence ce fait que l'on peut découvrir, à l'aide du microscope, l'eutectique phosphoreux fusible, dans les fontes et en particulier dans les fontes grises ne contenant que 0,03 p. 100 de phosphore. C'est dans les fontes grises dépourvues de cémentite massive que cette recherche de l'eutectique est la plus facile, un simple lavage à l'acide suffit.

En suivant la marche de solidification des fontes grises phosphorées, il semblerait que les épaisses paillettes et les coques hémisphériques de graphite se précipitent d'abord de leur combinaison avec le fer, laissant encore ce métal dans un état plasti-



Fig. 14. — Fonte Cargo Fleet de Cleveland, n° 3, montrant des sections foncées de parcelles graphitiques, la structure concassée d'eutectique phosphoreux et la masse fondamentale de fer contenant du silicium et du manganèse. Grossissement : 200.

Fig. 15. — Hématite East Coast, montrant des petites taches de phosphore au centre de la figure et tout autour des sections de parcelles graphitiques. Grossissement : 200.

que : avec le progrès du refroidissement, celui-ci commence à se solidifier au contact de ces particules de graphite ; la composition de cette masse métallique est complexe, elle comprend tout le fer, le manganèse, le silicium et le phosphore ; il est clair que sa solidification ne peut être uniforme et simultanée en tous ses points : une combinaison cristalline contenant la plus grande partie du fer et du manganèse, avec tout le silicium doit se former d'une part, et, d'autre part, le phosphore doit s'associer à un peu de fer et de manganèse pour former l'eutectique fusible ; les cristaux en s'accroissant commencent par refouler l'eutectique liquide, mais lorsqu'ils en arrivent à se toucher les uns les autres, l'eutectique ne peut plus s'échapper et demeure emprisonné dans des cavités de formes irrégulières ; cet eutectique reste encore quelque temps liquide, puis, la température s'abaissant toujours, il se solidifie à son tour en se décomposant en ses deux constituants. En somme, il résulte de tout cela que des masses irrégulières d'eutectique doivent se trouver entre les paillettes de graphite et

à une certaine distance de celles-ci : c'est en effet ce que l'observation permet de vérifier dans la plupart des cas.

Les photographies n° 14 et 15 fournissent une vérification des remarques précédentes : la première est relative à une fonte Cargo Fleet n° 3, la deuxième à une fonte d'hématite East Coast n° 4. Voici la composition de ces deux métaux :

	Fonte phosphorée. p. 100.	Fonte non phosphorée. p. 100.
Carbone combiné.	0,12	0,25
Graphite	3,59	3,86
Manganèse.	0,69	0,76
Silicium	2,76	2,83
Soufre	0,05	0,04
Phosphore	1,49	0,04
Phosphore en solution solide.	0,29	0,03
Proportion de phosphore en rapport avec la teneur en phosphore.	9,50	0,25

Si l'on fait sur la fonte d'hématite, avec de l'acide, un lavage assez énergique pour donner à la masse fondamentale une teinte sombre et si l'on examine alors la surface en dirigeant normalement sur elle les rayons lumineux, on voit les points de phosphore briller d'une manière remarquable, ils apparaissent comme les étoiles dans le ciel pendant une belle nuit. Leur nombre et leurs dimensions dépendent à la fois de la teneur en phosphore et des conditions dans lesquelles le refroidissement s'est opéré : ces taches de phosphore sont en grand nombre si le métal a été rapidement refroidi ; dans le cas contraire, ces mêmes taches sont moins nombreuses mais plus larges.

Dans les fontes grises, la quantité d'eutectique est à peu près proportionnelle à la teneur en phosphore, de telle sorte que n'importe quel observateur, possédant une série de coupes servant d'échelle de référence, peut en quelques minutes polir la surface d'un échantillon et estimer la proportion de phosphore qu'il contient.

Lorsque le métal a été refroidi très lentement et lorsqu'il contient un peu de silicium et du carbone combiné, ce dernier se trouve à l'état de cémentite libre ; mais, contrairement à ce que l'on observe avec le phosphore, cette cémentite entoure les paillettes de graphite et adhère avec elles ; l'eutectique phosphoreux est alors complètement séparé de la cémentite et aussi loin que possible du graphite.

Un remarquable exemple de ce fait a été fourni par un prétendu fer naturel trouvé sur le sommet d'une montagne de Norvège ; sa cassure était celle d'une fonte gris foncé à grains grossiers. En voici la composition :

	p. 100.
Fer.	95,192
Carbone combiné.	0,720
Graphite.	3,030
Manganèse.	0,200
Silicium	0,520
Soufre.	0,016
Phosphore.	0,322
Nickel.	0,000

Ce bloc de métal avait à peu près 30^{cm},48 de long et sa section 12^{cm},70 de côté. Quelle qu'ait été son origine, il est incontestable qu'il a dû se refroidir d'une manière

extrêmement lente, car son carbone formait de la cémentite entourant les paillettes de graphite; avec un refroidissement moins lent, ce carbone se serait trouvé à l'état de perlite.

Dans les fontes blanches phosphorées, il n'est pas aussi facile d'estimer la proportion de phosphore. Vu la grande quantité de carbure de fer, on ne peut distinguer par une simple attaque à l'acide les plages de phosphore et les plages de carbure : il est nécessaire pour l'examen de colorer les surfaces à l'aide de la chaleur. On chauffe jusqu'à ce que la perlite paraisse bleue, alors la cémentite sera rouge et le phosphore

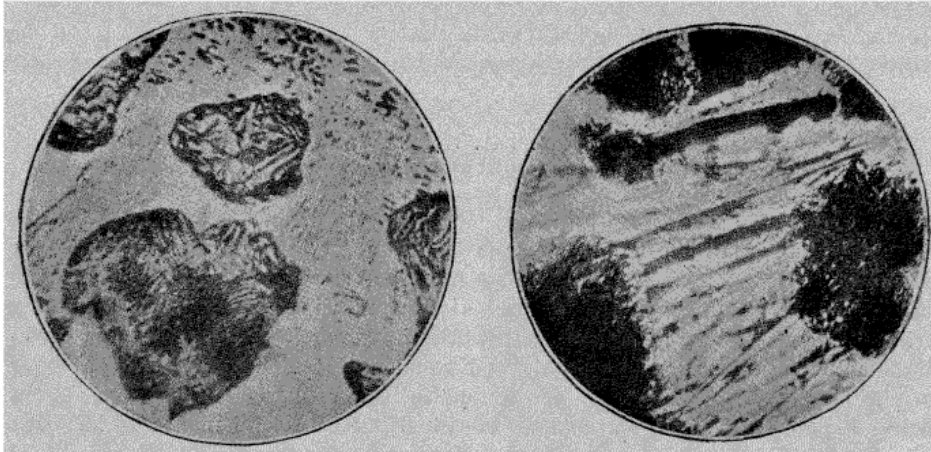


Fig. 16. — Fonte blanche de Clarence lavée à l'iode; les parties blanches sont constituées par le carbure et le phosphore, les parties foncées par la perlite. Grossissement : 200.

Fig. 17. — Fonte blanche de Clarence lavée à l'acide pour foncer la perlite, puis chauffée jusqu'à rendre la cémentite jaune, le phosphore de fer demeurant blanc. Les surfaces foncées limitées d'une manière irrégulière que l'on voit à droite et à gauche de la figure sont de la perlite; la grande surface unie et noire de la partie supérieure est de la cémentite massive; la surface intermédiaire, rayée de blanc et de noir, est composée d'eutectique phosphoreux.

jaune : il est ainsi facile d'estimer la proportion de chacun des constituants et de voir les endroits où l'eutectique touche le carbure. Il est utile d'attaquer d'abord la surface à l'iode pour foncer la perlite, et, après avoir essuyé la surface avec un chiffon, de la soumettre ensuite à l'action ménagée de la chaleur, la perlite restera foncée. Si l'on doit photographier la préparation, on chauffera seulement jusqu'à ce que le carbure prenne une faible teinte jaune, tandis que le phosphore restera presque blanc; en se servant de plaques isochromatiques, on obtiendra des épreuves où les phosphores seront blancs, les carbures en demi-teinte et la perlite sombre. Les photographies nos 16 et 17 représentent des coupes de fonte blanche Clarence, ainsi traitées après un lavage à l'iode.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE III

1. — Il y a de l'eutectique fusible dans toutes les fontes phosphorées qui ont leur point de solidification à environ 900°.

2. — On peut recueillir le phosphore de fer de ces métaux à l'état de résidu insoluble, en se servant comme dissolvant soit du chlorure cuivrique (méthode de Schneider), soit de l'acide azotique de densité 1,20. On obtient le phosphore Fe^3P presque pur en séparant avec un aimant les constituants magnétiques qu'on purifie ensuite.

3. — Le microscope permet de découvrir l'eutectique phosphoreux dans les fontes, même s'il n'y en a que 0,03 p. 100.

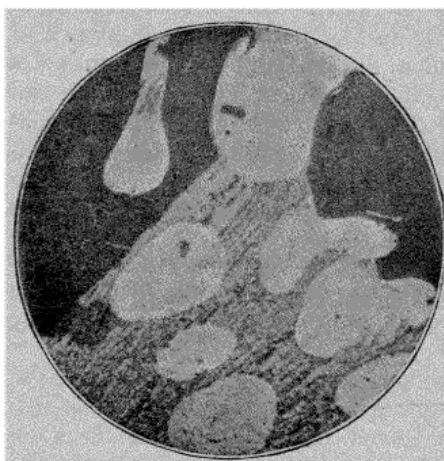


Fig. 18. — Acier basique contenant environ 3 p. 100 de phosphore, teinté par la chaleur. Les surfaces foncées sont du carbure de fer ; les taches rondes et claires sont de la perlite ; la portion de surface intermédiaire, d'aspect irrégulier, est formée d'eutectique phospho-carburé.



Fig. 19. — Métal contenant primitivement 1,9 p. 100 de phosphore, carburé ensuite par cémentation. La figure montre la structure colonnaire produite et le noyau resté inaltéré. (Trois quarts de la grandeur naturelle.)

4. — Avec les fontes blanches, il est nécessaire d'employer la méthode des teintes produites par la chaleur, afin que la cémentite puisse être distinguée du phosphore.

5. — Dans de tels métaux, les eutectiques ont des compositions très complexes, ils contiennent du phosphore et du carbure de fer, de la perlite, du siliciure de fer. Leur étude est loin d'être complète.

6. — Si les fontes phosphorées ne sont pas plus cassantes, c'est parce que l'eutectique, substance fragile, est cantonné en masses séparées et ne forme pas autour des grains des enveloppes continues : aussi, quand la teneur en phosphore ne dépasse pas 1,7 p. 100, le métal est relativement résistant ; mais une augmentation de 0,3 p. 100 de phosphore réduit beaucoup la résistance, parce que dans le métal à 2 p. 100 de phosphore, les régions dans lesquelles l'eutectique est localisé s'approchent les unes des autres et ne sont plus séparées que par d'étroites lames de masse fondamentale.

CHAPITRE IX

DIFFUSION DU PHOSPHURE DE FER DANS LE FER

Le professeur Arnold et M. Mac William ont montré que si l'on chauffe dans le vide à 1 000° pendant dix heures, un morceau de fer pur et un morceau de fer phosphoré, mis bien au contact l'un de l'autre, le phosphure de fer diffuse dans le fer pur. On a constaté d'ailleurs que la vitesse de diffusion du phosphore est environ cinq fois plus petite que celle du carbone.

J'ai vérifié moi-même la diffusion du phosphure de fer dans le fer : un exemple remarquable de ce phénomène a été fourni par un bloc de fer extrait du foyer d'un haut fourneau de Ferryhill après son extinction. En général, les lours retirés des foyers éteints sont fortement carburés et contiennent beaucoup de graphite, celui dont il s'agit faisait exception à cette règle, car il était dépourvu de carbone et ne contenait pas trace de silicium et de manganèse; sa structure était colonnaire et ressemblait à celle d'un échantillon étudié précédemment, avec cette différence que les colonnes étaient beaucoup plus grosses et assez fortement courbées. Le microscope montra que ces colonnes étaient enveloppées d'une mince couche de phosphure de fer, et que, dans leur région axiale, elles contenaient des masses globulaires du même composé, en même temps que d'autres globules de sulfure de fer.

Voici la composition de la fonte ordinaire de Ferryhill à côté de celle de ce curieux spécimen :

	Fonte de Ferryhill.		Échantillon extrait du foyer. p. 100.
	Grise. p. 100.	Blanche. p. 100.	
Fer	91,10	92,90	91,06
Graphite.	3,36	»	0,00
Carbone combiné.	0,16	3,20	»
Manganèse.	0,66	0,25	»
Silicium.	2,53	1,10	»
Soufre.	0,06	0,30	0,32
Phosphore.	2,01	2,10	1,98
Oxygène, etc.	0,12	0,15	0,64
	100,00	100,00	

Pour enlever les phosphures libres qui constituent la partie la plus fragile, on réduisit l'échantillon en poudre fine et on sépara à l'aide d'un tamis les plus fines particules : cette poussière ténue, traitée par l'acide sulfurique, abandonna à la dissolution ses sulfures ainsi que le fer qui aurait pu passer au travers du tamis. Le résidu insoluble se composait d'une matière pulvérulente terne, entremêlée de particules brillantes : ces deux constituants furent séparés au moyen d'un aimant qui attira et réunit les particules brillantes. La poussière terne restante avait la composition suivante :

	p. 100.
Fer.	84,00
Phosphore	15,41
Éléments indéterminés	0,59
	100,00

Pratiquement, ce n'est pas autre chose que du phosphore pur Fe^3P , et ce résultat montre l'exactitude des observations microscopiques.

Voici, d'un autre côté, la composition de la poudre relativement grossière arrêtée par le tamis :

	p. 100.
Fer.	98,20
Soufre.	0,09
Phosphore.	1,47
Oxygène, etc.	0,24
	100,00
Phosphore à l'état de Fe^3P	0,03
Phosphore des colonnes.	1,44

Cette fonte grise ou blanche a coulé liquide dans le foyer à la température du haut fourneau ; après sa solidification, elle devait être encore carburée, et ne contenait pas plus de 0,5 p. 100 de phosphore en solution solide et environ 1,5 p. 100 à l'état de phosphore libre. Il est difficile de comprendre comment une influence oxydante a pu s'exercer sur ce métal ; il est probable qu'il a été soumis à l'action de la vapeur d'eau et que c'est à elle qu'il faut rapporter l'oxydation du manganèse et du silicium ainsi que d'une partie du carbone. Ces changements de composition ont eu lieu alors que le métal était encore liquide ; mais c'est après sa solidification qu'il a dû perdre le reste de son carbone, soit 1,5 p. 100, car la température ne devait plus être alors suffisante pour le maintenir liquide. Tant que cette proportion de 1,5 p. 100 de carbone a persisté, la plus grande partie du phosphore figurait comme phosphore libre. Si l'on admet ces suppositions, et je pense qu'il y a peu d'objections à leur opposer, on est conduit à penser que le carbone, lorsqu'il abandonna la solution solide, doit avoir été remplacé par le phosphore, qui, d'abord libre et concentré en masses séparées, se mit à diffuser peu à peu dans le fer, de sorte que finalement la solution solide en arriva à contenir 1,44 p. 100 de phosphore : autrement dit, c'est environ 1 p. 100 de phosphore qui a diffusé ainsi du phosphore jadis libre dans le fer. Ce résultat a pris vraisemblablement un temps fort long, peut-être des années à se produire. La structure colonnaire, qui donne au métal un aspect si remarquable, s'est constituée certainement pendant que le fer γ , où dominait le carbone, se transformait en fer β , dans lequel cet élément a cédé sa place au phosphore.

Si l'on compare ces résultats avec ceux qui ont été exposés plus haut relativement à la décarburation de métal phosphoré dans un four à fonte malléable, on peut remarquer que des proportions de phosphore restant en solution solide dans ces deux ordres d'expériences, ressort une sorte de contradiction : je me rends parfaitement compte qu'il est très embarrassant de chercher à l'expliquer, mais néanmoins je suis certain de l'exactitude des faits. Il faut remarquer aussi que les conditions des expériences ont été très différentes dans les deux cas, et c'est probablement la raison de l'anomalie des résultats.

Plusieurs essais ont été faits dans mon laboratoire pour déterminer le mode suivant lequel le phosphore de fer pénètre dans l'acier en fusion ; l'un de ces essais a présenté un certain intérêt, en voici la relation :

De l'eutectique fut maintenu liquide dans un creuset à 1000° , c'est-à-dire à une température voisine de son point de fusion ; une barre d'acier à 0,12 p. 100 de car-

bone fut plantée verticalement dans le creuset et maintenue ainsi pendant une heure, en contact avec l'eutectique liquide. Au bout de ce temps, on laissa le tout se refroidir et la masse fut sectionnée pour l'examen microscopique. On vit alors que la barre s'était partiellement dissoute dans l'eutectique, son diamètre s'étant environ réduit de moitié. La surface fut polie, teinte à l'aide de la chaleur, puis lavée à l'iode, ce qui permit de faire les constatations suivantes :

La barre était entourée d'une auréole dure et brillante paraissant dépourvue de carbone, mais traversée par des courants solidifiés de Fe^3P qui semblaient avoir coulé à travers l'auréole dure dans le noyau ou près du noyau de fer ; l'auréole était formée d'une solution solidifiée de phosphore de fer dans le fer ; entre elle et la barre, il y avait une étroite zone de transition moins dure que l'auréole, mais un peu plus cepen-

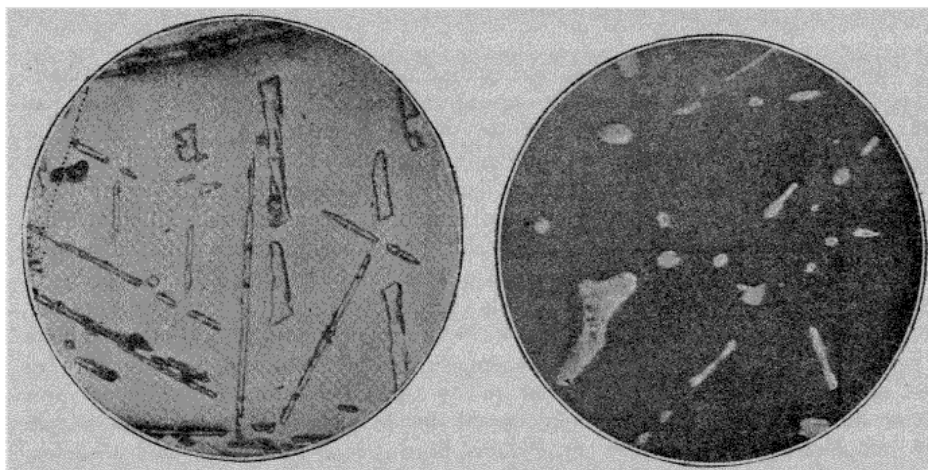


Fig. 20. — Même métal que celui que représente la figure 8, après un long recuit dans un four à fonte malléable. La coupe a été lavée à l'acide et polie. On remarque l'absence complète du carbone et la présence de cristaux prismatiques de phosphure de fer. Grossissement : 48.

Fig. 21. — Structure qu'a prise le métal de la figure 20, après avoir été chauffé à 1100° . La coupe a été teinte par la chaleur. Les taches claires sont de l'eutectique phosphoreux. Grossissement : 48.

dant que la barre elle-même : cette zone paraissait aussi dépourvue de carbone et n'était vraisemblablement que partiellement saturée de phosphore. Dans certains points, les taches de ferrite du métal de la barre se continuaient en traînées ininterrompues à travers l'étroite zone jusque dans l'auréole. On observa dans la région centrale, des traces dures en forme d'épines paraissant formées de la même matière que l'auréole ou la zone et l'on pouvait suivre parfois le reste des anciens courants de phosphore prenant naissance dans l'eutectique, traversant l'auréole et la zone et venant se terminer en pointe aiguë au centre de quelques-unes de ces épines. Quoique la ferrite du métal de la barre pénétrât quelquefois à travers la zone, la plus grande partie du bord intérieur de cette zone était en contact avec de la perlite : cette dernière substance constituait en quelque sorte une barrière, car partout où elle se juxtaposait au contour de la zone, il n'y avait aucune pénétration de phosphore. (Photographie n° 8.)

Ce qui précède montre que, dans les conditions de l'expérience, le phosphore liquide pénètre dans le fer, de préférence par les espaces qui séparent les grains cristallins et diffuse ensuite à l'état solide; il semble, en outre, diffuser plus rapidement dans le fer que dans l'acier.

RÉSUMÉ DU CHAPITRE IV

1. — Les observations du professeur Arnold et de M. Mac William, qui montrent que, dans certaines conditions, le phosphore de fer diffuse à l'état solide dans le fer solide, sont pleinement confirmées.

2. — Si l'action peut se continuer pendant longtemps, la quantité de phosphore est considérable et peut correspondre à 1 p. 100 de phosphore.

3. — Il reste à déterminer à quelle température la diffusion commence.

On peut dire en terminant que bien que les recherches précédentes aient jeté un peu de lumière sur la question compliquée de la diffusion des solides et des liquides dans les solides, le temps des légitimes généralisations n'est pas encore arrivé et qu'il faut souhaiter que les travaux de nouveaux observateurs parviennent à arracher à la nature, sur ce point, un plus grand nombre de ses secrets.

APPENDICE

I. — EUTECTIQUE

D'après Guthrie, un eutectique est une *eau mère* solidifiée, autrement dit, un mélange plus fusible que les autres groupements des corps en présence.

Soient deux métaux A et B, si l'on représente par une courbe la fusibilité des alliages qu'ils peuvent former, en prenant pour ordonnées les températures et pour abscisses les proportions du métal B, par exemple, dans l'alliage, la courbe ira du point A, correspondant au métal A pur, jusqu'au point B, correspondant au métal B pur. Si dans l'intervalle, on observe un point C tel que de chaque côté la courbe s'élève de C vers A et de C vers B, ce point correspondra à un véritable eutectique (fig. 23).

Les recherches récentes conduisent à attribuer à un eutectique les propriétés suivantes :

Un eutectique a un point de fusion plus bas que la moyenne de ceux des métaux constitutifs de l'alliage, et un seul point de fusion et de solidification. Les eutectiques peuvent être formés de deux ou plusieurs métaux, sans action chimique les uns sur les autres : d'un métal et d'un composé chimiquement défini, ou même de plusieurs composés chimiquement définis; ils peuvent encore contenir une solution solide de l'un des métaux dans l'autre, jointe à un métal à l'état libre : une solution solide d'un composé métallométallique, jointe au même composé métallométallique à l'état libre; enfin, ils peuvent se composer de deux solutions solides. On a observé encore des eutectiques formés de deux eutectiques : ainsi, la partie la plus fusible d'une fonte blanche très carburée et dépourvue de phosphore est constituée par un premier eutectique qui se forme à la température de solidification, et par un second eutectique perlitique qui se forme quand le métal se refroidit lentement au-dessous de 700°.

PRÉPARATION DES EUTECTIQUES. 1° *Méthode de Guthrie*. — Laisser se refroidir l'alliage

fondue de manière à faire cristalliser le métal en excès, décanter le résidu resté à l'état liquide. Refondre et traiter de la même façon ce résidu, afin d'obtenir un second résidu que l'on traitera de même. Continuer ces opérations successives jusqu'à ce que l'on finisse par avoir des résidus successifs de même composition chimique qui sont alors l'eutectique cherché. Cette méthode, excellente au point de vue théorique, a l'inconvénient de nécessiter la manipulation de grandes quantités de métal.

2^e *Méthode de Sir W. Roberts Austen.* — L'alliage est placé dans un cylindre d'acier entre deux blocs d'un centimètre et demi de diamètre qui forment pistons mais peuvent jouer à l'aise dans le cylindre. On exerce par leur intermédiaire, à l'aide d'une presse hydraulique, une pression d'environ 80 kilogrammes par centimètre carré. On chauffe doucement le cylindre, en mesurant la température par un pyromètre dont le couple a été placé dans un trou pratiqué dans le cylindre. A un certain moment, une

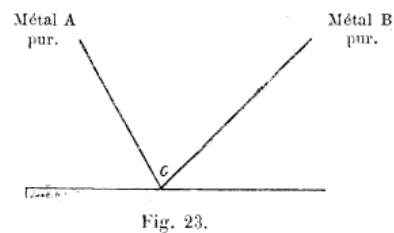
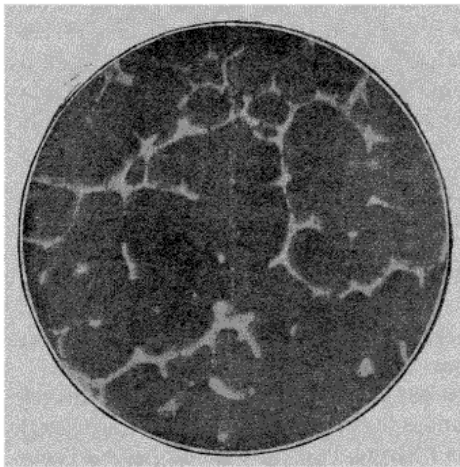


Fig. 22. — Structure qu'a prise le métal de la figure 20 après avoir été refondu. La coupe a été teinte par la chaleur. Les lignes sinueuses claires sont de l'eutectique phosphoreux. Grossissement : 20.

portion de l'alliage se liquéfie et sort par les fentes qui séparent les pistons du cylindre : on en prélève une prise pour l'analyse chimique, puis on élève la température : il arrive quelquefois qu'une nouvelle portion de l'alliage se sépare encore, on en prélève alors également une prise. Dans certains cas, il est utile de soumettre les portions métalliques expulsées à un nouveau traitement de compression.

Cette méthode est la meilleure que l'on puisse employer, lorsqu'une petite quantité d'eutectique est en présence d'une grande masse de métal.

3^e Cette troisième méthode s'applique au cas où le point de fusion de l'alliage est inférieur à 700°, et où l'on n'a que peu de métal à sa disposition. L'alliage fondu est versé à la surface d'une feuille d'amiante flexible : lorsque le métal a pris la consistance d'une pâte épaisse, on pose sur lui une seconde feuille d'amiante, et l'on promène sur le tout un rouleau de bois de manière à chasser le métal dans une seule direction : l'eutectique impur se sépare et s'étale à l'état fluide en avant du rouleau. On le refond et on le soumet de nouveau au même traitement. Il est possible de recueillir ainsi l'eutectique contenu dans 10 grammes d'alliage.

4^e *Méthode microscopique.* — On prépare artificiellement plusieurs mélanges en fondant les métaux constitutifs de l'alliage donné en proportions différentes. Ces

échantillons refroidis sont sectionnés, polis, lavés au réactif et examinés : ces diverses opérations ne prennent pas plus de 10 minutes par échantillon. Le microscope montre alors immédiatement quel est l'échantillon qui contient le plus d'eutectique et quel métal se trouve en excès. On fabrique alors de nouveaux mélanges analogues à celui-là, mais en diminuant la proportion du métal en excès. On examine ces nouveaux échantillons et on pourra reconnaître que l'un d'eux est de l'eutectique pur, dépourvu des apparences cristallines qui caractérisent la présence à l'état libre de l'un des deux métaux constituants. L'analyse chimique donne alors la composition de l'eutectique ainsi obtenu synthétiquement et vérifie en même temps les résultats.

5° Dans la série des alliages que peuvent former deux métaux, il y a quelquefois plus d'un eutectique : cette dernière méthode permet de les découvrir et d'obtenir en outre la série complète des alliages que forment ces deux métaux.

On se sert d'un moule en terre réfractaire dont la cavité a un centimètre carré de section et deux centimètres de profondeur : on le chauffe à vide un peu au-dessous du point de fusion du métal le moins fusible. Les deux métaux sont fondus séparément dans deux creusets et l'on verse dans le moule une petite quantité de celui qui a la plus forte densité : quand il commence à se solidifier par-dessous, on verse sur lui, dans le moule, le second métal goutte à goutte, en ayant soin de ne faire tomber chaque goutte que lorsque le métal qui doit la recevoir est presque solidifié. Quand le moule est plein, on pose sur son contenu une petite plaque métallique froide pour accélérer la solidification et on le laisse refroidir. Si l'opération a été bien faite, on trouvera au fond du moule le premier métal pur, le second métal également pur à l'orifice, et, entre les deux, une gradation complète de tous les alliages que peuvent former entre eux ces deux métaux. Si l'on examine l'une des faces latérales du petit lingot, après l'avoir polie et lavée à l'acide, on a devant les yeux une échelle d'alliages qui constitue un excellent guide pour une recherche systématique ; s'il s'y trouve un ou plusieurs eutectiques, ils seront aussitôt reconnus à leur aspect caractéristique.

II. — DOSAGE DU PHOSPHORE LIBRE

On met un gramme de poudre ou de planure du métal dans un flacon disposé dans une grande cuvette pleine d'eau, on verse rapidement au-dessus 70 centimètres cubes d'acide azotique de densité 1,20 ; on agite vivement le flacon pour éviter toute élévation locale de température et si celle-ci tend à monter à 20°, on porte le flacon pour le refroidir sous un courant d'eau. Le fer et le phosphore en solution sont complètement dissous en général au bout de deux minutes : on laisse alors le flacon et son contenu tranquilles, à une température inférieure à 20°, jusqu'à ce que tout dégagement de gaz ait cessé, on filtre et on lave le résidu sur le filtre à l'eau distillée froide. La liqueur filtrée contient tout le phosphore qui se trouvait dans le métal en solution solide, ainsi qu'une petite partie de celui qui figurait dans le phosphore libre, tandis que presque tout le phosphore libre dans la proportion de 90 à 97 p. 100, est réuni dans le résidu insoluble. La liqueur filtrée est évaporée sous un petit volume, ou même à siccité, si elle contient de la silice, et l'on y dose le phosphore par la méthode ordinaire. On brûle le filtre dans un creuset de platine, on dissout le résidu dans l'eau régale, et l'on dose le phosphore dans cette solution.

Si l'on attaque du phosphore de fer pur par l'acide azotique de densité 1,20, on

remarque que la quantité qui s'en dissout, dépend de la finesse des grains de ce composé, du temps pendant lequel on prolonge l'attaque et de la température de la réaction. Toutefois, en pulvérisant le phosphore aussi finement que possible, on n'a jamais pu en dissoudre plus de 10 p. 100; la finesse des grains restant la même, la proportion de phosphore dissous ne change pas, quelle que soit la quantité de ce composé que l'on attaque, pourvu que l'acide soit toujours en excès. Par contre, l'influence du temps est manifeste : ainsi un gramme de phosphore en poudre fine, laissé pendant douze heures en contact avec l'acide, perd 20 p. 100 de son poids, et le résidu, doué de l'éclat métallique, ne contenait pas de produits de décomposition. Un grand excès d'acide n'a pas d'influence, pourvu que les autres conditions, le temps de l'attaque et la température, demeurent constantes.

Afin de tenir compte dans les calculs de la solubilité du phosphore, on a ajouté aux résultats des analyses mentionnées dans le présent mémoire, de 5 à 10 p. 100, suivant que le phosphore examiné était en poudre fine ou en grains relativement gros.

Tous les autres dissolvants, tels que les acides chlorhydrique, sulfurique, les chlorures de cuivre ou de mercure, laissent insoluble plus ou moins de phosphore et donnent lieu à une forte proportion de produits noirs de décomposition, provenant du phosphore en solution solide. Il est probable que c'est à l'ignorance de ce fait qu'il faut attribuer les erreurs commises par certains observateurs.

Si l'on emploie la méthode précédente pour doser le phosphore libre, en présence du carbure de fer libre, ce dernier figurera plus ou moins dans le résidu; mais ce fait n'a pas d'importance, puisque le phosphore n'existe dans ce résidu qu'à l'état de phosphore libre, son dosage n'en déterminera pas moins exactement ce composé.

En résumé, cette méthode d'analyse laisse beaucoup à désirer, elle a cependant rendu de grands services comme vérification des observations microscopiques; après de très nombreux essais, j'ai toujours constaté que dans les cas où le microscope décelait la présence de phosphore libre, même en traces légères, la méthode chimique confirmait cette observation.

Lorsque la dissolution du métal dans l'acide azotique est effectuée, il est important de s'assurer que le résidu est magnétique, c'est-à-dire susceptible d'être attiré par un aimant : dans le cas contraire, ce ne serait pas du phosphore Fe^3P .

III. — COLORATION DES ÉCHANTILLONS A L'AIDE DE LA CHALEUR

Les professeurs Martens et Behrens ont été les premiers à se servir, dans leurs recherches, de la coloration des surfaces métalliques polies à l'aide de la chaleur, M. Osmond et d'autres observateurs ont aussi employé ce procédé. Il ne donne en général aucune indication sur l'état granuleux ou cristallin de la structure, mais il est précieux comme moyen de reconnaître les divers éléments constitutifs d'un métal.

Le tableau suivant donne les colorations qu'ont prises des échantillons de composition connue, dans un bain d'étain fondu dont la température était réglée par un pyromètre :

Teintes produites par la chaleur.

TEMPÉRATURE.	AU BOUT de :	PERLITE PHOSPHORÉE (0,6 p. 100 de P. 0,75 p. 100 de C.)	FER.	CARBURE. de FER.	PHOSPHURE de FER.
232°	1 minute.	Jaune très pâle.	Blanc.	Jaune très pâle.	Blanc.
	4 —	Brun jaunâtre.	Jaune très pâle.	Jaune pâle.	Blanc.
	10 —	Brun jaunâtre.	Jaune plus foncé.	Jaune pâle.	Blanc.
280°	1 —	Brun.	Jaune.	Jaune brunâtre.	Blanc.
	2 —	Pourpre.	Rouge brun.	Jaune brunâtre.	Blanc.
	3 —	Pourpre foncé.	Brun.	Jaune brunâtre.	Blanc.
	4 —	Bleu.	Rouge pourpre.	Jaune brunâtre.	Jaune très pâle.
	6 —	Bleu.	Pourpre.	Brun orange.	Jaune pâle.
	11 —	Bleu.	Bleu.	Brun rouge.	Saumon pâle.
	15 —	Bleu pâle.	Bleu.	Terre de Sienne brûlée.	Saumon pâle.
	30 —	Bleu plus pâle.	Bleu plus pâle.	Brun pourpre.	Héliotrope.
326°	1 —	Rouge pourpre.	Rouge.	Jaune brun.	Jaune très pâle.
	2 —	Bleu foncé.	Rouge pourpre.	Rouge brun.	Jaune pâle.
	3 —	Bleu foncé.	Rouge pourpre.	Rouge brun.	Jaune pâle.
	4 —	Bleu foncé.	Rouge pourpre.	Rouge brun.	Jaune pâle.
	5 —	Bleu foncé.	Bleu foncé.	Rouge brun.	Saumon pâle.
	6 —	Bleu.	Bleu plus clair.	Rouge pourpre.	Saumon.
	7 —	Vert pâle.	Bleu très pâle.	Pourpre.	Saumon.
	8 —	Vert pâle.	Bleu très pâle.	Pourpre.	Saumon.
	9 —	Jaune pâle.	Bleu très pâle.	Pourpre.	Pourpre.
	10 —	Jaune pâle.	Bleu très pâle.	Pourpre.	Héliotrope.

Dans les aciers carburés et les fontes blanches, le phosphore libre est toujours accompagné de cémentite et il est facile de les distinguer en chauffant à 280° pendant 10 ou 15 minutes. La cémentite sera alors rouge brun et le phosphore jaune pâle dans le premier cas, saumon dans le second. Si l'on continue à chauffer, le phosphore prend une teinte bleue, très différente de celle des autres constituants et qui rappelle l'héliotrope.

S'il n'y a pas de cémentite, il est bon d'opérer concurremment sur trois échantillons : l'un de phosphore, l'autre de fonte blanche de Suède et le troisième de fer pur. Aussitôt que la fonte blanche sera devenue brune, le phosphore jaune pâle ou saumon et le fer bleu, on arrêtera l'oxydation et l'on procédera à l'examen comparatif du métal.

On n'a pas encore déterminé l'influence du silicium sur la manière dont les métaux se colorent par la chaleur. Il est prouvé cependant que la présence de ce métalloïde modifie fortement les résultats précédemment exposés : il y aura donc lieu de tenir compte de ce fait dans l'examen des métaux très siliciés. L'action à ce point de vue du chrome, de l'aluminium, du manganèse, du nickel et du tungstène n'a pas encore été définie.

Certains alliages contiennent un constituant fusible qui se liquéfie et trouble l'opération en suintant sur la surface avant toute oxydation. On peut, dans ce cas, obtenir des teintes différentielles en chauffant le métal à basse température dans un atmo-

sphère chargée d'iode, de brome ou d'hydrogène sulfuré. On se servira, par exemple, d'une boîte fermée, à couvercle de verre, dans laquelle l'air mêlé au réactif réagira sur la surface métallique chaude.

Si l'on chauffe l'échantillon immédiatement après l'avoir poli, dans le but d'avoir les teintes caractéristiques, ces teintes seront fausses, à cause de l'effet produit par l'humidité qui s'évapore de la surface du métal. Il est nécessaire de le chauffer préalablement à 120° environ et de le frotter encore chaud avec un morceau de flanelle. On pourra l'oxyder ensuite à la température convenable, et aussitôt que les teintes se seront développées, on le posera sur un bain de mercure pour arrêter toute action par un refroidissement rapide.

Ainsi qu'on l'a vu plus haut, on peut regarder la surface polie au microscope pendant que les teintes se produisent ; mais en chauffant le métal à la flamme d'une lampe à alcool, on chauffe aussi fortement le porte-objet de l'instrument. Voici la description d'un chauffe-objet électrique qui permet d'éviter cet inconvénient.

Une petite capsule en porcelaine de 2^{cm},5 est remplie de magnésie rendue plastique par une solution de chlorure de magnésium, un fil de platine enroulé en spirale est posé sur ce remplissage et ses deux extrémités communiquent avec deux garnitures en laiton fixées en des points diamétralement opposés sur les bords et la paroi extérieure de la capsule. Celle-ci est posée sur un socle en ébonite, dans un logement muni de contacts qui correspondent aux garnitures et conduisent le courant au fil de platine. Sur ce fil, on applique une couche d'une pâte liquide formée de silicate de soude mêlé à de la silice ; l'appareil est alors prêt à fonctionner. La magnésie poreuse qui sert de support au fil est un bon isolant et le porte-objet ne s'échauffe pas : la capsule, simplement posée sur son socle, peut être facilement enlevée ou inclinée en tous sens, on peut donc rendre facilement la surface métallique parallèle au porte-objet. Aussitôt les teintes convenables obtenues, on interrompt le courant.

PROGRAMME DES PRIX

PROPOSÉS PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE A DÉCERNER
DANS LES ANNÉES 1902 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
1903. Arts chimiques.	de Lavoisier.	1906. Arts économiques.	d'Ampère.
1904. Architecture et Beaux-Arts.	de Jean Goujon.	1907. Commerce.	de Chaptal.
1905. Agriculture.	de Thénard.	1908. Arts mécaniques	de Prony.

Dans les années précédentes, ces médailles ont été décernées, savoir : en 1868, pour le commerce, à *M. F. de Lesseps*; — en 1870, pour la chimie, à *M. H. Sainte-Claire Deville*; — en 1872, pour l'agriculture, à *M. Boussingault*; — en 1873, pour la physique et les arts économiques, à *sir Charles Wheatstone*; — en 1875, pour le commerce, à *M. Jacques Siegfried*; — en 1876, pour les arts mécaniques, à *M. H. Giffard*; — en 1877, pour les arts chimiques, à *M. Walter Weldon*; — en 1880, pour l'architecture et les beaux-arts, à *M. Ch. Garnier*, architecte; — en 1882, pour les arts économiques, à *M. Gaston Planté*; — en 1883, pour le commerce, à la *Chambre de commerce* de Paris; — en 1884, pour les arts mécaniques, à *M. Joseph Farcot*; — en 1885, pour la chimie, à *M. Michel Perret*; — en 1886, pour les beaux-arts, à *M. Barbedienne*; — en 1887, à *M. Gaston Bazille*, pour l'agriculture; — en 1888, à *M. Émile Baudot*, pour les arts économiques; — en 1889, pour le commerce, à la *Société de Géographie commerciale* de Paris; — en 1890, pour les arts mécaniques, à *M. Pierre-André Frey*; — en 1890 (hors tour), pour les arts économiques, à *M. Gramme*, — en 1891, pour les arts chimiques, à *M. Solvay*; — en 1892, pour les constructions et beaux-arts, à *M. Froment-Meurice*; — en 1893, pour l'agriculture, à *M. Lecouteux*; — en 1894, pour les arts économiques, à *Lord Kelvin*; — en 1895, pour le commerce, au *Comité de l'Afrique française*; — en 1896, pour les arts mécaniques, à *M. Kreutzberger*; — 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; — en 1900, à *M. A. Potier*, pour les arts économiques; — en 1901, à la *Chambre de commerce* de Lyon, pour la mission lyonnaise en Chine; — en 1902, pour les arts mécaniques, à *M. Steinlen*.

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 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.

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 1907.

PRIX POUR LE MATÉRIEL DU GÉNIE CIVIL
ET DE L'ARCHITECTURE

Les *exposants de la classe 65*, à la même Exposition universelle, sur l'initiative de M. Elphège Baude, ont donné à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale une somme de 2 315 fr. 75 c. pour fonder un prix qui sera décerné, tous les cinq ans, à l'auteur des *perfectionnements les plus importants au matériel et aux procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.*

Ce prix consiste en une médaille d'or de 500 francs; il sera décerné, s'il y a lieu, en 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 1905.

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 1903, pour petite culture dans l'Isère,

en 1905, — invention agricole : dans toute la France,

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 1^{er} janvier de l'année du concours.

PRIX MESENS

(ARTS ÉCONOMIQUES)

M^{me} veuve Melsens, voulant perpétuer la mémoire de M. Melsens, son mari, a donné à la Société une somme de 5 000 francs, pour fonder un prix destiné à récompenser l'auteur d'une application de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Ce prix, de la valeur de 500 francs, est triennal. Il sera décerné en 1903.

PRIX SPÉCIAUX PROPOSÉS ET MIS AU CONCOURS

POUR ÊTRE DÉCERNÉS DANS LES ANNÉES 1902 ET SUIVANTES

ARTS MÉCANIQUES

1° Prix de 2 000 francs pour l'invention d'un ciment destiné à agglomérer les débris de diamant cristallisé.

Les applications nombreuses qui ont été faites, dans ces dernières années, du carbonado, ou diamant noir amorphe, au travail des roches, et principalement aux sondages à grande profondeur, ont fait décupler depuis 15 ans le prix de ce minéral.

En 1885, le carbonado valait 10 francs le carat, l'année dernière, il a atteint le prix de 320 francs le carat.

L'expérience montre que le diamant cristallisé supporte sans inconvénient la température du rouge et que le diamant noir amorphe, au contraire, s'altère aussitôt qu'il est porté à cette température. L'analyse établit que la combustion du carbonado laisse des cendres jaunâtres, composées en grande partie d'argile ferrugineuse; dans certains cas, ces matières étrangères, après volatilisation du diamant, gardent comme un squelette la forme primitive de la masse.

Le boort à piler, ou diamant cristallisé de rebut, impropre à la parure, vaut de 3 fr. 50 c. à 4 francs le carat.

Il y a donc grand intérêt à rechercher les moyens de reproduire artificiellement l'œuvre de la nature dans la formation du carbonado ou diamant amorphe, et à créer un ciment ou mastic capable d'agglomérer, dans des conditions satisfaisantes, les débris des diamants cristallisés de rebut.

Un prix de 2 000 francs sera décerné en 1903, s'il y a lieu, à l'inventeur du ciment destiné à agglomérer les débris de diamant cristallisés.

2° Prix de 3 000 francs pour un surchauffeur de vapeur d'eau.

L'emploi de la vapeur surchauffée est l'un des moyens qui restent à introduire dans la pratique industrielle pour améliorer le rendement de la machine à vapeur d'eau. L'appareil présenté au concours devra produire une surchauffe régulière et réglable, s'entretenir aisément, et ne pas présenter de danger.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1903.

3° Prix de 2000 francs pour un progrès important concernant les organes 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 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 1903.

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 1903.

2° Médailles 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 d'accorder, pour de semblables publications, des médailles aux ouvrages d'un mérite réel, dont les auteurs auront fait preuve d'une compétence spéciale sur les sujets qu'ils traitent.

ARTS ÉCONOMIQUES

1^o Prix de 2 000 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 2 000 francs sera décerné, s'il y a lieu, en 1903, à l'auteur du meilleur appareil qui répondrait à ce programme.

AGRICULTURE

1^o 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.

2^o Prix de 3000 francs *pour la reconstitution des vignobles sur les terrains calcaires-craeux.*

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 craeux à sous-sol craeux*, 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'Angou-

mois, parce que leurs produits servaient à la fabrication de l'eau-de-vie dite *fine-Champagne*.

La Société d'Encouragement espère qu'un prix de 3 000 francs encouragera les tentatives dans cette voie. Elle se réserve de partager le prix ou de n'en accorder qu'une partie, suivant les mémoires qui lui seront adressés.

Les concurrents devront fournir, avec la dénomination exacte du cépage cultivé, un échantillon du terrain, une description du sol, l'étendue plantée, l'âge et le mode de direction des plants, et un échantillon du produit avant et après la distillation. Tous ces détails devront être certifiés exacts par le professeur départemental d'agriculture et les agents des contributions indirectes.

Le prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1903.

3^e Prix de 1 000 francs *fondé par les exposants de la classe 75* (Exposition de 1889) pour être décerné à celui qui indiquera un *moyen pratique de se débarrasser de l'un des insectes ennemis de la vigne* : l'altise ou la cochenille.

Ce prix sera décerné, s'il y a lieu, en 1903.

CONSTRUCTIONS ET BEAUX-ARTS

1^{er} 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 1903.*

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).

(1) *Bulletin* de la Société d'Encouragement, octobre 1886, pages 510 et suivantes.

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 (1), qui indiquait l'emploi de la glace striée et les diverses manières de l'utiliser.

L'idée fit lentement son chemin. Néanmoins, en 1882, M. Monge, collaborateur de la maison Boussod et Valadon, réalisait de remarquables résultats par ce procédé et, en 1884, montra à la Société d'Encouragement de très belles gravures en relief et en creux que M. Mauzé obtenait par cette méthode des clichés striés; quelques-unes étaient de très grande dimension, un spécimen fut même inséré au Bulletin. Nous n'avions alors qu'à constater les résultats sans avoir à demander à l'exécutant qu'il nous initiât à ses procédés.

Aujourd'hui, la transformation de l'image photographique en planche gravée en relief pour la typographie est devenue courante; et, devant les spécimens remarquables qui revenaient de l'étranger, les éditeurs et les imprimeurs français ont compris qu'il devenait nécessaire d'améliorer leur matériel, qu'il fallait adapter leurs presses, leurs papiers, leurs encres, aux nécessités de cette gravure nouvelle dont la beauté réside surtout dans la délicatesse des traits et qui exige la même délicatesse dans les procédés d'emploi.

Les clichés striés qui servent pour la photogravure typographique s'obtiennent actuellement par l'intermédiaire d'une glace couverte de rayures très fines tracées avec une régularité qui demande la perfection. Cette glace striée est l'outil employé par le photographeur; et si nous nous servons de ce mot outil, c'est, qu'en effet, le photographeur 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 éprouve 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 photographeurs sont obligés de demander

(1) *Bulletin* de la Société française de photographie, avril 1859.

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.

PRIX

OFFERT PAR LA SOCIÉTÉ DES CEMENTS FRANÇAIS DE BOULOGNE-SUR-MER
(Anciens établissements DEMARLE, LONQUÉTY et C^{ie}, et FANCHON et C^{ie}, 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^o 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 1903.

2^o 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 1903.

(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 surproduction 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.

FONDATEMENTS 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 Christoffe 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.

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 CONTREMAÎTRES ET AUX OUVRIERS DES ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS
ET DES EXPLOITATIONS AGRICOLES.

La Société d'Encouragement, dans le but d'exciter les contremaîtres et les ouvriers à se distinguer dans leur profession et à encourager ceux qui se font remarquer par leur bonne conduite et les services qu'ils rendent aux chefs qui les emploient, a pensé que le moyen le plus propre à amener ce résultat était d'accorder des récompenses à ceux qu'une longue expérience aurait fait reconnaître comme ayant servi avec zèle, activité et intelligence; en conséquence, elle a pris l'arrêté suivant :

1° Il sera décerné chaque année, dans la séance générale, des médailles de bronze aux contremaîtres et ouvriers des grands établissements industriels et des exploitations agricoles de France.

2° Chaque médaille, à laquelle seront joints des livres pour une valeur de 50 francs, portera gravés le nom du contremaître ou de l'ouvrier et la désignation soit de l'atelier, soit de l'exploitation agricole à laquelle il est attaché.

3° Les contremaîtres ou ouvriers qui voudront obtenir ces médailles devront se munir de certificats dûment légalisés, attestant leur moralité et les services qu'ils ont rendus, depuis cinq ans au moins, à l'établissement auquel ils sont attachés. Ces certificats devront être appuyés tant par le chef de la maison, par le maire et les autorités locales, que par les ingénieurs civils ou militaires, en activité ou en retraite, et par les membres de la Société d'Encouragement qui résident sur les lieux.

4° Le contremaître ou l'ouvrier ne pourra être ni le parent, ni l'allié, ni l'associé, par acte, des propriétaires de l'établissement. Il devra savoir *lire et écrire*, et s'être distingué par son assiduité à ses travaux, son intelligence et les services qu'il aura rendus à l'atelier ou à l'exploitation agricole ; à mérite égal, la préférence sera accordée à celui qui saura dessiner et qui aura fait faire des progrès à la profession qu'il exerce. Enfin, les certificats, en attestant que ces conditions sont remplies, donneront sur le candidat tous les détails propres à faire apprécier ses qualités.

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.

NOTES DE MÉCANIQUE

MACHINES A VAPEUR *Westinghouse* DE LA WATERSIDE STATION C^o NEW-YORK (1).

Nous avons donné, dans notre numéro de février 1902, la description de la remarquable station électrique de la Waterside, qui comprend seize machines compound Westinghouse de 8 à 10 000 chevaux; les figures vont nous permettre de décrire quelques-uns des principaux détails de ces machines.

Ces machines sont, comme le montrent les figures de notre précédent article, verticales, à trois cylindres : un de haute pression, de 1^m,10 de diamètre, entre deux cylindres de basse pression de 1^m,92 $\times$ 1^m,50 de course; rapport des volumes BP, HP, 6,02; vitesse, 75 tours par minute, correspondant à une vitesse du piston de 3^m,75 par seconde.

La distribution en est faite au cylindre de haute pression par des soupapes à double siège et aux cylindres de basse pression par des robinets Corliss.

Les soupapes du petit cylindre sont au nombre de deux à chaque bout du cylindre : une pour l'admission (fig. 1) et une pour l'échappement (fig. 2). Les soupapes d'admission B sont (fig. 1) à quatre portées *aaaa* sur doubles sièges, en une chapelle A, maintenue par la bride C, et facile à enlever; sur A, est boulonnée la pièce D, qui renferme le dash-pot E et le mécanisme de commande de la soupape. Ce mécanisme est commandé, de la barre d'excentrique F, par le levier GG, qui attaque, par le déclic M, soumis au régulateur en K, le levier JJ, fou sur l'axe de GG, et qui attaque la tige de B par un secteur denté; dès que ce déclic lâche J, la soupape B est refermée par un ressort de rappel avec une vitesse atténuée par le dash-pot E. La bielle H commande de même la soupape du haut du cylindre. La vapeur passe de l'intérieur de la soupape au cylindre.

La soupape d'échappement est (fig. 2) analogue à celle d'admission, l'échappement la traversant à l'intérieur; la bielle d'excentrique F la commande par le levier EH, à came H, agissant sur le galet J de sa crosse EE, solidement guidée et rabattue par le ressort L. La soupape d'échappement du haut du cylindre est commandée par un autre excentrique que celle du bas, avec renvoi de mouvement.

Cette distribution par soupapes donne un espace nuisible plus grand que les robinets Corliss; il est d'environ 7,5 p. 100 aux deux bouts de cylindre, soit de 1,25 p. 100 du volume final de la vapeur; mais ces soupapes supportent mieux les hautes pressions et la vapeur surchauffée.

L'espace nuisible des cylindres de basse pression, à distribution par robinets (fig. 3), n'est que de 2 p. 100; les robinets d'admission, de 300 millimètres de diamètre (fig. 4), indiqués à gauche de la figure, sont commandés par un déclic soumis au régulateur; les robinets d'échappement, de 355 millimètres de diamètre, sont commandés

(1. POWER, mai.

par un second excentrique au moyen des renvois indiqués à droite de la figure, disposés de manière à donner des ouvertures et fermetures rapides, suivies de presque tout repos pendant la détente et l'échappement.

Tous les distributeurs, soupapes et robinets, sont commandés par un arbre de

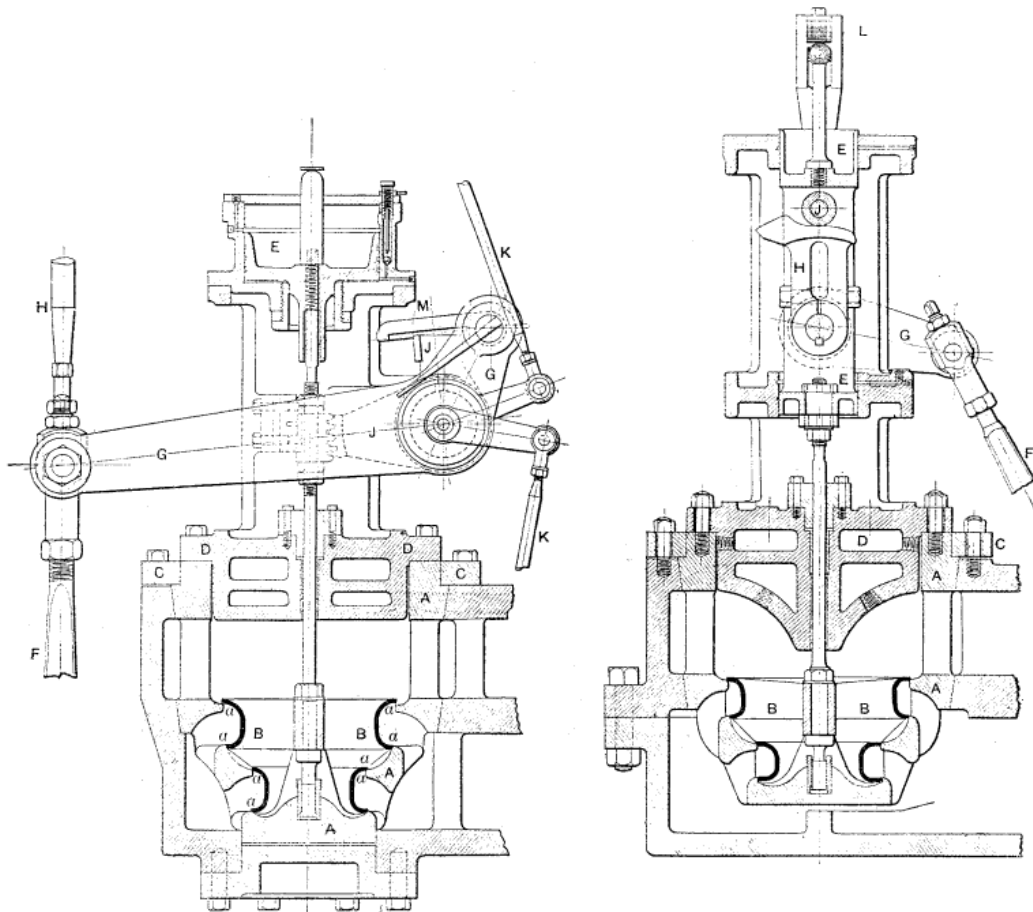


Fig. 1 et 2. — Machine Westinghouse. Soupapes inférieures d'admission et d'échappement.

distribution de 150 millimètres de diamètre, actionné, de l'arbre moteur, par une transmission à vis sans fin, ce qui permet l'emploi de petits excentriques et de mécanismes réduits. Les excentriques sont (fig. 5) en deux pièces : un manchon A, calé sur l'arbre de distribution, et l'excentrique proprement dit B, fou sur cet arbre, appuyé sur la partie concentrique du manchon, et orientable sur elle par des boulons pris dans des coulisses radiales du manchon qui entraîne l'excentrique comme un gros bouton de manivelle; cette disposition permet d'ajuster facilement le calage des excentriques et d'en réduire les dimensions.

Les cylindres sont coulés d'une seule pièce avec leurs boîtes d'admission et d'échappement; ceux de basse pression sont à intérieur rapporté, avec joints au cuivre; leur épaisseur est suffisante pour en permettre le réalésage de 13 millimètres

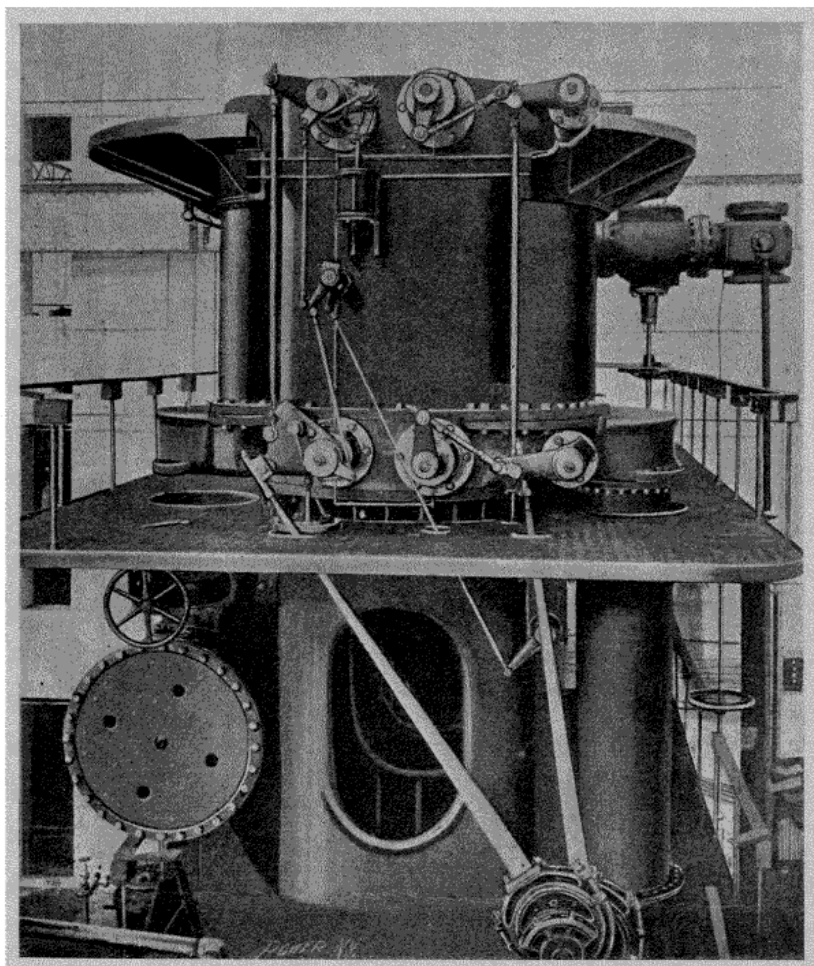


Fig. 3. — Machine à vapeur Westinghouse. Ensemble de la distribution de basse pression.

sans dépasser une fatigue de $1^{\text{kil}},4$ par millimètre carré, sous une pression de 14 atmosphères.

Les pistons ne présentent rien de bien particulier; leurs tiges en acier, de 230 millimètres de diamètre, sont à garniture métallique du type France (1).

Les crosses sont du type fig. 6, avec semelles ajustables par des coins à vis, et entraînés, non par ces vis, mais par leurs épaulements sur le moyeu de la crosse; la

(1) *Revue de mécanique*, mai 1902, p. 492.

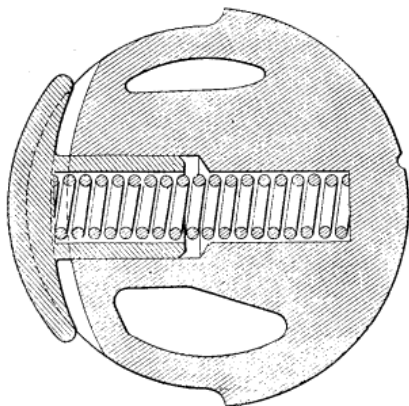


Fig. 4. — Machine Westinghouse. Détail d'un robinet.

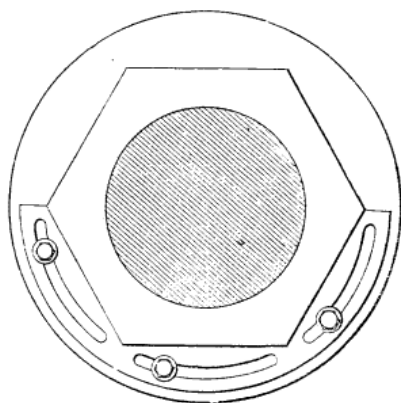


Fig. 7. — Machine Westinghouse. Écrou de la crosse.

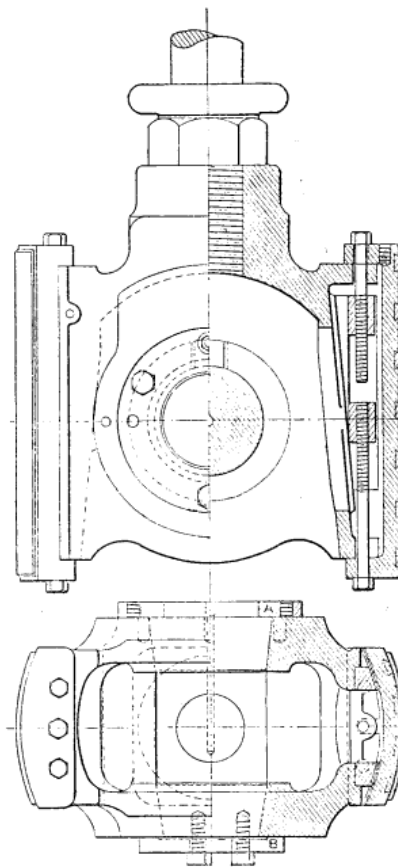


Fig. 6. — Machine Westinghouse. Détail d'une crosse.

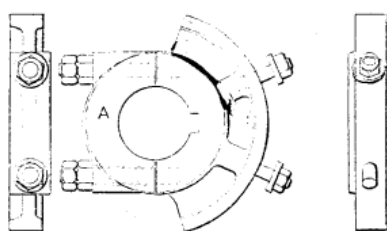


Fig. 5. — Machine Westinghouse. Détail d'un excentrique.

Tome 102. — 1^{er} semestre. — Juin 1902.

disposition de ces semelles concentriques à la crosse et à leurs portées permet, en outre, de les enlever sans la crosse. Le tourillon de la crosse, assujéti d'un côté par une plaque B, est retenu, de l'autre, par un collet A, avec trous permettant d'y faire agir des verrins pour retirer cet axe; la tige du piston est fixée à la crosse par un écrou avec prisonniers de fixation (fig. 7); les tensions, dans la crosse, ne dépassent pas $2^{\text{kil}},10$ par mètre carré, et la pression sur les semelles 4 kilogrammes par centimètre carré de leur projection.

Les bielles, en acier, du type marine, avec coussinets en bronze garni d'antifriction, ont $4^{\text{m}},20$ de long, soit 5,5 fois la longueur de la manivelle.

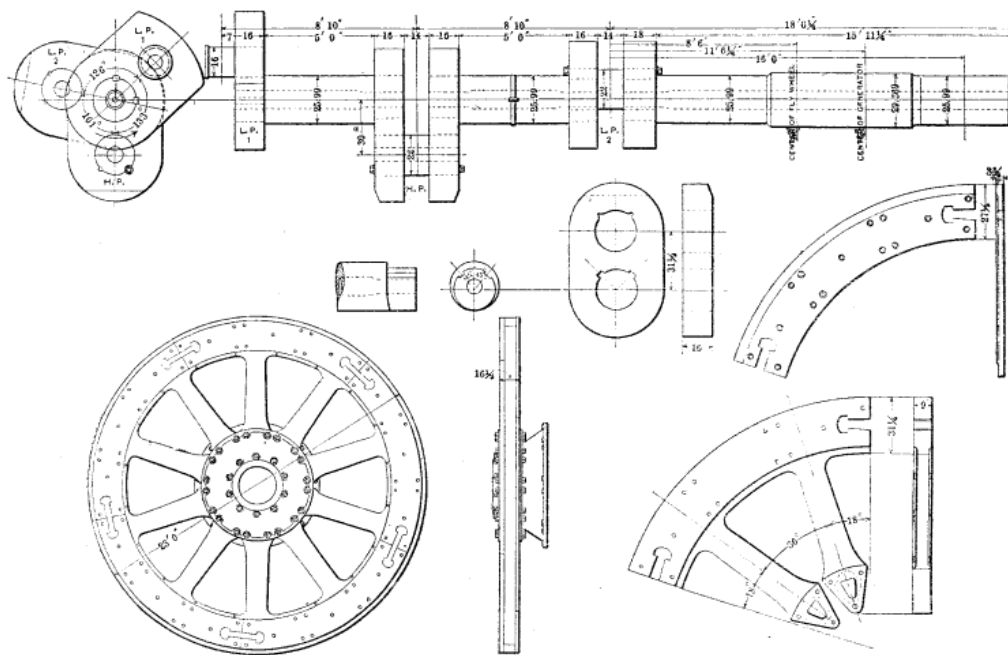


Fig. 8. — Machine Westinghouse. Détail de l'arbre et du volant.

L'arbre de couche, de 660 millimètres de diamètre, est en trois pièces (fig. 8) avec emmanchements dans ses manivelles excentrés de 38 millimètres, ce qui permet d'augmenter d'autant l'épaisseur radiale de la manivelle et de la porter à 240 millimètres, avec un accroissement de résistance de 20 p. 100, très important en ce point; les manivelles, pressées sur l'arbre à la presse hydraulique, sont assujetties par deux cales réglables par vis. Les boutons des manivelles doubles ont 305×560 de diamètre, ce qui leur donne une vitesse périphérique de $2^{\text{m}},19$ par seconde; le bouton de la manivelle extérieure a 355×405 , et cette manivelle porte une petite masse centrifuge commandant la soupape d'arrêt du moteur en cas d'emballement (1). Les manivelles sont décalées de 101° , 126° et 133° , au lieu de 120° , ce qui donne un mouvement de rotation plus régulier, comme on le voit par le diagramme d'irrégularité (fig. 9).

(1) *Revue de mécanique*, avril 1901, p. 480.

Les courbes A et B du premier de ces diagrammes correspondent aux diagrammes d'indicateur théoriques A et B en marche normale et en pleine puissance, avec manivelles à 120° et un volant de masse équivalente à celle d'un poids de 450 000 kilogrammes concentré au rayon de la manivelle; il montre que les décalages du volant, ou ses écarts angulaires par rapport à son mouvement uniforme, s'élèvent, au maximum, à $0^\circ,202$ en moyenne puissance A, et à $0^\circ,125$ en pleine puissance B. Avec les

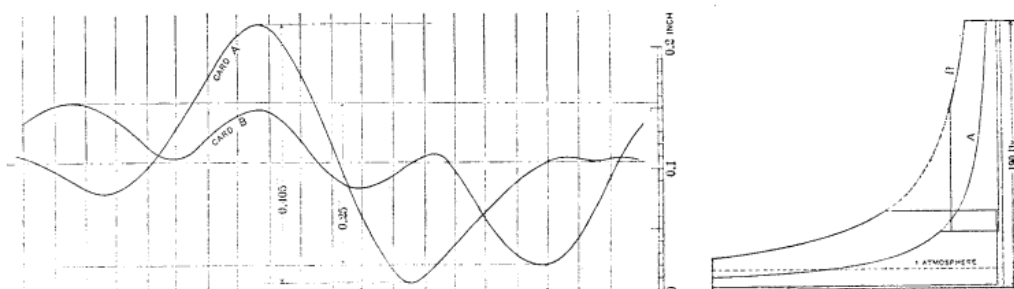


Fig 9. — Machine Westinghouse. Courbes des écarts angulaires avec manivelles à 120° .

manivelles disposées comme on l'a dit plus haut, on obtient le diagramme d'irrégularité (fig. 10), donnant des décalages maximums de $0^\circ,165$ en marche normale, au lieu de $0^\circ,202$ et de $0^\circ,210$, également au lieu de $0^\circ,202$ en pleine marche, de sorte que le décalage est réduit de 20 p. 100 en marche normale, réduction qui compose largement sa légère augmentation en puissance maxima. Le décalage réel, ou l'oscillation maxima de part et d'autre de la position moyenne correspon-

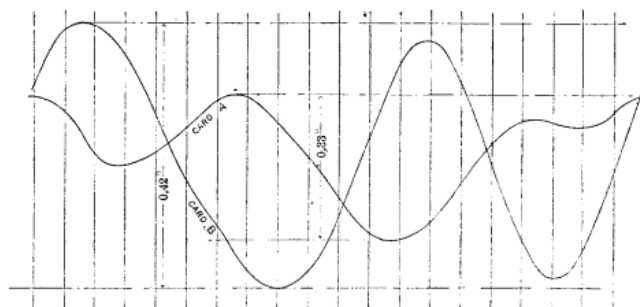


Fig. 10. — Machine Westinghouse. Couple des écarts avec le calage actuel des manivelles.

dant au mouvement rigoureusement uniforme, n'est que la moitié de ce décalage total; et en réalité, comme le poids du volant et de l'armature de sa dynamo réduit au rayon de la manivelle est de 1130 000 kilogrammes au lieu de 450 000, ce décalage est encore réduit de 40 p. 100. Ce ne sont là que des approximations déduites de diagrammes théoriques, mais suffisantes pour indiquer l'avantage du calage adopté pour les manivelles et donner une valeur probable du coefficient de régularité cyclique du moteur. On admet, qu'avec un alternateur de 40 pôles, le décalage des diagrammes théoriques ne doit pas dépasser $0^\circ,15$, tandis qu'avec un volant de poids réduit de

1 130 000 kilogrammes, il ne dépasse pas 0°,066, ce qui donne un facteur de sûreté ou une marge de $21/4$ en marche normale.

L'arbre de couche est en acier forgé, d'une résistance de 53 kilogrammes par

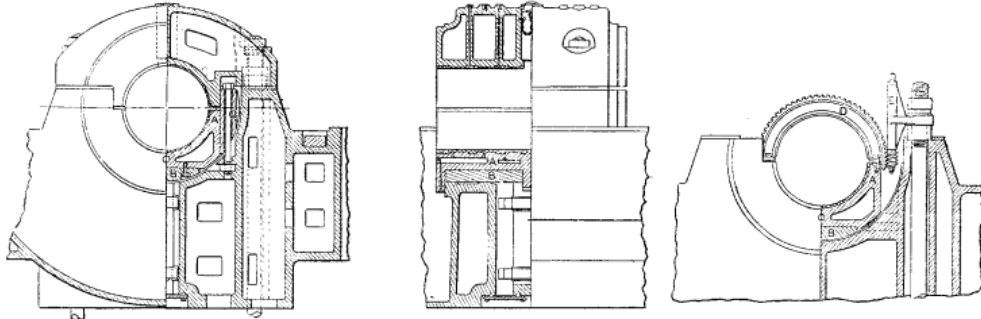


Fig. 11 et 12. — Machine Westinghouse. Détail d'un palier.

millimètre carré, avec une limite d'élasticité de 25 kilogrammes, un allongement de 20 p. 100, et une teneur en carbone ne dépassant pas 0,4 p. 100; il est percé d'un trou de 255 millimètres de diamètre, réduit à 200 au passage dans les manivelles.

Le volant, de 7^m,010 de diamètre (fig. 8), avec jante

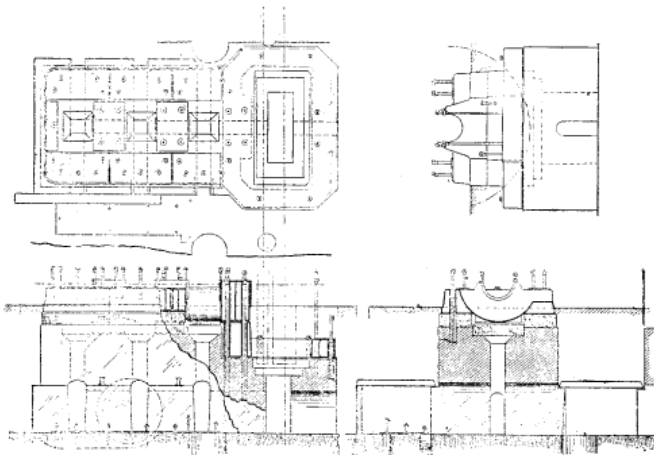


Fig. 13. — Machine Westinghouse. Détail des fondations.

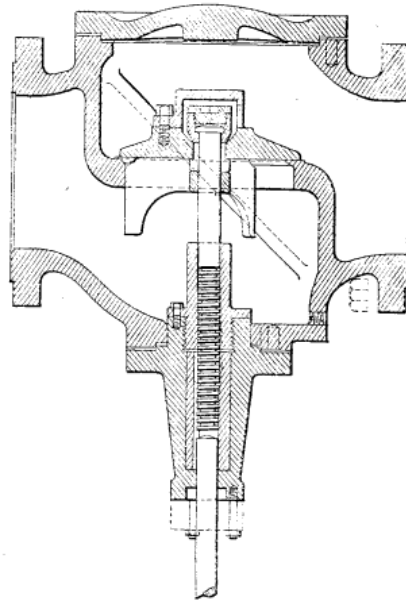


Fig. 14. — Machine Westinghouse. Prise de vapeur.

de 420 millimètres d'épaisseur, est en cinq segments d'acier coulé, de 230 millimètres d'épaisseur à la jante et de chacun deux bras boulonnés au moyeu; les jantes de ces segments, assemblés par des frettes en queue d'hironde, sont flanquées de deux anneaux en fer de 95 millimètres d'épaisseur, également assemblés de manière à présenter la même résistance à la force centrifuge que le reste de la jante; les élé-

ments ou segments de 72° de ces anneaux sont disposés, de chaque côté de la jante, à joints rompus, et traversés, ainsi que la jante, par des rivets tournés, forcés à la presse hydraulique. Le moyeu en fer est prolongé par une sorte de cloche conique sur laquelle est boulonnée l'armature de la dynamo; le poids total du volant est de 66 tonnes, dont 41 à la jante; le rayon de giration est d'environ 2^m,50.

Le poids total de la machine et de l'armature est de 222 tonnes.

Les paliers, de 1^m,30 de long, sont divisés en deux parties de 750 millimètres, et

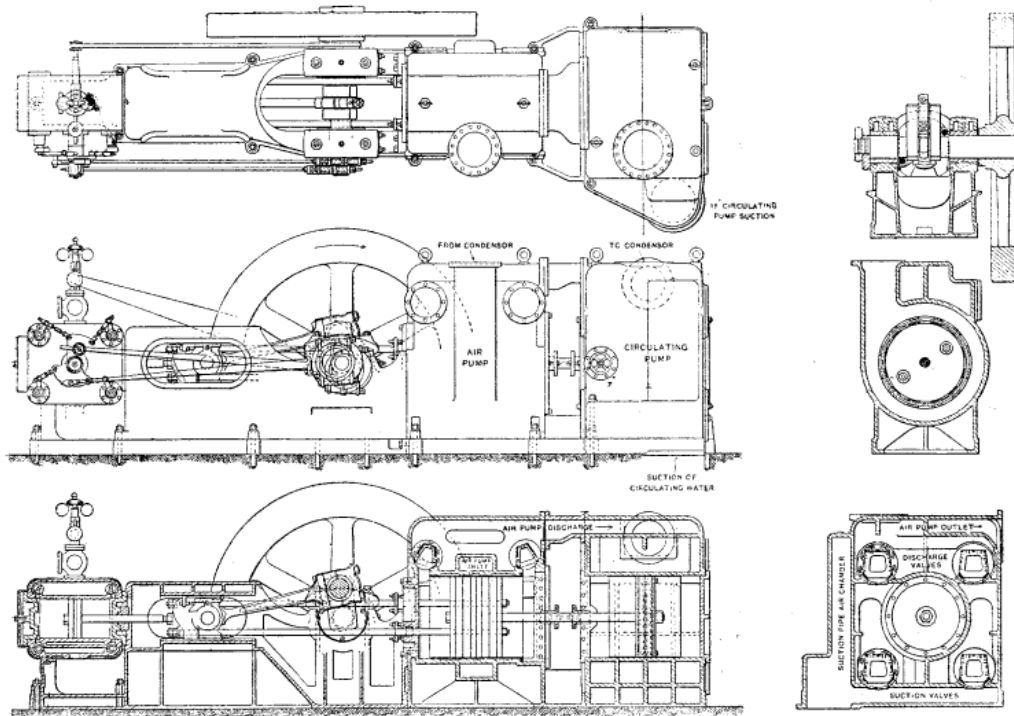


Fig. 13. — Machine Westinghouse. Pompe à air et de circulation.

leurs coussinets inférieurs A sont (fig. 11) pourvus d'une semelle B et d'un raccord C, assemblés et tournés de manière que leur ensemble constitue un cylindre concentrique à l'arbre, de sorte qu'il suffit, pour accéder au bas de ces coussinets, de soulever un peu leur arbre, d'en remplacer le haut par le secteur hélicoïdal D (fig. 12) et de faire tourner ce secteur par la vis sans fin E; on amène ainsi B au haut du palier, où l'on peut l'examiner et le refaire à loisir (1).

Le socle du bâti est (fig. 13) en trois plaques de 40 tonnes chacune, assemblées à rainures et réunies par des frettes à chaud et fondues au sable vert avec assez d'exactitude pour pouvoir se monter sans retouche.

La vapeur est amenée au cylindre de haute pression par un tuyau de 355 milli-

1) Voir le brevet américain Robinson 691, 490 de 1902.

mètres de diamètre, avec soupape de prise de vapeur de 395 millimètres de diamètre (fig. 14) dont l'ouverture est facilitée par une soupape pilote de 140 millimètres; entre cette prise et le cylindre, se trouve la soupape d'arrêt, commandée, en cas d'emballement, par le dispositif de sûreté que nous avons signalé plus haut.

Du petit cylindre, la vapeur passe, par un tuyau de 400, dans un réchauffeur d'un volume de $56^{\text{m}^3},6$, ou d'un volume égal à 4,23 fois celui de la cylindrée de haute pression et à 0,707 fois celui des deux cylindrées de basse pression; la surface de chauffe

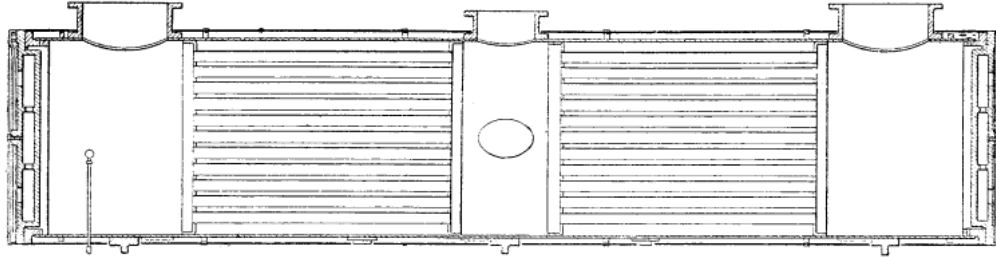


Fig. 16. — Machine Westinghouse. Réchauffeur.

de ce réchauffeur est de 1 050 mètres carrés, soit, pour une puissance de 5 200 chevaux et au taux de $4^{\text{kil}},76$ de vapeur par cheval aux cylindres, un réchauffage de 234 kilogrammes de vapeur par mètre carré de réchauffeur et par heure, et une surface de $1^{\text{m}^2},07$ environ par cheval. La vapeur d'échappement du petit cylindre arrive (fig. 16) au milieu du réservoir et se divise aux deux sections de ses tubes vers les deux cylindres de basse pression; de ces cylindres, la vapeur passe par deux tuyaux de 660 millimètres au condenseur. Ce condenseur, du type Worthington, a 3 752 tubes de

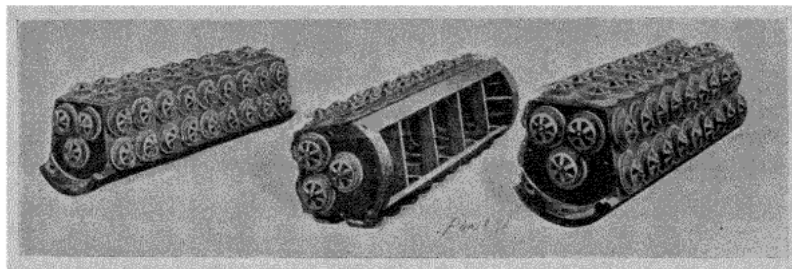


Fig. 17. — Machine Westinghouse. Chapelles des pompes à air et de circulation.

20 millimètres extérieur, en laiton, et de $3^{\text{m}},90$ de long, d'une surface de 855 mètres carrés, soit d'environ $0^{\text{m}^2},16$ par cheval.

Les pompes à air et circulation sont (fig. 15) indépendantes; les cylindres à air et à eau, à double effet, ont chacun 815×560 de course, et sont commandés directement par la crosse d'une machine Corliss de 405×610 , réglée à 32 tours par minute, soit à un déplacement égal au $1/63,2$ de celui des deux cylindres de basse pression. Le piston de la pompe à air, presque aussi long que sa course, découvre, à chaque bout de course, une lumière annulaire au milieu du cylindre, par où se fait l'aspiration, sans aucun clapet; les clapets de refoulement de la pompe à air, ainsi que ceux

d'aspiration et de refoulement de la pompe de circulation sont (fig. 17) montés sur des cages en bronze facilement accessibles.

SOUFFLERIE POUR HAUTS FOURNEAUX *Stumpf* (1)

Cette soufflerie, exposée à Dusseldorf par la Guthehoffnugs hutte C), de Sterkrade, est commandée (fig. 1 à 4), à 135 tours par minute, par un moteur à gaz de haut fourneau Otto Deutz de 1 000 chevaux; elle refoule, par minute, 1 000 mètres cubes d'air à des pressions variant de 1/2 à 0,75 atmosphères; chacun des deux cylindres à air a $1^m,850 \times 750$ de course.

L'aspiration se fait par des robinets Corliss soumis au régulateur, et le refoulement par des clapets *Stumpf* (2) qui s'ouvrent à l'intérieur du cylindre, et sont fermés par des taquets de caoutchouc du piston. La levée maxima de ces soupapes est de 26 millimètres, leur poids de 2^{kg},3, leur diamètre extérieur de 263 millimètres; elles sont en acier forgé et au nombre de 12 sur chaque fond de cylindre; leurs chapelles et leurs sièges sont maintenus par des ressorts et faciles à enlever et remplacer. D'autre part les robinets d'aspiration sont disposés de manière à pouvoir rester ouverts pendant environ un quart de la course de refoulement lorsqu'on marche à 0,75 atmosphères.

A cet effet, chacun de ces robinets est commandé, d'un balancier oscillant, par un excentrique et deux bielles de cet excentrique: une pour chaque balancier, et les extrémités de ces bielles sont actionnées par des coulisses au moyen de coulisseaux ajustables par vis de manière à permettre de régler séparément la marche de chacun de ces robinets.

PROGRÈS RÉCENTS DES MOTEURS A GAZ D'APRÈS *M. T. H. Bears* (3).

On peut prendre, comme point de départ pour apprécier les progrès réalisés par les moteurs à gaz dans ces dernières années, les essais exécutés, en 1888, par la Société des arts de Londres, sous la direction de M. Kennedy (4).

Les moteurs à gaz essayés étaient au nombre de trois: un moteur Crossley à quatre temps genre Otto, un Griffin donnant une explosion tous les trois tours à chaque bout de son cylindre, et un Atkinson donnant un coup par tour, avec expulsion complète des gaz de la combustion; les principaux résultats de ces essais sont donnés au tableau ci-dessous:

	Compression (absolue).	Puissance indiquée. chev.	Puissance effective.	Gaz par cheval-heure indiqué effectif. m ³	Pouvoir calo- rique au m ³ . cal.	Rendement thermique p. 100.	Rendement organique. p. 100.
Atkinson.	3 ^k ,5	11,15	9,48	0,544 0,640	5 700	22,8	85
Crossley .	3 ^k ,4	17,12	14,74	0,590 0,680	5 560	21,2	86,1
Griffin . .	4 ^k ,10	13,47	12,51	0,634 0,808	5 535	19,2	80,9

Bilan thermique.

	Pertes à l'échappement.	Aux parois.
Atkinson	37,9 p. 100	27,0 p. 100
Crossley.	35,5 —	43,2 —
Griffin.	39,8 —	35,2 —

(1) *Engineering*, 30 mai 1902, p. 709.

(2) *Revue de mécanique*, juillet 1901, p. 54.

(3) Mémoire présenté à l'Institution des *Mechanical Engineers* de Londres en mai 1902.

(4) G. Richard. *Les nouveaux moteurs à gaz et à pétrole*, p. 174-217.

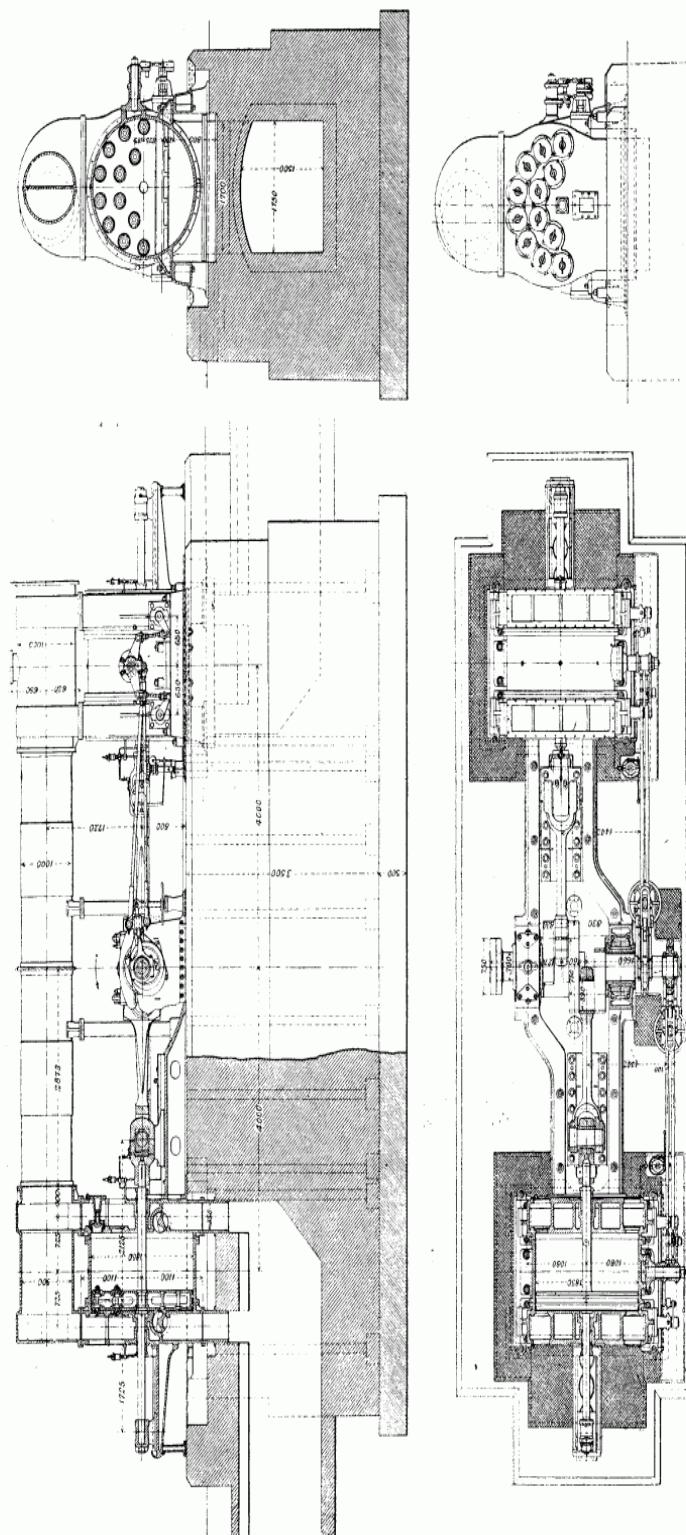


Fig. 1 à 4. — Soufflerie de hauts fourneaux Stumpf.

A l'époque de ces essais, la puissance des moteurs à gaz ne dépassait pas 50 chevaux, et il existait une très grande variété de moteurs créés dans le but d'échapper à la contrefaçon des brevets Otto; mais, dès la chute de ces brevets, en 1890, presque tous les constructeurs revinrent purement et simplement au cycle d'Otto, très simple, et qui avait fait ses preuves; actuellement, et surtout pour les gros moteurs, on revient aux types à deux temps.

Le moteur Griffin des essais de la Société des arts consacrait deux des courses de son cycle à l'expulsion complète des gaz de l'explosion ou à leur balayage; plus tard, Crossley effectua ce balayage en munissant le moteur d'un tuyau d'échappement suffisamment long : une vingtaine de mètres, pour qu'en laissant la soupape d'admission d'air ouverte pendant les premiers moments de la course d'aspiration l'inertie de la colonne de gaz de ce tuyau suffise pour entraîner, avec un peu d'air de la charge d'admission, les gaz d'échappement qui restent encore au cylindre à la fin de la course d'échappement (1). Cette expulsion des gaz brûlés permet d'augmenter la compression sans risque d'allumages intempestifs; cette expulsion et l'augmentation de la compression ont, dans certains cas, donné des résultats remarquables, comme l'ont démontré des essais de moteurs d'une puissance comparable à celle des moteurs de la Société des arts, sur lesquels ils réalisent une économie de près de 25 p. 100.

Les progrès des gazogènes produisant à bon marché des gaz utilisables par les moteurs ont permis d'en augmenter considérablement la puissance depuis 1889; ces progrès sont dus principalement à Dowson et à Mond. Le principe de ces gazogènes consiste, comme on le sait, à faire traverser la masse incandescente du combustible par un mélange d'air et de vapeur d'eau qui se décompose en hydrogène et en oxyde de carbone combustibles. Le gaz Dowson n'exige, pour sa combustion, qu'environ 1,13 fois son volume d'air au lieu des 5 à 7 volumes exigés par le gaz d'éclairage, de sorte que l'on est amené à augmenter notablement la compression et à expulser complètement les gaz brûlés afin de conserver aux moteurs à gaz pauvre la même énergie spécifique qu'aux moteurs à gaz riches. Dans le gazogène Lencauchez, les gaz passent, du milieu du gazogène, au travers d'un réchauffeur d'air et d'un vaporisateur; l'air ainsi chauffé par les gaz et la vapeur ainsi produite à la pression atmosphérique vont se mêler à l'air lancé dans le cendrier du gazogène par un ventilateur; le combustible, au haut de ses gazogènes, se débarrasse par distillation de ses goudrons avant d'atteindre la zone incandescente, et ces hydrocarbures sont convertis en gaz stables.

Le gazogène Mond a pour objet l'utilisation des combustibles inférieurs et la récupération de l'ammoniaque formé au cours de la gazéification (2); la principale raison du succès de ce gazogène est l'application du principe des régénérateurs pour la récupération de la chaleur de ses gaz. Un gazogène Mond de dimensions moyennes peut traiter 20 tonnes de tout venant par vingt-quatre heures, en produisant, par tonne de ce combustible, environ 4 000 à 4 500 mètres cubes de gaz, avec une récupération de sulfate d'ammoniaque évaluée à 10 francs environ par tonne de charbon. La composition de ce gaz sec est de : CO 11 p. 100 en volume, H₂ 29, CH₄ 2, CO₂ 16, Az. 42; sa puissance calorifique est de 1 320 calories par mètre cube, et il exige, pour sa combustion, 1 volume 15 d'air par volume de gaz. D'après M. Humphrey, ce gaz renfermerait environ 84 p. 100 de la chaleur totale du combustible, non comprise celle nécessaire à la pro-

(1) G. Richard. *Les moteurs à gaz et à pétrole* en 1893, p. 30.

(2) On trouvera la description complète du gazogène Mond dans le *Bulletin* d'octobre 1897, p. 1353.

duction de la grande quantité de vapeur, en partie récupérée d'ailleurs, nécessaire à la récupération de l'ammoniaque (1).

Parmi les grands moteurs à gaz utilisant des cycles différents de celui d'Otto, il faut citer celui de Korting, de 350 chevaux au frein (2) à double effet, avec stuffing-box à enveloppe d'eau, une soupape d'admission desmodromique à chaque bout du cylindre et les lumières d'échappement découvertes par le piston aux extrémités de ses courses. L'air et le gaz des charges sont fournis chacun par une pompe à double effet, de mêmes courses commandées, de l'arbre moteur, par une manivelle à 110° de sa manivelle, avec valves cylindriques commandées par un excentrique de l'arbre moteur, et qui refoulent l'air et le gaz, par des tuyaux séparés, au droit de la soupape d'admission du mélange. A la fin de la course motrice, le piston moteur découvre l'échappement, et, quand la pression dans le cylindre est tombée à presque celle de l'atmosphère, le mélange d'air et de gaz admis au cylindre achève d'en expulser complètement les gaz brûlés; puis la charge est comprimée et allumée, donnant ainsi un coup par tour à chaque bout du cylindre; le mélange d'air et de gaz entre au cylindre précédé d'une couche d'air qui sert au balayage des gaz brûlés sans risque d'explosion intempestive ni de perte de gaz, et, derrière cette couche d'air, le mélange proprement dit d'air et de gaz rencontre, à l'entrée du cylindre, une arête qui achève d'en mêler intimement les éléments. L'allumage se fait par l'électricité, avec deux lumières d'allumage à chaque bout du cylindre. Les principales dimensions de ce moteur sont les suivantes : cylindre de 550×960 ; pompe à air de 620×700 , à gaz de 500×700 de course.

Aux essais, ce moteur a donné les résultats suivants :

Puissance indiquée au cylindre moteur.	533 chevaux.
— absorbée par les pompes	62 —
— indiquée nette	471 —
— au frein.	334,7 —
Rendement organique, non compris les pompes . . .	71 p. 100.
Puissance calorifique du gaz par mètre cube . . .	4 157 calories
Gaz par cheval-heure indiqué net.	1 ^m 3,7
— — — effectif	2 ^m 3,35
Rendement thermique par cheval indiqué net. . .	33,5 p. 100.
— — — — — effectif	23,8
Tours par minute.	101

Le réglage se fait en variant le dosage du gaz; à cet effet, la soupape d'aspiration de la pompe à gaz reste plus ou moins longtemps ouverte au commencement de la course de son refoulement; en marche normale, cette soupape reste ouverte pendant les 0,4 de la course de refoulement, pendant lesquels la pompe à air refoule sa charge de balayage, et cette ouverture se prolonge à mesure que la puissance de la machine diminue.

Le piston moteur et sa tige sont rafraîchis par une circulation d'eau.

La compression était très élevée : 12^{kg},5, et la pression maxima de l'allumage atteignait 27^{kg},5.

(1) Voir *Revue de mécanique*, janvier 1901, p. 50, le très important mémoire de *M. Humphrey* sur « l'utilisation du gaz Mond dans les grands moteurs à gaz ».

(2) *Revue de mécanique*, janvier 1901, p. 124 et septembre 1901, p. 296. La maison Korting expose à Dusseldorf un moteur de 700 chevaux à cylindres de $750 \times 1^m,30$, vitesse 90 tours.

Les essais d'un moteur Otto-Crossley de 400 chevaux, au gaz Mond, par M. Humphrey, ont donné les résultats suivants :

Puissance au frein.	359,6 chevaux.
Tours par minute	128
Rendement organique	83 p. 100.
Gaz Mond par cheval-heure effectif.	2 ^m 3,13
Puissance calorifique au mètre cube	1 267 calories.
Rendement thermique par cheval au frein	23,76 p. 100.

Ce moteur était à deux cylindres de 660 × 915, attelés sur une même manivelle; la compression était relativement faible, d'environ 7 kilos.

Un moteur du type *Premier* (1) essayé avec ce même gaz, à deux cylindres de 12 × 760, en tandem, a donné les résultats suivants :

Tours par minute	128
Puissance effective.	368,2
Rendement organique	81,2 p. 100.
Gaz Mond par cheval-heure effectif.	4 ^m 3,76
Puissance calorifique du mètre cube	1 280 calories.
Rendement thermique.	25,6 p. 100.

La compression était beaucoup plus élevée que dans le moteur Crossley : 12 kilos absolus, ce qui explique le meilleur rendement de ce moteur.

Emploi des gaz de hauts fourneaux. — C'est vers 1894 que l'on proposa, presque simultanément en Allemagne, en Belgique et en Angleterre l'utilisation des gaz de hauts fourneaux dans les moteurs.

En Angleterre, M. Thwaite en fit la proposition en mai 1894, et en février 1895, il fit fonctionner, à Wishaw, aux Glasgow Iron and Steel Works, un moteur Acme, à cylindre de 300 × 510 de course, marchant à 190 tours et 15 chevaux; la puissance calorifique du gaz de haut fourneau employé était de 1 120 calories, il renfermait 28 p. 100 de gaz combustible; la dépense de gaz était de 2^m3,38 par cheval-heure, soit un cheval effectif par 0^{kg}5,6 de charbon brûlé au haut fourneau, qui fournissait environ 5 200 mètres cubes de gaz par tonne de fonte. En 1897, une autre machine Acme de 15 chevaux, essayée aux Frodingham Works, dépensait, par cheval-heure, 3^m10 de gaz à 10 calories. Actuellement, on compte, en Angleterre, un moteur Thwaite-Gardner de 400 chevaux aux forges de Clay Cross, commandant une machine soufflante verticale (2), un moteur Crossley de 500 chevaux, à Wolverhampton, commandant directement une machine soufflante à 130 tours, et un moteur de 600 chevaux, type Cockerill, à Middlesborough.

En Belgique, la question de moteurs à gaz de hauts fourneaux a été reprise par la Société Cockerill, avec les moteurs bien connus du type « Simplex » à grande compression, distribution par soupapes et allumage par une étincelle électrique continue, c'est-à-dire jaillissant continuellement dans la cavité d'un petit tiroir transportée au moment voulu devant la lumière d'allumage (3). On débuta, en 1895, par un moteur de 8 chevaux, suivi en 1898, par un moteur de 150 chevaux, dont le rendement thermique s'éleva à 20 p. 100, avec une compression de 8 kilos. En 1899, un moteur de

(1) *Revue de mécanique*, décembre 1900, p. 794.

(2) *Revue de mécanique*, avril 1902, p. 350.

(3) *Revue de mécanique*, janvier 1900, p. 778, décembre 1900, p. 778 et 784 juillet 1901, p. 31 et mai 1902.

600 chevaux à cylindre de $1^m,30 \times 1^m,40$ de course, commandant directement une soufflerie de même course et de $1^m,67$ de diamètre, et marchant à 93 tours par minute a donné les résultats suivants :

Puissance indiquée	886 chevaux.
Puissance effective.	723
Rendement organique.	81 p. 100.
Puissance calorifique du gaz par mètre cube.	890 calories.
Dépense de gaz par cheval-heure effectif.	3 mètres cubes.
Rendement thermique par cheval indiqué	31,2 p. 100.
— — — — — effectif.	25,3 p. 100.

La compression était de 10 kilos.

En Allemagne, les premiers essais furent exécutés par les forges de Hoerde, en Westphalie, avec un moteur Otto de 12 chevaux, à compression de $6^{kg},5$, en 1895, puis, encouragé par le succès, cette Compagnie adopta, pour le service de ses souffleries, les moteurs à deux temps et double effet de Von Oechelhauser (1). Ce moteur est à deux pistons se mouvant en opposition dans chaque cylindre, et à pompe à double effet, aspirant et refoulant d'un côté de l'air et de l'autre un mélange d'air et de gaz. Les deux pistons étant le plus rapprochés possible, avec, entre eux, un mélange moteur comprimé à 10 kilos, l'allumage se produit, ainsi que la course motrice. Dès que les deux pistons arrivent au bout de leurs courses motrices, l'un d'eux découvre les orifices de l'échappement, et l'autre ceux de l'admission de la chasse d'air destinée au balayage des gaz brûlés, puis celui de l'admission du mélange d'air et de gaz, qui est comprimé entre les deux pistons puis allumé; la charge d'air de balayage est fournie par la soufflerie même du moteur. Le cylindre d'un moteur de 1 000 chevaux a seulement 940 mètres de diamètre; les moteurs de 600 chevaux ont deux cylindres de 480×790 , et marchent à 135 tours; la Deutsche Kraft Gessellschaft étudie la construction d'un moteur de ce type de 2 000 chevaux à un seul cylindre.

La composition des gaz de hauts fourneaux varie considérablement avec leur allure : de là, une difficulté que l'on a surmontée en mélangeant, avant leur arrivée aux moteurs, les gaz de plusieurs hauts fourneaux. Ces gaz renferment aussi des poussières : jusqu'à 4 et 5 grammes par mètre cube, principalement avec les minerais oolitiques et pour lesquelles il faut employer des procédés d'épuration spéciaux, en faisant passer les gaz soit, comme le fait M. Thwaite, au travers de scrubbers, soit au travers d'un ventilateur centrifuge avec injection d'eau axiale, comme à Differdenge (2). Le ventilateur, de $1^m,50$ de diamètre et marchant à 900 tours, reçoit son injection d'eau axiale par un tuyau de 26 millimètres; les gaz ne conservent plus, à la sortie, que 25 centigrammes de poussières par mètre cube, au lieu de 4 grammes; il faut employer de 1 à $1\frac{1}{2}$ litre d'eau par mètre cube de gaz; le prix de l'appareil est d'environ 10 000 francs pour un moteur de 600 chevaux.

La puissance calorifique des gaz de hauts fourneaux varie entre 900 et 1 100 calories au mètre cube, et ils renferment, conséquence défavorable à leur emploi dans les moteurs, d'autant plus d'acide carbonique que la marche du haut fourneau est meilleure.

(1) *Revue de mécanique*, décembre 1899, p. 722; avril 1900, p. 512; septembre 1901 p. 290. *Bulletin* de mai 1901, p. 713.

(2) Voir le *Bulletin* de mai 1901, p. 692, mémoire de M. Lurmann. et la *Revue de mécanique*, juin 1901, p. 622, mémoire de M. Deschamps.

D'après M. Lurmann, il se perdrait environ 10 p. 100 des gaz des hauts fourneaux par les fuites; on en emploierait 28 p. 100 pour le réchauffage du vent, 40 p. 100 à la production de la vapeur; la perte résultante, 22 p. 100, donnerait, utilisée aux moteurs à gaz, environ 28 chevaux-heures par tonne de fonte; en Allemagne, où la production annuelle de fonte est de 7 400 000 tonnes, on disposerait ainsi de 570 000 chevaux; on en utilise déjà 44 000, et 17 000 en Belgique et en Italie.

Aux États-Unis, la compagnie Westinghouse construit des moteurs de 600 à 1 500 chevaux effectifs, fonctionnant au gaz naturel, d'une puissance calorifique d'environ 9 000 calories au mètre cube, dont le réglage se fait très facilement par la variation de la richesse du mélange (1) et dont le rendement thermique s'élève au chiffre considérable de 25 p. 100.

La durée des grands moteurs à gaz, leur endurance, est comparable à celle des machines à vapeur; on peut citer, entre autres, le moteur Crossley essayé par M. Humphreys, qui a supporté sans fatigue une marche ininterrompue de six mois, jour et nuit, sans aucun arrêt. Leur régularité est très satisfaisante; avec un bon réglage graduel, leur irrégularité ne dépasse guère 1 p. 100, et ils peuvent parfaitement s'employer dans les stations centrales d'électricité. Leur prix de revient et celui de leur puissance avec des gaz pauvres leur permettent de lutter, dans bien des cas, avantageusement avec les meilleures machines à vapeur.

LES VIS SANS FIN « GLOBOÏDALES » D'APRÈS M. Lindner.

Sur la demande des ateliers de construction Lorenz, à Ettlingen (grand-duché de Bade) M. Lindner, professeur à Karlsruhe, a étudié des vis sans fin globoïdales (2). Ces vis s'obtiennent en les taillant par un outil ayant la forme de la section moyenne de la dent de la roue hélicoïdale conjuguée, l'outil avançant suivant la circonférence de cette roue comme une de ses dents. Pour tailler la dent de la roue correspondant à cette vis, on emploie une fraise semblable à la vis conjuguée.

Les figures 1 à 4 représentent l'un des flancs d'une vis sans fin globoïdale à droite; on a indiqué en traits plus accentués le flanc de la dent de la roue hélicoïdale. Dans la coupe médiane II (fig. 1), toutes les dents de la vis sont en contact avec celles de la roue sur toute leur longueur. Ce fait constitue la caractéristique des vis globoïdes et les distingue des vis sans fin cylindriques, où quelques points seulement engrènent à la fois. Mais il n'en résulte pas que les vis globoïdales engrènent par de grandes surfaces de contact, ni, bien que l'engrènement se fasse sur une grande longueur, qu'il soit réparti régulièrement.

On voit, par la figure 1 que, dans les plans I et III, situés en avant et en arrière du plan médian II, le contact n'a lieu que tout à fait à droite au bout de la vis; à partir de là, vers la gauche, les flancs des dents sont de plus en plus écartés; en outre, le contact, dans le plan médian même, n'a lieu que sur une *arête saillante* ou un tiers du flanc de la dent de la roue. Cette arête est formée, lors du fraisage, parce que les différentes arêtes coupantes de la fraise hélicoïdale passent, chacune avec une inclinaison différente, toujours par la même ligne médiane du flanc de la dent de la roue, et taillent ainsi la dent tantôt en avant, tantôt en arrière du plan médian. La

(1) *Bulletin* de septembre 1899, p. 1385.

(2) *Zeischrift des Vereines deutscher Ingenieure*, 3 mai 1902.

différence des inclinaisons est due à la variation du diamètre de la vis sans fin. Au milieu de sa longueur, où ce diamètre est le plus petit, le pas est le plus raide; par contre il est minimum aux extrémités. Pour cette raison, la dent de la fraise découpe, dans le milieu de la longueur de la vis sans fin, la dent de la roue hélicoïdale avec un pas décroissant à partir de l'arête médiane. La formation des arêtes est indiquée par la figure 4. On n'a tracé, dans cette figure, que la limite de la dent de la roue située sur la surface cylindrique extérieure F de la roue, et constituant l'enveloppe des

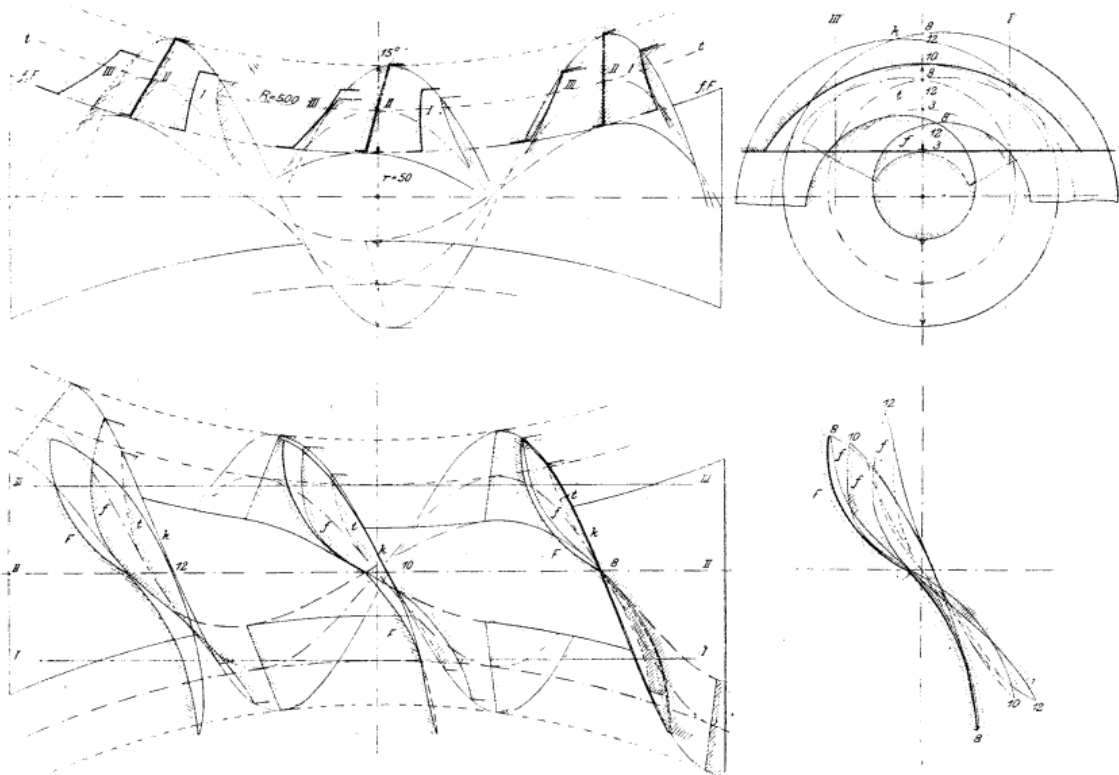


Fig 1 à 4. — Engrenage à vis sans fin globoidale.

courbes désignées par f , que cette surface cylindrique découpe dans les différentes dents de la vis. Les courbes f sont en projection radiale, telles qu'on les verrait si l'on se plaçait dans l'axe de la roue, et elles sont superposées. Le plan fig. 3 montre combien la dent de la roue s'écarte, surtout par son arête extérieure F , des dents de la vis et des courbes f . La dent 8 à droite, au bout de la vis, est en contact avec la moitié de la surface de la dent de la roue, moitié située en avant du plan médian, et la touche encore à son bord postérieur. D'arrière en avant, l'engrènement s'étend jusqu'au milieu de la vis. A gauche du milieu, l'engrènement cesse, abstraction faite du contact avec l'arête médiane en question, de sorte que la moitié de la vis est hors d'engrènement.

Il en résulte que les avantages des vis globoïdales ne sont pas très considérables tandis qu'elles peuvent donner lieu à plus d'une difficulté d'exécution en pratique notamment pour la trempe des fraises.

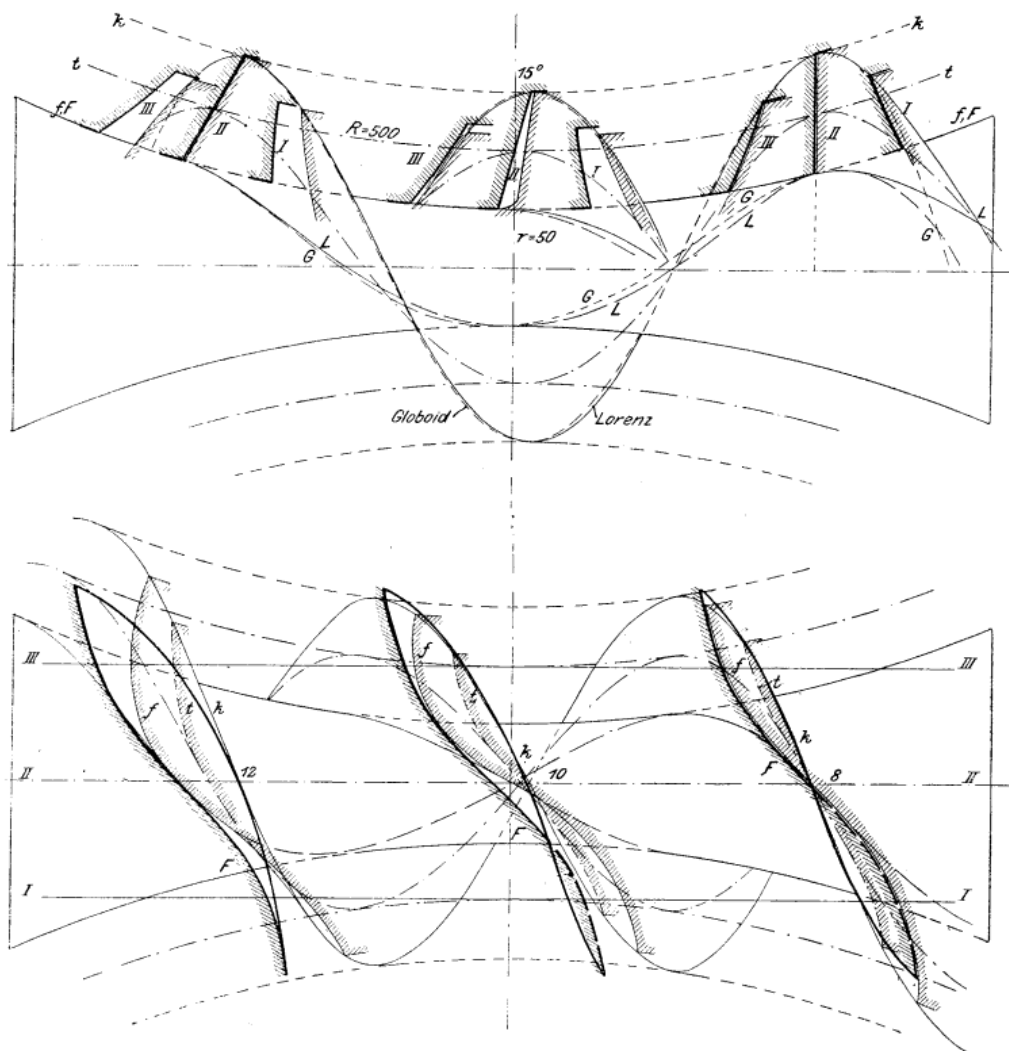


Fig. 5 et 6. — Engrenage à vis *Lorenz*.

Les ateliers précités ont, pour cette raison, en quelque sorte renversé le procédé de fabrication, qu'ils ont simplifié, et l'engrènement a été perfectionné. Dans ces ateliers on taille la dent de la roue hélicoïdale à l'aide d'un outil simple, dont la forme se rapproche de celle de la dent de la roue globoïdale, et on découpe la vis sans fin correspondante de façon qu'elle épouse autant que possible cette forme de la dent. Comme

les dents de la roue sont surtout découpées par les arêtes extérieures de la fraise hélicoïdale, on obtient une bonne approximation de la forme en n'utilisant, au lieu

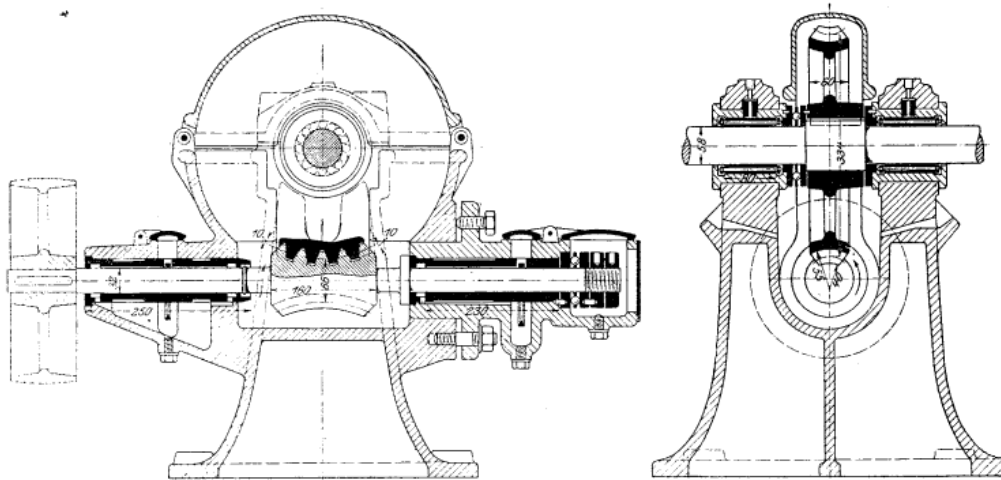


Fig. 7. — Transmission Lorenz.

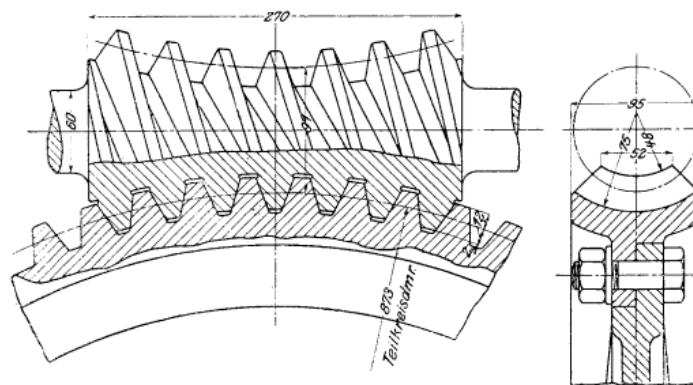


Fig. 8. — Vis sans fin Lorenz à deux filets.

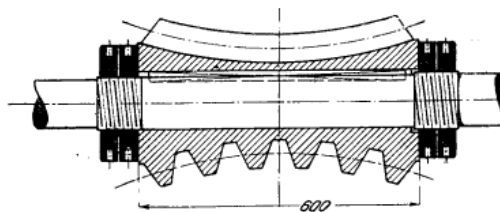


Fig. 9. — Vis sans fin Lorenz rapportée.

de toute la fraise, que les deux arêtes coupantes extrêmes à droite et à gauche, en d'autres termes en faisant usage de deux outils courts, avec arête tranchante

unilatérale, chacune pour un flanc de la dent de la roue. Les deux outils sont placés suivant des rayons de l'arbre porte-fraise et maintenus par une pièce intermédiaire à la distance convenable; en avant de l'arbre porte-fraise la roue en taille tourne se rapprochant peu à peu de cet arbre. Les creux entre les dents des roues hélicoïdales sont dégrossis à la fraise. La vis sans fin est également taillée au tour au

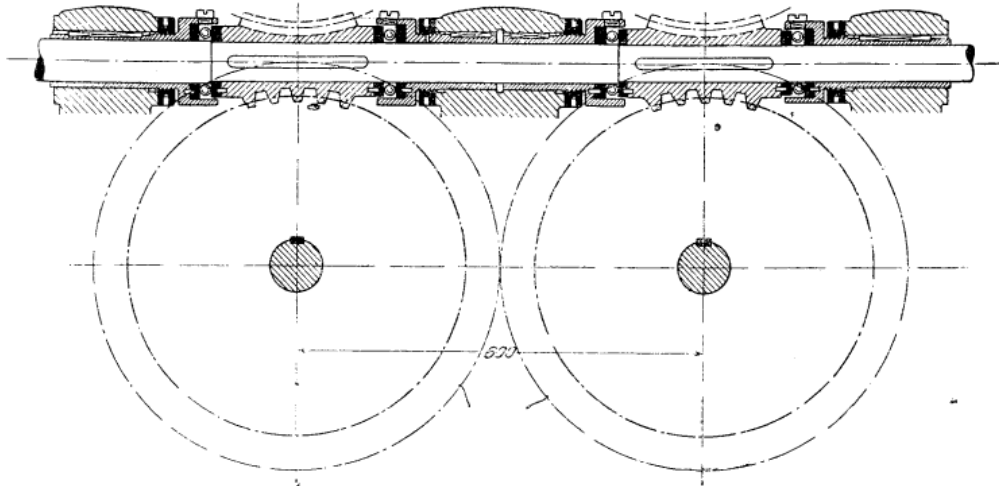


Fig. 10. — Vis sans fin droite et gauche.

moyen d'un dispositif particulier permettant de lui donner la forme correspondant à cette denture simplifiée.

Les figures 5 et 6 montrent une surface de vis sans fin Lorenz; pour la comparaison, on a tracé aussi la forme globoïdale en traits discontinus. On a pris, pour la ligne

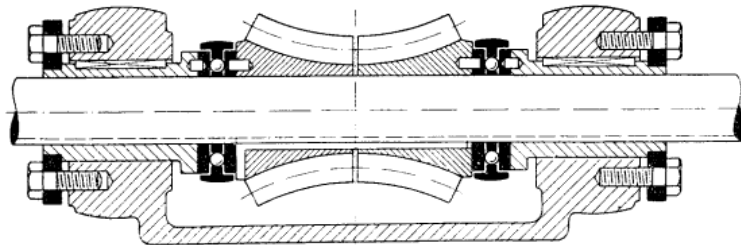


Fig. 11. — Vis en deux pièces.

de coupe correspondant à l'arête coupante lors du fraisage de la roue, le rayon de l'axe de la vis sans fin qui coupe la circonférence primitive de la roue hélicoïdale à l'angle au centre de 15° . En faisant tourner simultanément la roue et la vis, avec un rapport de transmission de 1 à 12, la ligne de coupe produit sur la roue la forme géométrique du flanc de la dent. Si on transporte ce flanc dans la position moyenne (10), on voit qu'il y a un certain excès de coupe par rapport à la surface globoïdale, et on doit alors faire reculer la surface hélicoïdale de la grandeur de cet excès.

Dans le plan médian II les deux dents extérieures (8 et 12) seules se touchent. La dent extrême de droite (8), qui contient dans son flanc la ligne de coupe, glisse avec celle-ci sur toute la largeur du flanc de la dent de la roue. Le pas de la surface hélicoïdale est plus petit vers l'intérieur et plus grand vers l'extérieur que celui de la surface globoïdale, condition exigée par l'inclinaison uniforme du flanc de la dent de la

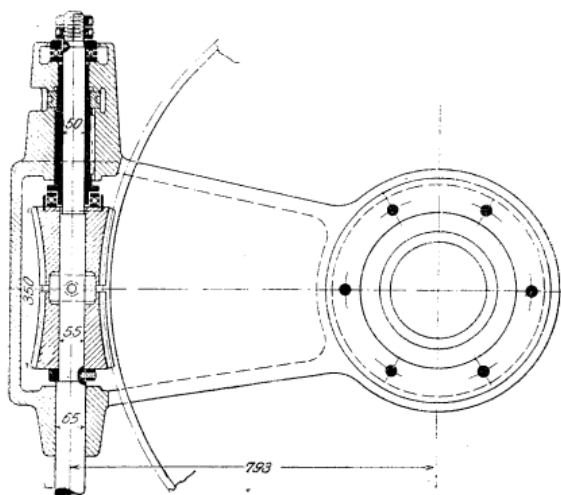


Fig. 12. — Vis en deux pièces.

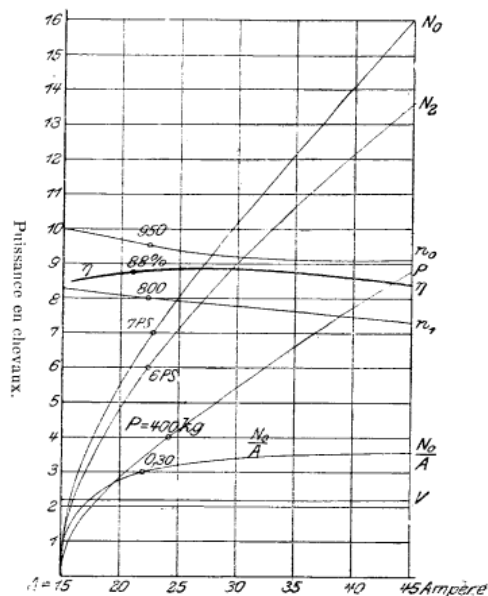


Fig. 13.

Courbes N_0 , puissance du moteur; N_2 , de la transmission;
P, pression sur les dents. η ; rendement.

roue. Il en résulte sur la ligne de coupe un plat que l'on ne peut apercevoir ni sur le dessin, ni sur la pièce exécutée.

Le profil des dents est une droite inclinée de 15° à 20° par rapport au rayon.

Les figures 7 à 12 montrent différentes vis sans fin exécutées suivant le système Lorenz.

La figure 13 indique les résultats d'essais que M. Eindner a faits avec la transmission (fig. 7 et 8).

L'arbre de la roue était relié à un moteur à courant triphasé.

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

Séance du 23 mai 1902.

Présidence de *M. Lindet*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

M. Gruson, directeur de l'*Institut industriel du Nord* de la France, attire l'attention de la Société sur les essais mécaniques exécutés au laboratoire de cet Institut, sous la direction de *M. Codron*, et notamment sur ceux de *M. Boulanger*, relatifs à la *résistance des cuirs*, et actuellement en publication dans notre *Bulletin*. (Arts mécaniques.)

M. L. Jannin, 34, rue de Provence, présente un *mandrineur pour tubes* de chaudières. (Arts mécaniques.)

M. L. Guïou, 102, rue Lafayette, présente un *système de parquets*. (Constructions et Beaux-Arts.)

M. Rickers remercie la Société de l'annuité de brevet qui lui a été accordée pour son procédé de marqueterie.

M. le ministre de l'Agriculture envoie des cartes pour l'*Exposition de moteurs et appareils utilisant l'alcool dénaturé*, qui se tiendra à la Galerie des machines (Champ-de-Mars) du 24 mai au 1^{er} juin.

L'*Association des Ingénieurs conseils* envoie des cartes pour les conférences de *M. Armengaud jeune* sur les *modifications à la loi du 8 juillet 1885 sur les brevets d'invention*, et de *M. Pelletier* sur l'*Arbitrage en matière de propriété industrielle*, conférences qui auront lieu le 9 juin, à 8 h. 1/2, à l'hôtel de la Société des Ingénieurs civils, 19, rue Blanche.

M. Salomon, président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, adresse la lettre suivante au Président de la Société d'Encouragement :

Paris, le 20 mai 1902.

Monsieur le Président,

Lors de l'Exposition de 1900, la famille de *M. Schneider* a bien voulu faire don à notre Société, en souvenir de notre regretté collègue, d'une certaine somme destinée à distribuer un certain nombre de prix.

La circulaire ci-annexée résume les conditions qui régissent ces prix. Nous venons, au nom de notre Société, vous demander :

1° Si vous voudriez bien nous accorder votre concours, sous forme de publicité la plus large dans vos Bulletins, pour faire connaître aux membres de votre Société les conditions de ces prix ;

2° Si également votre Société, après avoir pris connaissance du règlement, pourrait indiquer le ou les auteurs d'ouvrages répondant aux conditions du prix, et qui lui paraîtraient susceptibles d'être inscrits sur la liste des candidats éventuels.

Nous sommes, bien entendu, tout à votre disposition pour les renseignements complémentaires dont vous pourriez avoir besoin, et nous vous remercions d'avance de ce que vous voudrez bien faire pour nous en la circonstance.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

Le Président,

L. SALOMON.

ARTICLE PREMIER

Tout ouvrage doit, pour être inscrit :

1° Avoir contribué, soit par la théorie, soit par la pratique, au développement de la branche d'industrie faisant l'objet de la catégorie du prix correspondant ;

2° Dater au plus de 1860 ;

3° Avoir été écrit en français ;

4° Avoir été publié en France ;

5° Si c'est un ouvrage étranger, avoir été traduit en français, et la traduction publiée en France.

ARTICLE 2

1° L'auteur devra être vivant ;

2° Aucun ouvrage d'auteur décédé ne sera inscrit, même si la publication en français avait été faite par les membres de la famille ou par le traducteur encore vivant ;

3° Le traducteur, en aucun cas, n'est considéré comme pouvant remplacer l'auteur.

ARTICLE 3

1° Sera inscrit, sous les deux conditions précédentes, tout ouvrage de *théorie* ou de *pratique* répondant aux conditions suivantes :

2° *Ouvrage théorique.* — La théorie devra être suffisamment complète, et son exposé tel que les conséquences en découlant auront pu être mises immédiatement en application.

3° *Ouvrage pratique.* — Les procédés, étudiés et décrits devront avoir produit, dans la branche correspondante, un perfectionnement important ayant développé cette industrie.

Conditions des prix Schneider. — Cette donation a été faite en vue de distribuer, par les soins de ladite Société, 7 prix de 5 000 francs chacun pour les sept catégories ci-dessous, chaque prix de 5 000 francs étant destiné à récompenser l'auteur de l'ouvrage publié en France depuis une période de quarante ans, écrit ou traduit en français, jugé par la Société des Ingénieurs civils de France le plus utile au développement, en France, de la branche d'industrie faisant l'objet de la catégorie du prix.

Ces sept catégories sont relatives :

La 1^{re} à la métallurgie ;

La 2^e aux mines ;

La 3^e à la construction mécanique ;

La 4^e aux grandes constructions métalliques ;

La 5^e aux constructions électriques ;

La 6^e aux constructions navales ;

La 7^e à l'artillerie et aux défenses métalliques de terre et de bord.

Les auteurs d'ouvrages répondant aux conditions du règlement ci-après, et qui désirent concourir, sont priés d'envoyer les ouvrages en question à la Société des Ingénieurs civils de France, 19, rue Blanche, avant le 1^{er} juillet prochain, dernier délai.

Il leur sera accusé réception desdits ouvrages qui, s'ils le désirent, leur seront rendus après la clôture du concours (1).

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Collignon* présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 730 du *Bulletin* de mai.

NOMINATION DE MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ. — Est nommée membre de la Société la *Société technique de l'Industrie du Gaz* présentée par *M. Cornuault*.

CONFÉRENCE. — *M. Rabut* fait une conférence sur la *Construction de la troisième ligne de Paris à Versailles et du tunnel de Meudon*.

S'associant aux applaudissements de l'auditoire, *M. le Président* remercie *M. Rabut* de sa très intéressante conférence qui sera reproduite au *Bulletin*.

Séance du 13 juin 1902.

Présidence de *M. Lindet*, président.

CORRESPONDANCE. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il donne lecture de la lettre ci-jointe de *M. le ministre de la Marine*, auquel *M. le Président* adresse les plus vifs remerciements de la Société pour le bienveillant appui qu'il a donné à l'adoption du *système international de filetage*.

LE MINISTRE DE LA MARINE

Monsieur le Président, à la suite des renseignements que vous avez bien voulu m'adresser le 21 décembre dernier, j'ai fait continuer l'étude de l'adoption par la Marine du *système international de filetage* défini par le congrès de Zurich, le 30 octobre 1900.

J'ai l'honneur de vous faire savoir que, suivant l'avis émis par les Services techniques de mon Ministère, j'ai décidé de rendre ce nouveau système réglementaire en ce qui concerne le tracé des têtes et écrous. Usant de la latitude laissée par les décisions du congrès, j'ai généralisé, pour tous les calibres en usage dans la Marine, l'adoption de la formule $L = 1,4 d + \frac{1}{2}$ millimètres, afin que, d'une part, tout boulon puisse se différencier à première vue des boulons des calibres voisins, aussi bien par les dimensions de la tête que par celles du corps, et afin que, d'autre part, ces dimensions puissent toujours, même dans les cas exceptionnels de calibres intercalaires, être déterminées par une formule simple.

(1) Les lettres et envois doivent être ainsi libellés :

Société des Ingénieurs civils de France
(Prix Henri Schneider)

19, rue Blanche, Paris.

La Marine conservera, d'ailleurs, comme par le passé, l'usage de n'employer, sauf cas exceptionnels, que des calibres pairs.

Ces modifications de détail n'infirment, d'ailleurs, en rien, comme vous le remarquerez, l'adhésion que mon Département donne au système international, dont les règles fondamentales sont respectées.

Recevez, Monsieur le Président, les assurances de ma considération la plus distinguée.

DE LANESSAN.

M. Lehmann Kunkler, à Gex (Ain), présente un nouveau procédé de *fabrication des fromages à pâte ferme*. (Agriculture.)

M. G. Letich, 21, rue de la Banque, présente un dispositif pour *arrêter les chevaux emportés*. (Agriculture.)

M. Gamard, 8, rue Bachelet, demande un brevet pour un *robinet*. (Arts mécaniques.)

M. Marmy, 40, rue du Cardinal-Lemoine, demande un brevet pour un *système de transmission*. (Arts mécaniques.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. — *M. Colignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la bibliographie du *Bulletin* de juin.

COMMUNICATIONS. — Sont présentées les communications de :

M. le commandant Renard, sur la *sécurité dans les ballons dirigeables* ;

M. le Dr Degrez, sur un appareil pour la *régénération de l'air confiné*.

M. le Président remercie vivement MM. Renard et Degrez de leurs très intéressantes communications, qui seront reproduites au *Bulletin*.

LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

EN JUIN 1902

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française, 34^e année (1901). **Rapport annuel.** In-8°, 66 p. Nancy, Berger-Levrault.

La Sicile et le Congrès de Palerme, par M. Ronna. Extrait du *Journal d'agriculture pratique*.

De la *Bibliothèque du conducteur de travaux publics*. **Le Génie rural.** Constructions rurales, machines agricoles et l'art du géomètre rural, par MM. J. Philbert et O. Roux. In-8°, 422 p. Paris, Dunod.

Manuel de la fabrication du papier, par MM. Cross et Bevan (traduction Desmarest). In-8°, 388 p. Paris, Béranger.

25^e Congrès des ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1901. Compte rendu des séances. In-8°, 296 p. Paris, Imprimerie Capronet.

De la *Smithsonian Institution*. **Annals of the Astro physical observatory of the Smithsonian Institution.** Vol. I. In-4°, 266 p. Washington.

Refrigeration, Cold Storage and Ice Making, par M. A.-J. Wallis Tayler. In-8°, 590 p. 361 fig. Londres, Crosby Lockwood.

Méthodes d'analyse des laboratoires d'aciéries Thomas, par M. A. Wencelius. In-18, 120 p. Paris, Béranger.

Le béton armé et ses applications, par M. P. Christophe. In-8°. 753 p. Paris, Béranger.

De la *Schiffbautechnische Gesellschaft*. **L'industrie du fer et la construction navale en Allemagne,** par M. E. Schroedter. In-8°, 53 p.

De la *Royal Society London*. **Reports to the Evolution Committee.** Report I. Physiology of Heredity. Experiments, par MM. Bateson et Sannders. In-8°, 160 p. London, Harrison.

Systema internazionale di Viti d'Ancone, par M. A. Galassini, brochure in-8°, 30 p. Turin, Bertolero.

De l'*Encyclopédie Leauté*. **Le Scaphandre, son emploi,** par M. Dibos.

Congrès international de chronométrie de 1900. Comptes rendus, par MM. Fichot et Vanssay. In-4°, 255 p. Paris, Gauthier-Villars.

De la *Chambre de commerce de Bienne*. **18^e rapport du Comité central de la Chambre suisse de l'horlogerie.** In-8°, 60 p. La Chaux-de-Fonds. Haefeli.

Eis und Kaltecrzeugungs Maschinen, par M. R. Stebefeld. In-8°, 490 p., 322 fig. Stutgard. Max. Waag.

De la *Bibliothèque Scientia*. **L'Électricité déduite de l'expérience et ramenée au principe des travaux virtuels,** par M. E. Carvallo. In-8°, 90 p. Paris, Naud.

Du *North of England Institute of Mining and mechanical Engineers*. **Subject. Matter Index of Mining, mechanical and metallurgical Litterature** (1900). In-8°, 200 p.

LITTÉRATURE

DES

PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

Du 15 Mai au 15 Juin 1902

DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

<i>Ag.</i> Journal de l'Agriculture.	<i>Ms.</i> Moniteur scientifique.
<i>Ac.</i> Annales de la Construction.	<i>MC.</i> Revue générale des matières colo- rantes.
<i>ACP.</i> Annales de Chimie et de Physique.	<i>N.</i> Nature (anglais).
<i>AM.</i> Annales des Mines.	<i>PC.</i> Journal de Pharmacie et de Chimie.
<i>AMa.</i> American Machinist.	<i>Pm.</i> Portefeuille économ. des machines.
<i>Ap.</i> Journal d'Agriculture pratique.	<i>RCp.</i> Revue générale de chimie pure et appliquée.
<i>APC.</i> Annales des Ponts et Chaussées.	<i>Rgc.</i> Revue générale des chemins de fer et tramways.
<i>Bam.</i> Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.	<i>Rgds.</i> Revue générale des sciences.
<i>BMA.</i> Bull. du ministère de l'Agriculture.	<i>Ri.</i> Revue industrielle.
<i>CN.</i> Chemical News (London).	<i>RM.</i> Revue de mécanique.
<i>Cs.</i> Journal of the Society of Chemical Industry (London).	<i>Rmc.</i> Revue maritime et coloniale.
<i>CR.</i> Comptes rendus de l'Académie des Sciences.	<i>Rs.</i> Revue scientifique.
<i>DoL.</i> Bulletin of the Department of La- bor, des États-Unis.	<i>Rso.</i> Réforme sociale.
<i>Dp.</i> Dinger's Polytechnisches Journal.	<i>RSL.</i> Royal Society London (Proceedings).
<i>E.</i> Engineering.	<i>Rt.</i> Revue technique.
<i>E'.</i> The Engineer.	<i>Ru.</i> Revue universelle des mines et de la métallurgie.
<i>Eam.</i> Engineering and Mining Journal.	<i>SA.</i> Society of Arts (Journal of the).
<i>EE.</i> Eclairage électrique.	<i>SAF.</i> Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
<i>Elé.</i> L'Électricien.	<i>ScP.</i> Société chimique de Paris (Bull.).
<i>Ef.</i> Économiste français.	<i>Sie.</i> Société internationale des Électri- ciens (Bulletin).
<i>EM.</i> Engineering Magazine.	<i>SiM.</i> Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
<i>Es.</i> Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).	<i>SiN.</i> Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
<i>Fi.</i> Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).	<i>SL.</i> Bull. de statistique et de législation.
<i>Gc.</i> Génie civil.	<i>SNA.</i> Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
<i>Gm.</i> Revue du Génie militaire.	<i>SuE.</i> Stahl und Eisen.
<i>IC.</i> Ingénieurs civils de France (Bull.).	<i>USR.</i> Consular Reports to the United States Government.
<i>Ie.</i> Industrie électrique.	<i>VDI.</i> Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
<i>Im.</i> Industrie minière de St-Étienne.	<i>ZOI.</i> Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten- Vereins.
<i>IME.</i> Institution of Mechanical Engi- neers (Proceedings).	
<i>IoB.</i> Institution of Brewing (Journal).	
<i>La.</i> La Locomotion automobile.	
<i>Ln.</i> La Nature.	
<i>Lo.</i> Locomotion.	

AGRICULTURE

- Avoine*. Récolte de l'. (Henri). *Ap.* 3 *Juin*, 726.
- Bétail**. Mélangeurs pour fourrages mélassés. Schroder. *Ap.* 29 *Mai*, 692. Wunsche. *Id.* 12 *Juin*, 758.
- Orge et avoine dans l'alimentation des chevaux. *Ag.* 17 *Mai*, 763.
 - Betteraves demi-sucrées et alimentation des vaches laitières. *Ap.* 22 *Mai*, 663. Assimilation du sucre. *Ap.* 3 *Juin*, 724.
 - Fièvre aphteuse. *Ap.* 3 *Juin*, 733. Concours des animaux reproducteurs S.N.A. *Avril*, 878. Influence de l'alimentation sur la richesse du lait en matières grasses. *Ag.* 14 *Juin*, 926.
- Blés**. Culture et essais comparés (Raynaud). S.N.A. *Avril*, 409.
- Chevaux de service et de guerre*. *Ag.* 24 *Mai*, 807.
- Culture rationnelle et méthodes du professeur Wagner* (Grière). *Rgds.* 13 *Mai*, 425.
- Cidre*. Emploi des levures de cannes à sucre pour la fermentation des. (Olliot). *CR.* 9 *Juin*, 1377.
- Engrais**. Divers. *Cs.* 31 *Mai*, 713.
- Phosphates basiques et leurs falsifications (Dubois). *RCP.* 1^{er} *Juin*, 210.
 - Phosphates du sol solubles à l'eau (Schlœsing). *CR.* 9 *Juin*, 1383.
- Forêts*. Essences pour sols crayeux et calcaires. *Ap.* 29 *Mai*, 697.
- Fromages*. Matière grasse des fromages à pâte molle (Roger). *Ag.* 31 *Mai*, 847.
- Indemnités* à accorder aux fermiers améliorateurs (Heuzé). S.N.A. *Avril*, 332.
- Irrigations* du Punjab (Preston). *JA.* 30 *Mai*, 601.
- et puits artésiens. *E'*. 6 *Juin*, 556.
- Machines agricoles** au concours de Paris — *Ag.* 31 *Mai*, 853, 7 *Juin*, 897.
- Narcisme* chez les végétaux cultivés. *Ag.* 24-31 *Mai*, 816, 837.
- Pressoir mécanique* à vin. Marmonier. *Ri.* 24 *Mai*, 203.
- Pruniers*. Destruction de la chenille fileuse du. *Ap.* 29 *Mai*, 694.
- Vers de terre*. Rôle chimique. *Ap.* 29 *Mai*, 700.
- Vesce de Cerdagne*. *Ap.* 12 *Juin*, 759.

- Vignes** gelées. Taille des. *Ap.* 29 *Mai*, 695.
- Meilleure époque de la taille. *Ap.* 22 *Mai*, 670.
 - Bouquet des vins obtenus par la fermentation des moûts de raisin stériles (Rosentiehl). *CR.* 9 *Juin*, 1378.

CHEMINS DE FER

- Bâches*. Réparation mécanique au chemin de fer du Midi (Lenthorie). *Rgc.* *Juin*, 397.
- Chemins de fer** japonais. *E.* 16 *Mai*, 643.
- du Nord, Bornéo. *E'*. 30 *Mai*, 534, du Golfe Persique. *E.* 6-13 *Juin*, 739, 772.
 - État de Saint-Paul. Brésil. *Rgc.* *Mai*, 314.
 - Algériens et tunisiens. Statistique, 1898. *Rgc.* *Mai*, 343. Belges pour 1900. *Id.* *Juin*, 402.
 - Métropolitains de New-York. *E.* 13 *Juin*, 783.
- Électriques* (les) (Swinburn). *E'* 31 *Mai*, 547 (Herber). *EE.* 31 *Mai*, 305 (Girard). *IC.* *Avril*, 579.
- Traction par unités indépendantes. Sprague et Thomson-Houston. *Rgc.* *Mai*, 352.
- Métropolitain local de Berlin. *Gc.* 17 *Mai*, 33.
- New-York-Porchester. *EE.* 24 *Mai*, 297.
- Funiculaire*, de Vevey. *EM.* *Juin*, 363.
- Chronotachymètre* pour locomotives. Hasler. *Pm.* *Juin*, 82.
- Éclairage électrique des trains* (Jacquin). *SiE.* *Mai*, 338. *EE.* 7 *Juin*, 341.
- Locomotives** actuelles en Europe (King). *EM.* *Juin*, 373.
- A vapeur surchauffée. *Gc.* 31 *Mai*, 63.
 - A marchandises très puissantes aux États-Unis. Résultats économiques. *Rgc.* *Mai*, 359.
 - Américaines. Construction des. *E'*. 17 *Mai*, 477, 13 *Juin*, 581.
 - 6 couplées pour le Cap. *E.* 23 *Mai*, 679. Des chemins roumains avec foyer au pétrole. *E.* 6 *Juin*, 742.
 - 8 couplées North-Eastern. *Ry.* *E'*. 6 *Juin*, 537.

Locomotives. Compound équilibrée du Plant System. *E.* 16 Mai, 641.

— Équilibrage des (Dalby). *E.* 13 Juin, 767.

— Fairlie pour le Burna, voie d'un mètre. *E.* 17 Mai 491.

— Chaudière à tubes d'eau Drummond. *E.* 30 Mai, 712. *E.* 13 Juin, 586.

— Emploi des entretoises flexibles en Amérique. *Rgc Mai*, 361.

— Pare-étincelles Drummont. *E.* 30 Mai, 713.

Signaux. Electro-pneumatiques de la British Pneumatic. *C° E.* 3 Mai, 536.

— Pétards, Pinder. *R.* 6 Juin, 566.

Station du Grand Central. New-York. Nouvelle boucle. *Rgc. Mai*, 354.

Trains express du Nord. *E.* 13 Juin, 579.

Voie. Éclissage Fernet. *Rgc. Mai*, 356.

TRANSPORTS DIVERS

Automobiles à alcool. Circuit du Nord. *Lo.* 24 Mai, 521, *Ri.* 31 Mai, 214. *Ap.* 3 Juin, 731. *Lu.* 14 Juin, 20.

— **A pétrole.** Rouleau et Pilat. *Lo.* 24-31 Mai, 328-344, Crowden. *L.* 23 Mai, 520.

Moteurs (Lavergne). *Ri.* 24 Mai, 205.

Panhard Levassor. *Lo.* 31 Mai, 343.

— **Transmissions** (Lavergne). *Ri.* 14 Juin, 236.

Tramways Électriques par unités indépendantes Sprague et Thompson Houston. *Rgc. Mai*, 331.

— Chemins nogentais. *Lo.* 24-31 Mai, 334, 350.

— A accumulateurs. *Clé.* 31 Mai, 339.

— A caniveaux souterrain, aiguillage Vallée. *Rt.* 23 Mai, 151.

— A contact superficiel Cruvelier. *Gc.* 24 Mai, 57. *Clé.* 14 Juin, 369.

— Omnibus à trolley Siemens. *EE.* 17 Mai, 259.

— Contrôleurs Klein pour courants triphasés. *EE.* 7 Juin, 359.

— Prix de la traction électrique. *E.* 30 Mai, 719.

CHIMIE ET PHYSIQUE

Acide persulfurique (Armstrong). *RSL.* 13 Mai, 94.

Acétylène. Divers. *Cs.* 15 Mai, 602. Becs Bullier. *RCP.* 1^{er} Juin, 218.

Acétylène. Lumière par incandescence et carburation (Caro). *Ms. Juin*, 444.

Acoustique. Transmission du son au travers des murs pleins (Tufts). *American Journal of Science, Juin*, 449.

Aldéhydes. Synthèse graduelle (Bonvenault et Wahl). *CR.* 20 Mai, 1143.

Alcool. Chauffage et éclairage. Exposition de 1902. *Gc.* 14 Juin, 103.

Brasserie. Divers. *Cs.* 15-31 Mai, 631-713.

— Installations frigorifiques allemandes. *Gc.* 24 Mai, 54.

Préparation du sucre interverti (Baker). *IOB.* Avril, 270.

— Analyse des malts (Frew). *IOB.* Avril, 341.

— Carbonatation de la bière en bouteille. (Heron et Riley). *IOB.* Avril, 297.

— Fermentation et levure (Matthews). *IOB.* Avril, 313.

Catalase (lai. Nouvelle diastase (Porri-Escot). *RCP.* 18 Mai, 194.

Calcium-ammonium et lithium-ammonium, décomposition par le chlorure d'ammonium (Moissan). *ScP.* 20 Mai, 423.

Caoutchouc artificiel. *E.* 23 Mai, 672.

Chaux et ciments. Divers. *Cs.* 18-31 Mai, 615, 707.

Chaux en fusion. Propriétés (Moissan). *ACP.* Juin, 280.

Essais de ciments en Allemagne. État actuel. *Le Ciment.* Mai, 75.

Chlorure de magnésium. Densité et dilatation des dissolutions (Brimer). *ScP.* 5 Juin, 466.

Chrome. Oxyde de. Cristallisation (Ditte). *ScP.* 5 Juin, 560.

Colle. Examen technique de la (Cleyton). *Cs.* 31 Mai 670.

Choro-Bromo et Iodosulfobismuthites de cuivre. (Ducatte). *CR.* 26 Mai, 1212.

Chlorure d'ammonium, électrolyse dans l'ammoniac liquéfié (Moissan). *ScP.* 20 Mai, 425.

Cuivre. Sels cuivriques ammoniacaux (Bourat). *CR.* 26 Mai, 1216, 2 Juin, 1310.

Coloplane, progrès de l'étude chimique (Vezen). *Ms. Juin*, 426.

Composés hydrogénés des métalloïdes de la deuxième famille (de Foucrand et Fonzes Diacon). *ACP.* Juin, 247.

- Constitution de la matière et spectroscopie** (Eganitis). *CR.* 20 Mai, 1137.
Cæsium. Composés du (Chabrie). *ACP.* Juin, 212.
 Cyanogène liquide, propriétés (Tsentschewer). *ScP.* 20 Mai, 403.
Corps albuminoïdes. État actuel de la chimie des (Kossel). *Rgds.* 30 Mai, 433.
Dilatation de la glace et des sels hydratés aux très basses températures (Dewar). *CN.* 13 Juin, 277.
Égouts de Birmingham. Traitement des (O'Shannessy). *Cs.* 31 Mai, 663.
Explosifs. La nitrocellulose (Lunge). *Ms. Juin*, 453. Dosage de la — soluble dans le fulmicoton et les poudres sans fumée (Quinan). *Ms. Juin*, 466.
 — Analyse des (Smith). *Id.*, 464.
 — Stabilité des poudres sans fumée et nitro-explosifs (Aspinwall). *Cs.* 31 Mai, 4432.
Ferrocyanogène. Formation en partant des eaux des usines à gaz Donalh. *Ms. Juin*, 143.
Fluorures et oxy-sulfures de soufre (Moissan et Lebeau). *ACP.* Juin, 143.
Force catalytique et ses applications (Oswald). *Rs.* 24 Mai, 643.
Fusion (points de). Poids atomiques et spectres des groupes d'éléments. (Ramage et Liveing). *RsL.* 12 Mai, 1.
Gaz d'éclairage. Divers. *Cs.* 15 Mai, 598.
 — Bees incandescents, historique (Auer). *CN.* 30 Mai, 234. Théorie des (Doerschbach). *Ms. Juin*, 430.
 — Absorption de l'acide cyanhydrique du (Smiths). *Ms. Juin*, 432.
Gaz d'huile. Constitution des (Ross et Leather). *Cs.* 30 Mai, 676.
Graisses. Divers. *Cs.* 31 Mai, 711.
 — Acides gras fixes des matières grasses, poids moléculaires (Tortelli et Pergami). *Ms. Juin*, 420.
Hydrures et azotures alcalino-terreux. Conditions de formation et de stabilité (Gautier). *CR.* 12 Mai, 1108.
Laboratoire du Geological Survey. *Eam.* 10 Mai, 634.
 — Dosage des iodures en présence des chlorures et bromures (Thomas). *CR.* 20 Mai, 1141.
 — Analyse électrique (Arth.). *EE.* 24 Mai, 277.
Laboratoire. Analyse du turf. (Borntröger). *CN.* 6 Juin, 267.
 — Manipulation des gaz liquéfiés en tubes sellés (Moissan). *ScP.* 20 Mai, 420.
 — Dosage de l'oxygène dissous dans l'eau (Naylor). *CN.* 30 Mai, 259.
 — — rapide du manganèse dans l'acier (Ramorino). *Ms. Juin*, 419.
 — Précipitation du fer, du manganèse et de l'aluminium par l'action bactérielle (Jakson). *Cs.* 30 Mai, 681.
 — Séparation du cobalt et du nickel (Taylor). *CN.* 6 Juin, 269.
Manomètre pour la mesure des très faibles pressions (Morley et Brush). *American Journal of science.* Mai, 455.
Optique. Théorie de la lunette de Galilée. (Quesneville). *Ms. Juin*, 69.
 — Supériorité des opticiens allemands. *N.* 5 Juin, 138.
Méthylarséniate de soude. Composition et dosage (Adrian et Trillat). *APC.* 15 Juin, 569.
Niobium. Préparation de la fonte de (Moissan). *ScP.* 20 Mai, 429.
Nitroprussiates. Action des sulfites (Pages). *CR.* 20 Mai, 1143.
Orrone. Influence du voltage sur sa formation (Chassy). *CR.* 2 Juin, 1298.
Résines et vernis. Divers. *Cs.* 31 Mai, 712.
Paraffine dans les résidus de pétrole, détermination de la (Richardson). *Cs.* 31 Mai, 690.
 Soude à l'ammoniac, procédé de la —, perfectionnements possibles (Bradburn). *Cs.* 31 Mai, 689.
Photographie en bleu, préparation (Cohn). *Cs.* 15 Mai, 582.
 — Bevue de. (Granger). *Ms. Juin*, 401.
 — Spectro-sensitométrie des préparations photographiques (Clerc). *Rep.* 1 Juin, 216.
Sociétés chimiques au XIX^e siècle. *CN.* 16 Mai, 231.
Sodium et potassium. Point de fusion des alliages de (Koumakof et Pouchine). *ScP.* 20 Mai, 463.
Sucrierie. Divers. *Cs.* 15 Mai, 628.
 — État de l'industrie en Russie. *Rs.* 31 Mai, 687.
Radioactivité du thorium (Rutherford et Soddy). *CN.* 6, 13 Juin, 271-282.

Siliciure de Lithium (Moissan) *CR.* 12 *Mai*, 1083.
Tannerie. Étude chimique du cuir (Nihoul).
Ru. *Avril*, 84.

- Analyse des matières tannantes. (Reed).
Cs. 31 *Mai*, 691. Des huiles de suint
pour tanneries (Trotman et Peters).
Cs. 31 *Mai*, 693.

Tantale. Préparation au four électrique (Moissan). *ScP.* 20 *Mai*, 434.

Teinture. Divers, 13, 31 *Mai*, 607, 610, 700.

- Action de la soude caustique sur la
laine (Matthews). *Cs.* 31 *Mai*, 683.
- Indigo. Synthèse (Baeyer). *CN.* 23 *Mai*
243.
- Des cotons en noir d'aniline Beltrier.
MC. 1 *Juin*, 111.
- Couleurs basiques sur laine et soie
(Knecht). *MC.* 1 *Juin*, 120.
- Aniline, préparation. Senderens. *MC.*
1 *Juin*, 119.
- Sulfocyanogène et son jaune colorant.
MC. 1 *Juin*, 121.

Tellure. Allotropie du (Matignon). *ScP.*
3 *Juin*, 463.

- Hydrogène telluré (de Forcrand et
Fonze Deacon). *CR.* 26 *Mai*, 1209.
- Thallium. Alliages de (Kournakof et
Pouchine). *ScP.* 20 *Mai*, 402.

Uranium. Poids atomique (Richards et Meri-
gold). *CN.* 16 *Mai*, 229.

Yttrium. Chimie des terres de l'. (Dennis et
Dales.) *CN.* 30 *Mai*, 236, 6, 13 *Juin*,
265, 284.

Zinc. sans arsenic. Préparation du (Hehner).
Cs. 30 *Mai*, 673.

COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

Dentelle. Industrie en Belgique. *Rso.* 1, 16 *Juin*,
833, 916.

États-Unis. Relèvement de l'immigration. *Ef.*
7 *Juin*, 793.

Femmes. Éducation sociale en Angleterre et en
Suède (Lira). *Rso.* 1 *Juin*, 834.

- Travail dans l'industrie et les profes-
sions libérales. *Ef.* 14 *Juin*, 837.

France. Fortune en — et charges fiscales. (Hu-
bert Valleroux). *Rso.* 1 *Juin*, 867.

- Et le Soudan central. *Ef.* 14 *Juin*, 833.
- Caisses d'épargne privées en 1900. *SL.*
Mai, 307-342.

France. Octrois en 1900, *id.*, 342.

- Situation financière des communes en
1901, *id.*, 390.

Impôt sur le revenu en Prusse. *SL.* *Mai*, 611.
Indo-Chine. Progrès et avenir. *Ef.* 31 *Mai*,
736.

Grève. Droit de. *Ef.* 14 *Juin*, 831.

Mévente des vins. *SAF.* 1 *Juin*.

Octroi. Remplacement de l'. *Rso.* 16 *Juin*, 933.

Or. Production dans le monde; présent et
avenir. *Ef.* 24, 31 *Mai*, 717, 733.

Placement des ouvriers et employés, résultats
des enquêtes. *Ef.* 24 *Mai*, 722.

Prix courants (Variation des) de 1890 à 1901.
DoL. Mars, 193.

Produits chimiques. (Industrie des) en Alle-
magne. *Ef.* 24 *Mai*, 724.

Services publics. Municipalisation des. *Ef.*
24 *Mai*, 720.

Trades-Unions. Situation légale. *E.* 23 *Mai*,
683.

Travail des femmes en France (Schirmacher).
Musée social. *Mai*, n° 6.

Trust de l'Océan. *E.* 16 *Mai*, 649.

- et cartels. *Gc.* 24 *Mai*, 56.

- — Les (Martin Saint-Léon). *SiM.* *Avril*,
79.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS

Colonnes en fer et acier (Monarief). *E.* 6 *Juin*,
731.

Ciment armé. Tuyaux en. *Le Ciment.* *Mai*, 70.

- Constructions en — à l'Exposition de 1900.
ZOI. 13 *Juin*, 441.

Ponts de la Compagnie d'Orléans, analyse
des observations par les appareils
Rabut (Lanna). *Rgc.* *Mai*, 293; *Juin*,
376.

- de Kinrua. *VDI.* 24 *Mai*, 731.

Tunnel de Meudon. *Cc.* 7 *Juin*, 81.

ÉLECTRICITÉ

Accumulateurs. A l'Exposition de Buffalo.
EE. 24 *Mai*, 293.

- Point d'arrêt de la décharge (Bienaimé).
Ic. 25 *Mai*, 228.

- Gould, Edison, Hansen et Petersen, Reim
Pescatore. *EE.* 17 *Mai*, 232.

- Fabrication des Creveling. *Ed.* 258.

- Procédé pour augmenter leur capacité
(Herm). *EE.* 24 *Mai*, 283.

Accumulateurs. L'acide sulfurique dans l'accumulateur au plomb (Pfaffe). *EE.* 24 Mai, 289.

Bobine d'induction. Lord Rayleigh et Bloch. *ACP.* Juin, 178, 197.

Contrôleur automatique d'intensité Meyer. *EE.* 31 Mai, 330.

Diélectriques aux basses températures. Pouvoir inducteur des (Curie et Compan). *CR.* 2 Juin, 1295.

Dynamos. Facteurs de forme et facteur de maximum (Benischke). *EE.* 17 Mai, 233.

— Polyphasés les (Eborall). *E.* 6 Juin, 759.

— Continue à 25 000 volts Thury. *Ie.* 10 Juin, 249.

— Alternateurs à collecteur. *EE.* 7 Juin, 358.

— Élimination des harmoniques dans les alternateurs (Guilbert). *EE.* 14 Juin, 377.

— Résistance synchrone des alternateurs (Hospitalier). *Ie.* 23 Mai, 221.

— Moteur d'induction asynchrone sans déphasage (Osnos). *EE.* 24 Mai, 279; Heyland. *Ie.* 10 Juin, 245.

Éclairage. Arc l'. Propriétés générales (Janet). *Rgds.* 15 Mai, 419.

— Température de l' (Fery). *CR.* 26 Mai, 1201.

Électrochimie. Procédé Elmore, cuivre, usine de l'English Electro-métallurgical Co. *E.* 16 Mai, 633.

— Divers. *Cs.* 15, 31 Mai, 620, 740.

— Antimoine Izart. *EE.* 7 Juin, 362.

— Soude, procédé Acker. *Eam.* 10 Mai, 658.

— Fusion du charbon (Ludwig). *Elé.* 7, 14 Juin, 359, 377.

— Séparation électrolytique du cuivre et du mercure (Spare et Smith). *CN.* 13 Juin, 280.

— Température et rendement des fours électriques, *Elé.* 7 Juin, 363.

Electro-générateurs directs par le charbon. *Cc.* 14 Juin, 107.

Magnétisme et résistivité de l'acier étiré: variations avec la température (Askworth). *RsL.* 6 Mars, 27.

— Changement des dimensions du fer par l'aimantation (Rhoads). *EE.* 7 Juin, 367.

— Construction des aimants permanents (Ascoli). *EE.* 7 Juin, 373.

Mesures. Wattmètres et compteurs pour courants alternatifs (Armagnat). *EE.* 17 Mai, 250.

— Compteur Mordey Fricker. *E'.* 31 Mai, 546.

— De l'Allgemeine pour courants polyphasés. *EE.* 7 Juin, 366.

— Mesure de la puissance des courants industriels (Chertemps). *Bam.* Mai, 633.

— Essais de matériaux pour combustions électriques. *Elé.* 7, 14 Juin, 355, 372.

— Ampèremètres et voltmètres indépendants de leur aimant permanent (Weiss). *EE.* 14 Juin, 384.

Paratonnerres (Les). *E.* 30 Mai, 703. 13 Juin, 767.

Résistivité des sulfures métalliques (Crumchant). *CR.* 26 Mai, 1224.

Stations centrales de Lombardie. *Elé.* 24 Mai, 521.

— de Cauveri. *E'.* 13 Juin, 576.

— de Carlsruhe. *EE.* 31 Mai, 322.

Télégraphie sous-marine. Théorie du revêtement des câbles (Rochas). *E'.* 7 Juin, 352.

— Sans fil (Branly). *CR.* 26 Mai, 1197.

— — En Allemagne. *EE.* 14 Juin, 397.

— — Avec appareils accordés Marconi, *id.*, 401.

Transmission par courant continu à haute tension St-Maurice-Lausanne. *Ie.* 25 Mai, 222.

— Cauveri Falls. *E'.* 6 Juin, 553.

HYDRAULIQUE

Canal de l'Elbe. Trave. Ecluses. *ZOI.* 23 Mai, 406.

Eaux de Hambourg (Les). *VDI.* 31 Mai, 785. 7, 14 Juin, 828, 871.

Filtration à Albany. *E.* 30 Mai, 723.

Loire navigable. La (Philippe) Ge. 21 Mai, 49.

Pompes équilibrée Ashley. *E.* 16 Mai, 643.

— rotative Neigre. *Ri.* 7 Juin, 222.

— à lait Lister. *E'.* 6 Juin, 566.

— élévateur d'eau Carnelle et Chene. *Ri.* 7 Juin, 223.

Puits artésiens et irrigations. *E'.* 23 Mai, 504.

Turbines à libre déviation, théorie (Budan). *ZOI.* 30 Mai, 413.

— nouvelle américaine. *VDI.* 7 Juin, 845.

Vanne. Préviation des débits (Maillet). *CR.*
12 Mai, 1103.

MARINE. NAVIGATION

Canal du Nicaragua. *E'*. 17-31 Mai, 478, 531.
— de la Moldau, 201, 16 Mai, 377.

Canots au pétrole (Roberts). *EM.* Juin, 329.

Constructions navales. Résistance des coques (Chaigneau). *Rt.* 23 Mai, 149.

— en Allemagne. *E.* 6 Juin, 731.

— Roulage sur houle. (Chaigneau). *Rt.* 10 Juin, 166.

Dock flottant des Bermudes. *E.* 13 Juin, 789.

Drague à godets Smulders. *Gc.* 14 Juin, 101.

Loire navigable. (La). *Gc.* 31 Mai, 68, 7 Juin, 92.

Machines marines. Progrès des (Mac Farland). *EM.* Juin, 393.

— Au pétrole. *E'*. 23 Mai, 669. Canot. Daimler pour le War Office (*id.*,) 678. *EM.* Juin, 329.

— Essais de la Minerva (Mansell). *E'*. 6 Juin, 368.

— Paquebot à turbines Alexandra. *E'*. 31 Mai, 534.

— Fatigue des arbres de : vibrations des (Frahm). *VDI.* 14 Juin, 880.

Marines de guerre. Canons et cuirasses. *E.* 30 Mai, 707, 724.

— Construction des cuirassés. *E'*. 13 Juin, 583.

— Plaque de blindage Krupp. *E.* 13 Juin, 774.

— Dockage des cuirassés (Asaoka). *E.* 13 Juin, 793.

— Blindages Krupp nouveaux. *E'*. 17 Mai, 482.

Navigation du Canal. Historique. *E'*. 23 Mai, 308.

Réparation de l'« Etruria ». *E'*. 22 Juin, 538.

Touage mécanique du bief de partage du canal du Nivernais. *Pm.* Juin, 86.

Paquebot de l'Orient line Orontes. *E'*. 17 Mai, 494.

Port de Fremantle. *E'*. 31 Mai, 546. De Brest et son avenir. (Duchesne). *Ic.* Avril, 542.

Voies navigables et ports. La Seine et le Havre (Fermé). *Rs.* 31 Mars, 673, 7 Juin, 718.

Yacht à turbines Tarentule. *E.* 6 Juin, 743.

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

Accouplements divers pour transmissions. *Pm.*
Juin, 86.

Aérostation. Ballon Severo. *Lo.* 17 Mai, 303.
Ln. 24 Mai, 387.

— Trajectoire d'un aérostat (Chavoutier).
Rs. 14 Juin, 731.

Chaudières. Exposition de Dusseldorf. *VDI.*
17 Mai, 717.

— la vaporisation *E'*. 30 Mai, 527. Construction et inspection. *Fi.* Juin, 431.

— à tubes d'eau à la mer. *E.* 6 Juin, 749.
E'. 17-23 Mai, 487. Essais de la marine italienne. *E.* 16 Mai, 313, 633.

Spencer *Ri.* 17 Mai, 194. Serpollet. *Rm.* Mai, 504. Joya *id.*, 505.

— Explosions de la City of Trenton. *Fi.* Mai, 321. D'un trou d'homme. *E'*. 23 Mai, 514. Rapport de l'Association de Mulhouse. *SiM.* Mars, 43.

— Foyers rationnels (Krull) *ZOI.* 16 Mai, 388. Vears, Stauss. *RM.* Mai, 508.

Ganz. *id.*, 511. Sabourain. *Gc.* 14 Juin, 106. Au pétrole Capel. *RM.* Mai, 510.

— Niveau d'eau Dewrance. *RM.* Mai, 512.

— Surchauffe des foyers (Stromeyer). *RM.* Mai, 484. Surchauffe à l'Exposition de Dusseldorf. *Ri.* 14 Juin, 233.

— Soupape de sûreté Tippet. *RM.* Mai, 513.

Chaines Renold. *Fi.* Mai, 341.

Compresseurs. Distribution des (Wudmann).
Dp. 31 Mai, 353.

Cones de friction en papier. *AMa.* 14 Juin, 734.

Cordages. Résistance des (Boutiaux). *Gm.* Mai, 431.

Dragues. Couteaux Higgins. *E.* 23 Mai, 676.
Simulders à godets. *Gc.* 14 Juin, 201.

Embrayage. Fraser. *E.* 6 Juin, 737.

Froid. Machine frigorifique Hall. *Ri.* 17 Mai, 193. Corblin et Douane de 2500 frigories. *Gc.* 17 Mai, 42.

Fumées. (Dispersion des) dans l'atmosphère (Isaachsen). *Société d'Encouragement de Berlin.* Mai, 171.

Levage. Palan transbordeur électrique Averly. *Ri.* 17 Mai, 194.

— à l'Exposition de Dusseldorf. *Dp.* 17 Mai, 313.

— Treuils électriques (Kottgen). *VDI.* 24 Mai, 761.

Levage. Élévateur de charbon à Slades Green. *E.* 23 Mai, 503.

— Grues de quai électriques Hollick. *E.* 23 Mai, 516.

Machines-outils. Exposition de Dusseldorf. *E.* 23 Mai, 673, 13 Juin, 779.

— Alésoir taraudeur Baker. *AMa.* 24 Mai, 638. Pour tôles de galeries Allis *AMa.* 693. Trempe des aléseurs. *AMa.* 14 Juin, 760.

— Ateliers. Administration des (Carpenter). *EM.* Juin, 413. Organisation des (Sunonet). *RM.* Mai, 429. Des Niles Tolt Works de Berlin. *E.* 30 Mai, 701, 13 Juin, 769. Emylin. *E.* 31 Mai, 342.

— Appareilleur Hess. *RM.* Mai, 513.

— Fraiseuses. Emploi à la C^{ie} de l'Est. (Fort). *Bam.* Mai, 365. Diviseur universel. Warmons. *AMa.* 31 Mai, 698. Double Binsse. *AMa.* 31 Mai, 700.

— Affûtage au sable (Schulte). *VDI.* 17 Mai, 711.

— Affûteuse. Glason. *AMa.* 31 Mai, 690.

— Cisaille Berry. *RM.* Mai, 515.

— Chuck, oval Gould-Eberhardt. *AMa.* 31 Mai, 693.

— Dresseuse Trask. *AMa.* 31 Mai, 704.

— Perceuse Quindt à revolver. *RM.* Mai, 518. multiple Craven. *E.* 6 Juin, 367.

— Meule Walker. *RM.* Mai, 516. Gabriel *id.*, 518 pour coulisses Craven. *E.* 6 Juin, 567.

— Tour double Niles. *AMa.* 31 Mai, 320. Harnais Huré. *RM.* Mai, 521. Revolver Foster. *AMa.* 7 Juin, 722.

— Rabotage circulaire. *AMa.* 7 Juin, 721. Raboteuse-lime Jacquet-Taverdon. *Rt.* 10 Juin, 161.

— à tailler les pignons Scheuter. *RM.* Mai, 501.

— à relever les dents des fraises Scharer. *RM.* Mai, 515.

— Scie circulaire Robinson. *E.* 30 Mai, 710.

Moteurs à vapeur. Équilibrage des (Bauman). *Dp.* 31 Mai, 341.

— Fatigue des bâtis (Schwartz). *VDI.* 17-31 Mai, 724, 337.

— Exposition de Dusseldorf. *VDI.* 24 Mai, 769, 7 Juin, 839. *Dp.* 31 Mai, 347, 7 Juin, 363.

— Compound. 500 chev. Humboldt *E.* 16

Mai, 642; de 1 000 chevaux Sulzer.

Essais *VDI.* 31 Mai, 803, 14 Juin, 891.

Moteurs à vapeur. 3 000 chevaux de la Gutchoffnungshutte. *Ri.* 31 Mai, 213.

— Distributions Vorraber. *RM.* Mai, 523 par soupapes, étude de la levée (Schenker). *Dp.* 7-14 Juin, 357, 373. Pantin Karch. *Dp.* 17 Mai, 320 Stumpf. *VDI.* 14 Juin, 808.

— Rotative Hult. *AMa.* 17 Mai, 623.

— Turbines Laval. Rendement (des) (Delaporte). *RM.* 31 Mai, 466.

— Régulateurs Lindley-Galloway, Lombard, Rossiter. *RM.* Mai, 525.

— Pistons. Résistance des (Pouleux). *Rm.* Avril, 35.

— Stuffing box divers. *RM.* Mai, 492.

— à gaz. Les (Lecornu). *CR.* 9 Juin, 1347.

— et à vapeur comparaison (Witz). *EE.* 24-31 Mai, 259, 315. Comparaison de moteurs de différentes puissances (Ringelmann). *CR.* 2 Juin, 1293.

— Cormery (2 temps). *Lo.* 31 Mai, 346. De Dion, *id.*, 352. Cockersl. Savage. *RM.* Mai, 527.

— Allumage magnéto. Mozs. *Lo.* 7 Juin, 358.

— Gaz au bois (Douglas). *E.* 16 Mai, 663.

— Gazogène Charron. *RM.* Mai, 529.

— à pétrole. De Dion. *Lo.* 17 Mai, 311. Diesel. *E.* 30 Mai, 528, 13 Juin, 575. Algrin. *La.* 29 Mai, 341. Lanchester. *Rm.* Mai, 530.

— Carburateur Martha. *Lo.* 31 Mai, 347.

— à alcool. Exposition du Palais des machines. *Ri.* 7 Juin, 230.

Résistance des matériaux. Essais des fers en Allemagne. *Ri.* 17 Mai, 198.

— détermination de la dureté par enfoncement d'une bille d'acier (Wohlberg). *Rt.* 10 Juin, 163.

— Trempe à l'huile des aciers doux (Bunt). *E.* 13 Juin, 794.

— Télétachymètre électrique. Hospitalier. *SiE.* Mai, 377.

MÉTALLURGIE

Alliages. Plomb-antimoine et tellure (Fay et Ashley). *Cs.* 15 Mai, 617.

— Antimoine-étain-cuivre et traces de fer et de plomb (Pontio). *ACP.* 15 Juin, 577.

Alliages métalliques (Stead) *Metallographist*. Avril, 110.

Coke. Recouvrement des sous-produits (Thiry). *E*. 16 Mai, 661.

— Fabrication en partant de briquettes (Darby). *E*. 23 Mai, 694.

Fer et acier. Silicium dans l'acier Martin (William et Hathfeld). *E*. 16 Mai, 659.

— Aciéries. Martin américaines. *SuE*. 15 Juin, 645.

— Nouveau traitement. Martin. *SuE*. 15 Juin, 650.

— Four à lingots. Daniels. *E*. 13 Juin, 796.

— procédé électro-métallurgique. Harmet et Stassano. *Ri*. 24 Mai, 201.

— puddlage mécanique (Roe). *Eam*. 31 Mai, 755.

— Hauts fourneaux. Tuyères des. (Allen). *E*. 16 Mai, 659. Profils anciens et modernes. *Im*. 1902, 489. Au bois à Vares. (Bosnie). *Eam*. 31 Mai, 760. Analyse des gaz de (Wencilius). *SuE*. 15 Juin, 663. Chargeur de Sulin. *SuE*. 1^{er} Juin, 614.

— Laminaires de Dortmund. *SuE*. 1^{er} Juin, 591.

Métallographie microscopique (La) (Carland). *RCp*. 18 Mai, 189, 15 Juin, 225.

— Structure cristalline des métaux (Ewing et Rosenhain). *Metallographist*. Avril, 81.

Nickel. Extraction du (Mond). *Gc*. 31 Mai, 72.

MINES

Cuivre. Production totale. *E*. 23 Mai, 688.

Emploi de l'électricité. Exposition de Dusseldorf. *VDI*. 31 Mai, 840.

Extraction. Machines à l'Exposition de Dusseldorf. *Dp*. 17 Mai, 309, 14 Juin, 576 à grandes profondeurs. *E*. 23 Mai, 686. électriques (Kottgen). *VDI*. 17 Mai, 701.

— Essais de câbles métalliques. *Eam*. 31 Mai, 761.

— Équilibre des câbles. Étude graphique (Dechamps). *Ru*. Avril, 1.

Fer. Gisements oolitiques de la Lorraine (William). *AM*. Mars, 230 de minette Jura Lorrain. *SuE*. 15 Mai, 554.

Houille. Terrain houiller des Limbourg hollandais. *Ru*. Avril, 113.

— Charbon américain *EF*. 10, 17, 31 Mai, 14 Juin, 835.

— Bassins des États-Unis. *Ef*. 31 Mai, 759.

— Exploitation du bassin de la Loire, couches minces (Pasquet). *Im*. 1902, 281.

Industrie minières aux États-Unis. Progrès récents. *Fi*. Mai, 379.

Lampes de sûreté et les explosion de grisou. *E'*. 23 Mai, 506.

Or. Gisements de Madagascar (Pères). *IC*. Avril, 559.

— Formations aurifères glaciaires de la région de Salonique (Blanc). *Im*. 1902, 457.

— En Georgie et en Alaska. *Eam*. 24 Mai, 725. 727.

Perforatrices, à rodage François. *Ri*. 17 Mai, 195.

— électriques. *Elé*. 7 Juin, 353.

Pétroles du Wyoming. *Eam*. 24 Mai, 720.

Préparation mécanique. Echantillonneur Byrnes. *Ri*. 7 Juin, 226.

Le Gérant : GUSTAVE RICHARD.

LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

ADMIS PENDANT LE PREMIER SEMESTRE 1902

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

COUADE (G.), ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur en chef de la Société du Donetz à Droujkowka (Russie).
DONDEURS (Ch.), fondeur en métaux à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
DUGENAIT, 10, rue Lagrange, Paris.
DUMAS (Louis), ingénieur-conseil de la Société de Commentry-Fourchambault, 24, rue de Turin, Paris.
FLEUREAU (Georges), ancien ingénieur des Ponts et Chaussées, agréé près le Tribunal de Commerce de la Seine, 131, rue du Faubourg Saint-Honoré, Paris.
GUILLET (Léon), ingénieur, chef des Services chimiques de la maison de Dion et Bouton, 26, avenue Carnot, Paris.
LARNAUDE, ingénieur des Arts et Manufactures, 122, rue La Fontaine, Paris.

MM.

LEBLANC (M.), ingénieur, 1, avenue de Boufflers (villa Montmorency), Paris.
PEROT, directeur des laboratoires, au Conservatoire des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, Paris.
POPINEAU, ingénieur-constructeur, 144, avenue de Paris, Plaine-Saint-Denis (Seine).
RENOUARD (Philippe), imprimeur, 19, rue des Saints-Pères, Paris.
RITCHIE (Georges), directeur de la fabrique de blindage de MM. Beardmore et C^{ie} à Glasgow (Angleterre).
SOCIÉTÉ DES USINES FRANCO-RUSSES, à Saint-Petersbourg (Russie).
SOCIÉTÉ TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN FRANCE, 103, rue Saint-Lazare, Paris.
VIZET fils, ingénieur-constructeur, 144, avenue de Paris, Plaine-Saint-Denis (Seine).

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LE PREMIER SEMESTRE DE LA CENT DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(La lettre (P), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)

A

ALBY. Les Sociétés d'ingénieurs en Angle terre et en Allemagne, 464.
ALINOT. Lampe à alcool.
ALLARD. Trycicle, 301.
APPERT. Verre armé, 745.

B

BARA. Tube de niveau d'eau, 335.
BARBET. Poulies DELAGNAUX (P.), 729.
BARBIER. Réchaud d'alcool, 167.
BARILLET. Solubilisation de la caséine (P.), 133.
BASSE. Droits de priorité en faveur de l'industrie française (P.), 134.
BAYARD. Cellulotypie (P.), 301.
BEARS. Progrès des moteurs à gaz, 859.
BENJAMIN. Résistance des roues en fonte, 120.
BERNARD. Lanterne pour chantiers (P), 575.
BERTIN. Chaudières marines, 305. Appareil empêchant la falsification du lait. (P.), 575.
BLOCK. Trioxyde de barium et eau oxygénée (P.), 135.
BOSSUS. Appareil automatique à tirelire (P.), 133.

BOULENGER. Essais des cuirs, 491, 620, 796, 871.
BRULL. Chaudière LAGOSSE, 18. ; circulation dans les chaudières à tubes d'eau) 103.

C

CAILLETET. Résistance de l'air, 449.
CALTEAUX. Appareil de photographie (P.), 301.
CHARPY et GRENET. Équilibre des systèmes fer-carbone (399). Étude des aciers par la méthode dilatométrique (407) dilatation des aciers aux températures élevées, 409.
CHASSELOUP-LAUBAT. Marines de guerre modernes, 230.
CODRON. Travail des machines outils, 27, 648.
COLLET. Trenails, 720.
CONSTANTINESCU. Tramways électriques, 792.
CRAPPI. Transmissions par manivelle (P), 133.

D

DABOUVILLE. Moteur rotatif (P.), 458.
DAGES. Mouvement perpétuel (P.), 575.

*

DANIELL. Dictionnaire des explosifs, 579.
 DEGRER. Régénérateur d'air confiné (P.), 874.
 DELAGNEAUX. Poulies extensibles (P.), 458.
 DELAMOTTE. Lampe à alcool, 157.
 D'EQUEVILLY. Bateaux sous-marins, 307.
 DENAYROUSE. Lampe à alcool, 159.
 DUBOIS et JULIN. Les moteurs électriques, 377.

E F

FAUGÈRE. Alambic (P.), 134.
 FLANERY. Foyers au pétrole à la mer, 560.
 FONTAINE. Filtre dégrossisseur PUECH, 13, 337, 576, stérilisateur VAILLARD-DESMAROUX, 321, 576.
 FOREST. Moteurs à gaz (P.), 728.
 FOSTER. Régulateur de pression, 437.
 FOUILLAUD. Réchaud à alcool, 164; chalu-meau à braser, 169.

G

GAMARD. Robinet (P.), 874.
 GUILLAUME. La convention du mètre, 372.
 GUBOIS. Système de parquets (P.), 871.
 GULDNER. Calcul des moteurs à gaz, 723.

H I

HATON DE LA GOUPILLIÈRE. Prix de 3500 francs, 300.
 HAUTE. Lampe à alcool, 157.
 HÉLOT. « La sucrerie en France », 461.
 HITIER. Le sol et la culture, 594.
 HOUR. Horloge perpétuelle (P.), 304, 575.
 HUBOU. Noir d'acétylène (P.), 575.
 HUMBERT. Cheminée (P.), 133.

J

JACOB. Trolley, 301.
 JENAND. Dynamo (P.), 728.
 JOB. Mesure des hautes températures, 93.

K

KOON. Mécanique aux États-Unis, 126.
 KORNFIELD. Lampe à alcool, 155.

KUNKLER. Fabrication des fromages (P.), 874.

KURNAKOW et PUCHINE. Fusibilité des alliages, 263.

L

LAGOSSE. Chaudière, 103.
 LANGEVINE. Machine à matelasser les selles (P.), 133.
 LANDI. Lampe à alcool, 159.
 LAPEYRE. Générateur d'acétylène (P.), 728.
 LE CHATELIER. Études sur les gisements d'argiles de France, 148 et CHANTEPIE. Fusibilité des cendres de combustibles, 223.
 LECONTE. Lampe à alcool, 160. Réchaud, 163.
 LENCAUCHEZ. Excavateurs (P.), 301.
 LETICH. Arrêt des chevaux emportés (P.), 874.
 LEVAT. Drague, 718.
 LINART. Éclairage et chauffage par l'alcool, 148. Raffineuse continue PRONGEY, 589.
 LINDNER. Vis sans fin globulaires, 865.
 LIVACHE. Question des ordures ménagères, 178.

M

MAHL. Forces hydro-électriques de France (P.), 301.
 MARMY. Transmission (P.), 874.
 MOISSAN. Propriétés de la chaux en fusion, 95.
 MURPHY. Expériences sur les moulins à vent, 112.

N O

OLIVER. Indicateur multiple, 565.
 OLTRAMARE. Chaudière (P.), 723.
 ORCUTT. La machine-outil moderne, 291.
 OSTERGREEN. Machine à liquéfier l'air, 107.

P

PERSOZ. Résistance des substances élastiques à la pénétration, 337, 576.

PETAVEL. Émissivité des gaz, 99.
 POMEYROL et SOUPIRAN, Lampe à alcool, 153.
 PRANGEY. Raffineuse continue, 589.
 PUECH. Filtre dégrossisseur, 13, 337, 576.

Q

QUÉFFÉLÉANT. Hélice aérienne (P.), 448.

R

RABUT. Tunnel de Meudon (P.), 873.
 RAMU. Emploi des explosifs, 305, 535.
 RATEAU. Analyse d'un mémoire de M. Constantinescu, 793.
 RAVASSE. Ceinture de sûreté (P.), 575.
 RENARD. Sécurité dans les ballons dirigeables, 874.
 RIBOULET. Moteur hydraulique (P.) 133.
 RICHARD. G. Notes de mécanique, 136, 276, 433, 560, 713, 850. Littérature des périodiques, 138, 311, 453, 581, 732, 876. Fusibilité des alliages de fer et de cuivre d'après M. STEAD, 266.
 RONNA. Mémoire sur Léonard de Vinci (P.), 729.

S

SAMAIN. Compteur d'eau (P.), 575.
 SAUVAGE. Unification des filetages, 301.

Tube de niveau BARA, 335. Note sur les locomotives, 351.
 SIMON. Essai de résistance à la pénétration procédé Persoz, 337.
 STEAD. Fer et phosphore, 76, 411, alliages de fer et de cuivre, 266.
 STROMEYER. Coups d'eau, 434.
 STUMPF. Machine soufflante, 859.
 SUPLEE et CUNTZ. Engineering Index, 307.

T

TARAGONET. Enfourneur, 569.
 TAYLOR. Grue à lingots, 571.
 TÉTARD. Rapport sur l'ouvrage de M. HÉLOT, 464.
 TOULON. Trolley Jacob.
 TREPIA. Moteur rotatif (P.), 301.

U V W X Y Z

VAILLARD-DESMAROUX. Stérilisateur, 321.
 VALTER. Lampe à alcool (P.), 575.
 VERGNE. Propulseur pour aérostat (P.), 575.
 VIERHAUT. Appareil pour prévenir les abordages (P.), 448.
 VIGNERON. Mesures électriques, 308.
 WALKER. Protection des ascenseurs, 713.
 WINTERBERGER. Fer à repasser à l'alcool, 170.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE PREMIER SEMESTRE DE LA CENT DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN

A

Aérostation. A propos des expériences de M. l'abbé LE DANTEC, 451.
Air. Machine à liquéfier OSTERGREEN, 107.
Alcool (Éclairage et chauffage à l'), au concours de 1901 (LINET), 148.
Alliages métallique. *Fusibilité* (KURMA-CHOW et PUCHINE), 263; de *fer et de cuivre* (STEAD), 266.
Argiles (Études sur les gisements d'), de France. Rapport de M. LE CHATELIER, 145.
Ascenseurs (Protection des). WALKER, 713.
Associations d'ingénieurs en Angleterre et en Allemagne (ALBY), 464.

B

Bibliographie. Livres reçus à la bibliothèque, 136, 309, 451, 580, 732.
Les chaudières marines (BERTIN), 305.
Les bateaux sous-marins et les submersibles (D'EQUEVILLER), 307.
Engineering index (SUPLEE et CUNTZ), 307.
Mesures électriques (VIGNERON), 308.
Le vin (ASTRUC), 308.
Le sucre de betterave en France, de 1800 à 1900, par M. J. HÉLOT. Rapport de M. TÉTARD, 461.
Les moteurs électriques dans les industries à domicile (DUBOIS et JULIN), 577.
Dictionnaire des explosifs (DANIEL), 579.

C

Chaudière multitubulaire LAGOSSE. Rapport de M. BRULL, 103.
 — à *tubes d'eau*, circulation dans les appareils, de M. BRULL, 18.
Conseil d'administration de la Société d'Encouragement pour 1902, 5.
Cendres combustibles. *Fusibilité* (LE CHATELIER et CHANTEPIE), 223.
Chaux en fusion: propriétés (MOISSAN), 95.
Cuir (*Essai du*) dans ses applications industrielles (BOULANGER), 491, 620, 796.
Congrès international des méthodes d'essais; don d'un prix de 3 500 francs.
Foyers à pétrole. Emploi à la mer (FLANERY), 560.
Niveau d'eau BARA. Rapport de M. SAUVAGE, 335.
Tuyauteries de vapeur et coups d'eau (STROMMEYER), 434.

D

Drague pour placers LEVAT, 718.

E

Emissivité thermique des gaz à hautes pression (PETAVEL), 99.

F

Filetage international (Le) (SAUVAGE), 130.
 Circulaire de M. le Ministre de la Marine, 873.

Filtres dégrossisseurs PUECH. Rapport de M. FONTAINE, 13, 576.

I J K

Indicateur multiple. OLLIVER, 565.

L

Littérature des périodiques (G.R.), 137, 312, 453, 381, 732, 876.

Locomotives (*Note sur les*) (SAUVAGE), 351, — à vapeur surchauffée, 441.

M

Métrologie. *Convention du mètre et le bureau international des poids et mesures* (GUILLAUME), 372.

MÉTALLURGIE

Équilibre des systèmes fer-carbone (CHARPY et GRENET), 399.

Transformation des aciers. Étude par la méthode dilatométrique (CHARPY et GRENET), 407.

Dilatation des aciers aux températures élevées (CHARPY et GRENET), 409.

Fer et phosphore (STEAD), 76, 411.

Enfourneur électrique (TARAGONET), 569.

Grues à lingot TAYLOR, 571.

Machine soufflante Stumpf, 859.

MACHINES-OUTILS

Expériences de M. Codron. *Sur le travail des machines-outils.* Poinçonnage, 27, 648.

La machine-outil moderne (ORCUTT), 291.

Marteaux-pilons (Diagrammes de) (LINDER), 287.

Mécanique aux États-Unis (Progrès de la) (KOON), 126.

Emploi des explosifs. *Indications pour prévenir les accidents des faux ratés* (RAMU), 555.

N

Marine de guerre russe (CHASSELOUP-LAUBAT), 230.

Moteurs à vapeur. *Installation de la Waterside Station*, 276, 851.

Moteurs à gaz (*Calcul des*) (GULDNER), 723. Progrès des (Bears), 859.

Moulins à vent. *Expériences de Murphy*, 112.

O P Q

Ordures ménagères. *État actuel de la question* (LIVACHE), 178.

Prix Schneider, 871.

Procès-verbaux des séances. 27 décembre 1901, 10 janvier 1902, 136; 21 janvier, 12 février, 300; 28 février, 448; 14 mars, 11 avril, 575; 25 avril, 9 mai, 728; 23 mai, 13 juin, 871.]

Programme des prix pour 1903.

R S T

Résistance à la pénétration des matières élastiques, mesure pour les appareils PERSER. Rapport de M. SIMON, 337.

Roues en fonte. *Essais de rupture à la force centrifuge* (BENJAMIN), 120.

Régulateurs de pression. FOSTER, 437.

Stérilisation des eaux. *Appareil Vailard-Desmaroux.* Rapport de M. Fontaine, 321, 576.

Sucre. *Raffineuse continue Prangey.* Rapport de M. LINDET, 589.

Températures élevées, mesure et inscription (JOB), 93.

Tramways électriques à récupération de M. Constantinescu, 792.

Trenails (Machines Collet à fabriquer les), 720.

Trolley Martial Jacob. Rapport de M. TOULON.

Verre armé. Conférence de M. APPERT, 745.

Vis sans fin globoidales (Lindner), 865.

TABLE DES DESSINS

DESSINS

	Pages.
Filtre dégrossisseur Puech. — 1 figure.	43
Chaudière Lagosse. — 5 figures	48
Expériences sur le travail des machines-outils.	27
Fer et Phosphore. — 22 figures.	78
Mesure des températures élevées. — 1 figure	93
Émissivité des gaz. — 5 figures.	97
Circulation dans les chaudières à tubes d'eau. — 1 figure.	105
Machine Ostergreen à liquéfier l'air. — 10 figures.	108
Expériences sur les moulins à vent. — 12 figures	112
Essais de roues en fonte. — 12 figures.	120
Progrès de la mécanique aux États-Unis. — 4 figures.	127
Éclairage et chauffage par l'alcool au concours de 1901. — 18 figures.	149
Les ordures ménagères. — 14 figures	178
Les marines de guerre modernes. — 26 figures	230
Fusibilité des alliages métalliques. — 3 figures	263
Alliages de fer et de cuivre. — 6 figures	270
Installation de la Waterside Station. — 12 figures	276
Diagrammes de marteaux-pilons. — 7 figures.	287
La Machine outil moderne. — 9 figures.	291
Stérilisateur Vaillard-Desmaroux. — 1 figure	329
Essais à la pénétration. — 7 figures	337
Note sur les locomotives. — 5 figures	361
La convention du mètre. — 10 figures.	373
Équilibre des systèmes fer-carbone. — 7 figures.	399
Les tuyauteries de vapeur et les coups d'eau. — 6 figures.	434
Régulateur de pression Foster. — 8 figures.	437
Locomotives à vapeur surchauffée. — 18 figures.	440

	Pages.
Associations d'ingénieurs en Angleterre et en Allemagne. — 14 figures	465
Essais du cuir. — 34 figures.	490
Emploi de foyers au pétrole à la mer. — 6 figures.	560
Indicateur multiple Otto. — 10 figures.	565
Enfourneur électrique Taragonet. — 5 figures.	569
Grue à lingots Taylor. — 6 figures	571
Trolley Martial Jacob. — 2 figures.	592
Le sol et les systèmes de culture. — 21 figures.	594
La protection des ascenseurs. — 9 figures	711
Drague Levat. — 3 figures.	719
Machines à faire les trémails. — 19 figures	721
Poulie extensible Delagnaux. — 7 figures.	741
Verre armé. — 36 figures	745
Machine à vapeur Westinghouse. — 17 figures	850
Soufflerie Stumpf. — 4 figures.	859
Vis sans fin globoidales. — 13 figures	865