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

Titre général : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
Titre du volume : 1930. 1er et 2e semestre

Mots-clés : Progrès scientifique et technique ; Innovations * France * 1900-1945
Description : 984 p. ill. ; 26 cm
Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1930
Cote de l'exemplaire : BSPI. 144

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.144

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

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

PDF créé le 7/11/2009

BSPI 144

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

## L'INDUSTRIE NATIONALE

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DES SECRÉTAIRES GÉNÉRAUX DE LA SOCIETE

MM. CH. DE FRÉMINVILLE ET G. WERY

---

**1930**

---

Pour faire partie de la Société, il faut être présenté par un membre et être nommé par le Conseil d'Administration.
*(Extrait du Règlement.)*

109

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, 44, RUE DE RENNES (6e ARR.)

—

1930

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. JANVIER 1930.

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

### CONSEIL D'ADMINISTRATION

LISTE DES MEMBRES TITULAIRES ET HONORAIRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION ET DES MEMBRES CORRESPONDANTS POUR L'ANNÉE 1930

### MEMBRES TITULAIRES

**Bureau.**

*Président.*

Année de l'entrée au Conseil.

1917. — MANGIN (Louis) (C. ✲), membre de l'Institut, directeur du Muséum national d'Histoire naturelle, 57, rue Cuvier (5e arrt).

*Vice-présidents.*

1900. — WALCKENAER (Ch.) (C. ✲), Inspecteur général des Mines, 218, boulevard Saint-Germain (7e arrt).

1917. — CHESNEAU (Gabriel) (C. ✲), Inspecteur général des Mines, directeur honoraire de l'École nationale supérieure des Mines, 17, rue de Bourgogne (7e arrt).

1919. — REY (Jean) (C. ✲), Ingénieur civil des Mines, associé-gérant de la Maison Sautter-Harlé et Cie, 26, avenue de Suffren (15e arrt).

1908. — D'ALLEMAGNE (Henri) (O. ✲), archiviste-paléographe, bibliothécaire honoraire de l'Arsenal, 30, rue des Mathurins (8e arrt).

1915. — DE ROUSIERS (Paul) (O. ✲), professeur à l'Ecole des Sciences politiques, 12, rue de Bourgogne (7e arrt).

*Secrétaires généraux.*

1916. — DE FRÉMINVILLE (Charles) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, rue Pierre-Curie (5e arrt).

1906. — WERY (Georges) (O. ✲), Ingénieur agronome, directeur honoraire de l'Institut national agronomique, 6, rue Joseph-Bara (6e arrt).

*Trésorier.*

1906. — ALBY (O. ✲), ancien Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 55, boulevard Lannes (16e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

*Censeurs.*

1915. — DE ROUSIERS (Paul) (O. ✲), professeur à l'École des Sciences politiques, 12, rue de Bourgogne (7e arrt).

1924. — HERRENSCHMIDT (Jacques), fabricant de cuirs teints, 138, rue de Courcelles (17e arrt).

**Commission des Fonds.**

1903. — LAFOSSE (H.) (O. ✲), membre de l'Académie d'Agriculture, Inspecteur général des Eaux et Forêts, *Président*, 61, rue de Vaugirard (6e arrt).

1887. — PEREIRE (Henry), Ingénieur des Arts et Manufactures, vice-président de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, 33, boulevard de Courcelles (8e arrt).

1891. — D'EICHTHAL (Eugène), membre de l'Institut, vice-président de la Compagnie des Chemins de fer du Midi, directeur de l'École des Sciences politiques, 144, boulevard Malesherbes (17e arrt).

1906. — ALBY (O. ✲), ancien Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 55, boulevard Lannes (16e arrt).

1923. — CORNU-THÉNARD (André) (✲), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, professeur à l'École nationale supérieure des Mines, 6, place Saint-Sulpice (6e arrt).

1926. — JURIEN DE LA GRAVIÈRE (Pierre), ancien officier de marine, administrateur de la Société centrale de la Dynamite et de la Compagnie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons, 105, avenue Henri-Martin (16e arrt).

1928. — HEURTEAU (Charles) (✲, ⚜), Ingénieur des Mines, président de la Peñarroya, administrateur du P. O. et de la Compagnie de Marles, 1, avenue Victor-Emmanuel III (8e arrt).

**Comité des Arts mécaniques.**

1891. — SAUVAGE (O. ✲), Inspecteur général des Mines, en retraite, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, *Président*, 14, rue Eugène-Flachat (17e arrt).

1898. — MASSON (L.) (O. ✲), ingénieur civil, directeur en congé hors cadre du Conservatoire des Arts et Métiers, 22, rue Alphonse-de-Neuville (17e arrt).

1900. — WALCKENAER (C. ✲), Inspecteur général des Mines, 218, boulevard Saint-Germain (7e arrt).

1906. — LECORNU (Léon) (C. ✲), membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, professeur à l'École polytechnique, 3, rue Gay-Lussac (5e arrt).

1913. — DANTZER (James) (O. ✲), ingénieur, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, 17, avenue Sainte-Foy, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1916. — DE FRÉMINVILLE (Charles) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, 18, rue Pierre-Curie (5e arrt).

1918. — GUILLERY (✲), ingénieur, directeur des Établissements Malicet et Blin, 111, rue de Flandre (19e arrt).

1922. — KŒNIGS (Gabriel) (C. ✲), membre de l'Institut, professeur de mécanique à la Sorbonne et au Conservatoire national des Arts et Métiers, directeur du Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences de Paris, 77, rue du Faubourg-Saint-Jacques (14e arrt).

1922. — ANDROUIN (M.-J.) (✲), ingénieur-conseil, 44, rue Dombasle (15e arrt).

1924. — SABOURET (Victor) (O. ✲), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef des Services techniques, attaché à la Direction de la Compagnie du Chemin de fer d'Orléans, 3, square de La Tour-Maubourg (7e arrt).

1925. — ERNAULT (Henri) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien président du Syndicat des Industries mécaniques de France, 169, rue d'Alésia (14e arrt).

1925. — DUMANOIS (Paul) (O. ✲, I. ✲). Ingénieur en chef de la Marine, chef des Essais du Service technique de l'Aéronautique, directeur des Services techniques des Essences et Pétroles, 17, rue Darcel, Boulogne-sur-Seine (Seine).

1925. — RICHARD (Jules) (C. ✲), ingénieur-constructeur, 25, rue Mélingue (19e arrt).

1927. — FIEUX (Jean) (✲), Ingénieur des Arts et Métiers, ingénieur-conseil aux Établissements Schneider et Cie, 11, rue Valentin-Haüy (15e arrt).

1927. — POSTEL-VINAY (Marcel) (✲), ingénieur, administrateur-délégué de la Société des Appareils de Levage, 2, avenue de Villars (7e arrt).

### Comité des Arts chimiques.

1885. — LE CHATELIER (Henry) (G. O. ✲), membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, professeur à la Faculté des Sciences, *Président*, 75, rue Notre-Dame-des-Champs (6e arrt).

1900. — BACLÉ (O. ✲), Ingénieur civil des Mines, 57, rue de Châteaudun (9e arrt).

1907. — GUILLET (C. ✲), membre de l'Institut, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, directeur de l'École centrale des Arts et Manufactures, 1, rue Montgolfier (3e arrt).

1908. — BERTRAND (Gabriel) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences et à l'Institut Pasteur, 61, boulevard des Invalides (7e arrt).

1911. — TRILLAT (A.) (C. ✲), chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, 25, rue Dutot (15e arrt).

1912. — DELLOYE (Lucien) (O. ✲), directeur général des Glaceries de la Cie de Saint-Gobain, 1, place des Saussaies (8e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1913. — LŒBNITZ (J.) (C. ✲), fabricant de faïences artistiques, 4, rue Pierre-Levée (11e arrt).

1914. — GALL (Henry) (O. ✲), ancien président de la Société des Ingénieurs civils de France, administrateur-délégué de la Société d'Électrochimie, président de la Société des Carbures métalliques, 10, rue du Général-Foy (8e arrt).

1917. — CHESNEAU (Gabriel) (C. ✲), Inspecteur général des Mines, directeur honoraire de l'École nationale supérieure des Mines, 17, rue de Bourgogne (7e arrt).

1921. — CHARPY (Georges) (O. ✲), membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, 123, rue de Lille (7e arrt).

1924. — JOSSIER (Gabriel) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, président de la Chambre syndicale des Cuirs et Peaux de Paris, 19, rue Béranger (3e arrt).

1927. — FLEURENT (C. ✲, ⚙), professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, directeur de l'Office des Produits chimiques et pharmaceutiques, 65, route de Croissy, Le Vésinet (Seine-et-Oise).

1928. — PORTEVIN (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, chef des travaux de métallurgie à l'École centrale des Arts et Manufactures, 75, rue de Passy (16e arrt).

1928. — PASCAL (Paul) (✲), correspondant de l'Institut, professeur à la Sorbonne et à l'École centrale des Arts et Manufactures, Laboratoire de Chimie minérale de la Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin (5e arrt).

1928. — WAHL (André) (✲, I. ⚙), lauréat de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, 14 *bis*, boulevard Cotte, Enghien-les-Bains (Seine-et-Oise).

1929. — JOLIBOIS (Pierre) (✲, ⚚), docteur ès sciences physiques, professeur à l'Ecole nationale supérieure des Mines, 10, rue Dupont-des-Loges (7e arrt).

### Comité des Arts économiques.

1897. — LYON (C. ✲), administrateur-délégué de la Société Pleyel, 252, rue du faubourg Saint-Honoré (8e arrt).

1909. — BORDAS (Dr F.) (C. ✲), professeur suppléant au Collège de France, 58, rue Notre-Dame-des-Champs (6e arrt).

1909. — RENARD (Paul) (O. ✲), lieutenant-colonel du Génie territorial, 8 *bis*, rue de l'Eperon (6e arrt).

1910. — FÉRY (✲), professeur honoraire de l'École municipale de Physique et de Chimie, 28, rue de l'Arbalète (5e arrt).

1915. — ARNOULD (Pierre) (O. ✲), ingénieur-conseil, commissaire expert du Gouvernement pour l'examen des contestations en douane, 31, rue Bonaparte (6e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1919. — DELAGE (Gustave) (O. ✲), lieutenant de vaisseau de réserve, administrateur-directeur technique de la Société Nieuport-Astra, 46, boulevard Gallieni, à Issy-les-Moulineaux (Seine).

1919. — REY (Jean) (C. ✲), Ingénieur civil des Mines, associé gérant de la maison Sautter-Harlé et Cie, 26, avenue de Suffren (15e arrt).

1922. — FERRIÉ (Général G. A.) (O. ✲), membre de l'Institut, Inspecteur général de la Télégraphie militaire, 2, square de La Tour-Maubourg (7e arrt).

1925. — CARPENTIER (Jean) (✲), administrateur-délégué de la Société « Ateliers J. Carpentier », 34, rue Guynemer (6e arrt).

1926. — GARNIER (Maurice) (O. ✲, I. ◉), Ingénieur en chef d'Artillerie navale, chef de la Section technique de l'Artillerie navale (10, rue Sextius-Michel, 15e arrt), 10, rue Valentin-Haüy (15e arrt).

1927. — PINEAU (Louis) (O. ✲), directeur de l'Office national des Combustibles liquides, 37, avenue Duquesne (7e arrt).

1928. — LEQUEUX (Raoul) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur-constructeur de matériel de laboratoire, 64, rue Gay-Lussac (5e arrt).

1929. — GAUMONT (Léon) (O. ✲), président du Conseil d'Administration de la Société des Établissements Gaumont, 39, avenue Victor-Hugo, Paris (16e arrt).

N....

### Comité d'Agriculture.

1917. — MANGIN (Louis) (C. ✲), membre de l'Institut et de l'Académie d'Agriculture, directeur du Muséum national d'Histoire naturelle, *Président*, 57, rue Cuvier (5e arrt).

1901. — RINGELMANN (O. ✲), Ingénieur agronome, membre de l'Académie d'Agriculture, directeur de la Station d'Essais de Machines, 2, avenue de Saint-Mandé (12e arrt).

1901. — HITIER (Henri) (O. ✲), Ingénieur agronome, secrétaire perpétuel de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'Institut national agronomique, 6, rue du Général-Foy (8e arrt).

1905. — SCHRIBAUX (E.) (C. ✲), Ingénieur agronome, membre de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'Institut national agronomique, 140 *bis*, rue de Rennes (6e arrt).

1906. — GIRARD (A.-Ch.) (C. ✲), Ingénieur agronome, membre de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'Institut national agronomique, 60, rue Madame (6e arrt).

1906. — WERY (Georges) (O. ✲), Ingénieur agronome, membre de l'Académie d'Agriculture, directeur honoraire de l'Institut national agronomique, 6, rue Joseph-Bara (6e arrt).

1907. — DABAT (G. O. ✲), membre de l'Académie d'Agriculture, directeur général honoraire des Eaux et Forêts, conseiller-maître à la Cour des Comptes, 48, boulevard de La Tour-Maubourg (7e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1916. — VIALA (Pierre) (C. ✲), membre de l'Institut et de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'Institut national agronomique, Inspecteur général de la Viticulture, 35, boulevard Saint-Michel (5e arrt).

1917. — HITIER (Joseph) (✲), professeur à la Faculté de Droit et à l'Institut national agronomique, 19, rue Servandoni (6e arrt).

1917. — MOUSSU (G.) (✲), membre de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, à Alfort (Seine).

1922. — KAYSER (Edmond) (O. ✲), directeur du Laboratoire de Fermentation à l'Institut national agronomique, 9 *bis*, rue d'Assas (6e arrt).

1926. — BRUNEHANT (Louis), agriculteur, 19, boulevard Pasteur, Soissons (Aisne).

1927. — ROUX (Eugène) (G. O. ✲), conseiller d'État, directeur de l'Institut des Recherches agronomiques, directeur des Services scientifiques et sanitaires et de la Répression des Fraudes au Ministère de l'Agriculture, 42, rue de Bourgogne (7e arrt).

1929. — NOMBLOT (Alfred) (C. ✲, C. ✲), député de la Seine, président de la Chambre d'Agriculture de la Seine, secrétaire général de la Société nationale d'Horticulture de France, horticulteur, 146, Grande rue, Bourg-la-Reine (Seine).

1929. — PRUDHOMME (Émile) (O. ✲), Ingénieur agronome, directeur de l'Institut national d'Agronomie coloniale, professeur à l'Institut national agronomique, 10, rue de Fontenay, Nogent-sur-Marne (Seine).

1929. — RÉMOND (Georges) (✲), président de l'Association générale des Producteurs de Blé et de la Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne, 60, rue de Vaugirard (6e arrt).

### Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

1907. — MESNAGER (A.) (C. ✲), membre de l'Institut, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, en retraite, *Président*, 182, rue de Rivoli (1er arrt).

1903. — MAES (Georges) (✲), manufacturier, 45, rue de Courcelles (8e arrt).

1908. — HERSENT (Georges) (O. ✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, 60, rue de Londres (8e arrt).

1908. — BOURDEL (Joseph) (O. ✲), imprimeur-éditeur, ancien juge au Tribunal de Commerce, 10, rue Garancière (6e arrt).

1908. — D'ALLEMAGNE (Henry) (O. ✲), archiviste-paléographe, bibliothécaire honoraire de l'Arsenal, 30, rue des Mathurins (8e arrt).

1916. — TAILLEFER (André) (✲), ancien élève de l'École polytechnique, docteur en droit, avocat à la Cour de Paris, secrétaire général de l'Association française pour la Protection de la Propriété industrielle, 215 *bis*, boulevard Saint-Germain (7e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1919. — MAGNE (Marcel) (O. ✻), professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, conseiller technique de l'Exposition internationale des Arts décoratifs de Paris 1925, 34, quai de Béthune (4e arrt).

1924. — FERET (René) (O. ✻), ancien élève de l'École polytechnique, chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées, à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).

1925. — COLMET DAÂGE (Gaston) (O. ✻, ⚜), Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, 198, boulevard Saint-Germain (7e arrt).

1926. — LUMIÈRE (Louis) (C. ✻), membre de l'Institut, industriel, 156, boulevard Bineau, Neuilly-sur-Seine (Seine).

1927. — MICHEL-SCHMIDT (Maurice) (✻, ◐, ⚜, Ⓜ), Ingénieur des Arts et Manufactures, entrepreneur et directeur général des travaux d'extension du port du Havre, 183, boulevard de Strasbourg, Le Havre (Seine-Inférieure).

1927. — SCHNEIDER (Charles) (✻), artiste, maître de verrerie, 70, avenue du Chemin-de-fer, Épinay-sur-Seine (Seine).

1927. — SAUPIQUE (Georges) (✻), sculpteur, membre du Jury à l'Exposition des Arts décoratifs de Paris 1925, 105, rue Notre-Dame-des-Champs (6e arrt).

1927. — BECHMANN (Lucien) (✻, ⚜), architecte, diplômé par le Gouvernement, 60, rue des Vignes (16e arrt).

1929. — BONNIER (Louis) (C. ✻), architecte diplômé par le Gouvernement, Inspecteur général honoraire des Services d'Architecture et d'Esthétique et de l'Extension de Paris, 31, rue de Liége (8e arrt).

### Comité de Commerce.

1892. — GRUNER (E.) (O. ✻), Ingénieur civil des Mines, vice-président du Comité central des Houillères de France, ancien président de la Société des Ingénieurs civils de France, *Président*, 8, rue César-Franck (15e arrt).

1897. — PAULET (G.) (C. ✻), ancien conseiller d'État, administrateur du Crédit foncier de France, 21, rue d'Ourches, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).

1897. — DUPUIS (Éd.) (O. ✻), Ingénieur civil des Mines, 18, avenue Jules-Janin (16e arrt).

1910. — RISLER (Georges) (G. C. ✻), président du Musée social et de l'Union des Sociétés de Crédit immobilier de France et d'Algérie, 115, avenue des Champs-Elysées (8e arrt).

1913. — RICHEMOND (Pierre) (C. ✻), ingénieur-constructeur, président du Conseil d'administration du P. O., 49, rue Ampère (17e arrt).

1915. — DE ROUSIERS (Paul) (O. ✻), professeur à l'École des Sciences politiques, 12, rue de Bourgogne (7e arrt).

1924. — ROUME (Ernest) (G. C. ✻), gouverneur général honoraire des Colonies, 1, avenue Montaigne (8e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de l'entrée au Conseil.

1924. — HERRENSCHMIDT (Jacques), fabricant de cuirs teints, de la Société « Les Fils de Ch. Herrenschmidt », manufacture de cuirs teints, tanneries, corroiries, Paris et Lagny (Seine-et-Marne), 138, rue de Courcelles (17e arrt).

1924. — LE CESNE (Julien) (C. ✲), négociant-exportateur, président de l'Union coloniale, administrateur de la Compagnie française de l'Afrique occidentale, vice-président de la section de Législation du Conseil supérieur des Colonies, 58, rue Saint-Lazare (9e arrt).

1924. — JULHIET (Édouard) (O. ✲), ingénieur-conseil à la Banque de l'Union parisienne, 95, rue de Lille (7e arrt).

1924. — BEL (Jean-Marc) (O. ✲), Ingénieur civil des Mines, vice-président de la Société française des Ingénieurs coloniaux, ingénieur-conseil, 90, rue d'Amsterdam (9e arrt).

1925. — LACOIN (Maurice) (✲), secrétaire général de la Société André Citroën, membre du Conseil supérieur de l'Enseignement technique, 5 *bis*, rue de Berri (8e arrt).

1925. — LYAUTEY (H.) (G. C. ✲, ✠), maréchal de France, membre de l'Institut, 5, rue Bonaparte (6e arrt).

1926. — SERVONNET (Hyacinthe) (✲, ✠, ⚙), Ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur principal adjoint, chef adjoint des Services des Ateliers de Machines du Chemin de fer du Nord, 40, avenue Junot (18e arrt).

1927. — HARDY (Georges) (✲, ✠), ancien élève de l'École normale supérieure, ancien directeur de l'Enseignement en Afrique occidentale française et au Maroc, directeur de l'École coloniale, 2, avenue de l'Observatoire (6e arrt).

1929. — CHEVALIER (Auguste), professeur au Museum national d'Histoire naturelle, directeur du Laboratoire d'Agronomie coloniale, secrétaire général de l'Association Colonies-Sciences, 57, rue Cuvier (5e arrt).

### Commission du Bulletin.

MM. DE FRÉMINVILLE, WERY, *secrétaires généraux*; LAFOSSE, JURIEN DE LA GRAVIÈRE, SAUVAGE, MASSON, BACLÉ, CHESNEAU, SEBERT, ARNOULD, RINGELMANN, DABAT, COLMET DAÂGE, BOURDEL, DE ROUSIERS, HERRENSCHMIDT.

### Agent général de la Société.

1912. — LEMAIRE (Eugène) (✲, ✠), Ingénieur des Arts et Manufactures, 44, rue de Rennes (6e arrt). — Téléphone : Littré-55-61.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## MEMBRES HONORAIRES DU CONSEIL

### Bureau.

Année de l'entrée au Conseil.

1901. — HITIER (Henri) (O. ✲), Ingénieur agronome, professeur à l'Institut national agronomique, secrétaire perpétuel de l'Académie d'Agriculture (*secrétaire général*), 6, rue du Général-Foy (8e arrt).

### Comité des Arts mécaniques.

1897. — BARBET (O. ✲), ingénieur, 47, rue de Liége (8e arrt).

### Comité des Arts chimiques.

1889. — VIEILLE (G. O. ✲), membre de l'Institut, 16, avenue Pierre-Ier-de-Serbie (16e arrt).

1925. — MICHELIN (André) (✲), Ingénieur E. C. P., de la maison Michelin et Cie, président de l'Aéro-Club de France, membre du Conseil de Direction du Comité français des Expositions, membre du Conseil supérieur de la Natalité, membre du Comité des Travaux publics pour l'Amélioration du Réseau routier, 105, boulevard Pereire (17e arrt).

1925. — KESTNER (Paul), ingénieur-constructeur, 24, rue Barbet-de-Jouy (7e arrt).

### Comité des Arts économiques.

1910. — MARRE (O. ✲), ingénieur-mécanicien, 72, boulevard de Courcelles (17e arrt).

1916. — LEGOUËZ (Raynald) (C. ✲), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, membre de la Chambre de Commerce de Paris, 25, rue Molitor (16e arrt).

1922. — BRETON (Jules), sénateur, membre de l'Institut, directeur de l'Office des Recherches scientifiques et industrielles et des Inventions, 81 *bis*, boulevard Soult (12e arrt).

### Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

1911. — BERTRAND DE FONTVIOLANT (O. ✲), professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Les Acacias, Vaucresson (Seine-et-Oise).

### Comité de Commerce.

1899. — LÉVY (Raphaël-Georges) (O. ✲), sénateur, membre de l'Institut, 3, rue de Noisiel (16e arrt).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## MEMBRES CORRESPONDANTS

### Comité des Arts mécaniques.

*Correspondant français.*

Année de la nomination.

1913. — SCHUBERT (Adrien) (✲, ⚚, ❂), Ingénieur des Arts et Manufactures, de la maison F. Bapterosses et C^ie^, 6, rue Fourcroy, Paris (17^e^ arr^t^).

*Correspondant étranger.*

1925. — LEGROS (Lucien-Alphonse), M. Inst. C. E., O. B. E., ingénieur-conseil, 25, Cumberland Park, Acton, Londres, W. 3 (Angleterre).

### Comité des Arts chimiques.

*Correspondants français.*

1919. — ZUBER (Louis), industriel, Rixheim (Haut-Rhin).

1928. — DUBRISAY (René) (✲, I. ❂), Ingénieur en chef des Manufactures de l'État, docteur ès sciences, professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées, 37, rue Vaneau, Paris (7^e^ arr^t^).

*Correspondants étrangers.*

1906. — HADFIELD (Sir Robert Abbott), membre de la Royal Society, D. Sc., D. Met., membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, steel manufacturer, 22, Carlton House Terrace, London, S. W. 1 (Angleterre).

1914. — NICHOLS (H. William), Sc. D., H. D., Commandatore Crown of Italy, Chev. order S. S. Mauvezie et Lazare, chemist, chairman of Board Allied Chemical and Dye Corporation, 61, Broadway, New York (U. S. A.).

1922. — HAUSER (Enrique), Ingénieur des Mines, membre de l'Académie royale des Sciences de Madrid, président de la Commission espagnole du Grisou, ancien président de la Société espagnole de Physique et Chimie, professeur-chef du Laboratoire de Chimie industrielle de l'École des Mines et du Laboratoire Gomez Pardo, 33, rue Zorrilla, à Madrid 14^e^ (Espagne).

1922. — HANNON (Édouard), Ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées (Belgique), gérant de la Société Solvay et C^ie^, 33, rue du Prince-Albert, Bruxelles (Belgique).

1922. — SAUVEUR (Albert) (✲, ❂), ingénieur métallurgiste, membre de l'American Academy of Arts and Sciences, membre honoraire de la Société des Ingénieurs sortis des Écoles de Liége, président du Salon français de Boston, professeur de métallurgie et de métallographie à l'Université Harvard, Harvard University, Cambridge, Mass. (U. S. A.).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année de la nomination.

1922. — MRAZEC (L.), professeur de minéralogie, directeur de l'Institut géologique de Roumanie, membre de l'Académie roumaine, chaussée Kiseleff, 2, Bucarest (Roumanie).

### Comité des Arts économiques.

*Correspondants français.*

1919. — CHAUVEAU (Dr Claude) (✻), sénateur, docteur-médecin, 242, boulevard Saint-Germain, Paris (7e arrt).

1919. — FÉROL (Comte Jean-Émile DE), administrateur-délégué de la Société française d'Incandescence par le Gaz (Système Auer), 21, rue Saint-Fargeau, Paris (20e arrt).

1919. — VISSEAUX (Jacques), industriel, 88 et 90, quai Pierre-Scize, Lyon (Rhône).

1927. — JANVIER (Marie-Charles), lieutenant-colonel d'artillerie honoraire, 137, avenue Malakoff, Paris (16e arrt).

*Correspondants étrangers.*

1890. — ELIHU-THOMSON (O. ✻), A. M. (Yale University). D. Sc. (Harvard University), consulting engineer, electrician, member of Corporation, Mass. Institute of Technology, Cambridge, Mass., General Electric Company, Lynn, Mass., 22, Monument Avenue, Swampscott, Mass. (U. S. A.).

1913. — GUILLAUME (Charles-Edouard) (O. ✻), correspondant de l'Institut de France (prix Nobel), physicien, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, Pavillon de Breteuil, Sèvres (Seine-et-Oise).

1920. — TZITZEICA (Georges), commandeur de la Couronne de Roumanie, docteur ès sciences de Paris, vice-président de l'Académie roumaine, secrétaire général de la Société roumaine des Sciences, membre du Conseil permanent de l'Instruction publique, doyen de la Faculté des Sciences de Bucarest, 82, Strada Dionisie, Bucarest (Roumanie).

1920. — TORRES Y QUEVEDO, membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris, membre de l'Académie royale des Sciences de Madrid, directeur du Laboratorio de Automatica de Madrid. Valgame Dios, 3, Madrid (Espagne).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### Comité d'Agriculture.

*Correspondants français.*

Année de la nomination.

1890. — MILLIAU (Ernest) (✲, ✪), expert des tribunaux, correspondant de l'Académie d'Agriculture, directeur du Laboratoire d'Essais techniques, 30, rue Sainte, Marseille (Bouches-du-Rhône).

1907. — MONICAULT (Pierre de) (✪), Ingénieur agronome, membre de l'Académie d'Agriculture, agriculteur, 9, rue Jean-Goujon, Paris (8e), et à Versailleux (Ain).

1919. — SIMON (Albert) (O. ✲, C. ✪, Ⓜ), président de la Chambre de Commerce de Cherbourg, administrateur-délégué de la Banque de France, président du Conseil d'administration de la Société anonyme des Etablissements Simon frères à Cherbourg, industriel, 45, rue de l'Alma, Cherbourg (Manche).

### Comité des Constructions et des Beaux-Arts.

*Correspondants français.*

1913. — COUTURAUD (Pierre) (✪), Ingénieur des Arts et Manufactures, administrateur-délégué de la revue *Chaleur et Industrie*, 5, rue Michel-Ange, Paris (16e arrt).

1925. — LEINEKUGEL LE COCQ (G.) (O. ✲), Ingénieur hydrographe en chef de la Marine de réserve, Etablissements métallurgiques G. Leinekugel le Cocq et Fils, à Larche (Corrèze).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES ÉCONOMISEURS SYSTÈME DABEG POUR LOCOMOTIVES

par M. P. LAVARDE, *directeur de la Société d'Exploitation des Procédés Dabeg.*

Il n'y a pas d'autre moyen d'augmenter le rendement d'un ensemble chaudière-machine que de diminuer la quantité des calories dissipées en pure perte pendant son fonctionnement. Toute méthode ou tout appareil qui récupère des calories normalement perdues est donc un appareil utile au point de vue de l'augmentation du rendement.

Par l'application de réchauffeurs d'eau d'alimentation sur les locomotives on récupère une partie des calories perdues dans la vapeur d'échappement et la pompe-réchauffeur Dabeg[1], actionnée directement par le mouvement de la locomotive, c'est-à-dire par un procédé beaucoup plus économique que ceux qui comportent l'utilisation de petits cylindres à vapeur, est le réchauffeur qui doit donner les meilleurs résultats. De par son principe et sa construction (surtout dans les modèles récents) la pompe Dabeg est en outre d'une très grande simplicité et d'un entretien insignifiant, ce qui est apprécié de tous les ingénieurs de chemins de fer.

Mais la récupération des calories à partir de la vapeur d'échappement, pour réchauffer l'eau, a une limite du fait que la température de l'eau ainsi réchauffée ne peut dépasser 100°-105° (Pratiquement, la température moyenne de l'eau oscille autour de 90°).

Pour dépasser notablement cette température, il faudrait en effet faire condenser dans le réchauffeur de la vapeur qui soit à une température nettement supérieure à 100°. Ceci postule les deux conditions suivantes :

1° Que la « vapeur d'échappement » en question soit à une pression d'au moins 2 kg : cm².

Sans entrer dans les détails d'une analyse aisée à faire, nous disons que la possibilité d'une « vapeur d'échappement » de cette espèce ne peut se trouver que sur des machines incorrectement conçues. Nous maintenons notre appréciation même s'il s'agit de vapeur soutirée au réservoir intermédiaire de machines compound ;

2° Que le condenseur du réchauffeur soit sous pression, donc sans communication directe avec l'atmosphère. Avec de tels condenseurs, il faut alors renoncer aux avantages du dégazage et du désaérage de l'eau.

D'autre part, on doit aboutir nécessairement, avec les deux conditions précédentes, à des dispositifs compliqués, et, pour ces raisons, nous pensons qu'on ne peut pas, pratiquement, sur une locomotive, réchauffer

(1) Voir le *Bulletin* de novembre 1928, p. 863.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau d'alimentation sensiblement au-dessus de 90°, en moyenne, en

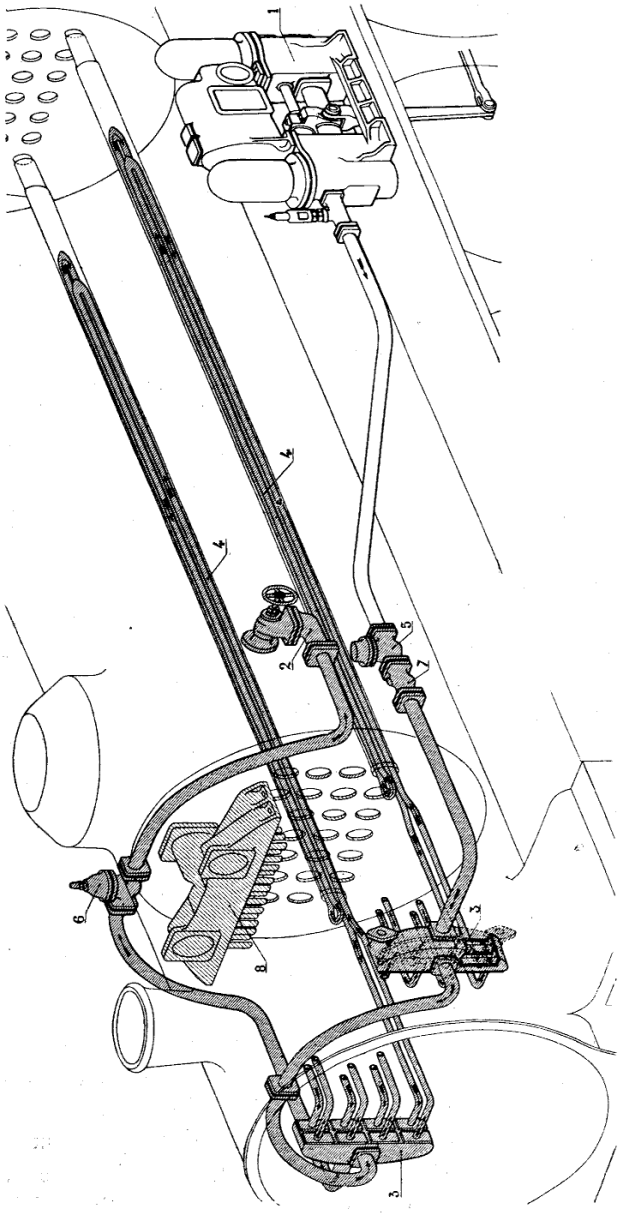


Fig. 1. — Montage d'un économiseur Dabeg à éléments séparés. (Dans le type à éléments séparés, les gros tubes utilisés pour l'économiseur contiennent chacun un élément économiseur à l'exclusion de tout élément surchauffeur).

1, Pompe Dabeg; — 2, Pied d'alimentation; — 3, Collecteurs de l'économiseur; — 4, Éléments de l'économiseur; — 5, Soupape de surpression non réglable; — 6, Soupape de surpression réglable; — 8, Collecteur de surchauffe (Hachures serrées : tubes avec éléments d'économiseur; — Hachures espacées : tubes avec éléments de surchauffeur).

utilisant seulement les calories perdues dans la vapeur d'échappement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut, au contraire, réchauffer l'eau très notablement au-dessus de cette

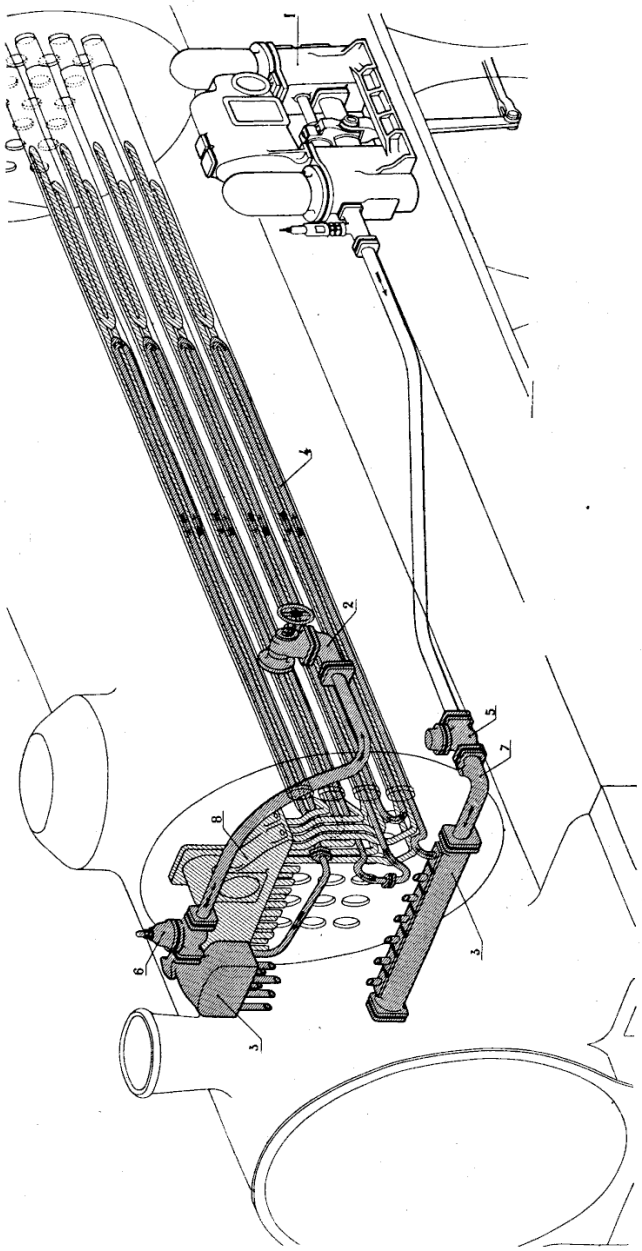



Fig. 2. — Montage d'un économiseur Dabeg à éléments mixtes. (Avec le type à éléments mixtes, l'élément surchauffeur subsiste en partie dans chaque gros tube utilisé, concurremment avec l'élément économiseur.)

1, Pompe Dabeg; — 2, Pied d'alimentation; — 3, Collecteurs de l'économiseur; — 4, Éléments de l'économiseur; — 5, Soupape de surpression non réglable; — 6, Soupape de surpression réglable; — 8, Collecteur de surchauffe (Hachures serrées : tubes avec éléments d'économiseur; — Hachures espacées : tubes avec éléments de surchauffeur).

température, si on réussit à récupérer une partie des calories perdues dans



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les fumées. Nous rappelons en passant que ces calories perdues représentent, *grosso modo*, 20 p. 100 de celles qui sont dégagées sur la grille.

Un tel sur-réchauffage est réalisé avec les économiseurs Dabeg; il constitue un progrès considérable par rapport au simple réchauffage à partir de la vapeur d'échappement.

Les économiseurs système Dabeg sont des appareils statiques que l'on utilise conjointement avec les pompes-réchauffeurs Dabeg. Ils sont composés de plusieurs éléments, dont le groupage, en série et en parallèle, varie suivant les cas. Les éléments, qui sont constitués comme des éléments de surchauffeur, se logent, comme ceux-ci, dans des tubes de la chaudière où ils prennent leur place, en totalité (fig. 1) ou en partie (fig. 2). Dans le cas où l'élément surchauffeur est conservé, dans un même tube de chaudière, en même temps que l'élément économiseur, celui-ci occupe la région la plus froide du tube (côté boîte à fumée), l'élément surchauffeur occupant la région la plus chaude (côté boîte à feu). D'une façon générale, l'étude d'un économiseur Dabeg sur un type de locomotive déterminée est mise au point d'après la directive rationnelle suivante : laisser les éléments surchauffeurs dans les régions de la chaudière où les gaz sont très actifs et très chauds (au-dessus de 400°, par exemple) et disposer des éléments économiseurs dans les régions moins actives et moins chaudes.

Cette directive est logique; elle n'est d'ailleurs que l'application aux chaudières de locomotives d'un principe bien connu, à savoir que l'échange de chaleur entre deux fluides est optimum lorsque ceux-ci circulent à contre-courant.

L'eau refoulée, déjà réchauffée, par la pompe Dabeg, traverse ainsi l'économiseur où elle se sur-réchauffe jusqu'à une température qui varie en moyenne de 140 à 160°, puis passe de là dans la chaudière. Des dispositions spéciales brevetées très simples sont prévues pour mettre l'économiseur à l'abri de tout entartrement nuisible.

Il est très important de remarquer que ce sur-réchauffage de l'eau est obtenu uniquement par récupération de calories perdues et sans dépense d'énergie mécanique appréciable [2].

Les figures 3 et 4, que nous donnons à titre d'exemple, sont relatives à une série de 50 locomotives équipées, de cette sorte, avec la pompe et l'économiseur Dabeg. On voit, en particulier, sur ces figures, que l'économiseur Dabeg se présente comme simple et peu encombrant.

Des études et des essais, étendus sur plusieurs années, ont permis

(2) Le travail de refoulement supplémentaire demandé à la pompe, pour vaincre la perte de charge de l'économiseur, n'est en effet que d'environ $\frac{Q}{900}$ chevaux pour une locomotive timbrée à 16 kg : cm² et dont la consommation horaire en kilogrammes est Q.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'aboutir, avec ces pompes et ces économiseurs, à des résultats concrets sur plusieurs réseaux européens, principalement en France et en Espagne; à la suite de ces résultats, d'intéressantes applications de ces appareils se poursuivent.

Voici quelques-uns des résultats obtenus en service normal.

Dans une première série d'essais, on chercha à déterminer les températures obtenues par l'adjonction d'économiseurs Dabeg et on constata que l'eau fournie par la pompe Dabeg était effectivement portée par l'économiseur à 145° en moyenne pour le type dit « à éléments mixtes », et à 160° en moyenne pour le type dit « à éléments séparés ».

Dans le premier cas, la température de la boîte à fumée, qui était, avant l'installation de l'économiseur, de 275°, tomba à 230° (3). Dans le deuxième cas, elle passa de 240° à 198°. Au point de vue de la surchauffe, on constata que l'application de l'économiseur l'avait fait baisser d'environ 10 degrés (sur les applications ultérieures, on a modifié certaines cotes des économiseurs pour éviter cette variation, si peu importante soit-elle). Par les chiffres précédents, on se doute que le rendement des locomotives a été grandement amélioré; le personnel chargé des essais

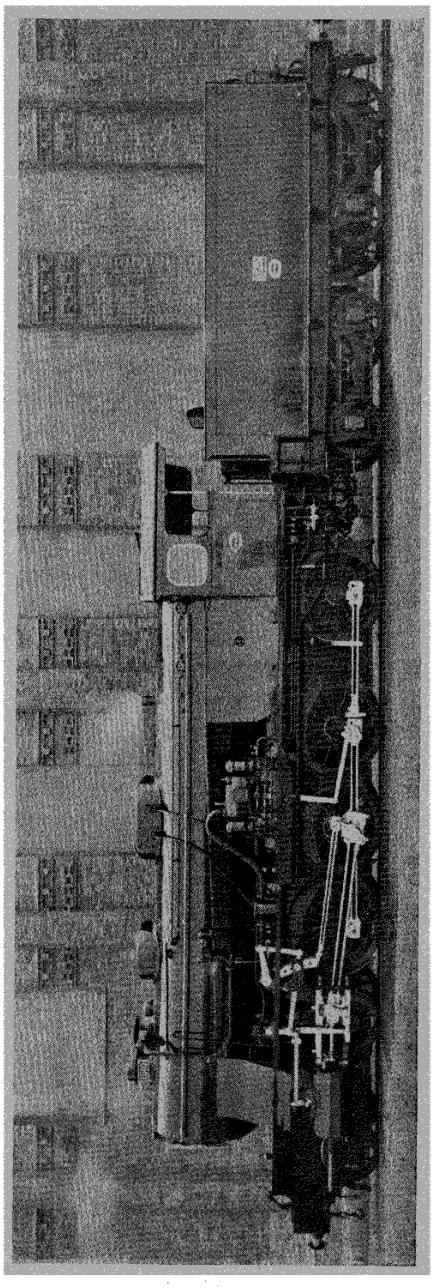


Fig. 3. — Locomotive à voyageurs équipée avec une pompe et un économiseur Dabeg.

(3) Les températures indiquées ci-dessus sont des températures moyennes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'en rendit compte d'une façon évidente par une très sensible amélioration dans la conduite des locomotives.

Une deuxième série d'essais eut lieu sur un parcours particuiièrement dur du réseau.

Sans économiseur, la charge « offerte » (charge maximum remorquée à

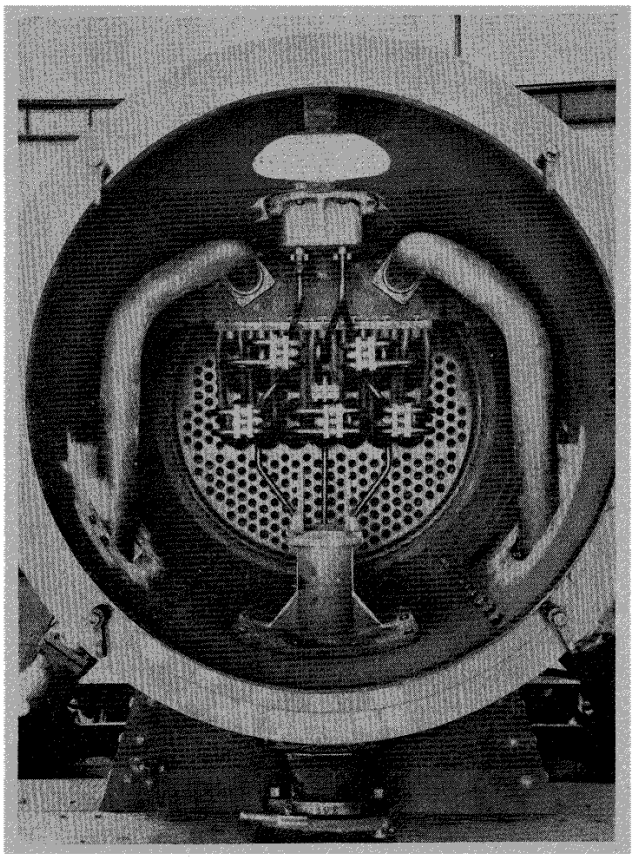


Fig. 4. — Boîte à fumée ouverte de la locomotive représentée figure 3. L'économiseur Dabeg monté sur cette locomotive est du type à éléments mixtes. (N. B. — Les parties blanchies mettent en évidence les éléments économiseurs. Le collecteur inférieur de l'économiseur est masqué par la tubulure d'échappement de la machine).

une vitesse déterminée, sur un profil déterminé, par une machine d'une série déterminée) sur la plus dure section du parcours, était de 467 t à 68 km : h.

Or, il a été possible, avec la même locomotive munie de la pompe et de l'économiseur Dabeg, de remorquer, sur le parcours total, un train de 565 t (soit avec une surcharge de 98 t) tout en gagnant 11 minutes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au cours de ces essais, on a relevé les températures suivantes :

| | |
|---|---|
| Surchauffe | 305° |
| Boîte à fumée | 227° |
| Eau après pompe Dabeg | 97° |
| Eau après économiseur Dabeg | 133° |

*N. B.* — Les économiseurs en question sont appelés à subir une légère modification, à la suite de laquelle une augmentation appréciable de la température de l'eau est escomptée, avec une diminution corrélative de la température dans la boîte à fumée. Il en résultera vraisemblablement une nouvelle augmentation de puissance des dites locomotives.

Sur un autre parcours, la charge « offerte » sur la section la plus dure, était, sans économiseur, de 492 t à 68 km : h.

Or, il a été possible, avec la même locomotive, munie de la pompe et de l'économiseur Dabeg, de remorquer sur le parcours total un train de 620 t tout en gagnant 5 minutes.

Il est incontestable que l'adjonction d'un économiseur Dabeg à des machines, munies en outre de pompes Dabeg, a augmenté considérablement leur production de vapeur, donc leur puissance.

Si l'on avait fait, au cours de ces essais, des relevés de consommation de charbon, on aurait certainement constaté une importante économie, mais nous croyons que les résultats indiqués plus haut présentent à eux seuls un grand intérêt, parce que l'augmentation de la puissance des locomotives est de plus en plus à l'ordre du jour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES MOTEURS ANIMÉS CONSIDÉRÉS COMME MACHINES MOTRICES

par M. Max Ringelmann, *membre du Conseil.*

Les anciens mécaniciens, Euler (1707-1783), Coulomb (en 1799 et en 1821)[1], Navier (1819), Courtois, etc., ignorant l'anatomie et la physiologie des moteurs animés, les considéraient comme des solides d'un certain poids P, ou d'une certaine masse $M = \frac{P}{g}$, animée d'une certaine vitesse V et quantité de mouvement (MV), comme s'il s'agissait d'un corps quelconque, et raisonnèrent sur cette hypothèse fondamentale.

Cependant, ils savaient qu'entre l'effort maximum F que le moteur peut exercer sans déplacement appréciable, et l'effort $f$ constaté en travail analogue courant; qu'entre la vitesse maximum V que peut prendre le moteur sans fournir d'effort et la vitesse $v$ qu'il peut donner en travail courant, il existait des rapports qu'ils établirent, surtout Euler, de la façon suivante :

$$f = F\left(1 - \frac{v}{V}\right)^2 \qquad (1)$$

et pour le travail mécanique par seconde :

$$fv = F\left(1 - \frac{v}{V}\right)^2 v \qquad (2)$$

dont le maximum correspond à $v = \frac{1}{3}V$; en substituant cette valeur de $v$ dans la formule (1), on a, pour ce qu'ils appelèrent le *maximum d'action*, $f = \frac{4}{9}F$.

Les coefficients de 0,33 et de 0,44 adaptés à F et V devenaient 0,147852, d'où :

$$fv = 0{,}147\ FV,$$

qu'on devait appliquer à tous les travaux effectués par les hommes et les animaux. Cela ne pouvait pas se vérifier expérimentalement, étant donné que des muscles différents agissent dans les différentes conditions de travail, et cela conduisit Hubert à réunir des chiffres résultant de constatations pratiques.

Hubert (Jean-Baptiste) (1781-1845) Ingénieur en chef de la Marine, Directeur des Constructions navales du port de Rochefort, fit de très nombreuses constatations sur le travail de l'homme et des chevaux, qui furent réunies en tableaux cités par Poncelet, et reproduits par Navier Morin, Claudel, et par d'autres, qui oublièrent de signaler le nom de l'auteur; ces tableaux sont encore utilisés aujourd'hui dans beaucoup d'enseignements.

Certains chiffres de Hubert, comme de Navier, sont à retenir, mais d'autres demandent une rectification dans le calcul de l'*effet utile journalier* des moteurs animés.

Ainsi, par exemple, on y dit qu'un homme marchant sur un chemin horizontal,

(1) Coulomb chercha à déterminer expérimentalement, pour les travaux les plus pénibles, la quantité d'action ou le degré de fatigue qu'il est possible de demander à l'homme, mais qu'il serait dangereux de dépasser en ruinant le moteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sans fardeau (ce que je désigne, comme Courtois, par libre et sans charge) son travail consistant dans le transport du poids de son corps, conduit à :

| | |
|---|---|
| Poids transporté (kilogrammes) | 65 |
| Vitesse par seconde (mètres) | 1,50 |
| Effet utile par seconde (kilogrammètres) | 97,5 |
| Durée de l'action journalière (heures) | 10 |
| Effet utile par jour (kilogrammètres) | 3.510.000 |

alors qu'on indique 1.800.000 kgm seulement comme effet utile journalier de l'homme déplaçant une petite voiture à deux roues (camion) recevant une charge de 100 kg, etc.

Rien que la comparaison de ces chiffres, et d'autres (transports à la brouette, etc.) aurait dû surprendre et montrer l'erreur du premier calcul : le poids de l'homme (65 kg) agit verticalement, son déplacement par seconde (1,50 m) est horizontal; il résulte que le travail mécanique ne peut pas se calculer en multipliant 65 par 1,50 comme cela a été effectué, l'effort n'étant pas mesuré selon sa projection sur son déplacement; il faut donc avoir recours à une autre méthode pour évaluer l'énergie dépensée par l'homme, ou un animal, pour son déplacement avec ou sans charge sur un plan horizontal.

Coulomb admettait pour les travaux de ce genre une autre unité que le kilogrammètre; c'était le produit du poids, en kilogrammes, déplacé par mètre parcouru sur un chemin horizontal, ou le *mètre-kilogramme*, mauvaise expression adoptée par certains auteurs, et qui n'a aucune concordance avec l'unité mécanique de *kilogrammètre*; cela peut même prêter à confusion et, d'autre part, cela ne s'appliquerait qu'au cas particulier du déplacement sur un chemin horizontal, ce qui est très rare en pratique, le terrain étant toujours plus ou moins incliné, et le moteur devant fournir alors un travail supplémentaire facile à évaluer d'après son poids, avec ou sans charge, élevé d'une certaine hauteur par seconde.

*
* *

La quantité de travail mécanique que peut fournir le moteur animé dans l'unité de temps varie avec chaque mode particulier d'action, mais on conçoit qu'il y a, pour chacun de ces modes, une quantité maximum pratique correspondant à la fatigue journalière ne devant pas dépasser une limite afin que le travail (avec le même régime alimentaire, repos et sommeil) puisse être continué pendant longtemps de suite, des semaines ou des mois, sans ruiner la santé de l'individu.

Dans ces conditions générales, si $f$ est l'effort moyen (ou sa projection) suivant le déplacement, $v$ la vitesse par seconde, $t$ le temps utile de travail par jour, on a, pour le travail mécanique journalier, estimé en kilogrammètres :

$$fvt$$

et les diverses valeurs de $f$, de $v$ et de $t$ changent pour chaque genre de travail.

Enfin, avec les moteurs inanimés, on peut obtenir des puissances équivalentes P en faisant varier même dans de grandes limites les efforts $f$ et les vitesses $v$, afin d'avoir :

$$P = fv = f'v' = f''v'' = \ldots.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Alors que pour les moteurs animés, les efforts $f$ et les vitesses $v$ ne peuvent varier que dans des limites très restreintes.

Les moteurs animés sont des réservoirs d'énergie qu'il faut remplir chaque jour; il faut leur laisser un repos et un sommeil d'une certaine durée afin qu'ils puissent réparer leur propre mécanique, laquelle est capable de dépenser ses réserves (ou de vider son réservoir) plus ou moins rapidement.

*
* *

Les hommes, comme les animaux, ne sont pas standardisés, pour employer un terme si courant aujourd'hui; leur puissance varie de l'un à l'autre; on peut admettre, relativement à ce qu'on appelle les constatations moyennes, que les plus grandes variations seraient de l'ordre suivant, la moyenne étant représentée par 100:

| | |
|---|---|
| Minimum. . . . . | 75 à 80 |
| Maximum . . . . . | 120 à 125 |

Beaucoup de travaux effectués par les hommes demandent à la fois de l'énergie et de l'intelligence, de la réflexion; certains même ne demandent que cela (travaux intellectuels).

D'autres travaux sans besoin intellectuel ne nécessitent que des efforts musculaires fournis par certains muscles et le résultat se traduit pratiquement par une certaine quantité ou étendue ouvrée : poids de terre ou toute autre marchandise, (fumier, betteraves, sacs, etc.) manipulé, chargé, transporté, etc. On est arrivé peu à peu à fixer les prix de ces travaux, au mètre cube, au poids, à la surface, etc., parce que, empiriquement, on a constaté une certaine concordance ou relation entre ces diverses quantités qu'avec la même fatigue un homme peut effectuer par jour pour réaliser un salaire nécessaire à son existence et à celle de sa famille.

Au delà de la *fatigue*, qui est une intoxication, pouvant se réparer par un certain temps de repos plus ou moins relatif, on a le *surmenage*, correspondant à un certain état pathologique qui ruine le moteur.

Scientifiquement, c'est donc la *fatigue journalière* qu'on paye à l'homme, lequel, avec la même fatigue, effectue des quantités différentes de différents ouvrages. De sorte que l'intérêt de l'employeur, quel qu'il soit, n'est pas de demander le plus de fatigue journalière possible à l'homme, mais, à l'aide de certains dispositifs, obtenir le plus d'ouvrage avec la même fatigue que l'homme est susceptible d'éprouver par jour. Le côté difficile est la détermination et la mesure de cette *fatigue*; cela ne peut se faire que par des procédés détournés, en ayant toujours recours à des observations prolongées, et il convient d'accueillir avec grande réserve les constatations de très courte durée.

Ces questions si intéressantes de la fatigue des moteurs, que je n'ai fait que d'entrevoir, peuvent se déterminer plus facilement sur des animaux que sur des hommes, ces derniers, même lorsqu'ils sont dévoués à ces recherches, faussent un peu les résultats par leur raisonnement, qui est d'ordre psychique, tandis que les recherches sont plus faciles avec les animaux, chevaux ou bœufs, d'autant plus qu'on ne demande à ces derniers que des efforts de traction à différentes vitesses, tandis que les travaux effectués par les hommes sont très variés, mettant en jeu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

différents muscles; il faut donc faire intervenir préalablement des notions tirées de l'anatomie et de la physiologie.

*
* *

L'ensemble d'un de nos moteurs animés peut être considéré comme une usine complexe comprenant divers ateliers travaillant chacun pour son propre compte; cependant il est nécessaire que la production de chaque atelier soit bien réglée, en quantité et en qualité, pour ne pas compromettre la marche de l'usine, c'est-à-dire pour concourir au résultat final représentant la vie, les fonctions de relation et la santé de l'individu. On en a conclu que chez les animaux occupant un ordre élevé, leur organisation se complique (ou se perfectionne, ce qui est synonyme), tandis que chez les êtres inférieurs (appelés imparfaits) l'atelier est bien plus simple et plusieurs de ses travaux, ou ouvrages, sont assurés par le même organe.

Dans toutes les machines inanimées, on trouve un *bâti* rigide qui supporte diverses pièces dont un grand nombre sont en mouvement. Pour les moteurs animés, on convient souvent que leur bâti est constitué par leur squelette parce que les os sont les seules parties solides de leur organisme. Cette conception, facile au public, n'est pas exacte : le piston et la bielle d'un moteur sont animés de mouvements et ne constituent cependant pas son bâti. Rien n'est rigide dans le squelette d'un moteur animé, pas même la colonne vertébrale dans ses régions dorsale et lombaire qui relient les membres antérieurs aux postérieurs. Au point de vue mécanique, le moteur animé ne possède donc pas de bâti; il n'a que des pièces solides (os) plus ou moins articulées entre elles, supportant les diverses parties de l'organisme et dont certaines sont chargées, par l'action des muscles, d'effectuer des mouvements destinés à la production d'un ouvrage ou d'un travail extérieur pratiquement utilisable.

Squelette. — Le *squelette* du moteur animé peut donc être considéré comme une sorte de charpente flexible, dont les pièces, plus ou moins articulées, supportent les organes vitaux, alors qu'elle est elle-même soutenue par les pièces articulées de la locomotion.

Le squelette est constitué par des *os* que relient entre eux des articulations lubrifiées par les *synovies*; ces os sont maintenus à l'écartement voulu par des tissus très légèrement extensibles, constituant les *ligaments*; enfin ces os se déplacent les uns par rapport aux autres avec des mouvements toujours angulaires dans plusieurs plans, (mouvements plus ou moins circulaires, hélicoïdaux ou elliptiques alternatifs) modifiant leurs angles sous l'action de tractions effectuées par le raccourcissement des *muscles* insérés aux os par leurs *tendons*. Ces muscles se contractent sous l'action des centres nerveux, dont l'excitation a lieu tantôt d'une façon pour ainsi dire automatique, indépendante de la volonté, afin de permettre continuellement le fonctionnement des parties devant assurer la vie organique, ou végétative, de l'animal tantôt sous l'action de la volonté de l'individu (muscles de la vie animale ou de relation).

L'étude détaillée des principes précédents est du ressort de l'*anatomie* et de la *physiologie*; je ne puis qu'indiquer brièvement ici ce qui est plus spécialement appliqué à mon programme d'ordre mécanique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'os, considéré en lui-même, a généralement une section à peu près triangulaire (tibia) ou elliptique (fémur), ordinairement plus petite dans sa partie centrale qu'aux extrémités; enfin, son axe géométrique n'est jamais rectiligne et présente une ou plusieurs courbures dans un ou plusieurs plans, courbures lui assurant une certaine flexibilité. On en voit un exemple dans la figure 1 représentant les os du membre postérieur du bœuf.

L'os a une contexture bien plus serrée et est plus dense sur sa périphérie que dans sa partie centrale, constituée souvent par un tissu spongieux; en coupe, on distingue dans la partie dense des sortes de fibres courbes qui sont disposées selon les lignes des pressions aboutissant aux extrémités articulaires ou *épiphyses*, dont l'anatomie est différente de celle du corps proprement dit de l'os; ces fibres, pour la partie supérieure du fémur, à l'articulation coxo-fémorale *a*, sont représentées schématiquement sur la figure 1.

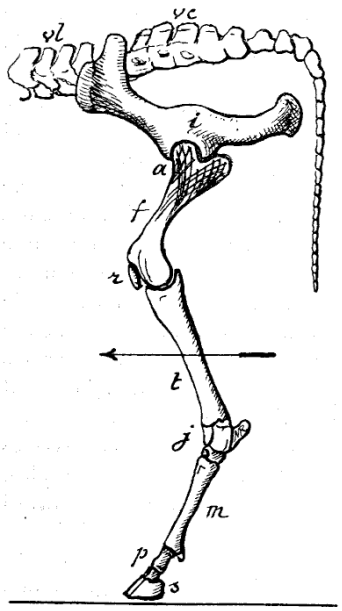



Fig. 1. — Os du membre postérieur du bœuf.

*vl*, vertèbres lombaires; — *vc*, sacrum; — *i*, ilium; — *a*, articulation coxo-fémorale; — *f*, fémur; — *r*, rotule; — *t*, tibia; — *j*, jarret; — *m*, métatarsien; — *p*, phalanges; — *s*, troisièmes phalanges (onglons).

L'os travaille à la compression et sa résistance à la rupture serait voisine de 3,5 à 4 kg : mm² de section transversale (cas du tibia de l'homme); c'est à peu près la résistance que présentent le sapin du Nord et le pin, à l'état ordinaire, c'est-à-dire non desséché à l'étuve; d'autre part, les os qui fonctionnent dans la locomotion du moteur, ayant une grande longueur relativement à leur section, il faut faire intervenir les coefficients de réduction résultant des essais de Hodgkinson : la rupture par compression de l'os est toujours précédée par une flexion (comme le flambage d'une pièce); enfin il y a quelquefois rupture par cisaillement (col du fémur).

Le poids de l'ensemble du squelette représente de 21 à 23 p. 100 du poids total de l'individu, mais une partie seulement nous intéresse (surtout les membres antérieurs et les membres postérieurs).

Les zones d'articulation de deux pièces sont réciproquement convexes et concaves.

Aux articulations, il faut éviter les chocs et assurer la lubrification; à cet effet, les os s'appliquent l'un contre l'autre par des ménisques fibro-cartilagineux *c* (fig. 2); ce cartilage est un tissu d'une apparence nacrée assez comparable à un revêtement élastique, compact, amorphe, généralement peu épais (1 ou 2 mm) formant légèrement tampon amortisseur (chez les vieux moteurs, les cartilages s'imprègnent de subtances minérales, et semblent s'amincir et s'ossifier).

Entre deux extrémités osseuses, ou deux cartilages, la lubrification assurant la douceur du mouvement des articulations, est donnée par la *synovie s*, (fig. 2),

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produit de sécrétion de membranes extrêmement fines, disposées en sacs ou en manchons dont une extrémité s'insère sur le cartilage épiphysaire d'un os, l'autre, opposée, sur l'extrémité de l'os formant jointure ; l'ensemble est enfermé dans une sorte de gaine fibreuse *a* (*capsule articulaire*) soudée au *périoste* des deux os qui sont en connexion. La cavité synoviale (articulaire) est remplie d'un liquide jaunâtre, visqueux, semblable à une huile végétale épaisse, constituant un graissage naturel diminuant beaucoup les résistances aux déplacements des os les uns par rapport aux autres.

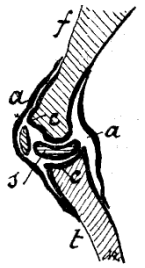



Fig. 2. — Lubrification des articulations.
*f*, fémur ; — *t*, tibia ; — *c*, ménisques fibro-cartilagineux ; — *s*, synovie ; — *a*, capsule articulaire.

Les pièces mobiles du squelette ne peuvent s'animer que de mouvements angulaires alternatifs ; les extrémités peuvent balayer une portion de l'aire d'une sphère ou d'un ellipsoïde, mais ne peuvent jamais prendre un mouvement circulaire continu qui présente tant d'avantages dans nos machines agricoles ou industrielles.

La rotation d'un os relativement à celui avec lequel il est articulé n'est généralement pas simple comme le seraient deux pièces réunies par un axe ; par suite de la configuration des surfaces articulaires, le mouvement angulaire d'un os par rapport à l'autre s'effectue suivant une trajectoire hélicoïdale : en tournant, un os s'écarte de l'autre d'une certaine quantité.

Tous les os et leurs assemblages travaillent à la compression, ceux des membres et même ceux de la colonne vertébrale (régions lombaire et dorsale) ; très peu travaillent à la flexion ; quelques-uns peuvent agir par extension (soulèvement d'un poids à bras tendu).

Les os qui s'articulent ne peuvent pas s'écarter l'un de l'autre pendant leurs mouvements angulaires au delà d'une limite déterminée (sinon il se produit une distension et, par suite, une entorse), parce qu'ils sont retenus par des *ligaments a* (fig. 3) ; ces derniers sont formés de fibres très peu élastiques dont chaque extrémité s'insère solidement sur un des os par une surface plus ou moins étendue qui doit résister à l'arrachement.

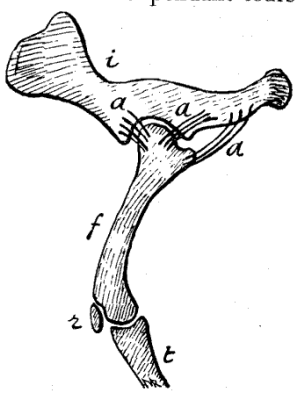



Fig. 3. — Ligaments du fémur et du bassin du bœuf.
*i*, ilium (os du bassin) ; — *f*, fémur ; — *a*, ligaments ; — *r*, rotule ; — *t*, tibia.

Certains ligaments travaillent beaucoup à l'extension ; tel est le cas des ligaments des vertèbres cervicales des bovidés lorsqu'on fait reculer une charge par des animaux attelés au joug double.

Muscles. — Les muscles sont formés de fibres dont l'ensemble présente un gros diamètre généralement vers la partie moyenne *c* (fig. 4), ou corps ; ils se raccordent aux os par leurs extrémités ; du côté relativement fixe, le muscle s'implante sur l'os par des fibres charnues *a*, d'une surface étendue, ancrée sur des crêtes ou des tubérosités de l'os ; du côté où le muscle doit produire un mouvement important à l'os, son insertion s'effectue par des *tendons t*, ou fibres tendineuses, peu élastiques

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et qui viennent se souder aux os par l'intermédiaire de l'enveloppe fibreuse de ces derniers appelée *périoste*.

La résistance à la rupture par extension des muscles doit dépasser 40 g : mm² de section transversale (probablement la plus grande section du muscle non contracté [2]) alors que la même résistance s'élèverait de 5 à 10 kg : mm² pour les tendons.

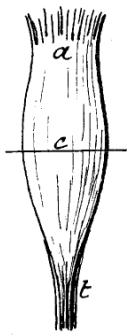


Fig. 4. — Muscle.

En anatomie, on distingue les *muscles extenseurs* et les *muscles fléchisseurs*; ils se contractent alternativement suivant un rythme rigoureux : les uns agissent pendant que les autres se relâchent et se reposent. Les muscles extenseurs ouvrent les angles tandis que les muscles fléchisseurs tendent à fermer les angles que forment deux os entre eux.

Le mouvement entre deux os est réalisé par le raccourcissement d'un muscle sous l'action d'une excitation nerveuse dépendant de la volonté pour les cas qui nous intéressent; en général le muscle se raccourcit du tiers au quart de sa longueur (non compris les tendons) et son gros diamètre semble doubler mais son augmentation de volume n'a pas été démontrée.

La contraction des muscles, étudiée en physiologie, surtout à l'aide des appareils enregistreurs de Marey, n'est pas constante sous la même influence : au début du travail, on aurait par exemple la contraction représentée en *a* (fig. 5) avec une course *h* et une durée *ox*; après la fatigue, la contraction s'effectue plus lentement, avec une durée relative *ox'* plus grande mais avec une moindre course *h'*. La courbe *ox''* avec une contraction *h''* est celle observée dans le tétanos, mais qu'on constate dans ce qu'on appelle le *tétanos physiologique*, quand le muscle est soumis à une contraction violente, exagérée, volontaire, ne pouvant se renouveler qu'après une certaine période de repos.

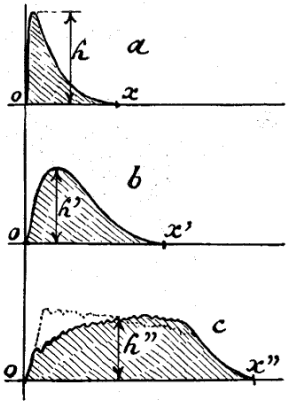


Fig. 5. — Contractions d'un muscle.

Les muscles, quels qu'ils soient, ne peuvent pas agir énergiquement d'une façon continue ou en séparant leurs contractions successives par des intervalles aussi réduits que possible.

Dans mes essais sur les hommes, effectués dans diverses conditions (traction sur une corde horizontale, tenue à pleines mains, ou tirée par une poignée avec une seule ou avec les deux mains; en agissant horizontalement sur la poignée d'un levier oscillant dans le plan vertical comme avec certaines pompes, ou dans le plan horizontal comme dans le cas de la manœuvre d'un pressoir, etc.), on peut, dans chacune de ces diverses applications représenter par 100 le premier effort musculaire développé, et faire le rapport des efforts suivants. La moyenne générale de tous ces essais, pour trois jeunes hommes qui agissaient pour ainsi dire sans interruption dix fois de suite, est donnée par le tableau suivant en laissant de côté les décimales résultant des opéra-

(2) D'après divers auteurs, certains muscles travaillent jusqu'à 75 et 100 g : mm² de section.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions arithmétiques. (Beaucoup de mes moteurs d'expériences, qui étaient de mes élèves, n'arrivaient pas à donner rapidement sans interruption, les dix efforts maxima demandés; après cinq, six, sept... fortes contractions musculaires, ils avaient dépensé toute leur énergie, et s'arrêtaient ou se ralentissaient trop pour laisser reposer les musles en action).

| Numéro des efforts consécutifs. | Efforts (chiffres relatifs). | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 91,5 | 97,0 | 95,2 |
| 3 | 90,2 | 96,0 | 94,5 |
| 4 | 89,3 | 92,8 | 92,9 |
| 5 | 88,4 | 91,0 | 92,9 |
| 6 | 87,2 | 90,0 | 89,6 |
| 7 | 85,6 | 88,2 | 89,0 |
| 8 | 85,3 | 87,2 | 87,4 |
| 9 | 84,7 | 84,0 | 87,0 |
| 10 | 86,2 | 83,6 | 85,7 |

Le premier moteur cité a fourni un *coup de collier* au dixième effort après lequel il était *rendu*; le troisième a continué jusqu'à 12 efforts successifs mais avec une forte chute de traction ou de pression.

Dans d'autre essais, à une allure moins vive, correspondant au travail courant, les efforts se maintiennent longtemps puis brusquement diminuent; c'est au moment de cette chute que correspond une trop grande *fatigue* du moteur l'obligeant à un repos plus ou moins prolongé avant de reprendre le travail (dans ces recherches, dont je parlerai plus tard, j'avais en vue la détermination expérimentale de la *fatigue* de l'homme et des animaux qu'il ne faudrait pas atteindre en pratique avant d'accorder, au moteur, un repos, même de courte durée).

L'âge du moteur, son régime, etc., modifient l'état et le travail des muscles.

Pendant le travail de contraction, la température du muscle augmente de 0,20 à 1,15 degré, et il en est de même de sa consommation en oxygène : selon A. Chauveau et Tissot (1906), avec

| | | | |
|---|---|---|---|
| Des charges de. . . . . | 1,6 kg | 3,3 kg | 5,0 kg |
| Le muscle de l'avant-bras de l'homme consomme, par minute, pendant sa contraction . . . . . | 59,5 cm³ | 102,0 cm³ | 159,5 cm³ d'oxygène. |

avec une production correspondante d'acide carbonique qui doit être éliminé de la circulation par les poumons.

On étudie en physiologie l'action d'un abaissement ou d'une élévation de température sur les amplitudes des contractions musculaires; je ne puis insister sur ces questions qui sortiraient de mon programme; il en est de même de l'étude de l'excitation des centres nerveux (la vitesse d'excitation serait voisine de 30 m : sec).

Les muscles représentent 45 à 46 p. 100 du poids total de l'individu, mais une partie seulement de l'ensemble musculaire intéresse notre étude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Il y aurait encore à étudier, au point de vue des machines motrices, les questions relatives à la *circulation* chargée d'apporter incessamment l'énergie aux muscles ; à la *respiration* devant assurer continuellement la fourniture de l'oxygène indispensable à la production de la chaleur et du travail, et enfin ce qui concerne l'*alimentation* devant donner d'une façon périodique le combustible nécessaire aux moteurs animés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'APPLICATION DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL

## exposés au IV[e] Congrès international tenu à Paris du 19 au 24 juin 1929.

par M. CH. DE FRÉMINVILLE, *secrétaire général de la Société d'Encouragement.*

A propos du congrès de Rome de 1927, nous avons signalé l'évolution qui se produisait alors dans le mouvement en faveur de l'organisation scientifique du travail. Au congrès de Bruxelles, en 1925, on s'était attaché à mettre en évidence la valeur industrielle de l'organisation scientifique, encore l'objet de bien des doutes, en montrant les réductions dans le prix de revient qu'elle permet de réaliser. Deux ans plus tard, à Rome, l'utilité du principe paraissait reconnue, mais les applications étaient encore rares, en Europe du moins. Un effort considérable était fait à ce congrès, pour mettre en évidence l'étendue et la variété des applications possibles, à l'aide de très nombreux exemples pris dans tous les domaines, dans les industries les plus diverses, dans l'agriculture, dans l'économie domestique, dans les administrations privées ou publiques.

Le congrès de Paris de 1929 marque, dans le développement de l'organisation scientifique, une étape très importante caractérisée par la constatation des applications de plus en plus nombreuses et de plus en plus poussées qui en ont été faites, dans tous les domaines, comme aussi par l'intérêt manifesté à l'égard de l'organisation scientifique par les Pouvoirs publics et par les grands groupements industriels et commerciaux.

L'inauguration du Congrès avait lieu le 19 juin dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, en présence du Président de la République, sous la présidence de M. André TARDIEU, qui avait accepté de présider le Congrès, et dont l'intérêt qu'il porte au mouvement ressort clairement des passages suivants de son discours inaugural :

« Il ne s'agit pas seulement de diminuer la fatigue du travailleur, d'augmenter son salaire, d'accroître la production, de réduire les prix de revient, d'assurer l'équilibre des industries, de conjurer le gaspillage, de stabiliser la main-d'œuvre, de régulariser les ventes, de parer aux fabrications saisonnières, de lutter contre l'excès des stocks et le simplicisme cruel du rythme alternant de l'embauche et du renvoi. Le grand nom de Taylor, qui est au seuil de ces progrès récents, s'offenserait de voir votre ambition restreinte et limitée par eux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Plus vaste est votre champ et je ne sais si je m'abuse en pensant qu'on vous ferait tort par une limitation trop étroite de vos activités. Ce que vous avez commencé avec succès pour l'industrie, le commerce et l'agriculture, les gouvernements, s'ils savent prévoir afin de pouvoir, vous demanderont de le continuer pour toutes les branches du travail humain, qu'elles soient administratives ou politiques, éducatives ou philosophiques.

« Le monde est en face de questions qu'on ne résoudra point par des précédents. L'heure est passée, dans tous les domaines, de ce que j'appelais un jour la politique des références. Nous avons à sortir d'une ornière où nous avons pris l'habitude de traîner, l'œil fixé au sol, le lourd charroi de nos traditions.

« Beaucoup, au seul énoncé de vos travaux, se sont cabrés dans le mouvement spontané des routines séculaires. D'autres, que rebute l'acte de réflexion, se sont demandés pourquoi changer l'usage et la coutume? D'autres encore, sans se rendre compte que les pays neufs sont plus aptes que leurs aînés à se passer des règles que vous définissez, vous ont accusé de vouloir américaniser l'ancien monde.

« A tant de doutes et de critiques, vous répondrez, forts des expériences acquises, que toute vérité de principe peut s'harmoniser avec les caractères nationaux. Vous répondrez surtout que les mécontentements dont tressaille l'univers, ne laissent ouvertes que deux issues : la réforme par la raison ou la chute dans l'anarchie ».

La Chambre de Commerce de Paris, dont le président, M. André Baudet, est également président de l'assemblée générale des chambres de commerce de France, avait tenu à accueillir les congressistes dans le palais de l'avenue Friedland et à marquer l'intérêt de sa compagnie pour l'organisation scientifique en signalant les initiatives qui vont être prises prochainement par la Chambre de Commerce.

Un banquet présidé par M. Hennessy, ministre de l'Agriculture, était offert par la Confédération générale de la Production française, dont le président, M. René Duchemin, apporta aux congressistes le témoignage de sa sympathie agissante.

Enfin, le président de la commission de l'organisation de l'Union des Industries métallurgiques et minières, M. Maurice Fould, ayant accepté d'assumer les fonctions de commissaire général du Congrès, avait largement contribué à en assurer le succès.

La séance de clôture, au cours de laquelle la médaille d'or du Comité international de l'Organisation scientifique du Travail fut remise à M. Henry Le Chatelier, était présidée par le ministre du Travail, M. Loucheur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a compté 1700 congressistes, et 35 nations étaient représentées par des personnalités éminentes, dont quelques-unes : MM. Hinnenthal, Hathaway, Georges Charpy et Henry Le Chatelier, ont fait des conférences du plus haut intérêt.

150 rapports ont été envoyés par les comités et correspondants nationaux.

Le travail était réparti entre six sections : Industrie, présidée par M. M. Lacoin; — Agriculture, présidée par M. J. Gautier; — Commerce, présidée par M. D. Serruys; — Administration générale, présidée par M. de Lavergne; — Travail domestique, présidée par Mlle P. Bernège; — Enseignement et questions générales, présidée par M. J. Wilbois.

*Section industrielle.* — Rien ne peut mieux rendre compte de l'esprit qui a régné au Congrès que la note résumant les travaux de la Section industrielle.

« Les communications et les débats de la Section ont mis en évidence une diffusion très rapide de la foi en l'organisation scientifique du travail et une extension très considérable des applications couronnées de succès.

« Ce ne sont pas seulement les industries de la mécanique qui organisent scientifiquement leur travail. Les charbonnages, l'industrie du cuir, les textiles, la papeterie, le forage des puits de pétrole, la miroiterie, la chaussure, le bobinage, l'emballage, le garnissage des fours métallurgiques, la manutention par camions, les sucreries, ont envoyé des rapports à la Section. Les très grandes administrations y sont très largement représentées par les chemins de fer, et nous avons également reçu des exemples d'organisations modernes convenant à de petits ateliers d'artisans.

« La diversité des problèmes traités par les rapports n'est pas moins remarquable.

« Pour le facteur humain, qui a retenu très spécialement notre attention, nous avons pu mettre en évidence l'intérêt considérable que peut présenter l'enregistrement constant, sous les yeux du travailleur, du montant de sa production, et discuter utilement les systèmes employés pour stimuler l'ouvrier dans les débuts de l'application des primes au rendement, alors qu'il n'a pu encore réaliser la production à laquelle il doit arriver pour gagner une prime normale.

« Dans le travail à a chaîne, qui a donné lieu si souvent à des polémiques basées sur des sentiments plutôt que sur des faits, nous avons pu montrer que, si le travail à la chaîne est susceptible de présenter les inconvénients qui peuvent résulter de l'extension du machinisme, et de toute division du travail très poussée, les inconvénients ne lui sont pas spéciaux, et, par contre, il développe l'esprit d'équipe et offre des postes de difficultés diverses



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui sélectionnent les ouvriers suivant leurs aptitudes et donnent aux manœuvres intelligents la possibilité de s'élever, par des emplois de difficultés croissantes, à des situations comportant une habileté et une technique spéciales et des salaires élevés, et les conduisant même à des postes de contremaîtres.

« Nos amis américains nous ont signalé que, pour la formation du personnel ouvrier, on tendait à augmenter le rôle éducatif des contremaîtres en les déchargeant d'occupations administratives ou techniques; le chef des services éducatifs cessant ainsi d'être le chef d'un service d'éducation séparé et devenant le conseiller et le guide des contremaîtres en matière d'éducation du personnel.

« L'étude du contrôle du rendement a montré que, dans les industries les plus diverses, les relevés détaillés des éléments de la production permettent de mettre en évidence les gaspillages et d'établir, sans changement d'outillage, le premier degré d'ordre qui est nécessaire comme point de départ d'une amélioration vraiment scientifique du travail.

« Dans le domaine de la comptabilité industrielle, nous avons constaté qu'une évaluation suffisamment exacte du prix probable de revient, avant d'engager le travail, était généralement beaucoup plus importante que la constatation exacte et *a posteriori* de ce prix, et que certaines industries, très bien organisées pour l'établissement des prévisions de prix de revient, se contentaient de les vérifier globalement par un bilan mensuel de leurs divers ateliers.

« De même, on voit apparaître nettement une tendance à répartir, sur chaque opération concourant à la fabrication, les dépenses indirectes de fabrication, versées jusqu'ici dans un réservoir commun avec les frais généraux proprement dits, dont elles doivent cependant être nettement séparées. On n'hésite pas à aller sur ce point jusqu'à une analyse très poussée que facilite d'ailleurs l'emploi de la comptabilité par fiches perforées. La répartition de ces dépenses se fait d'après les salaires, les heures de machines, les poids, suivant le travail dont il s'agit.

« L'étude de l'amortissement des machines nous a également montré que les amortissements théoriques, correspondant à l'usure des machines, sont tout à fait insuffisants dans les industries, très nombreuses, où les progrès constants de l'outillage et le risque de changement des modèles obligent à comprendre dans le budget de l'entreprise un renouvellement très rapide de l'outillage. La Section a émis le vœu que les dispositions fiscales tiennent compte largement de cette nécessité.

« Certaines questions plus importantes encore, telles que celles qui se rattachent à la rationalisation générale de l'industrie, exigeraient des études

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

approfondies et concertées, ce qui a empêché de les aborder à ce congrès. Des mesures sont prises pour qu'elles occupent une place importante dans le prochain congrès qui doit avoir lieu à Amsterdam en 1932. »

Les travaux de la *Section d'agriculture*, présidée par M. Jules Gauthier, ont été suivis avec assiduité par les représentants de l'Allemagne, de la Belgique, des États-Unis, de la France, de l'Italie, de la Pologne et de la Tchécoslovaquie. Ils ont porté sur l'amélioration de la terre, l'amélioration de tous les autres agents de production biologiques ou mécaniques, l'organisation des comptabilités, toutes questions d'une portée internationale et s'appliquant aussi bien à la petite qu'à la grande exploitation.

Le problème de l'organisation du travail en agriculture a été posé sous la plupart des aspects. Il est apparu aux congressistes que ces aspects fort divers méritent de retenir l'attention des états, des agronomes et des praticiens. Aussi ont-ils été d'accord pour manifester le vif désir que, dans chaque pays, soit réalisé un grand effort d'études et de diffusion pour augmenter la production dans l'intérêt général, mais pour l'augmenter rationnellement, c'est-à-dire en diminuant le prix de revient, afin d'améliorer la situation des employeurs et des employés qui, par leur travail, concourent au ravitaillement de l'humanité en produits indispensables à la vie.

La *Section de commerce*, bien qu'étant la dernière venue dans les congrès internationaux de l'organisation scientifique, a pris immédiatement, sous la présidence de M. Daniel Serruys, la place extrêmement importante qu'elle doit occuper, car depuis l'achat des matières premières jusqu'à la répartition des produits finis, c'est la transaction commerciale qui conditionne et règle l'activité économique. Les quelques passages suivants du rapport de la Section donnent une idée de l'importance des directives qu'elle a formulées.

« A côté des procédés empiriques de prospection commerciale, le monde industriel doit maintenant recourir à l'emploi de plus en plus scientifique des baromètres économiques. A l'Université de Harvard, qui a donné à ces études leur aspect systématique et pratique à la fois; en France, avec Lucien March; en Allemagne, avec Wageman; en Italie, avec Mauro, et d'une manière générale, dans tous les pays suffisammeut outillés pour les entreprendre, des statistiques ont été groupées qui donnent une image exacte du mouvement de la production, du commerce et des prix, du marché des valeurs et de celui de l'argent, des disponibilités en réserves ou du resserrement des capitaux, d'où l'on s'efforce, tant à l'Institut international de Statistique qu'au Bureau international du Travail ou au Comité économique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la Société des Nations, de déduire de sûres méthodes de prévisions économiques. En Suisse, en Suède, ailleurs, les milieux industriels se livrent à des applications de ces baromètres, spécialisées dans le cadre de leurs intérêts. Enfin les méthodes de répartition des marchandises font l'objet de travaux incessants.

« Le Congrès a-t-il traité tous ces problèmes de la rationalisation commerciale ? Non certes, mais pour les parties essentielles de ce programme d'ensemble, telles que la rationalisation des achats, la prospection des marchés et la prévision de la demande, les baromètres économiques, etc., il a tracé des cadres ou formulé des conclusions en vue du développement ultérieur des études.

« Les premiers efforts vers une systématisation ou une synthèse sont encore un peu empiriques. Le travail des savants viendra demain rejoindre celui des praticiens. L'organisation scientifique du commerce est professée à l'Université de Cologne et à Berlin. Un institut spécial est fondé en Autriche par M. Mataja, ancien ministre des Affaires étrangères. La Business School de Harvard et l'École des Sciences politiques de Paris contribuent de même à l'évolution d'une science nouvelle.

« Le Congrès de l'Organisation scientifique du Travail aura apporté des matériaux utiles à l'édification d'une économie assainie dans chaque pays, et à la reconstruction de la paix économique dans le monde.

La *Section d'administration générale*, présidée par M. de Lavergne, délégué général de la Confédération générale de la Production française, a étudié, en premier lieu, les problèmes d'administration comprenant les méthodes de direction des entreprises et la définition des fonctions du chef.

Les principes généraux d'organisation et de haute administration ont été exposés par M. Lamouche en prenant pour exemple l'application au Ministère de la Marine française.

Une méthode d'organisation des entreprises a été exposée par M. Urwick, directeur de l'Institut international d'Organisation scientifique de Genève; et la direction à distance par M. Landauer, secrétaire général du Comité international de l'Organisation scientifique du Travail ; les fonctions du chef dans une entreprise de moyenne importance, par M. Batt; la prévoyance et le contrôle suivant la doctrine administrative de Henri Fayol, par M. Musil et M. Renold.

En ce qui concerne le travail de bureau : un rapport de M. Cosalin sur la méthode de sélection par fiches ; rapports de M. Hirn et de M. Ludwig, sur l'utilisation de la mécanisation dans le travail de bureau; rapport sur l'ensemble de la question de Miss Marion Bills visant l'introduction des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

méthodes modernes de mesure de temps, de tâches allouées et de salaires aux primes pour le travail de bureau; compte rendu du Ministère des Communications d'Italie sur la mécanisation de ces différents services statistiques et de comptabilité.

La normalisation dans le travail de bureau a donné lieu au rapport de M. Lugrin sur la normalisation des formats de papiers; M. Schosnwandt et M. Malinverni ont traité dans leurs rapports de la normalisation dans le domaine administratif.

Enfin, la Section s'est occupée des travaux de comptabilité et de l'organisation des services publics, questions sur lesquelles ont été produits des rapports importants.

La *Section d'économie domestique*, présidée par Mlle Bernège, a été très suivie, par 80 personnes en moyenne, appartenant à 15 nationalités.

Les rapports examinés ont été fort nombreux.

Les rapports américains ont fourni une documentation statistique remarquable, d'où se dégage, d'une part, le développement de plus en plus considérable du confort à la maison, de l'outillage ménager, de l'éducation domestique des femmes, et, d'autre part, le développement de plus en plus considérable des solutions industrielles aux difficultés domestiques.

Autre remarque d'un caractère général : l'enseignement ménager fait usage des méthodes de chronométrage employées dans l'industrie — et aussi dans les sports — en insistant sur l'importance de l'esprit sportif et cherchant à développer, pour les travaux de l'intérieur, le goût de l'entraînement et du record.

L'étude des poussières; l'outillage ménager; le travail de buanderie; l'examen des prix de revient dans les travaux ménagers; la fatigue dans les travaux ménagers; enfin, le ménage et la cité ont donné lieux aux rapports les plus importants et les plus documentés.

Le rapport de la Section conclut en constatant que l'organisation de la maison et du travail domestique contribue, par sa sagesse, contrairement à ce que les esprits superficiels et non avertis prétendent, au maintien des plus grandes valeurs humaines : la santé de tous, la beauté de la femme et l'harmonie de la famille.

La *Section de l'enseignement et des questions générales*, présidée par M. Willbois, après avoir insisté sur la nécessité absolue de faire connaître les principes et les procédés de l'organisation scientifique du travail à tous les degrés de l'enseignement de la famille et de l'école primaire, se continuant, pour les ouvriers et les contremaîtres, dans les écoles professionnelles de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'État ou des usines pour se parfaire pour les ingénieurs et directeurs dans les hautes écoles techniques de l'industrie et du commerce, insiste sur ce que ces principes devraient même être répandus dans le public, par exemple par le cinématographe et la radiodiffusion. Mais on est obligé de constater que ce vœu est loin d'être rempli et qu'il est nécessaire d'attirer l'attention de tous ceux qui sont en mesure de diriger des écoles, c'est-à-dire les états et les grands groupements patronaux. Une décision est urgente surtout en Europe.

La plus importante des questions générales est celle du facteur humain. De ce point de vue, il est apparu que certaines sciences de l'organisation, comme l'orientation professionnelle ou les finances de l'entreprise, ne seraient des sciences véritables qu'à la condition de renoncer à des méthodes servilement empruntées à la physique ou tout au moins, de les revivifier par une psychologie originale. Il en résultera parfois un changement complet des procédés classiques. On n'y aboutira que par un grand effort créateur, d'ailleurs indispensable.

Enfin, M. William Green, président de l'American Federation of Labor, adressa, aux délégués américains au Comité international de l'Organisation scientifique, une lettre dont lecture a été donnée par M. Cooke, ancien président de la Taylor Society, à la séance de clôture du Congrès.

*A MM. les Délégués du IVe Congrès d'Organisation scientifique du Travail.*

Au nom des syndicats ouvriers de l'Amérique du Nord, je vous envoie nos vœux les plus sincères et vous exprime l'espoir que vos délibérations prendront en considération les intérêts de tous les groupements touchés d'une manière ou d'une autre par les méthodes d'organisation.

Étant donné que ces méthodes d'organisation affectent très vivement les travailleurs, nous estimons que le monde du travail doit être à même de faire connaître, avant qu'elles soient adoptées, les suggestions dictées par notre expérience en ce qui concerne la possibilité de les mettre en application et leurs effets sur la production.

Le travail a intérêt à augmenter sa production, parce qu'une élévation définitive du niveau de la vie, du « standard of living », ne peut provenir que d'une augmentation du rendement.

Les syndicats ouvriers sont prêts à collaborer à la réalisation d'économies dans la production, tant que ces économies seront obtenues par des moyens qui respecteront la justice et l'équité.

L'American Federation of Labor reconnaît que les intérêts des salariés ne peuvent être séparés des intérêts de tous les autres groupes qui collaborent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les entreprises et que les progrès qui intéressent le monde du travail sont étroitement liés au progrès de la communauté et de la nation.

Si la production industrielle doit se maintenir, si la prospérité doit se continuer, aussi bien en faveur de la communauté que de la nation, les salariés et les autres groupes économiques doivent jouir d'une puissance d'achat qui se maintienne à un niveau élevé.

Tant que la production en masse mettra sur le marché des quantités énormes d'objets de première nécessité et de luxe, il se constituera des stocks qui seront la cause de dépressions si la masse de la population n'a pas l'argent nécessaire pour acheter ces objets et le temps indispensable pour les utiliser.

Avec le progrès industriel et l'évolution technique, les responsabilités qui s'accumulent sur la direction sont de plus en plus lourdes? C'est à la direction que revient en effet la plus grande part de la responsabilité de l'élimination du gaspillage dans la production, de la stabilité du travail, d'une augmentation continue des salaires à mesure que la production augmente, des programmes de remploi pour les travailleurs remplacés par des machines ou déplacés par suite d'améliorations techniques, etc. Les travailleurs doivent aussi prendre leurs responsabilités vis-à-vis de ces problèmes. Ils peuvent en faire entreprendre l'étude par leurs syndicats, après avoir créé les organisations nécessaires pour réaliser une véritable coopération industrielle.

Le monde du travail se rend compte que sa puissauce de production se développe quand la force motrice et les engins mécaniques lui donnent des outils d'une plus grande puissance et lui permettent de faire usage d'une nouvelle adresse, demandant plus de jugement et d'instruction.

Tous ceux qui donnent leur collaboration à l'industrie doivent se tenir à la hauteur du progrès, sous peine d'en arrêter la marche. Les travailleurs doivent être invités à faire bénéficier la direction de leur jugement, de leurs avis, et de leur expérience des problèmes industriels qui affectent leurs intérêts mutuels. Non seulement on doit leur donner toute facilité de rendre des services collectifs, mais, de plus, on doit leur permettre de présenter des suggestions collectives. La direction doit y veiller.

La force principale du progrès réside dans la puissance de la pensée. L'industrie réalisera les plus grands progrès lorsque la puissance de création de chacun trouvera la meilleure utilisation pour la tâche qui lui incombe.

C'est bien respectueusement que je vous soumets ceci.

WILLIAM GREEN, *président de l'American Federation of Labor.*

Cette lettre de M. William Green montre déjà que le mouvement en faveur de l'organisation scientifique a pris aux États-Unis un caractère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nettement économique. On en trouve la preuve dans la publication qui vient d'être faite, sous l'inspiration de M. Herbert Hoover, d'un document d'une importance exceptionnelle intitulé : *Changements récents dans le domaine économique aux États-Unis* (Recent economic changes in the United States) dont voici l'histoire :

La conférence du Président sur le chômage, de 1921, a donné naissance à trois enquêtes nationales instituées pour élargir le champ de compréhension du système économique des États-Unis et stimuler la continuation des efforts pour la diminution du chômage. La première de ces enquêtes a été relative à l'étude des « cycles dans l'activité des affaires et le chômage ». Cette enquête a été conduite en 1922-23 par une autre commission de la Conférence.

L'enquête sur « les changements récents dans le domaine économique aux États-Unis », commencée en janvier 1928 et achevée en février 1929, a consisté dans une analyse des développements d'après guerre de la vie économique américaine, particulièrement ceux qui se sont produits depuis le relèvement de la dépression de 1920-21. La Commission se composait de : Herbert Hoover, *président*; Walter F. Brown; Renick W. Dunlap; William Green; Julius Klein; John S. Lawrence; Max Mason; George Mac Fadden; Adolph C. Miller; Lewis E. Pierson; John J. Raskob; Arch. W. Shaw; Louis J. Taber; Daniel Willard; Clarence W. Woodley; Owen D. Young; et de M. Edward Eyre Hunt, *secrétaire*.

La Commission a reçu pour instruction de faire une appréciation critique des facteurs de stabilité et d'instabilité; en d'autres termes, d'observer et de décrire l'économie américaine dans son ensemble, en suggérant les recommandations plutôt qu'en les formulant.

Les recherches nécessitées par le rassemblement de la documentation qui devait servir de base aux travaux de la commission « on recent economic changes », comme ceux relatifs à la commission sur les cycles dans l'activité des affaires et le chômage, ont été faites sous les auspices du National Bureau of Economic Research avec le concours d'un nombre sans précédent d'agences privées et gouvernementales.

D'une part, le Bureau national a été seul responsable de l'enquête de base, et la Commission a eu toute la responsabilité de l'interprétation des faits mis en évidence dans le rapport succinct qu'elle a établi.

Le rapport de la Commission et la documentation rassemblée au cours de l'enquête ont été réunis en deux forts volumes.

Le rapport de la Commission est assez court pour que nous ayons pu en donner, en annexe, la traduction *in extenso*.

Les documents réunis au cours de l'enquête, précédés d'une introduction par Edwin F. Gay, sont divisés de la façon suivante :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tome I. — Chap. I. — Consommation et niveau du mode d'existence (Standard of living) : LEO WOLMAN, National Bureau of Economic Research.

Chap. II. — Industrie : 1re partie, Changements dans les industries nouvelles et anciennes : DEXTER S. KIMBALL, American Engineering Council ; — 2e partie, Changements dans les industries de fabrication : L. P. ALFORD, American Engineering Council; — 3e partie, La structure changeante de l'industrie : WILLARD L. THORN, National Bureau of Economic Research.

Chap. III. — Construction : JOHN M. GRIES, U. S. Department of Commerce.

Chap. IV. — Transports : 1re partie, Chemins de Fer : WILLIAM J. CUMINGHAM, Harvard University ; — 2e partie, Navigation : E. S. GREGG U. S. Department of Commerce.

Chap. V. — Le Marché (Marketing) : MELVIN T. COPELAND, Harvard University.

Tome II. — Chap. VI. — Le Travail (Labor) : LEO WOLMAN, National Bureau of Economic Research.

Chap. VII. — La Direction (Management) : HENRY S. DENNISON, industriel.

Chap. VIII. — Agriculture : EDWIN NOURSE, Institute of Economics.

Chap. IX. — Mouvements des prix et changements industriels s'y rattachant. FREDERICK C. MILLS N. B. E. R.

Chap. X. — La monnaie et le crédit, leur effet sur les affaires : O. M. W. SPRAGUE, Harvard University.

Chap. XI. — Marchés étrangers et crédits étrangers; HARVEY ROGERS, University of Missouri.

Chap. XII. — Le revenu du pays et sa distribution : MORRIS A. COPELAND Cornell University.

Exposé général par WESLEY C. MITCHELL, N. B. E. R.

La façon dont l'enquête a été conduite est extrêmement remarquable à plusieurs égards, mais surtout par sa rapidité.

Il est bien évident que, portant sur les conditions économiques d'un pays dont le développement se poursuit avec une vitesse dont on ne connaît pas d'exemple, l'enquête ne pouvait avoir de valeur que si elle parvenait à une conclusion dans un temps très court. Or quand on considère que, bien qu'embrassant tous les aspects de la question plus qu'aucune autre enquête ne l'avait jamais fait, elle a été commencée en janvier 1928 pour se terminer en février 1929, on est émerveillé du résultat.

Pour mener à bien le programme qui lui était donné, la Commission a reçu une généreuse collaboration et des avis des milieux gouvernementaux, d'agences, organisations et groupements privés, ainsi que de particuliers.

La Carnegie Corporation de New York et la Fondation Laura Spelman

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rockefeller ont donné des fonds qui ont rendu possibles les recherches nécessitées par l'enquête.

La division du travail entre la Commission et le National Bureau of Economical Research est à retenir par ceux qui voudraient se lancer dans une enquête de ce genre. Le concours du National Bureau of Economical Research ne tire pas seulement son importance du nombre d'hommes compétents qui y ont participé, mais aussi de la façon dont les documents ont été recueillis et présentés, sans arrière-pensée, sans donner l'impression que les matériaux aient été rassemblés à l'appui d'une thèse, bien qu'on sente à chaque instant qu'il a été tenu compte des différents facteurs : techniques, financiers, humains, moraux, sociaux, économiques dont l'importance doit être mise en évidence.

Le rapport de la Commision, établi par son secrétaire Edward Eyre Hunt, que nous donnons *in extenso*, fait ressortir d'une façon lumineuse la place qu'il faut donner aux différents éléments du problème économique que l'enquête expose avec tant de précision; il comporte trois divisions : I. — Caractéristiques des années 1922 à 1929; — II. — Relations entre les prix, les salaires et le coût de la vie; — III. — L'équilibre économique, avec les subdivisions suivantes pour les deux premières divisions :

I. — Accélération et non changement constitutif; — La rapidité de production due à de la force motrice; — Le développement du crédit dans sa source et son usage.

II. — Stabilité relative des prix; — L'augmentation de la production et le développement des besoins de l'homme; — Consommation facultative; — La consommation et les loisirs; — Les services pour la masse; — Nos avantages naturels; — Éloignement des points de saturation.

Mais M. Edward Eyre Hunt a établi un autre rapport publié récemment par la Taylor Society, dont nous donnons ci-dessous la traduction, dans lequel il met tout particulièrement en lumière l'influence de l'organisation scientifique telle qu'elle se dégage de la documentation rassemblée au cours de l'enquête.

Ce rapport forme le chapitre III de l'introduction de *Scientific management in American Industry* (Harpers and Brothers N. Y.), ouvrage de la plus grande importance, que la Taylor Society vient de faire paraître sous la direction de M. Harlow S. Person, managing director de la Taylor Society, avec la collaboration des personnes qui font le plus autorité dans la matière aux États-Unis.

Cet ouvrage nous est présenté par M. Henry P. Kendal, président de la Taylor Society, comme le résumé du travail d'une décade, une analyse et une exposition des principes et des procédés de l'organisation scientifique; un tableau de sa situation et de son influence à ce jour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Taylor Society a voulu, nous dit M. Morris L. Cooke, répondre aux demandes de plus en plus nombreuses relatives à un traité complet de l'organisation scientifique qui lui étaient adressées. Un pareil traité n'existe pas. Les classiques de Taylor, Gantt, Gilbreth, ou s'adressaient à des auditoires spéciaux, ou traitaient des points spéciaux. On doit convenir que tous les livres sur ce sujet écrits avant la grande guerre s'adressaient à ceux qui avaient besoin d'être convaincus de la justesse d'une certaine philosophie et non à ceux qui, ayant accepté la philosophie, désireraient en savoir plus long sur la technique et sur le champ d'application.

Notre but, dit encore M. Cooke, a été de donner une perspective, une peinture panoramique de l'organisation scientifique, ayant un caractère d'après guerre, faisant ressortir les adaptations suggérées par cette école de pensée industrielle et d'action pour faire face aux situations difficiles avec lesquelles l'industrie américaine s'est trouvée aux prises depuis l'armistice. L'organisation scientifique du travail embrasse un champ trop étendu pour qu'on puisse la renfermer dans un seul volume; mais nous avons voulu que ce livre soit édifié sur une base assez solide pour qu'il puisse servir de jalon aux livres qui s'attacheront dans la suite à traiter les différents aspects de détail.

L'ouvrage est divisé en six parties :

I. — *Introduction.* — 1° Origine et valeur de l'organisation scientifique; 2° La nouvelle place occupée par la direction; 3° L'influence de la direction scientifique.

II. — *La recherche.* — 4° Recherche concernant l'administration générale; 5° Recherche dans la prospection des marchés et la vente; 6° Recherche dans le travail de bureau; 7° Recherche concernant la production; 8° La recherche et le personnel.

III. — *Les standards de l'organisation.* — 9° Classification et symboles; 10° Organisation fonctionnelle; 11° Standards d'administration générale; 12° Standards commerciaux; 13° Standards des opérations de vente; 14° Standards du travail de bureau; 15° Standards de l'exploitation de l'usine; 16° Standards du travail; 17° Aspect, au point de vue pratique, du développement des standards et de l'usage qu'on en a fait.

IV. — *Contrôle I* : *Le contrôle de l'exploitation.* — 18° Le contrôle d'une exploitation continue, intermittente et variable; 19° Contrôle administratif général; 20° Contrôle des opérations de vente; 21° Contrôle du travail de bureau; 22° Contrôle du travail de l'atelier.

V. — *Contrôle II* : *La conservation des standards.* — 23° Examen des standards physiques; 24° Examen des résultats obtenus; 25° La conservation des standards du travail; 26° Examen des résultats au point de vue du prix de revient.

VI. — *Le côté humain.* — 27° La fonction du chef dans l'organisation scientifique; 28° L'attitude des ouvriers envers l'organisation scientifique : 1, Exemple d'une usine non syndiquée; 2, Exemple d'une usine syndiquée; 29° Les relations industrielles.

Comme nous l'avons dit, chacun des 29 chapitres est traité par un auteur faisant autorité en la matière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ANNEXE I

## L'INFLUENCE DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE

par EDWARD EYRE HUNT.

La Commission des changements récents dans le domaine économique, commission du président Herbert Hoover, a publié son rapport, après avoir étudié pendant plus d'un an le cours des développements d'après guerre de la vie économique américaine (1).

La Commission avait reçu de la Conférence du Président sur le Chômage, dont elle fait partie, la mission de faire un examen critique des nouveaux facteurs de notre économie et des changements de quelque importance qui se seraient produits dans les anciens facteurs.

La Commission estime que « accélération plutôt que changement constitutif » est la clé qui permet de comprendre les développements récents. Très peu de facteurs réellement nouveaux ont fait leur apparition dans la période d'après guerre. D'autre part, on constate des différences dans le degré d'importance confinant à des différences dans la nature même, et l'avance acquise par l'organisation scientifique est l'une d'elles.

La technique de l'équilibre économique (economic balance), à laquelle le Rapport attache la plus grande importance, ne peut être perfectionnée que par une observation et des réajustements continuels. La Commission suggère que « la recherche et l'étude, la classification ordonnée des connaissances, jointes à une habileté croissante, peuvent très bien permettre de se rendre complètement maître du système économique. Les problèmes sont nombreux et difficiles, mais les progrès accomplis dans ces dernières années sont assez importants pour nous donner les plus grands espoirs. » C'est là qu'est, pour moi, le cœur même du Rapport. Cette considération attire nos regards sur la position centrale qu'occupe l'organisation scientifique dans l'économie nationale et fait penser que les progrès qu'on réalisera dans l'avenir seront dans une plus grande mesure voulus et conscients.

Le rapport est basé sur les résultats donnés par une « reconnaissance » nationale de grande portée, faite par un corps d'experts sous la direction du National Bureau of Economic Research, Inc., avec l'aide d'agences gouvernementales et privées.

Dans un chapitre où il passe en revue la série des rapports documentaires, mis à la disposition de la Commission Hoover, le Dr Wesley G. Mitchell condense toutes ces recherches dont les rapports rendent compte en une seule phrase : « Depuis 1921, les Américains ont appliqué l'intelligence au travail journalier d'une façon plus efficace qu'ils ne l'avaient jamais fait auparavant.

Il est utile de nous voir par les yeux des étrangers. Le diagnostic des observateurs étrangers qui ont en foule visité les États-Unis dans les années récentes confirme et renforce l'impression des experts américains. Le Dr Edwin F. Gay, de Harvard, qui résume les impressions de nos visiteurs, après avoir noté la grande importance que ces observateurs étrangers attachent à nos ressources naturelles,

(1) *Recent economic change in the United States*, 2 vol., Mc Graw Hill Book Co Inc., 1929.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux salaires élevés, aux machines économisant la main-d'œuvre, aux sources de force motrice et à notre grand marché national, ajoute : « L'organisation scientifique dans l'industrie et le commerce, résultant en apparence de pressions qui se manifestent spontanément, est considérée par beaucoup des auteurs étrangers qui ont écrit sur les changements récents dans le domaine économique aux États-Unis, comme le plus grand atout de ce pays pour la prospérité économique et comme la clé du succès... Cette direction à longues vues devient une véritable spécialité; c'est une nouvelle profession qui entre dans la structure de l'industrie américaine et vient créer une séparation entre la propriété et la direction. »

Les observateurs étrangers remarquent aussi que « la direction américaine a commencé à améliorer plus systématiquement les relations industrielles »; que la nouvelle politique des syndicats ouvriers reconnaît non pas l'identité des intérêts mais la mutualité d'intérêts des deux parties dans le contrat du travail » et finalement comme un facteur se rattachant à l'efficience économique américaine « la largeur de vues de la direction américaine. »

Les experts du National Bureau, qui ont étudié la fabrication, les transports, l'introduction sur les marchés (marketing), le travail, l'agriculture et la banque arrivent à la même conclusion générale dans leur effort pour expliquer les développements récents : savoir, que la direction a fait des progrès notables pendant la période soumise à l'enquête.

Dexter S. Kimball, doyen pour la science de l'ingénieur à Cornell University, dit même que « le problème de la production industrielle a été résolu et qu'en conséquence nous avons passé du marché des « vendeurs » au marché des « acheteurs ». Il montre que la guerre mondiale, contrairement à ce qui s'est produit pour la guerre civile, n'a pas donné naissance à de nouveaux procédés fondamentaux pour la production. Les progrès d'après guerre ont concerné principalement l'art de la direction.

L. P. Alford, vice-président de l'American Engineering Council et membre de la Commission Hoover du Gaspillage dans l'Industrie en 1920-1921, chargé du rapport sur les changements d'ordre technique dans les industries de fabrication, trouve caractéristique de la période étudiée, l'accroissement dans le volume physique du produit, l'accroissement de la production de l'ouvrier, l'accroissement de la force motrice primaire utilisée, la diminution du nombre des ouvriers employés, l'accroissement des capitaux investis (fixed capital assets), la diminution du prix de revient unitaire, l'accroissement de la recherche industrielle, l'accroissement dans la production de nouveaux matériaux de fabrication, l'accroissement dans le rendement des machines produisant la force motrice, l'accroissement dans l'emploi de nouveaux procédés de fabrication, l'accroissement dans l'utilisation des appareils de manutention, la réduction du gaspillage, l'accroissement de la prévention des accidents, l'accroissement en étendue, degré et qualité de la lumière artificielle, l'amélioration dans les environnements de l'ouvrier et dans ces conditions physiques qui peuvent être modifiées par des moyens technologiques.

En discutant l'évolution de la direction en ce qui concerne la fabrication et l'introduction sur le marché, Henry S. Dennison, ancien président de la Taylor Society, présente les résultats d'une analyse de cent bons exemples d'affaires assises et réussissant normalement, choisies de manière à montrer les pratiques les plus ordinaires de l'industrie. Et il conclut que « la situation de l'industrie, telle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle est à ce jour, contient toutes les chances de réussite qu'on puisse désirer pour que la spécialité de la direction des affaires se développe sainement et devienne une grande profession. »

On ne peut faire mieux que citer à ce sujet le sommaire du rapport de M. Dennison :

« L'art de la direction, sous presque tous ses aspects et ses activités, a passé par un tournant en 1921. Pendant le mouvement ascendant avec lequel le siècle débutait, la simple possession du pouvoir et la volonté de s'imposer brutalement pouvaient presque toujours avoir l'avantage sur la finesse. Au renversement de la marée, au milieu de la confusion des courants contraires, bien des choses se sont trouvées dépendre d'un clair entendement de la situation dans son ensemble et d'un bon ajustement des moyens dont on disposait à l'environnement immédiat. L'art de la direction, aujourd'hui, est dans une grande mesure l'ajustement, dans un esprit de progrès, et l'intégration de besoins qui se font opposition, d'influences en opposition et de buts en opposition.

« Tous les directeurs, du reste, ne prirent pas le tournant en 1921. Il fallut commencer par une réorganisation de la pensée. Conformément à la nouvelle charte, la fonction de direction ne résulte pas de l'investissement d'un droit, c'est l'exercice d'une habileté spéciale que, par tempérament ou par éducation, certains ont, et d'autres n'ont pas. Un article anglais exprime cela avec force : « Rien n'est plus caractéristique des affaires modernes que la manière dont le contrôle basé sur le pouvoir et la propriété cède la place à l'autorité assise sur les connaissances, la qualification et l'habileté. La direction n'est plus un privilège des possesseurs du capital, pas plus que ce n'est un droit héréditaire. Les hommes habiles, sans capital ni lien de famille qui puisse les aider, font irruption dans les rangs des héréditaires. Les conditions de l'industrie les favorisent...

« Les forces nivelantes de la nature ont produit une moyenne, excepté dans les cas où il a été procédé à une sélection systématique. Mais l'homme moyen n'est pas capable de porter le poids de la journée résultant des conditions incertaines, des affaires de plus en plus compliquées, et cela dans un temps où rien, sinon une administration compétente, peut seule permettre à une entreprise de survivre ».

« Pour surmonter les complexités qui se multiplient, le directeur-type, grâce à un lent processus qui ressemble à la sélection naturelle, est en train de changer. Un plus grand nombre d'hommes sont appelés à assumer des fonctions de direction et le groupe bien coordonné, dont chaque membre prend sa part de la responsabilité totale, remplace le « grand patron absolu ». Libérer et utiliser toutes les habiletés créatrices et capables de diriger, que chacun des membres peut posséder, est le but bien défini de l'organisation. Aujourd'hui il n'y a pas seulement plus de production par homme, plus de salaires par homme, mais il y a aussi plus de direction par homme. »

Le professeur William J. Cunningham, de Harvard, écrivant sur les transports, cite cette déclaration du président Hoover, alors qu'il était ministre du Commerce, disant que la réorganisation des chemins de fer américains et l'amélioration du service des transports par rail constituent probablement le résultat industriel le plus important, et de beaucoup, réalisé depuis la guerre.

Les personnes qui étudient l'organisation scientifique et qui se souviennent de l'enquête sur les tarifs de la région de l'Est en 1911 et les dépositions sensation-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nelles qui furent faites alors, seront impressionnées par les grands changements qui se sont produits depuis. Dans presque tous les postes de l'utilisation du matériel, dans l'exploitation des trains et des gares terminales, et dans le rendement par homme-heure, des améliorations notables ont été obtenues. Celles-ci sont attribuables en partie aux grandes dépenses faites en additions et améliorations, en partie aux changements apportés aux méthodes d'exploitation et au meilleur contrôle de la direction, en partie au meilleur esprit des employés et en partie à une meilleure entente avec le public expéditeur et une collaboration plus cordiale de celui-ci. M. Hoover est encore cité disant que les chemins de fer : « non seulement ont réalisé un service convenable..., mais qu'ils ont, grâce à la grande habileté de leurs directeurs, réduit dans une grande mesure les dépenses relatives aux transports et par cela même rendu possibles des réductions de tarifs qui, sans cela, ne l'eussent pas été. Le résultat de cette grande réorganisation se faisant sentir sur toute la texture économique du pays a été de la plus grande importance ».

Le Dr E. G. Nourse, écrivant sur l'agriculture, montre les énormes progrès de l'organisation scientifique dans les fermes pendant ces dernières années. Il croit que les meilleurs cultivateurs ne quittent pas l'agriculture, et il montre que ce qui se produit actuellement est « un lent réajustement de notre exploitation agricole à des conditions absolument changées, opération dans laquelle l'efficacité de l'agriculture s'annonce comme devant être rapidement augmentée et dans laquelle la prospérité de ceux qui ne peuvent se mettre à la hauteur des exigences plus grandes de cette nouvelle technique se trouvera accrue en proportion. Les meilleurs agriculteurs, qui ont adopté les méthodes modernes, dans un grand nombre de cas, jouissent déjà de cette prospérité ».

Les témoignages des experts et le jugement de la Commission au sujet des salaires élevés méritent particulièrement de retenir l'attention. Il y a vingt-six ans, Frederick W. Taylor écrivait dans l'introduction de *Shop Management* (La direction des ateliers) : « Ce livre est écrit surtout pour recommander les salaires élevés et l'abaissement du chiffre de main-d'œuvre dans le prix de revient comme la base essentielle d'une bonne organisation. » Ce n'est qu'en 1922 qu'on a vu les débuts d'une acceptation générale de ce principe, considérée comme en partie accidentelle et en partie la conséquence d'un point de vue économique plus élevé.

La Commission Hoover est vivement impressionnée par ce fait économique et social. Dans le champ des relations entre les prix des hauts salaires et de la fixité du prix de la vie, il croit voir l'un des développements les plus frappants et significatifs révélés par l'enquête, l'un de ceux qui dominent plus qu'aucun autre, donne aux années écoulées entre 1922 et 1929 leur caractère distinctif. La Commission signale à juste titre que le principe des hauts salaires et des bas prix de revient est une politique de pratique industrielle éclairée qui n'est nouvelle en aucun sens, mais que son application sur une grande échelle est assez nouvelle pour lui donner l'aspect d'un développement fondamental.

Le Dr Person, au chapitre I du présent ouvrage, voit dans les recherches relatives aux opérations de la direction, dans les standards de direction, dans le contrôle de la direction et dans la coopération les quatre principes de l'organisation scientifique d'aujourd'hui. Chacun d'eux doit contribuer à l'établissement de cet équilibre économique que la Commission « on recent economic changes » nous présente comme le but qui doit être poursuivi par la politique publique ou privée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ANNEXE II

## RAPPORT DE LA COMMISSION DES CHANGEMENTS RÉCENTS DANS LE DOMAINE ÉCONOMIQUE (COMMISSION DE LA CONFÉRENCE DU PRÉSIDENT SUR LE CHOMAGE)

### CHAPITRE I. — CARACTÉRISTIQUES DES ANNÉES 1922-1929.

*Accélération plutôt que changement constitutif*, telle est la formule qui doit servir de clé pour la compréhension de nos développements économiques récents. Le fait qui s'est dégagé graduellement au cours de cette enquête est que le caractère distinctif des années 1922-1929 participe moins de changements fondamentaux que d'une intensification de l'activité.

Il y a quarante ans, David A. Wells, écrivant son *Recent Economic Changes*, montrait que le quart de siècle finissant en 1889 était une période de « changements économiques profonds », « sans contredit plus importants et plus variés que ceux qui s'étaient produits pendant aucune période correspondante antérieure de l'histoire du monde ».

Chaque génération croit qu'elle est au début d'une nouvelle ère économique, une ère de changements fondamentaux, mais, plus la Commission a poursuivi ses travaux, plus il lui a paru évident que le caractère de nouveauté de la période donnant lieu à cette enquête résidait principalement dans le fait que les développements qui avaient autrefois affecté nos vieilles industries s'étaient étendus à nos nouvelles industries. Les changements n'ont pas porté sur l'essence même du développement industriel mais sur la rapidité et l'étendue de ce développement.

L'invention n'est pas un art nouveau. Les transports et les communications ne sont pas des services nouveaux. Les facilités données par la finance sont plus anciennes que les monnaies d'échange. L'agriculture est aussi vieille que l'histoire. La concurrence n'est pas un phénomène nouveau. Aucun des changements qui se sont produits dans la « distribution », auxquels on a donné une si grande importance pendant ces dernières années, n'est fondamentalement nouveau. L'achat au jour le jour (hand to mouth buying) est vieux; les changements brusques dans la mode ou dans la demande du marché sont choses communes; il n'y a pas de principe nouveau dans la vente à crédit avec paiements échelonnés; les opérations commerciales coopératives ne sont pas une découverte moderne; l'organisation des filiales (chain store) est un mouvement qui date d'au moins vingt-cinq ans. Mais l'étendue, l'échelle et le mouvement accéléré des dernières applications leur donnent une nouvelle importance.

Le développement de la distribution de la force motrice et la généralisation de son usage; la multiplication que l'homme a faite de sa force et de son habileté au moyen de la machine; le rôle de l'expert dans la division et l'arrangement du travail, dans les mines et les usines, dans les fermes et dans l'industrie, de telle façon que la production par homme-heure s'est élevée à de nouvelles hauteurs; le développement de la rapidité d'action de ces facteurs grâce au capital provenant du surplus du revenu d'un nombre de plus en plus grand des hommes composant notre popu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lation, tout cela représente une accumulation de forces qui ont exercé leur action depuis longtemps.

La Commission, comme les autres observateurs, a été frappée, dès le début, de l'importance acquise par l'activité économique dans ces sept années. Elle a été frappée par le débordement d'énergie qui a entassé les sky-scrapers dans des vingtaines de villes; qui a relié les 48 états au moyen de 20.000 milles de voies aériennes; qui a transporté chaque année, sur les chemins de fer ou les voies navigables, plus d'un milliard et demi de tonnes de marchandises; qui a jeté sur les grandes routes 25.000.000 automobiles, qui a fait pénétrer l'électricité dans 17.000.000 maisons; envoyé chaque année 3.750.000 enfants à l'école supérieure, et plus de 1.000.000 jeunes gens des deux sexes dans les universités; qui a nourri, habillé, logé et amusé les 120.000.000 personnes qui occupent le vingtième de la surface habitable de notre terre.

Mais, tandis que la période de 1922 à 1929 a été une période d'activité intense, la Commission a noté que cette activité s'est manifestée par places. Certains groupes ont été plus actifs que d'autres, certaines industries ont été plus actives que les industries voisines, et certaines régions géographiques plus prospères que d'autres.

Tandis que les fabricants de soie artificielle ont travaillé à leur plus grande vitesse, les filatures de coton n'ont travaillé qu'à un nombre d'heures réduit; tandis que l'industrie de la bonneterie de soie, l'industrie des souliers de femmes, et les affaires de fourrures ont été très actives, il y a eu dépression dans l'industrie de la laine et de laine et coton; tandis que la laiterie a été prospère, les producteurs de grains ont éprouvé une dépression. L'extraction du charbon a connu des difficultés, et les commerçants en gros aussi bien que les vendeurs au détail ont éprouvé de graves ennuis économiques. Des progrès ont été réalisés en ce qui concerne la stabilité du travail dans les industries saisonnières; cependant, le chômage « technologique », résultant du déplacement de la main-d'œuvre par suite de l'emploi de machines ou de méthodes plus perfectionnées, a attiré l'attention.

Les différences géographiques ont aussi été notées. Les états du Pacifique ont fait une avance extraordinaire; le Sud s'est rapidement développé en tant que région industrielle; la région Est-Nord-central s'est développée; tandis que les états de la Nouvelle-Angleterre et, dans une certaine mesure, la région Middle Atlantic se sont développés moins rapidement et ont éprouvé quelque difficulté à adapter leurs plus vieilles industries aux conditions nouvelles.

Cependant, en dépit de ces variations, cette différence dans l'activité entre les groupes, les régions et les industries, l'ascension des conditions d'existence (standard of living) caractéristique de cette période, a été générale et a atteint le niveau le plus élevé connu dans notre histoire nationale.

La participation de la population dans son ensemble à une part importante des bénéfices résultant de l'accroissement de la production, qui, en elle-même, a varié suivant les différents groupes, régions et industries, a été l'une des caractéristiques bien nette de cette période.

Bien que l'activité industrielle, agricole et commerciale ait été localisée dans son ensemble, les avantages sociaux de l'accélération de notre activité ont débordé sur tout le pays. Par exemple, le programme de construction des routes, embrassant l'ensemble du pays, n'a pas été limité aux régions dans lesquelles l'activité était particulièrement intense : de bonnes routes ont été exécutées dans toutes les direc-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions, pour le service de toute la population. On peut en dire autant pour les avantages relatifs à l'éducation, aux distractions fournies par la radio-diffusion ; à la facilité des déplacements par suite du bas prix des automobiles, des communications sûres et rapides, et de beaucoup d'autres facilités et services assurant un plus grand confort et un plus grand bien-être, au delà des nécessités élémentaires relatives à la nourriture, au vêtement et au logement.

Le développement de conditions d'existence d'un ordre plus relevé a été, de fait, caractéristique de notre vie nationale, pendant tout le cours de notre histoire. C'est un phénomène qui n'est pas nouveau mais qui, par son développement en étendue et en qualité, a pris une nouvelle importance,

*La rapidité de production résultant de la force motrice.* — Très caractéristique aussi a été le développement de l'emploi de la force motrice, 3,75 fois plus rapide que l'augmentation de la population, et la façon dont la force motrice a été rendue facilement utilisable, non seulement pour commander des outils dont les dimensions et la capacité de production allaient en augmentant, mais pour une foule d'usages les plus divers, dans les plus petites affaires industrielles comme aussi dans les fermes ou dans les intérieurs.

Les usines n'ont plus besoin de se grouper autour des sources de force motrice. Une intercommunication très développée entre les usines de force motrice, résultant d'une appréciation de plus en plus répandue de la valeur de l'adaptabilité de la force motrice, et rendue possible par les progrès techniques de ces dernières années, a créé de grandes réserves de force, grâce auxquelles les conditions anormales d'une localité ne sont plus suffisantes pour paralyser les rouages de l'usine.

La souplesse de plus en plus grande avec laquelle l'électricité peut être fournie sous forme de force motrice a permis aux manufacturiers et aux fermiers de faire face au prix élevé de la main-d'œuvre grâce à l'usage de machines spécialisées, actionnées mécaniquement; et la force motrice, sous cette forme facilement adaptable, a pénétré partout aux États-Unis, y compris beaucoup de districts ruraux. L'enquête montre que notre pays fait actuellement usage d'autant d'énergie électrique que tout le reste du monde.

Avec la division du travail, l'ouvrier inhabile est devenu un opérateur habile, multipliant son rendement avec le secours de machines automatiques et de procédés spécialisés. C'est ainsi que l'unité de prix de revient de la production a été abaissée, que le travail pénible a été éliminé de beaucoup de travaux de manœuvres et que le taux des salaires a été maintenu ou s'est élevé.

*Le développement du crédit dans sa source et son usage.* — Cette accélération de l'activité et l'élévation du « standard of living » qui en est résulté ont été facilitées par un afflux continuel des capitaux.

Dans l'ampleur des sources qui ont rendu disponibles le capital et le crédit, et dans les méthodes plus rapides qui en facilitent l'emploi, on peut reconnaître encore le développement en vitesse et en étendue de notre récente activité économique.

Dans les époques antérieures, les fonds provenant des économies du peuple américain ne suffisaient pas à eux seuls à la demande de capitaux. Dans les périodes de développement des affaires, la demande de capitaux pesait lourdement sur la livraison.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a reconnu que le contraire était vrai pour la période considérée. Pendant une grande partie de cette période, non seulement les gains et les économies de la population ont fourni le capital additionnel permettant de financer le rapide développement de l'industrie, mais, de plus, ils ont prêté plusieurs milliards de dollars aux pays étrangers.

Stimulé par la nécessité de trouver des fonds pour financer le vaste programme de production des États-Unis pendant la guerre mondiale, le nombre des actionnaires des affaires du pays a, suivant les évaluations, passé de deux millions à plus de dix-sept millions; et, grâce à l'augmentation de leurs revenus, ces actionnaires ont continué à déverser leurs économies dans le courant du crédit.

Pendant les derniers mois de la période comprise dans l'enquête, on a observé une nouvelle tendance. Le public, comme aussi un groupe important de spéculateurs, a placé dans des opérations de bourse, non seulement ses économies, mais le produit de prêts obtenus par l'intermédiaire des banques et des agents de change, au point que la structure du crédit du pays a été suffisamment chargée pour manifester une tension de crédit faisant monter anormalement le taux de l'argent à vue et, d'une façon appréciable, le taux de l'intérêt de l'argent destiné aux affaires. Les conséquences de ce processus ne peuvent pas être évaluées actuellement, mais ces facteurs du problème de l'équilibre économique seront traités plus loin dans ce rapport.

Cependant, l'industrie a été capable de réduire ses besoins en crédits à court terme consentis par les banques, en émettant des actions. La préférence donnée aux méthodes de financement permanent des affaires se manifeste dans l'augmentation relativement faible des prêts commerciaux des banques dans ces dernières années, contrastant avec l'augmentation des *security holdings* et des prêts garantis.

Les importations d'or dans la première partie de la période de l'enquête, qui avaient tendance à rendre le crédit plus facile; l'augmentation des économies, malgré l'augmentation des dépenses; la confiance du public dans la structure financière, particulièrement dans l'institution de Federal Reserve, et l'efficacité de la méthode qui fait affluer le crédit disponible là où on le demande, constituent une grande avance de ces sept dernières années.

Il y a eu aussi une augmentation dans la rapidité des mouvements du crédit, dus aux perfectionnements des transports et des communications, au contrôle scientifique des inventaires, à la continuation du mouvement en faveur de la simplification, et à notre remplacement accéléré des commodités. Les affaires ont ainsi donné naissance à une « économie » nouvelle dans l'usage du crédit, qu'on peut noter comme une autre caractéristique de la période.

## CHAPITRE II. — RELATIONS ENTRE LES PRIX, LES SALAIRES ET LE COUT DE LA VIE.

La période sur laquelle porte l'enquête est peut-être trop courte pour qu'on puisse formuler un jugement définitif, et nous en sommes encore trop près pour que la perspective telle qu'elle se présente nous permette de juger convenablement, mais le Comité a l'impression que des relations qui existent entre les prix, les salaires et le coût de la vie, doit se dégager l'un des développements frappants, et des plus significatifs, révélés par l'enquête; l'un de ceux qui, plus que tous les autres, donnent leur caractère distinctif aux années considérées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le contraste qui existe entre deux périodes relativement récentes de notre histoire économique pourra probablement servir à rendre plus claire la signification de ces facteurs.

D'après les meilleures statistiques qu'on puisse se procurer, dans la période de 1896 à 1913, le niveau du prix de gros s'est élevé en moyenne de 2,3 p. 100 par an, mais les salaires se sont élevés un peu plus, de telle sorte que le pouvoir d'achat ne s'est accru que de 0,6 par an. Pendant la période de 1922 à 1927, les prix se sont abaissés en moyenne de 0,1 p. 100 par an, tandis que le pouvoir d'achat s'élevait de 2,1 p. 100 par an.

Dans cette dernière période, l'heureux synchronisme qui s'est établi entre un niveau élevé des salaires et un prix stationnaire de la vie, a donné naissance à un phénomène, nouveau dans une certaine mesure, qui a exercé une influence très étendue sur la situation économique et fera l'objet d'une étude serrant de près les détails.

*Stabilité relative des prix.* — La tendance de plus en plus marquée à la stabilité des prix, concernant à la fois les prix relatifs des commodités de différentes classes et les prix des commodités individuelles, a été caractéristique de la période passée en revue, d'où est résultée une tendance à l'établissement d'une base d'échanges plus équitable pour les produits des différents groupes. Les fluctuations dans les prix paraissent s'être tenues dans des limites étroites pendant cette période, par suite de la combinaison de certains facteurs : un fond plus complet de renseignements statistiques permettant de porter un meilleur jugement en ce qui concerne l'offre et la demande, de la part des producteurs aussi bien que des consommateurs, la prudence de la part de la direction, la réduction des prix de la part des techniciens, l'habileté de la part des banquiers, une attitude plus éclairée, de la part du travail, et l'extension des marchés étrangers.

La stabilité relative des prix a entraîné un changement dans le champ dans lequel les hommes d'affaires s'attendent à trouver des bénéfices. Les bénéfices provenant des fluctuations des commodités individuelles et des changements dans les relations qui existent entre les prix, ont eu tendance à diminuer.

Que les relations entre les prix pendant ces dernières années s'affirment comme devant être transitoires ou permanentes, elles représentent aujourd'hui un gain important dont l'influence se fait sentir dans toutes les parties de l'organisme économique. C'est un développement trop nouveau pour qu'il soit permis de lui donner une interprétation dogmatique, mais le Comité croit que cette diminution dans les variations des prix, à un moment où la productivité par heure de travail a subi une grande augmentation et où la demande de marchandises a été stimulée dans une grande mesure, est l'un des plus importants facteurs mis en lumière par l'enquête.

Cet écart qui va en augmentant entre les salaires et le prix de la vie — les salaires augmentant tandis que le prix de la vie restait stationnaire — peut être considéré comme ayant contribué d'une façon bien définie au degré de prospérité qui a caractérisé la période dans son ensemble. Avec l'élévation des salaires et la stabilité relative des prix, nous sommes devenus consommateurs de ce que nous produisons dans une proportion qui n'avait jamais été réalisée auparavant.

Les facteurs de cette situation paraissent être en partie accidentels, et, en partie, la conséquence de l'adoption d'un point de vue économique plus élevé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la période qui a suivi immédiatement la guerre, la presse, dans une grande mesure, et beaucoup de patrons demandaient la « liquidation » du travail. On déclarait fréquemment que les affaires ne pouvaient retrouver la stabilité tant que les salaires ne seraient pas ramenés aux taux d'avant guerre. Le travail, qui avait pu apprécier l'agrément que procure un genre de vie plus élevé, s'opposait naturellement à la réduction des salaires.

Il aurait pu en résulter des luttes sérieuses si les leaders de la pensée industrielle, étudiant la marche des affaires, n'avaient reconnu que le résultat le plus clair de la continuation des salaires élevés avait été que les désirs d'achat, contenus pendant la guerre à cause du programme économique national, avaient rompu leurs digues, déversant dans les canaux du commerce, non seulement les salaires élevés gagnés journellement, mais aussi les économies accumulées.

Ils ont été prompts à saisir l'importance de la force contenue chez le consommateur, pourvu de monnaie à dépenser, dans la création d'un cycle de production accéléré.

Ils ont commencé consciemment à préconiser le principe des salaires élevés et des bas prix de revient comme une politique de pratique industrielle éclairée. Ce principe a depuis attiré l'attention des économistes dans le monde entier, et bien qu'il ne soit en rien nouveau, son application sur une grande échelle est tellement nouvelle qu'elle a produit sur le Comité l'impression qu'il y a là un développement fondamental.

*L'augmentation de la production et le développement des besoins de l'homme.* — Ce fut en partie à cause de ce principe nouvellement compris d'un cycle accéléré de production-consommation, et en partie à cause du développement d'un courant de crédit et d'une abondance de force motrice facilement adaptable, mise très largement à la disposition de tous, que la période 1922-1929 a vu se développer un accroissement marqué dans le volume physique de la production. Quelques années se font remarquer plus que les autres; deux — 1924 et 1927 — montrent de petits fléchissements; mais la période, dans son ensemble, a été remarquablement régulière.

Depuis 1922, la production des matières premières a augmenté de 2,5 p. 100 par an; les transports de 4 p. 100. Si l'on prend 1919 — une année de bonne récolte — comme base, la production de la récolte a été 102 en 1922, 104 en 1925, 106 en 1927.

Il se peut qu'il y ait eu dans le passé des périodes de prospérité dépassant ce taux d'accroissement, mais jamais, autant que le Comité a pu le constater, il n'y a eu de périodes comportant un pareil accroissement dans la production par homme-heure. Malgré les réductions dans les heures de travail, la production par tête est de près de 60 p. 100 plus grande qu'elle ne l'était vers la fin du XIX$^{e}$ siècle; l'augmentation de la capacité de production dans les *manufactures* a été de près de 36 p. 100 de 1922 à 1925; la productivité des ouvriers agricoles a augmenté dans une mesure qui n'a probablement jamais été égalée.

Et ces augmentations dans la productivité se sont jointes à une augmentation correspondante de la puissance de consommation de la population américaine. Ici s'est manifestée sur une grande échelle l'extensibilité des besoins et des désirs de l'homme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les économistes ont déclaré, depuis longtemps, que la consommation, la satisfaction des besoins, se développeraient sans donner grand signe de saturation, si nous pouvions seulement régler nos procédés économiques de telle façon que nous rendions effective une demande qui sommeille. C'est un pareil développement qui s'est produit depuis le commencement de la révolution industrielle. Ce phénomène ne se rattache à la période d'après guerre qu'en ce qui concerne l'importance atteinte par ce développement. Mais c'est ce degré d'activité économique, cet appétit en quelque sorte insatiable pour les produits et les services, cette production abondante de toutes les choses dont pour ainsi dire tout le monde peut avoir besoin, qui constitue une caractéristique si frappante de la période qui fait l'objet de l'enquête.

*Consommation « de fantaisie ».* — La Commission estime, en se basant sur l'étude de l'enquête à la recherche des faits qui sert de base au rapport, que, dans son ensemble, la population a été de moins en moins préoccupée de ses besoins primaires — nourriture, vêtement et logement. Nous avons depuis longtemps perdu toute inquiétude en ce qui concerne l'approvisionnement de la nourriture, et même nous ne regardons plus la nourriture comme un luxe, ni comme une source de plaisir. Le standard de la nourriture américaine s'est élevé, mais nous n'entendons guère parler de la « vie chère », et le rêve du « dîner complet » est une chose du passé. Nous portons moins de drap, plus de soie artificielle ou de soie, moins de coton et de laine. Nos besoins ont pris une plus grande extension et nous demandons maintenant une longue liste de marchandises et de services qu'on peut placer dans la catégorie « achats de fantaisie ».

Le nombre des familles qui peuvent aux États-Unis disposer d'une marge considérable de leurs gains pour « la consommation de fantaisie » croît rapidement. — de fantaisie s'appliquant ici à cette partie du revenu qui peut être économisée ou dépensée, et si elle est dépensée, la manière dont elle l'est peut être déterminée par les goûts du consommateur ou par la nature des appels que lui adressent les industries concurrentes pour obtenir son patronage. — Il y a là un fait constituant l'une des caractéristiques les plus marquées de la situation économique récente. C'est en cela que consiste la réaction personnelle ou individuelle qui établit une barrière entre l'élévation des salaires et la stabilité relative du coût de la vie, auquel il est fait allusion au commencement de ce chapitre.

*La consommation et les loisirs.* — Étroitement liée à l'accroissement du taux de production-consommation est la consommation provenant des loisirs.

C'est pendant la période qui fait l'objet de l'enquête que la conception de la consommation résultant des loisirs, des « loisirs consommateurs » commença à être comprise dans les affaires, d'une façon pratique et sur une grande échelle. On commença à reconnaître, non seulement que les loisirs sont « consommateurs », mais que les gens ne peuvent pas « consommer » leurs loisirs sans consommer des marchandises et des services, et que ces loisirs qui résultent d'une augmentation de la productivité par homme-heure permettent de créer de nouveaux besoins, ainsi que des marchés nouveaux et plus étendus.

L'intérêt croissant en ce qui concerne les beaux-arts et la science; l'augmentation de la vente des livres et des revues; l'augmentation des voyages à l'étranger; l'augmentation de l'intérêt qu'on prend dans les sports de tous les genres et la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mesure dans laquelle on y prend part; les pèlerinages que font dans le pays quelques 40.000.000 touristes automobilistes fréquentant plus de 2.000 camps de touristes; la grande augmentation dans les inscriptions aux écoles supérieures et aux collèges; les cinémas et la radio-diffusion — tout cela reflète l'emploi de loisirs plus importants.

Pendant la période qui fait l'objet de l'enquête, la tendance à l'accroissement des loisirs a reçu une impulsion considérable. La semaine de travail a été réduite dans l'usine par une meilleure distribution du travail et l'emploi de machines modernes ; la journée de travail a été raccourcie à la maison par l'augmentation de l'usage qui est fait des appareils et des services économisant le temps et la peine.

Bien peu de développements économiques courants ont amené d'aussi grands changements dans notre vie nationale, ou sont aussi pleins de promesses pour l'avenir, que l'utilisation de plus en plus grande de nos loisirs.

*Les services pour la masse.* — Le rôle des services publics n'est pas nouveau, mais parmi les développements mis en lumière par l'enquête il n'en est guère dont la signification ait une plus grande portée que la croissance accélérée de nos *industries de service* — voyages, spectacles, éducation, assurances, communications; les facilités données par les hôtels, les restaurants, les magasins de comestibles, les blanchisseries à vapeur, et les bibliothèques publiques, pour n'en citer que quelques-unes.

L'évolution qui s'est développée pendant des siècles n'a pris que récemment le caractère d'un mouvement en masse. Nous appliquons maintenant à toutes sortes de services la philosophie de la production sur une grande échelle. Nous avons intégré ces services, nous les avons organisés, et nous avons développé la nouvelle philosophie à un tel degré, dans ces dernières années, que nous possédons maintenant ce qu'on peut appeler « mass services » les services pour la masse (ou les services en grandes séries). Ces derniers ont contribué à créer un nouveau standard de vie confortable aux États-Unis, et ont fourni du travail à des millions de travailleurs, affluant de l'agriculture ainsi que des industries d'extraction ou de fabrication.

Ça a été, en réalité, le développement opportun de ces services « en masse » qui a sauvé le pays dans une situation critique en ce qui concerne le chômage, pendant les dernières années.

Aucune fluctuation cyclique n'a caractérisé la période considérée, de sorte que le chômage dû au cycle des affaires n'a pas été accentué, mais il est devenu évident que le chômage peut résulter de l'efficacité des opérations industrielles, tout aussi bien que de leur inefficacité. Dans le second cas, nous avons des chômages intermittents ou saisonniers; dans le premier, nous avons ce qu'on a pris l'habitude de désigner sous le nom de chômage « technologique », résultant de l'introduction de nouvelles machines ou de nouveaux procédés. L'enquête paraît indiquer que le moment est venu de concentrer l'attention non seulement sur le problème du chômage cyclique, mais aussi sur ce nouveau problème du chômage « technologique » si nous voulons éviter à la vie de l'ouvrier les difficultés et l'incertitude.

Là où le progrès peut constituer un avantage pour la population dans son ensemble, il est inévitable qu'il crée, dans certaines classes, des difficultés momentanées chez les ouvriers habiles d'une certaine profession, par exemple, dont le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travail est exécuté par des machines. Cela exige dans beaucoup de cas qu'ils apprennent un nouveau métier, et dans la plupart des cas, entraîne une perte de temps pour trouver un nouvel emploi. Cependant au point de vue le plus général, bien qu'il en résulte des difficultés pour ces ouvriers déplacés par l'introduction de machines ou de procédés perfectionnés, le gain social est réel et permanent.

Ces transformations économiques ne sont pas tant des changements que des réajustements dus au développement des besoins de la société moderne et à la nécessité de profiter des acquisitions modernes de la science. Elles se sont produites dans l'agriculture aussi bien que dans les usines ou dans les transports, et elles ont touché les patrons aussi bien que les ouvriers. Il n'y a rien de nouveau dans ces problèmes; c'est l'accélération qui s'est produite dans ces réajustements qui a attiré l'attention des salariés et des directeurs.

Comme on l'a déjà fait remarquer, l'accélération des changements technologiques dans la production et la consommation aurait entraîné des chômages bien plus importants si les ouvriers n'avaient pas été absorbés par le développement récent des nouveaux services industriels qui créent les loisirs et les servent à la fois.

*Nos avantages naturels.* — Il est évident, bien entendu, que la situation économique de cette nation est due, dans une mesure qui n'est pas sans importance, à la possession de matières premières abondantes et de sources de force motrice importantes; au fait que notre marché national est très grand, et à ce qu'il n'existe aucune barrière au commerce entre les états de l'Union. Nous pouvons échanger les marchandises sans les immobiliser entre les états pour examen ou pour paiements des droits. Nous pouvons les transférer sans être gênés par les barrières qui résultent de langues ou de coutumes différentes. La publicité est particulièrement efficace parce que nous avons une énorme étendue de pays où l'on parle la même langue, ce qui permet à cette dernière de s'adresser à tout le monde et de développer des habitudes de consommation nationales, qui, à leur tour, permettent de produire sur une grande échelle.

Il ne faut pas perdre de vue que cette situation fortuite est un facteur important à la fois de la vitesse et de l'étendue qui ont caractérisé notre récent développement économique.

L'équilibre qui s'est maintenu entre la consommation et la production ne ressort nulle part mieux que du fait que les salaires se sont élevés, et qu'il n'y a pas eu d'augmentation notable de chômage, dans une période qui a été marquée par le plus grand progrès technologique que nous ayons jamais connu.

On peut dire que la signification la plus profonde au point de vue économique de la nouvelle situation réside, non pas dans la rapidité avec laquelle les services industriels (ou industries de « service ») se sont développés et se sont trouvés intégrés, ni dans l'universalité de leur étendue, mais dans le fait que la situation relative qu'ils ont créée est réciproque. Notre amélioration des conditions d'existence ne touche pas seulement ceux qui produisent notre nourriture, nos vêtements ou nos habitations, mais elle s'est étendue à ceux qui sont dans les industries de « service ». La population, dans son ensemble, peut jouir de l'élévation du « standard of living », de la musique qui lui arrive par radio-diffusion, de la presse, de l'automobile et des bonnes routes, des écoles, des collèges, des parcs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des terrains de jeux et des myriades d'autres facilités procurant une existence confortable et le développement de la culture.

Nos ancêtres ont débarqué sur ces rivages avec peu d'outils et peu d'organisation pour forcer la nature à leur donner des moyens d'existence. Leurs descendants ont développé un nouveau type de civilisation tout particulièrement américain dans lequel les « services » ont pris place à côté des autres formes de la production en tant que facteurs économiques de première importance.

*Éloignement des points de saturation.* — L'enquête a prouvé d'une façon définitive, ce qu'on avait depuis longtemps pensé devoir être vrai, que les besoins sont à peu près insatiables; que la satisfaction d'un besoin ne fait que préparer la place pour la manifestation d'un autre. La conclusion est que, économiquement, nous avons devant nous un champ illimité; qu'il existe de nouveaux besoins qui feront une place à des besoins plus nouveaux et cela, indéfiniment aussitôt qu'on leur aura donné satisfaction.

Nous avons « l'énergie » pour produire et le capital pour permettre les échanges entre les groupements de producteurs et de consommateurs. Nous avons les communications pour accélérer et étendre l'influence des idées. Nous avons des moyens de transport rapides et sur lesquels on peut compter. Nous avons un système d'éducation qui élève constamment le niveau et raffine les goûts. Nous avons, pour nous aider, les sciences et les arts. L'occasion est donc admirable pour notre pays.

Quelle que soit l'importance du développement de notre vie nationale, au point de vue économique, grâce à l'invention et à la découverte de nouvelles industries et de nouveaux emplois, nous trouvons un exemple des possibilités d'une élévation plus grande de notre « standard of living » national, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à de nouvelles inventions ou de créer de nouveaux besoins, dans une seule industrie — celle des applications de l'électricité.

Une demeure ou une ferme munie d'une canalisation électrique est une unité économique différente de celle qui n'en est pas munie. Chaque maison de ce genre, à la ville ou à la campagne, peut profiter de l'électricité pour s'éclairer, et, la ferme, disposer d'un système de distribution d'eau automatique amenant l'eau aux points convenables pour les usages de la maison ou de la ferme.

Une étude des demeures, à la ville ou au village, montre que l'électricité peut être employée pour beaucoup d'autres applications d'usages très spécialisés. En 1928, il est probable qu'une très grande proportion des demeures munies de canalisations électriques avaient des fers à repasser électriques; moins du tiers avaient des machines à laver; un peu plus du tiers avaient des aspirateurs de poussières, moins de 5 p. 100 avaient des réfrigérateurs. Nous sommes loin du point de saturation en ce qui concerne ces appareils.

Dans un genre différent, il n'y a peut-être pas d'exemple plus dramatique de l'élévation du standard of living que la croissance et le développement de la radiodiffusion dans ces dernières années.

Nous semblons n'avoir encore touché qu'à la frange de nos possibilités.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III. — L'ÉQUILIBRE ÉCONOMIQUE.

Bien des influences de nature à souder la population des États-Unis dans une nouvelle solidarité de pensée et d'action se sont fait sentir, pendant la période couverte par l'enquête. Le téléphone et le télégraphe, l'automobile et la radiodiffusion et les chemins de fer forment des lignes de communication qui ont rapproché l'Est et l'Ouest, le Sud et le Nord.

D'autres influences moins tangibles dont les racines s'étendent plus loin dans le passé, mais accélérées et renforcées par les expériences de la guerre mondiale, ont aussi contribué à développer notre solidarité. La réorganisation économique; la coopération des chefs d'industrie (ou d'affaires), des experts économiques et du Gouvernement; l'expansion générale des sources d'instruction ou de documentation; le développement des associations commerciales, la coopération du travail pour augmenter la productivité; la restriction de l'immigration — tout cela a pris une grande importance dans la paix, après le stimulant de la guerre.

Un facteur du développement de la solidarité a été l'éducation populaire qui a fait des progrès extraordinaires. Nous dépensons 2.500.000 dollars chaque année pour l'éducation publique ou privée — soit une augmentation de 250 p. 100 dans une décade. Les dépenses pour l'éducation gratuite dans les collèges et les universités ont augmenté de 350 p. 100 en un peu plus de 10 ans.

Et il y a un autre facteur qui a contribué à cette soudure et à l'avancement économique de la nation : l'influence « élargissante » de l'esprit créateur de l'Amérique — la tournure d'esprit des leaders dans le domaine du gouvernement et de l'éducation, dans celui de la recherche, de l'organisation des entreprises et du travail, dans la presse et dans les professions. C'est sur leur influence que nous fondons, dans une grande mesure, notre espoir de voir se maintenir l'équilibre de notre balance économique.

Mais bien que notre temps ait été une période de grande activité économique et de grande production industrielle, et ait atteint un degré de stabilité économique que nous pouvons considérer comme très élevé, eu égard aux réajustements dans tous les départements de la vie économique rendus nécessaires par la crise d'après guerre et par la transition de l'économie du temps de guerre à l'économie de paix; et bien que l'Amérique se trouve en face d'un avenir qui promet beaucoup, le fait le plus important qui illumine cette enquête est que nous ne pouvons pas conserver nos avantages économiques ou espérer réaliser complètement notre avenir économique, que si nous acceptons consciemment le principe de l'équilibre et si nous l'appliquons habilement dans toutes les relations économiques.

Les forces qui influent sur nos relations économiques ont toujours été impressionnables. Toutes les parties de notre structure économique, depuis la première opération de la fabrication et de l'introduction sur le marché jusqu'à l'aide qui constitue les fonctions de la finance, sont et ont toujours été dépendantes les unes des autres et sont très facilement affectées. Et c'est là qu'est le danger : que par ignorance des principes économiques, ou par suite d'une avidité égoïste, ou d'une direction insuffisante, le bon équilibre soit troublé, à notre détriment économique.

Si les ressources naturelles, en particulier la terre, sont mal utilisées, si le numéraire en grande quantité est détourné de la production et employé pour la spéculation; si certains groupements ont recours à une méthode d'élévation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

artificielle des prix, rompant l'équilibre entre une commodité et les autres; si la direction ou le travail perd de vue l'intérêt commun — dans cette même mesure, l'équilibre sera détruit et détruit sur toute la ligne.

Maintenir l'équilibre dynamique de ces dernières années, est, il est vrai, un problème de direction qui demande de plus en plus l'attention et le contrôle du public. La recherche et l'étude, la classification ordonnée des connaissances, ajoutées à l'accroissement de l'habileté, pourront bien assurer la maîtrise complète du système économique. Les problèmes sont nombreux et difficiles, mais la mesure dans laquelle le progrès s'est réalisé dans ces dernières années nous donne de grands espoirs.

Dans l'équilibre qui s'est nettement établi entre la consommation et la production par exemple, l'action de l'organisme économique se fait sentir d'une façon de plus en plus évidente. Avec le développement d'un courant de crédit pour faciliter le fonctionnement des affaires, et avec « l'énergie » facilement adaptable qui stimule l'industrie et augmente l'efficacité du travail des ouvriers, on a vu se produire une augmentation de la régularité dans l'écoulement de la production. Il fut un temps où des intermittences de départ et d'arrêt de la production-consommation étaient caractéristiques de la situation économique; elles étaient cahoteuses et impossibles à prédire, et la surproduction était suivie d'un arrêt permettant à la consommation de rejoindre. Pendant les sept années comprises dans l'enquête, on constate d'une façon évidente l'établissement d'un équilibre plus marqué entre la production et la consommation.

Avec une connaissance plus complète des habitudes de la consommation, avec des relevés plus exacts des marchandises consommées, un contact délicat s'est établi entre les facteurs de la production et de la consommation qui, autrefois, étaient si souvent en déséquilibre.

Là où l'on voyait autrefois de grandes quantités de marchandises accumulées par les fabricants, les grossistes, les négociants et les détaillants; là où de grands inventaires étaient autrefois le signe avant-coureur de la gêne, des fermetures, des faillites et du chômage, dès que la vente s'arrêtait, on constate maintenant un écoulement plus régulier depuis le producteur jusqu'au consommateur.

L'accroissement de l'habileté et l'usage de données scientifiques ont rendu la prévision de la demande plus précise, et, grâce à une prévision exacte, on a pu délibérément maintenir dans une certaine mesure l'équilibre entre la production et la consommation. Par la publicité et d'autres mesures analogues, par la découverte de faits scientifiques, en développant à l'avance et avec soin la consommation, on a pu créer sur la production un effort appréciable qui dégage des capitaux autrement immobilisés en marchandises bloquées et qui facilite l'équilibre des forces économiques. Dans bien des cas, le taux de production-consommation paraît s'être maintenu dans d'assez justes proportions.

Conserver cet équilibre et l'étendre à des champs où il n'a pas atteint le niveau des éléments les plus prospères de la nation est nettement un problème de direction des plus importants. Avec certaines ressources naturelles encore exploitées avec gaspillage, avec de grandes industries telles que l'agriculture ou les mines de charbon encore au-dessous du niveau général de la prospérité, avec certaines régions en retard, il reste encore beaucoup à faire. Amener celles-ci d'une façon plus complète dans le courant des forces économiques est un problème de premier ordre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Notre machine économique pleine de complications et d'enchevêtrements peut produire, mais pour la faire produire continuellement, il faut la tenir en équilibre. Pendant les quelques dernières années, l'équilibre s'est assez bien maintenu. Nous n'avons pas gaspillé des heures de travail par des grèves ou des lock-outs. Jusque tout récemment, nous n'avons pas distrait les économies des affaires productives pour les lancer dans la spéculation. Il y a eu équilibre entre les forces économiques — pas un équilibre parfait, mais un certain degré d'équilibre — qui a permis à la machine compliquée de produire et de servir notre population

Tant que l'appétit pour les marchandises et les services sera pratiquement insatiable, comme il paraît l'être, et aussi longtemps que la production pourra être constamment accrue, il semble que nous pourrons aller de l'avant avec une activité sans cesse croissante. Mais nous ne pourrons le faire que si nous développons une technique de l'équilibre. Pour l'établissement d'une pareille technique, la Commission compte sur l'habileté du travail des économistes, des ingénieurs et des statisticiens qui ont préparé l'enquête de laquelle nous avons dégagé les faits et les interprétations exprimées dans ce court rapport.

Nous nous sommes efforcés d'établir un canevas qui permette de juger leur travail; d'établir un plan ordonné suivant lequel les faits puisse être articulés et en regard duquel une documentation postérieure et meilleure puisse être jugée avec plus d'exactitude. Nous recommandons l'étude de la recherche des faits, à laquelle l'enquête a donné lieu, dans son ensemble à tous ceux qui se trouvent en face des problèmes de l'administration des affaires et de la direction des affaires publiques.

Une direction bien renseignée est essentielle pour le maintien de l'équilibre. Elle repose sur une connaisssance générale des relations des parties les unes avec les autres. Grâce à une observation incessante et à un réajustement de notre économie, nous pouvons apprendre à conserver l'équilibre économique.

A la base des développements récents se trouve un état d'esprit qui paraît être caractéristique de l'Amérique. Notre nation est habituée au mouvement rapide, à de prompts changement dans l'ambiance; elle reçoit facilement les nouvelles idées, elle est ingénieuse pour trouver des solutions nouvelles, et adaptable. Notre économie est, dans une grande mesure, faite à l'image de ceux qui l'ont créée.

Notre situation est heureuse, nos possibilités sont remarquables, cependant l'équilibre organique de notre structure économique ne peut être maintenu que par un effort énergique, persistant et intelligent; grâce à la considération mutuelle et à la sympathie; par une confiance réciproque et par l'accentuation dans différentes parties de l'humanité d'une disposition à travailler en harmonie les uns avec les autres.

HERBERT HOOVER, *premier président*, JULIUS KLEIN, ADOLPHE C. MILLER, LOUIS J. TABER, WALTER F. BROWN, JOHN S. LAWRENCE, LEWIS E. PIERSON, DANIEL WILLARD, RENICK W. DUNLAP, MAX MASON, JOHN J. RASKOB, CLARENCE M. WOODLEY, WILLIAM GREEN, GEORGE MAC FADDEN, ARCH W. SHAW, *second président*, OWEN D. YOUNG, EDWARD EYRE HUNT, *secrétaire*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ANNEXE III

## LISTE
## DES RAPPORTS PRÉSENTÉS AU IVe CONGRÈS INTERNATIONAL DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL (O. S. T.)

**(Paris, 19-23 juin 1929).**

### 1re SECTION : INDUSTRIE.

LE FACTEUR HUMAIN DANS L'INDUSTRIE. — *Agents de maîtrise* : Application de l'O. S. T. aux fonctions de contrôleur de mines, à Kazamierz, M. MARIAN SKUP (Pologne).

*Sélection des travailleurs* : Sélection et entraînement des travailleurs, MM. DENNISON et KEIR (États-Unis); — L'O. S. T. et le facteur humain dans la fabrication textile, M. François SERACKY (Tchécoslovaquie); — Recherches sur le travail à la chaîne, Dr Ing. Ewald SACHSENBERG (Allemagne).

*Influence des systèmes de salaires* : Système de paiement pendant la transition de salaire à la journée à salaire à la prime, M. B. W. BARENSCHOT (Hollande); — Augmentation du rendement des ouvriers aux charbonnages « Cotomusel », Laviana (Espagne), par la démonstration d'accessibilité d'une prime, M. Ernesto WINTER BLANCO.

NORMALISATION. — Normalisation des locomotives des chemins de fer de l'État allemand, M. ILTGEN (Allemagne); — Normalisation des wagons, M. KLEIN (Allemagne); — Les efforts de standardisation et leurs résultats aux Établissements Skoda, à Plzen. — SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS SKODA à PLZEN (Tchécoslovaquie); — Un pas vers la rationalisation de l'industrie pétrolière roumaine, Ing. T. FICSINESCU (Roumanie); — Normalisation des lampes à incandescence. La nouvelle lampe série standard, LA COMPAGNIE DES LAMPES (France); — La rationalisation des fournitures de draps, Dr. Victor DISCHKA (Hongrie); — L'activité du Comité hongrois de Normalisation industrielle, M. E. GELLERT (Hongrie); — Normalisation en Finlande. M. NIILO A. MANNIO (Finlande).

COMPTABILITÉ INDUSTRIELLE. — Dépréciation des machines. Calcul des amortissements et des intérêts. Comparaison économique des machines. Mesure de leurs valeurs, M. Robert HÉNON (France); — Considérations sur l'achat de nouvelles machines-outils, M. BERTHELIUS (Suède); — Manufacturing controll and cost-accounting in the « Kromhout Motorenfabrick », Amsterdam, M. VAN DER TUIN (Hollande); — Notes sur l'établissement d'un diagramme donnant le coefficient de frais généraux à appliquer dans un devis de remise de prix, M. KEVERS (Belgique).

PRÉPARATION DU TRAVAIL. — Profits through Time Saving, M. PERRY-KEENE (Angleterre); — Le programme de fabrication dans une usine ne fabriquant pas en série, M. Jean CHEVALIER (France);

*Tronçonnage et découpage* : La rationalisation appliquée au tronçonnage et au découpage de la matière première, M. Albert PONT (France).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CHRONOMÉTRAGE. — Les études de temps augmentent la production, Ing. Emil HUDLER (Tchécoslovaquie); — Standardisation des tâches, M. G. J. STEGMERTEN (États-Unis); — Application des principes de Taylor dans la construction ou la reconstruction des fours d'une grande usine métallurgique, M. G. REY (France).

CONTROLE DU RENDEMENT. — Les avantages des compteurs de duite dans les fabriques de tissus, M. Josef KUCERA (Tchécoslovaquie); — Le contrôle du rendement dans une petite entreprise (sciage de pierre), M. R. CAUSSIN (Belgique); — L'introduction d'un contrôle systématique dans une houillère, M. FUCHLOVIA (Pologne).

ORGANISATION GÉNÉRALE DES ATELIERS. — Autonomie des ateliers. L'organisation du travail aux Établissements T. et A. Bata, Zlin, Dr. VERUNAC et A. CEKOTA (Tchécoslovaquie); — Modern Production Methods, M. HOWARD A. LINCOLN (États-Unis); — Travail continu équilibré au lieu de « travail à la chaîne artificiel ». Application en fonderie, avec M. J. HYMANS (Hollande); — La normalisation de la fabrication des automobiles (Société Fiat), Ing. Ventura PISELLI (Italie); — L'organisation du travail par commandement continu, M. Jean DURAND (France).

BUREAU DE DESSIN. — Organisation méthodique des bureaux de dessin industriels, M. René HEURTAULT (France).

MÉTHODES D'ORGANISATION PARTICULIÈRES. — *Emballage* : Normalisation dans l'emballage, A. GHERRO (Italie).

*Manutentions* : Considérations sur les transports interdépartementaux d'une usine, Prof. GOUDRIAAN et Ing. P. CAHEN (Hollande).

*Chemins de fer* : Essai d'organisation des gares de triage du réseau de l'Est, M. RABOURDIN (France); — Introduction de l'O. S. T. pour perfectionner le travail technique des gares de croisement, Ing. S. TARWID (Pologne); — Rationalisation du travail dans les ateliers de chemins de fer de l'État polonais, M. J. WAGNER (Pologne).

*Mines* : Un projet de rationalisation collective de l'industrie charbonnière yougoslave, M. Fran PODBREZNIK (Yougoslavie).

*Industries chimiques* : L'O. S. T. dans l'industrie chimique en Pologne, de 1924 à 1928 M. BORNSTEIN (Pologne); — Rationalisation dans l'industrie sucrière, M. STERBA (Tchécoslovaquie).

*Petites industries* : L'organisation de l'entreprise artisanale, Dr. BANDAT (Autriche).

### 2e SECTION : AGRICULTURE.

RÉPARTITION DES PIÈCES DE CULTURE. — Avantages pratiques du remembrement, M. Augé LARIBÉ (France).

PRÉVISION ET CONTROLE DES TRAVAUX. — Méthode graphique du plan et du contrôle des travaux dans les exploitations agricoles, Ing. FOMASZENSKI (Pologne); — *De la préparation du travail en apiculture*, M. WURTH-MICHA (Belgique).

ANALYSE DES TEMPS ET DES MOUVEMENTS. — Analyse des opérations pour la culture d'un blé sur betterave, M. J. FAUGERAS (France).

PROPAGANDE DE L'O. S. T. EN AGRICULTURE. — L'organisation de la propa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gande en vue de la direction scientifique des travaux agricoles, Dr. PARTL (Tchécoslovaquie); — Mesures prises en Suède pour favoriser la rationalisation du travail agricole.

PRODUCTION. — Production des fourrages, M. M. KIEFFER et MASON (États-Unis).

L'OUTILLAGE. — Compte rendu de l'Institut pour l'Économie des Travaux d'Agriculture près l'Académie du Travail Masaryk, Ing. VI. BRDLIK (Tchécoslovaquie); — Les outils à bras, Dr. DERLITZKI (Allemagne).

INSTALLATION INTÉRIEURE. — Électricité à la ferme, M. R. BORLASE MATTHEWS (Angleterre).

LE CHEPTEL. — L'O. S. T. dans la production du lait, M. H. W. JEFFERS (États-Unis).

MAIN-D'ŒUVRE. — Stabilisation de la main-d'œuvre et organisation générale de l'exploitation de Vauluisant, Dr. JAVAL et M. J. FAUGERAS (France); — Pour la stabilisation de la main-d'œuvre, M. A. FONTANA (Italie).

COMPTABILITÉ AGRICOLE. — La comptabilité agricole, M. DE LESTAPIS (France); — La comptabilité dans l'entreprise agricole, Dr. Ludwig STROBL (Autriche); — La comptabilité dans les entreprises agricoles, Dr. PETERS (Allemagne); — La comptabilité analytique comme base de rationalisation, Ing. Adolf SCHON (Tchécoslovaquie).

### 3e SECTION : COMMERCE.

INTRODUCTION. — L'O. S. T. dans le commerce en Italie, CONFÉDÉRATION NATIONALE FASCISTE DES COMMERÇANTS (Italie); — La technique de vente en Amérique en relation avec la prospérité américaine, M. J. G. FREDERICK (États-Unis).

ÉTUDE DES MARCHÉS. — Étude du marché dans l'alimentation, M. Georges D. OLDS, Jr. (États-Unis); — Étude des marchés. La question des quotas de vente, M. R. SACHOT (France).

ACHATS RATIONNELS. — Les achats rationnels, M. CHAYROU (France); — Les conditions de livraisons des courroies de transmission en cuir, M. Ludwig JABLONSKI (Allemagne); — Coordination des achats et du contrôle de l'inventaire, M. Oscar GROTH (États-Unis).

CONJONCTURE. — Utilité de l'observation du mouvement général des affaires pour les industriels ou les commerçants, M. MARCH (France); — Esquisse d'un baromètre français des affaires, M. JEANMAIRE (France).

COMMERCE DE DÉTAIL. — Rationalisation dans le commerce de détail, Dr. FOLZ (Allemagne).

LES FRAIS GÉNÉRAUX. — Les frais généraux dans le commerce de gros, leur contrôle et leur compression, Dr. Leo ENGEL (Allemagne); — Statistiques du chiffre d'affaires et des frais généraux dans le commerce de détail des produits alimentaires, Dr. Heinz GRUNBAUM (Allemagne).

FACTEUR HUMAIN : LE VENDEUR. — L'aptitude au métier de vendeur, M. HACKL (Autriche); — Le vendeur de grand magasin, M. RACHINEL (France).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 4e SECTION : ADMINISTRATION.

ADMINISTRATION GÉNÉRALE. — Principes généraux d'organisation et de haute administratration, M. A. LAMOUCHE (France); — Reorganising an existing business, M. URWICK (Institut international d'O. S.); — La direction à distance, M. E. LANDAUER (Belgique); — Fonction du chef dans une moyenne entreprise, M. W. BATT (États-Unis); — Principes et pratique du « budgeting », M. Louis F. MUSIL (États-Unis); — Contrôle budgétaire à la Société Hans Renold, M. C. G. RENOLD (Angleterre).

TRAVAIL DE BUREAU. — Économies par la comptabilité mécanique, M. Albert HIRN (Tchécoslovaquie); — Simplification des reports de chiffres, M. Ferd. LUDWIG (Tchécoslovaquie); — Mesure des temps, standardisation et compensation dans les opérations de bureau, Miss Marion A. BILLS (États-Unis).

NORMALISATION ADMINISTRATIVE. — Numérotation des noms de lieux et unification des libellés des chèques et lettres de change. Deux exemples de travail de rationalisation collective sur le terrain national, avec application possible sur le marché international, M. SCHOENWANDT (Allemagne); — La normalisation du format des papiers, M. Jean LUGRIN (Suisse).

ADMINISTRATION ET COMPTABILITÉ. — L'analyse du compte d'exploitation, M. LOUWERSEE (Hollande); — Augmentation de la production et abaissement des prix dans leur rapport avec le bénéfice, Ing. Emil HUDLER (Tchécoslovaquie).

ADMINISTRATIONS PUBLIQUES. — Évolution dans l'administration publique aux États-Unis, MM. W. A. GRAY et H. W. DODDS (États-Unis); — Détermination du nombre de personnes nécessaires pour faire fonctionner les bureaux d'un service public décentralisé, M. van GOGH (Hollande); — Application des méthodes scientifiques à l'administration publique, M. CZARNECKI (Pologne); — Expériences pour la qualification du personnel de bureau statistique tchécoslovaque, M. Robert KOLLAR (Tchécoslovaquie); — La comptabilité des établissements publics, M. SOQUET (France).

### 5e SECTION : ÉCONOMIE DOMESTIQUE.

MÉTHODES GÉNÉRALES. — Organisation du home aux États-Unis, Mrs Katherine A. FISHER (États-Unis); — Économie domestique et standardisation aux États-Unis, Mrs Alice L. EDWARDS (États-Unis); — Allégement du travail ménager à la ferme et sa répercussion sur le travail agricole, Fr. Liselotte KUESSNER-GERHARD (Allemagne).

ENSEIGNEMENT MÉNAGER. — Formation d'experts d'efficience ménagère, Mme E. J. WAVEREN (Hollande); — Le chronométrage comme moyen d'enseignement à l'Institut supérieur d'Économie ménagère agricole de Laeken, Mlle GEERINKCX (Belgique); — Méthodes pour enseigner aux enfants et aux adultes l'économie personnelle, Mrs Agnès DONHAM (États-Unis).

ALIMENTATION RATIONNELLE. — La dépense alimentaire de l'homme spécialement dans les classes peu aisées, Dr. Feodora AUSLANDER (Autriche).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LA POUSSIÈRE. — Le dépoussiérage, Mme VÈZES (France); — La manière d'enlever la poussière des surfaces horizontales et verticales, Mme S. IDANOWSKA (Pologne); — Un procédé d'enlèvement des poussières, M. Th. CHARITAKIS (Grèce).

L'OUTILLAGE MÉNAGER. — La ménagère et la machine, Mme Hildegard MARGIS (Allemagne).

COMPTABILITÉ MÉNAGÈRE. — Le prix de revient des travaux ménagers, Mlle Paulette BERNÈGE (France); — Valorisation en argent du travail de la ménagère, Mme Maria DIEZ GASCA (Italie).

LE MÉNAGE ET LA CITÉ. — L'organisation scientifique de l'hygiène urbaine. L'évacuation automatique des ordures en vase clos, M. Pierre GANDILLON (France); — La rationalisation du nettoiement des rues et l'enlèvement des ordures ménagères, Ing. Rudolf ZISKA (Tchécoslovaquie).

LE MÉNAGE ET L'ARCHITECTURE. — Économie domestique et construction économique, M. LE CORBUSIER (France); — L'organisation scientifique dans la construction et l'aménagement des cités, M. Pedro PAULET (Pérou); — Les standards d'édifice en Bulgarie, M. TRENDAFIL K. TRENFILADOFF (Bulgarie).

### 6e SECTION : ENSEIGNEMENT ET QUESTIONS GÉNÉRALES.

ENSEIGNEMENT DE L'O. S. T. — Enseignement de l'O. S. T. dans les universités américaines, M. Williard E. HOTCHKISS (États-Unis); — Enquête sur la nécessité d'un enseignement administratif dans les écoles techniques, M. CLUZEL (France); — Les résultats d'un enseignement, Mme GARCIN GUYNET (France); — Note succincte sur l'enseignement de l'organisation dans les grandes écoles techniques françaises.

ENSEIGNEMENT. — L'éducation en vue de l'O. S. T. dans les pays méridionaux, M. José MALLART (Espagne); — La rationalisation de l'éducation, M. Emil ZIMMLER (Tchécoslovaquie); — L'enseignement primaire en vue de la rationalisation, M. ZAMANSKI (France); — L'enseignement à l'usine (Établissements BATA), MM. C. VERUNAC et A. CEKOTA (Tchécoslovaquie); — Application des principes essentiels de l'organisation scientifique dans l'enseignement, M. Henri VOGT (France); — Enseignement et propagande par le cinéma. Documentation sur les films existants, M. Jean COUTROT (France).

ORGANISATION DU TRAVAIL INTELLECTUEL. — Organisation du travail intellectuel. Propositions pour faciliter la documentation, M. RIGOTARD (France); — Organisation scientifique du travail scientifique et intellectuel, M. S. TCHAOTINE (Italie).

RELATIONS INDUSTRIELLES. — Rapports entre les personnes dans l'O. S. T., Miss Mary van KLEECK (Association internationale pour l'Amélioration des Relations industrielles. I. R. I.).

MÉTHODES GÉNÉRALES D'ORGANISATION. — La direction standardisée, M. Oliver SHELDON (Angleterre); — Une formule de rationalisation et son application au moyen de la comptabilité en partie double, M. J. MATTES (Yougoslavie); — Schéma d'un programme à suivre pour l'étude scientifique du travail (production et fatigue), A. NICEFORO (Italie); — Symbolisation des agents, machines et fonctions pour les plans d'organisation; — Calendrier de travail divisé en 13 périodes égales



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. B. FOLSOM (États-Unis): — Un plan d'intervention officielle pour l'organisation du travail en Espagne, M. Cesar de MADARIAGA ; — Essai sur l'efficience en Europe, M. Ray LATRE (Espagne).

LE FACTEUR HUMAIN. — Le facteur humain dans l'industrie, M. BERTHEAU (Allemagne); — L'orientation professionnelle dans les écoles d'apprentissage de la Società Umanitaria de Milan, Dr. Achille MIZZI (Italie); — Psychotechnique et orientation professionnelle, Dr. Walter SIMON (Tchécoslovaquie) ; — La psychologie inconsciente et les aptitudes professionnelles, Dr. ALLENDY (France).

LES COMITÉS D'O. S. T. — Le rôle de l'Enios dans la diffusion de l'O. S. T. en Italie; — Rapport du Comité international, M. LANDAUER ; — Organisation internationale pour la rationalisation. Augmentation rapide mais confuse de l'intérêt porté à la rationalisation, M. URWICK (Institut international d'O. S. T. de Genève).

FILMS CINÉMATOGRAPHIQUES.

*Travail élastique à la chaîne* (allemand); — *Travail à la chaîne* (français); — *Organisation du travail dans une mine polonaise*; — *Études d'outillages spéciaux* (Chemins de fer de l'Est français); — *Traitement d'échantillons en draperie* (hollandais); — *Résultats pratiques de la rationalisation* (allemand).

*Travail de l'ouvrier limeur* (Un des premiers films pour l'analyse des mouvements, INSTITUT MAREY); — *Fabrication d'objets en céramique* (hollandais); — *La tonte des moutons*; — *La porcherie*; — *Harmonogramme appliqué à la construction de wagons Pullmann* (polonais); — *Machines de bureau du service des impôts directs* (hollandais); — *Office central du Mouvement des Wagons* (français).

## LE CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR DES LONGS TRAINS

Une note sur le chauffage par la vapeur des longs trains et sur un nouveau demi-accouplement de chauffage, par M. REURE, ingénieur du Service central du Matériel de la Cie P.-L.-M., publiée dans la *Revue générale des Chemins de fer* de décembre 1929 (un tirage à part existe aussi dans notre Bibliothèque), donne d'intéressants détails sur la perte de pression de la vapeur depuis la locomotive jusqu'à la queue du train. Cette perte de pression tient, pour une bonne part, au passage dans les accouplements entre véhicules. Elle a été notablement réduite par l'emploi de raccords supprimant les changements brusques de direction.

E. S.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ.

## ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DU 14 DÉCEMBRE 1929.

Présidence de M. Ed. Sauvage, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. Charbaut (Charles), (✲, ✲), directeur général de la Société métallurgique de Knutange, président de l'Association des Maîtres de Forges de Lorraine, à Knutange-Aciéries (Moselle), présenté par M. Sauvage et M. Lemaire (1930);

la Société anonyme des Établissements Louis Perbal, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle), présentée par M. Colmet Daâge et M. Lemaire, (membre perpétuel);

M. Roger-Petit (Jean, Camille), (✲, ✲), ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur-conseil, 61 *bis*, boulevard Beauséjour, Paris (16e), présenté par M. Blétry (1930);

les Établissements Flaba-Thomas, Delahaye et Belgica, Le Cateau (Nord), présentés par M. Delmar (1930);

M. Canac (François), (O. ✲), docteur ès sciences, directeur scientifique du Laboratoire du Centre d'Études de la Marine, Arsenal maritime, Toulon (Var), présenté par M. Lemaire (1930);

M. Sauvage, *président* rappelle à l'auditoire que la réunion est une assemblée générale ordinaire pendant laquelle il sera procédé à l'élection des membres du Bureau pour 1930 et à la ratification de la nomination, pendant l'année 1929, de nouveaux membres du Conseil d'administration. Le scrutin sera clos à 17 h. 30 m.

M. Sauvage, *président*. — En nous versant leur cotisation pour 1930, plusieurs de nos membres y ont ajouté les sommes suivantes qui ont été versées au compte de notre *Bulletin*, poste toujours le plus lourdement chargé de notre budget : M. Carrion, 40 fr; — M. Jules Fieux, 40 fr; — M. Müntz, 40 fr.

A ces sociétaires nous adressons nos très vifs remerciements; nous souhaitons qu'ils servent d'exemple à de nombreux autres sociétaires, car l'augmentation du prix des travaux d'imprimerie rend de plus en plus difficile la publication de notre *Bulletin*, surtout si nous voulons lui conserver sa haute tenue et son intérêt d'avant guerre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A ce sujet nous devons signaler une autre forme de générosité pour notre *Bulletin*, qui n'est pas moins importante que la précédente. Nous entendons la fourniture à titre gracieux de clichés typographiques des figures destinées à illustrer certains articles ou mémoires. C'est ainsi que M. Léon GAUMONT, M. Charles FREMONT, M. Marcel MEYER, la SOUDURE AUTOGÈNE FRANÇAISE, ont pris à leur charge l'exécution de tout ou partie de clichés ayant servi à illustrer leurs mémoires parus ou devant paraître prochainement dans notre *Bulletin*. Nous les en remercions très vivement.

Lecture est donnée d'un rapport présenté par M. CORNU-THÉNARD, au nom de la Commission des Fonds, sur les *comptes de l'exercice financier 1927*.

Lecture est donnée d'un rapport présenté, au nom des Censeurs, par M. P. DE ROUSIERS, l'un d'eux, sur les *comptes de l'exercice financier 1927*.

Ces deux rapports sont approuvés.

MM. Henri HITIER et Ch. DE FRÉMINVILLE, *secrétaires généraux*, présentent et analysent des ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque.

M. HITIER présente les ouvrages suivants :

*Atti del III° Congresso internazionale di Organizzazione scientifica del Lavoro*. Parte I : Resoconti del Congresso. Parte II : Memorie. Roma, settembre 1927. (*Don de M. Ch. de Fréminville,* secrétaire général) ;

*Problèmes agricoles traités par les Ingénieurs agronomes*. 2e fascicule, publié à l'occasion du Cinquantenaire de l'Institut national agronomique par l'Association amicale des anciens Élèves. Paris, 5, quai Voltaire (7e), 1929 ;

*La classification hélicoïdale des éléments chimiques*, par Charles JANET. Voisinlieu-lez-Beauvais, par Allonne (Oise), chez l'auteur, 71, rue de Paris, 1928. (*Don de l'auteur*) ;

Ministère de l'Agriculture. — Direction de l'Agriculture. — *Compte rendu des essais d'engrais potassiques effectués par les offices agricoles régionaux et départementaux en 1927*, en application de la loi du 6 janvier 1919 ;

*Variations de la température d'allumage spontané des carburants additionnés de différents corps*, par A. GREBEL (ex *Chimie et Industrie*, septembre 1929). Paris, 49, rue des Mathurins. (*Don de l'auteur,* membre de la Société) ;

*Sur le dosage des métaux à l'état de sulfate et l'emploi en analyse de matériel de silice vitrifiée*, par A.-A. GUNTZ et J. BARBIER (ex *Chimie et Industrie*, avril 1929). Paris, 49, rue des Mathurins ;

*The adjustment of natural waters for brewing purposes*, by A. J. MURPHY and F. A. MASON. (Contributions from the Laboratories of Murphy and Son Ltd., Bulletin n° 17.) 2, Dorset Square, N. W. 1, London ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Météorologie et relief terrestre. Vents et nuages*, par Albert BALDIT. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1929;

*Œuvres de Georges Humbert*, publiées par les soins de Pierre HUMBERT et de Gaston JULIA. Tome I. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929;

*Les maladies des abeilles*, par C. TOUMANOFF. Paris, Vigot frères, 23, rue de l'École-de-Médecine (6e), 1930;

*Curs metodic de chimie. Analiza calitativa*, par G. G. LONGINESCU. Bucuresti, Tip. I. N. Copuzeanu, Str. Isver 97, 1929. (*Don de l'auteur*, membre de la Société);

*Molecular association*, par G. G. LONGINESCU (ex *Chemical Review*, september 1929). (*Don de l'auteur*, membre de la Société);

Exposition française de Rotterdam, 1928. — Groupe XIV. Classe 89 : *Cuirs et peaux*, par Jacques HERRENSCHMIDT, secrétaire rapporteur. Paris, Comité français des Expositions à l'Étranger, 42, rue du Louvre;

Annuaire Lambert. — *Statistique des engrais et produits chimiques destinés à l'agriculture*. 9e fascicule : Années 1926-1927-1928. Paris, Bureau d'Études économiques, industrielles et agricoles, 16, rue de Miromesnil (8e), 1929;

*Eisenbeton-schleuderrohre Bauart Vianini der internationalen Siegwart-balken-gesellschaft Luzern*, von M. Roš (ex *Schweizer. Bauzeitung*, 22 Juni 1929). Luzern;

*Belastungsversuche an der Eisenbeton-Bogenbrücke über die Urnäsch bei Hundwil*, von M. Roš (ex *Schweizer. Bauzeitung*, 10 Aug. 1929);

*Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr*. III : *Metalle*, von M. Roš und A. EICHINGER. (Laboratoire fédéral d'Essai des Matériaux annexé à l'École polytechnique de Zurich, Diskussionsbericht Nr 34.) Zurich, 1929.

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*Traité de physique générale et expérimentale d'après le cours du Conservatoire national des Arts et Métiers*. 1er vol. : Mécanique. Chaleur, par Jules LEMOINE et Auguste BLANC. Paris, Libr. de l'Enseignement technique, Léon Eyrolles, 3, rue Thénard (5e), 1930;

*Comptage de l'énergie électrique en courants alternatifs*, par J. TARTINVILLE. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*La transmission de la chaleur*, par M. TEN BOSCH. Traduit d'après la 2e éd. allemande par P. L. PARIS, Dunod, 1930;

*Mécanique, électricité et construction appliquées aux appareils de levage*. Tome II : *Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels*, par Louis ROUSSELET. 2e éd. revue, corrigée et augmentée. Paris, Dunod, 1929;

*Agendas Dunod 1930*. Paris, Dunod : *Assurances*, par Pierre VÉRON et Félix POURCHEIROUX, 7e éd.; *Automobile*, par Gabriel LIENHARD, 18e éd.;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Banque*, par Henri DUFAYEL, 11e éd.; Bâtiment, par E. AUCAMUS, révisé par Ph. ROUSSEAU, 49e éd.; *Béton armé*, par Victor FORESTIER, 3e éd.; *Chemins de fer*, par Pierre PLACE, 49e éd.; *Chimie*, par Émile JAVET, 49e éd.; *Commerce*, par G. LE MERCIER, revu par E. RACHINEL, 16e éd.; *Construction mécanique*, par J. IZART, 49e éd.; *Électricité* par L.-D. FOURCAULT, 49e éd.; *Métallurgie*, par A. ROUX, 46e éd.; *Mines. Prospection et exploitation. Préparation mécanique*, par J. ROUX-BRAHIC, 49e éd.; *Physique industrielle*, par J. IZART, 10e éd.; *Travaux publics*, par E. AUCAMUS, révisé par Ph. ROUSSEAU, 49e éd.; *Vente et publicité*, par E. RACHINEL et M. BUISSON;

*Applications pratiques des interférences lumineuses à l'étude des calibres industriels et autres longueurs à bouts*, par Albert PÉRARD (ex *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures*, T. XVIII). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929. (*Don de l'auteur*);

*Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur*, par A. PÉRARD. (*Don de l'auteur*);

*La Revue de la Métallurgie*, 1904-1929. Numéro spécial consacré au 25e anniversaire de fondation de la Revue de Métallurgie. Paris, 5, cité Pigalle (9e);

*Le problème de l'accumulation de l'électricité et la solution apportée par l'accumulateur Pouchain*, par Henri ANTOINE. Lyon, l'Union lyonnaise, 55, rue de la République;

*Standards. Le travail américain vu par un ouvrier français*, par H. DUBREUIL. Paris, Bernard Grasset, 61, rue des Saints-Pères (6e), 1929.

M. Émile ANDRÉ, pharmacien des Hôpitaux de Paris, directeur du Laboratoire de Chimie organique appliquée à l'Étude des Corps gras et des Lubrifiants (École pratique des hautes Études) fait une communication sur *la question des lubrifiants nationaux; la culture du colza et du ricin en France et dans l'Afrique du Nord.*

Au moment de la guerre sous-marine à outrance, les armées alliées faillirent manquer non seulement de combustible liquide mais aussi de lubrifiant. De là est né le mouvement en faveur de ce que l'on a appelé le « carburant national ». Aucun mouvement de ce genre n'a été constaté pour le lubrifiant; cependant, en cas de conflit, son absence se ferait tout aussi cruellement sentir que celle du carburant; c'est cette absence qui a contribué pour beaucoup à la défaite de nos adversaires.

Les huiles de graissage d'aujourd'hui proviennent en majeure partie des fractions à point d'ébullition élevé des pétroles bruts. Les solutions partielles qui ont été trouvées pour diminuer la consommation d'essence laissent non résolu le problème de notre ravitaillement en lubrifiants. On sera contraint de revenir à ceux qui, tirés du règne végétal, ont été employés avec succès aux débuts du machinisme : l'huile de colza et l'huile de ricin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jusque vers 1889, l'*huile de colza* a été le meilleur lubrifiant pour les organes travaillant à température peu élevée; l'huile de ricin pour ceux qui sont appelés à chauffer ou qui travaillent à chaud. Les lubrifiants minéraux n'ont été substitués à ces deux huiles qu'à cause de leur prix beaucoup plus bas.

Notre ravitaillement en lubrifiants minéraux étant coupé en cas de conflit, pourrions-nous trouver dans la métropole ou dans une colonie très proche l'huile de colza et l'huile de ricin destinées à les remplacer?

Aujourd'hui, l'huile de colza est bien peu connue du grand public. La culture du colza, recommandée en France par l'abbé Rozier en 1774, semble avoir été largement pratiquée pendant la Révolution. En 1801, l'usage de l'huile de colza devait être assez répandu, car Thénard, cette même année, indiqua un procédé destiné à l'épurer. Ce procédé est encore employé aujourd'hui; il a été appliqué ensuite à l'épuration des huiles minérales.

La graine de colza renferme une assez forte proportion de matières mucilagineuses et albuminoïdes qui passent dans l'huile au moment où les graines sont pressées. C'est leur présence dans l'huile qui s'oppose à son ascension dans les mèches, les fait charbonner et gêne la combustion. Thénard traitait l'huile par l'acide sulfurique; la matière grasse proprement dite de l'huile résiste beaucoup mieux à son action que les matières précitées; celles-ci sont transformées en un goudron poisseux qu'on sépare par décantation en même temps que l'acide mis en excès. Un lavage à l'eau, en présence ou non de carbonate de chaux, enlève les dernières traces d'acide.

L'huile de colza qui servit successivement à l'éclairage puis au graissage, servit aussi à l'alimentation malgré une saveur de navet plus ou moins prononcée. La culture du colza, d'abord confinée dans le Nord de la France, s'étendit dans tout le Nord-Ouest et l'Ouest, la vallée de la Saône et le Plateau central. Au moment de son apogée, entre 1860 et 1865, elle couvrait 200.000 ha. La découverte des gisements de pétrole en Pennsylvanie, en 1858, la fit décliner rapidement : les pétroles lampants remplacèrent d'abord l'huile d'éclairage, puis les graisses minérales la remplacèrent pour le graissage.

La culture du colza qui, au point de vue agricole, présente plusieurs grands avantages, dut être à peu près abandonnée; elle est aujourd'hui à peu près inconnue d'un grand nombre de cultivateurs.

L'huile de colza a cependant conservé quelques applications :

1° elle sert à l'éclairage, dans les veilleuses des églises de presque tous les cultes : les graisses animales, ou la stéarine qu'on en tire, étant considérées comme d'origine immonde;

2° pendant la guerre, on a repris sa culture sur le Plateau central en vue de l'alimentation; comme telle, elle a donné satisfaction et on en consomme encore de petites quantités dans la vallée de la Saône;

3° elle est employée, en faibles proportions il est vrai, au graissage, car elle possède à un très haut degré la viscosité et surtout l'onctuosité, propriété découverte récemment et dont on peut dire qu'elle est étroitement liée à la facilité qu'ont certaines molécules de s'orienter et d'adhérer, sous forme d'une pellicule très mince, aux surfaces avec lesquelles elles sont en contact. Les molécules des matières grasses, et plus encore celles des acides gras, ont des propriétés d'orientation et d'adhésion bien supérieures à celles des hydrocarbures qui constituent les huiles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minérales. Cela explique les bons effets de l'addition d'une toute petite fraction d'huile de colza — de façon générale d'une huile animale ou végétale — aux graisses minérales pour constituer ces lubrifiants composés qu'on a appelé huiles compound ou compoundées.

Il existe deux sous-variétés du colza (*Brassica campestris*, variété *oleifera*) qui peuvent être cultivées presque partout en France avec des rendements satisfaisants ou acceptables. De 1912 à 1927, le rendement moyen à l'hectare est passé de 11,78 q à 12,20; la production en graines est passée de 299.000 à 229.000 q, et la superficie cultivée de 25.400 ha à 18.800. Notre production métropolitaine est très inférieure à notre consommation : nous importons deux fois autant de graines que nous n'en produisons; en outre, nous importons aussi de l'huile. Les cours, qui ont varié beaucoup pendant ces 15 dernières années, sont assez élevés aujourd'hui pour laisser au cultivateur une rémunération raisonnable, en tout cas plus élevée que le blé. Dans les autres pays d'Europe, le recul de la production est moins accentué qu'en France.

D'études, faites depuis 1916 en Allemagne, il résulte que, de toutes les plantes oléagineuses pouvant végéter dans ce pays, la plus avantageuse est le colza et que, d'une façon générale, le prix de revient des matières grasses végétales est à peu près la moitié de celui des matières grasses animales. Les méthodes perfectionnées de raffinage en usage permettent aujourd'hui d'obtenir des huiles végétales alimentaires peu colorées, sans saveur ni odeur rappelant la graine ou le fruit d'origine. Il est plus avantageux de produire ces huiles que d'engraisser des bêtes; la culture du colza est donc à reprendre.

L'*huile de ricin*, la seule qui soit plus visqueuse (viscosité 18 à 50°) que l'huile de colza (viscosité 5), convient aux « mouvements chauds ». Par leur mélange, on peut réaliser toutes les viscosités intermédiaires. L'huile de ricin fut employée comme lubrifiant aux débuts du machinisme, mais elle fut vite détrônée par les produits très épais dérivés du pétrole (huile à cylindres). L'impossibilité d'obtenir un mélange stable quand on l'ajoute aux huiles minérales a contribué à ce résultat. C'est le développement de l'aviation qui a ressuscité l'huile de ricin comme lubrifiant.

Le ricin paraît originaire des hauts plateaux de l'Éthiopie; on le rencontre à l'état subspontané dans toute l'Afrique du Nord, en Arabie et aux Indes. Connue comme purgatif au temps des Égyptiens, l'huile a été employée comme telle par eux, puis par les Grecs et les Romains. Elle fut abandonnée au temps des invasions barbares. Elle ne réapparaît en pharmacie qu'à la fin du XVIII$^{e}$ siècle ; elle est alors importée des Antilles et de l'Amérique du Sud, qui restent longtemps fournisseurs de l'Europe. La graine, employée seule, a des propriétés toxiques. Le blocus de la France par les Anglais provoqua la culture du ricin dans le Gard et l'Hérault et, en Italie, aux environs de Pavie et de Vérone, région qui fournit longtemps la meilleure huile pharmaceutique.

En 1880, les fabricants d'huiles de Marseille commencèrent à traiter les graines de ricins originaires de l'Inde et exportèrent leur huile jusqu'en Angleterre. Pendant la guerre, leurs usines travaillèrent à plein rendement pour les besoins de notre aviation; le prix des graines de ricin passa, de 1914 à 1918, de 24 à 260 francs-or le quintal. A la demande du Ministère de l'Armement, des essais de culture du ricin furent entrepris dans la plupart de nos colonies, en général avec succès. Les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

récoltes n'ayant pas été achetées après l'armistice, les colons qui avaient fait ces essais abandonnèrent la culture du ricin, de sorte qu'aujourd'hui nous importons les 8/10 de l'huile de ricin qui nous est nécessaire, et cette importation, depuis cinq ans, s'accroît chaque année de 1.000 à 1.200 t.

Les applications de l'huile de ricin sont extrêmement nombreuses; un auteur allemand en a relevé 18; les plus importantes, en dehors de la mécanique et de la pharmacie, sont : la fabrication des sulforicinates, du linoléum, du caoutchouc factice, de certains explosifs comme la cordite, des peintures et vernis. On s'en sert aussi pour l'éclairage dans les pays tropicaux.

Nos colonies exportent très peu chez nous, environ le 1/10 de ce que nous consommons; cependant, l'Algérie et surtout le Maroc, qui, dans sa partie occidentale, jouit d'un climat très favorable à un grand nombre de cultures autres que celles des régions subtropicales, pourraient nous fournir toute l'huile de ricin nécessaire à notre défense nationale. Madagascar et l'Indochine pourraient aussi devenir des greniers à ricin, mais leur éloignement ne permet pas de compter sur leur ravitaillement en temps de guerre.

Les efforts de 198 députés français et de l'Office des Combustibles liquides ont abouti récemment à l'élaboration d'un programme d'intensification de la culture du ricin au Maroc qui donnera des résultats d'ici peu.

Actuellement, on cultive le ricin au Maroc :

1° sur les dunes d'Agadir et de Mogador, en raison de sa croissance rapide et de son fort réseau radiculaire; c'est une plante fixatrice des dunes. Cet emploi est dû à une initiative, prise en 1915, par le brigadier des Eaux et Forêts Dupuy; dans les années favorables, l'Administration forestière récupère, par la seule vente des graines de ricin, les dépenses occasionnées par la fixation des dunes (elle comporte l'emploi d'autres végétaux);

2° sous forme régulière, dans les terrains de la zone occidentale, océanique, capables de fournir un rendement élevé; ou sous forme dérobée, en demi-culture, dans les terrains de médiocre valeur.

En général, on a propagé des variétés de choix à grand rendement (1.500 et même 2.000 kg par hectare) parfaitement adaptées aux conditions locales et à leur destination.

Il convient de signaler que, dès à présent, en A. O. F., l'huile de ricin et l'huile d'arachide servent de carburant et de lubrifiant pour alimenter des moteurs semi-Diesel qui fournissent, dans des stations centrales éloignées de la côte, l'énergie mécanique et la lumière électrique aux installations européennes. Ces huiles ne reviennent pas à plus de 1 fr à 1,20 fr le kilog. sur les lieux de consommation.

E. L.

M. SAUVAGE, *président*. — Si on se remettait à cultiver le colza en France, l'agriculteur en trouverait-il facilement le placement?

M. E. ANDRÉ. — Certainement, si, au début, on prend la précaution d'organiser la production et la vente car nous importons à peu près toute l'huile que nous consommons.

M. SAUVAGE. — Le colza peut prospérer à peu près partout en France,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avez-vous dit, mais ne conviendrait-il pas de ne le cultiver qu'auprès des huileries capables de l'absorber?

M. E. ANDRÉ. — Sans doute, car les frais de transport viennent augmenter considérablement le prix au lieu de production. C'est ainsi qu'en Allemagne, là où, loin de Hambourg, on a cultivé le colza, il n'a pu lutter contre le colza importé par voie de mer à Hambourg où se trouvent les principales huileries : le transport par chemin de fer à travers l'Allemagne était plus cher que par navires des Indes à Hambourg. Il y a cependant un facteur qui peut jouer en faveur d'un colza métropolitain, c'est qu'en France par exemple, le rendement du colza par hectare est le double de ce qu'il est aux Indes.

M. GRUNER. — Je me rappelle qu'il y a soixante ans environ, il y avait à Caen plusieurs huileries qui traitaient le colza cultivé dans la plaine de Caen. Y a-t-il encore chez nous des huileries traitant le colza dans cette région?

M. E. ANDRÉ. — Il n'y en a plus à Caen, mais il y en a deux grandes à Fécamp, l'une traitant la graine de lin, l'autre du colza importé de l'Inde. La petite quantité de colza récoltée en Seine-Inférieure est traitée dans une huilerie de Dijon.

M. SAUVAGE, *président*. — Je remercie très vivement M. André de sa communication si intéressante, si documentée; elle nous a appris beaucoup de choses nouvelles que notre devoir est de connaître et de faire connaître. Je le prie de nous en remettre le texte en vue de son insertion dans notre *Bulletin*. Nous y retrouverons les renseignements précis qu'il nous a donnés.

M. SAUVAGE, *président*, donne lecture du procès-verbal de dépouillement du scrutin.

1° *Bureau pour 1930.*

| | | |
|---|---|---|
| Ont voté par correspondance . . . . . | 344 | sociétaires. |
| Ont voté à la séance. . . . . | 12 | — |
| Total . . . . . | 356 | sociétaires. |

Ont obtenu.

| | | | |
|---|---|---|---|
| comme *président*. . . . . | M. Mangin . . . . . | 355 | voix. |
| comme *vice-présidents*. . . . . | MM. Walckenaer. . . . | 355 | — |
| | Chesneau . . . . | 356 | — |
| | Jean Rey . . . . | 355 | — |
| | d'Allemagne . . . | 356 | — |
| | de Rousiers . . . | 355 | — |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | | | |
|---|---|---|---|
| comme *secrétaires généraux.* . . | MM. | de Fréminville. . . | 356 voix. |
| | | Wery . . . . . | 355 — |
| | | H. Hitier . . . . | 1 — |
| comme *trésorier* . . . . . | M. | Alby . . . . . | 355 — |
| comme *censeurs* . . . . . | MM. | de Rousiers . . . | 355 — |
| | | Herrenschmidt . . | 356 — |

En conséquence, le *quorum* statuaire de 100 membres votants étant atteint, sont déclarés élus membres du Bureau de la Société pour 1930 : *Président* : M. MANGIN; — *Vice-présidents* : MM. WALCKENAER, CHESNEAU, J. REY, D'ALLEMAGNE, DE ROUSIERS; — *Secrétaires généraux* : MM. DE FRÉMINVILLE, WERY; — *Trésorier* : M. ALBY; — *Censeurs* : MM. DE ROUSIERS, HERRENSCHMIDT.

Ont signé les scrutateurs : MM. de Fréminville et Wery.

2° *Ratification de la nomination de nouveaux membres du Conseil d'administration.*

| | |
|---|---|
| Ont voté par correspondance . . . . . | 344 sociétaires. |
| Ont voté à la séance . . . . . | 12 — |
| Total . . . . . | 356 sociétaires. |

Ont obtenu :

| | |
|---|---|
| MM. Pierre Jolibois . . . . . | 355 voix. |
| Léon Gaumont . . . . . | 355 — |
| Alfred Nomblot . . . . . | 354 — |
| Émile Prudhomme . . . . . | 355 — |
| Georges Rémond. . . . . | 355 — |
| Louis Bonnier . . . . . | 355 — |
| Auguste Chevalier . . . . . | 355 — |
| Bessière . . . . . | 1 — |
| André . . . . . | 1 — |
| Schrœder . . . . . | 1 — |

En conséquence, le *quorum* statutaire de 100 membres votants étant atteint, sont déclarés membres du Conseil d'Administration : M. JOLIBOIS (*Comité des Arts chimiques*); — M. GAUMONT (*Comité des Arts économiques*); — MM. NOMBLOT, PRUDHOMME et RÉMOND (*Comité d'Agriculture*); — M. BONNIER (*Comité des Constructions et des Beaux-Arts*); — M. CHEVALIER (*Comité de Commerce*).

Ont signé les scrutateurs : MM. de Fréminville et Wery.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BIBLIOGRAPHIE

**Note sur les connaissances actuelles des propriétés de la vapeur d'eau**, par M. D. SOCHACZEWER, ingénieur aux Établissements Schneider et C^ie^ (Extrait des *Annales des Mines*, livraisons de mai et juin 1929). Une brochure (23 × 14 cm), 102 p., 32 fig. Paris, 1929. Dunod, éd., 92, rue Bonaparte (6^e^).

Dans ce mémoire, M. Sochaczewer a présenté un exposé critique des connaissances actuelles sur les propriétés de la vapeur d'eau.

Il s'agit des propriétés physiques, celles sur lesquelles repose toute l'utilisation thermodynamique et thermique du fluide eau-vapeur. Dans ce vaste et important domaine, avant d'entreprendre une étude ou de faire un raisonnement quelconque, c'est en présence des propriétés du fluide qu'il faut tout d'abord se placer.

Pendant longtemps, on a pu se contenter de la connaissance approximative et limitée qui résultait des expériences des anciens physiciens, principalement de celles de Regnault, admirables pour leur époque, et des conséquences que l'on en avait déduites par application des principes de la thermodynamique. Mais les expériences de Regnault n'avaient déterminé la température de saturation de la vapeur, la chaleur spécifique de l'eau, la chaleur totale de la vapeur saturée (d'où la chaleur de vaporisation) que jusque vers 28 kg : cm² et 230°, et la chaleur spécifique de la vapeur (jusque vers 230° également) qu'à la pression atmosphérique seulement.

Or, depuis une vingtaine d'années, les écarts de pression et de température mis en œuvre ou envisagés sont d'une amplitude précédemment inconnue et vont toujours croissant; la vapeur surchauffée est employée sous les plus hautes pressions en usage. La nécessité est apparue de reviser les tables et les diagrammes par lesquels il était classique de représenter les propriétés de la vapeur, surtout dans les parties qui, obtenues par extrapolation, étaient à la fois les plus sujettes à critique et les plus nécessaires à consulter pour la solution des problèmes posés par la hardiesse des ingénieurs.

C'est pourquoi il a été entrepris de nouvelles séries de déterminations, particulièrement en Allemagne, en Amérique et en Angleterre. En Allemagne, ce sont les travaux effectués au laboratoire de l'École supérieure technique de Munich par M. Knoblauch et ses collaborateurs, dont le début remonte à vingt ans et qui se poursuivent encore. En Amérique, c'est la campagne de recherches entreprise en 1921 par l'*American Society of mechanical Engineers* et dont l'exécution a été partagée entre l'Université de Harvard, l'Institut technologique de Massachussets et le *Bureau of Standards*. En Angleterre, ce sont les recherches récentes de M. Callendar, faisant suite à ses travaux anciens.

Il a déjà été publié en France des mises au point de la question tenant compte, chacune à sa date, de l'état de ces divers travaux : par exemple, dans l'étude des propriétés physiques de la vapeur d'eau de Charles Roszak (revue *Chaleur et Industrie*, 1924). Mais M. Sochaczewer a fait œuvre nouvelle et remarquable en présentant l'ensemble de la question avec une méthode, une clarté et un esprit critique qui rendent son étude éminemment instructive.

Il commence par rappeler brièvement les travaux de Regnault, introduction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

indispensable pour faire comprendre à la fois le grand mérite de ces travaux, leur autorité dans le passé et leurs insuffisances actuelles. Il fait ensuite l'analyse et expose les résultats de chacun des trois groupes de recherches modernes.

Pour la détermination de la chaleur spécifique à pression constante de la vapeur surchauffée, Knoblauch et ses collaborateurs procèdent directement, en faisant passer la vapeur dans un serpentin entouré d'un bain à chauffage électrique; on note les températures de la vapeur à l'entrée et à la sortie du serpentin, on en évalue le débit par la quantité d'eau que produit sa condensation, on détermine la quantité de chaleur fournie au serpentin par la mesure de l'énergie électrique absorbée par le bain, la perte extérieure étant connue au moyen d'une expérience séparée, et l'on obtient ainsi la chaleur spécifique moyenne entre les deux températures considérées. Dans la méthode américaine, comme dans celle de Callendar, ce que l'on détermine directement est l'effet Joule-Thomson, c'est-à-dire le rapport de la chute de température à la chute de pression dans une transformation élémentaire à chaleur constante (laminage de la vapeur); on en tire, par intégration, les valeurs de la chaleur totale en fonction de la pression et de la température, et la chaleur spécifique s'en déduit.

Après avoir décrit les travaux expérimentaux, M. Sochaczewer résume les principaux travaux d'interprétation auxquels ces résultats ont donné lieu : diagramme de Mollier, tables de Schüle, interprétation des travaux de Knoblauch par Eichelberg, diagramme de Stodola.

Enfin, il présente la critique des systèmes ainsi édifiés, des formules par lesquelles Regnault, Callendar, Knoblauch et les Américains les ont successivement traduits, et il se livre à une comparaison détaillée des tables et des diagrammes. Ses conclusions essentielles sont finalement les suivantes :

« 1° Les tables et les diagrammes de vapeur, en usage courant, sont basés sur des études expérimentales, mais la majeure partie de ces tables et diagrammes constitue une extrapolation fortement poussée des relevés expérimentaux. Pour certains de ces diagrammes, la base expérimentale est très petite par rapport au domaine extrapolé;

« 2° Il n'y a pas de différence sensible jusqu'à 30 kg : cm² et 350° environ entre les valeurs des grandeurs caractéristiques de la vapeur d'eau données par les différents auteurs;

« 3° Au delà de 30 kg : cm² et 350°, les divergences vont en s'accentuant et deviennent très grandes pour les très hautes pressions et températures;

« 4° A l'heure actuelle, on ne peut pas encore se prononcer, en ce qui concerne le domaine de la haute pression et de la haute température, sur le diagramme ou la table dont la partie extrapolée s'approche le plus de la vérité;

« 5° L'achèvement des travaux américains constituera la pierre de touche des tables et des diagrammes actuellement en usage;

« 6° Les tables de Knoblauch doivent être considérées comme les plus précises des tables contemporaines. »

L'intérêt qu'ont manifesté pour le mémoire de M. Sochaczewer, les savants les plus autorisés, tels que MM. Knoblauch et Stodola, témoigne de sa valeur.

Il est à souhaiter que, ainsi qu'il l'annonce, l'auteur donne prochainement une suite à son étude, rendant compte des tout derniers travaux.

CH. WALCKENAER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**L'appareillage des fabrications mécaniques.** Un vol. (25 × 16 cm), de 318 p., 300 fig. Paris 1920. Ch. Béranger, éd., 15, rue des Saints-Pères (7e); — **Machines-outils pour le travail des métaux, machines spéciales**, 1925, 356 p., 130 fig.; — **Machines-outils pour le travail des métaux, machines d'usage général**, 1927, 358 p., 115 fig.; — **Machines-outils pour le travail du bois**, 1928, 351 p., 152 fig.; — **Outillage des fabrications mécaniques**, 1930, 414 p., 134 fig. 4 vol. (18 × 11 cm). Gaston Doin, éd., 8, place de l'Odéon, Paris (6e); les 5 ouvrages par Camille Roure, Ingénieur des Arts et Manufactures.

Ces ouvrages sur le matériel des fabrications mécaniques ont été écrits en vue de la formation technique de l'apprenti et du jeune ingénieur.

L'auteur s'est efforcé de donner dans cet ensemble une vue générale, claire, simple, ordonnée et complète de ce vaste sujet. A côté des descriptions indispensables, allégées d'ailleurs par l'usage des schémas, il a voulu développer des idées générales en comparant les méthodes, en reliant entre elles des notions diverses et en donnant les chiffres nécessaires pour fixer dans l'esprit les ordres de grandeur. Il fait d'ailleurs usage du calcul élémentaire, de graphiques et de nombreuses figures ainsi que de tableaux synoptiques et de tous les moyens propres à donner de la vie et de la précision à l'enseignement. Enfin il s'est appliqué à retenir l'attention sur les accidents dont les machines sont trop souvent la cause, afin que l'idée de précaution et de protection soit intimement liée à la connaissance de la machine.

CH. DE FRÉMINVILLE.

**La rectification des pièces mécaniques**, par Henri Guénard, Ingénieur des Arts et Métiers. Un vol. (25 × 17 cm), de 250 p., 189 fig., Paris, 1929. Dunod, éd., 92, rue Bonaparte (6e).

L'auteur a réuni dans ce volume une série d'études personnelles concernant respectivement : la rectification cylindrique extérieure; — la rectification cylindrique intérieure; — la rectification des faces planes; — la rectification sans centres.

Le livre contient d'utiles renseignements sur l'analyse de l'action de la meule, la précision que l'on peut obtenir, et la recherche des conditions de travail les plus économiques; il donne aussi de nombreuses indications pratiques sur la construction et l'emploi des principales machines à rectifier modernes.

L'auteur a eu recours à de nombreuses figures, chacune de celles-ci se rapportant à un objet limité et bien défini; de ce fait, le texte est d'une lecture facile.

Par suite des perfectionnements poursuivis parallèlement dans la fabrication des meules et dans la construction des machines à rectifier, la rectification a pris dans ces dernières années un développement considérable.

L'ouvrage de M. Guénard contribuera à faire connaître ce développement et à l'accentuer.

M. J. ANDROUIN.

**Équilibres superficiels des solutions colloïdales. Études de biophysique moléculaire** (Monographies de l'Institut Pasteur), par P. Lecomte du Nouy, chef de service à l'Institut Pasteur. Un vol. (25 × 16 cm), de 228 p., 77 fig., XXII pl., Bibliographie, p. 215-221. Paris, 1929. Masson et Cie, éditeurs, 120, boulevard Saint-Germain.

L'ouvrage de M. Lecomte du Nouy comporte l'étude expérimentale des phénomènes superficiels observés dans les solutions colloïdales. Le premier chapitre est consacré à la description d'une méthode de mesure applicable à la détermination

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des tensions superficielles. L'auteur a imaginé un appareil basé sur le procédé dit de l'arrachement de l'anneau qui lui permet de faire les mesures avec une grande rapidité (10 s environ) et une précision de l'ordre de 1/10 de dyne, soit 1 p. 1.000 environ dans le cas de l'eau. Cet appareil est d'ailleurs applicable, moyennant de légères modifications, à la mesure des tensions interfaciales, c'est-à-dire des tensions capillaires à la surface de contact de deux liquides non miscibles.

M. Lecomte de Nouy a appliqué ce procédé à l'étude des tensions superficielles de divers liquides colloïdaux (sérum, solutions d'ovalbumine ou d'oléate de soude, etc.). Il a suivi en particulier l'évolution de ces tensions avec le temps.

L'auteur donne ensuite de tous les phénomènes observés des interprétations qui, ainsi qu'il le signale lui-même, ne cadrent pas toujours avec les théories modernes. Ces interprétations pourront donc faire l'objet de discussions ou de réserves. Par contre, tous ceux qui ont été conduits à étudier les phénomènes capillaires — et qui savent combien les expériences de cette nature sont délicates — ne pourront que louer l'ingéniosité de M. Lecomte de Nouy et le féliciter de la précision avec laquelle il a su mettre en évidence les précautions qu'il est indispensable de prendre en ce domaine.

La lecture de cet ouvrage s'impose à tous ceux qui entreprennent l'étude des propriétés superficielles des liquides; en outre, comme l'ont écrit le Dr Carrel et le professeur Milikabn, dans la préface des éditions américaines, elle intéressera les biologistes et tous ceux qui s'occupent de physique moléculaire.

R. DUBRISAY.

**La commercialisation de la vie française du premier Empire à nos jours**, par M. PIERRE BONNET, docteur en droit, président de chambre au Tribunal de Commerce de la Seine. Un vol. (19 × 12 cm), de 424 p. Paris, 1929. Librairie Plon, 8, rue Garancière.

Il y avait au début du XIX^e^ siècle, un nombre considérable de Français qui vivaient, pour ainsi dire, en marge du commerce, parce qu'ils consommaient directement les fruits de leur travail. C'étaient des paysans ne recevant aucun salaire en argent, mais prélevant pour leur rémunération une partie des récoltes qu'ils obtenaient quand ils travaillaient des terres ne leur appartenant pas, ou les conservant entièrement pour l'usage de leur famille quand ils cultivaient leur propre ferme. Seule, la différence entre les fruits obtenus et ceux qu'ils consommaient donnait lieu à une vente; mais, autant que possible, l'argent qui provenait de cette vente était mis de côté pour acheter de la terre, de telle sorte que Frédéric Le Play pouvait dire qu'aux yeux des gens de ce milieu, l'argent était « immeuble par destination ».

Cette conception est aussi éloignée que possible de celle d'un ouvrier de l'industrie moderne, installé dans une grande ville où il se procure avec de l'argent non seulement tous les aliments dont il a besoin, mais les vêtements qui le couvrent, la chambre qu'il habite, son éclairage, son chauffage, ses moyens de transports, ses récréations, bref tous les objets et tous les services qui lui sont utiles. Chaque quinzaine, parfois plus souvent, il touche le salaire qu'il gagne en travaillant au compte d'un patron. Ainsi toute sa vie matérielle est dominée par la préoccupation du prix de ce qu'il achète et du prix de l'effort qu'il fournit. Elle est commercialisée.

Depuis un siècle, cette commercialisation s'est développée progressivement et est devenue envahissante. Elle s'affirme chaque fois qu'un petit atelier de famille disparaît devant une grande usine, c'est-à-dire au fur et à mesure de l'évolution qui entraîne la plupart des industries. Elle étend son champ d'action chaque fois que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'ouvrier rural, abandonnant le toit paternel, se loge dans une agglomération où il doit payer un loyer; chaque fois que l'artisan se voit contraint de travailler pour le compte d'autrui ou de recourir au crédit pour soutenir son entreprise. Elle triomphe quand l'usine, déjà importante, doit s'intégrer à d'autres usines complémentaires pour lutter victorieusement contre la concurrence; quand il lui faut s'unir à ses concurrents eux-mêmes pour régler de concert avec eux ses conditions de vente; quand elle a besoin de recourir à des appuis financiers extérieurs et d'entrer en combinaison avec des banques. Toute complication dans les rapports d'affaires lie les uns aux autres une série d'intérêts divers qui expriment leur position respective par des participations, des commissions, des contributions, des salaires, des paiements ou des ristournes : ce sont autant de signes de la commercialisation.

M. Pierre Bonnet s'est attaché à suivre ce phénomène, sinon année par année, du moins période par période. Chacune de ces périodes est caractérisée dans son ouvrage par un fait dominant agissant dans le sens de la commercialisation. Par exemple, de 1814 à 1848, l'ère de la vapeur commence et c'est un des plus puissants éléments de la transformation. De 1848 à 1870, la vapeur, appliquée timidement jusque-là aux chemins de fer et à la navigation, se développe; elle envahit de plus en plus la fabrication. Le canal de Suez est ouvert, le mont Cenis est percé, et, en présence de toutes ces barrières qui tombent, la doctrine du libre échange s'affirme. Enfin, les grands établissements de crédit se créent pour financer les entreprises nouvelles dont l'importance dépasse le cadre trop étroit des sociétés de personnes et des groupements de capitaux limités. De 1870 à 1914, les pays neufs s'outillent; les transports maritimes se multiplient; les exportations de produits fabriqués et même de produits agricoles s'organisent; l'électricité entre largement dans la voie des applications industrielles; la chimie envahit le champ des fabrications les plus diverses. Tous les moyens de production, de transport et d'échange tendent vers une concentration accentuée qui atteint le commerce de détail.

Les années de guerre bouleversent les situations acquises, interrompent les rapports établis, transforment, détruisent, gaspillent. Elles n'arrêtent pas ce mouvement rapide et puissant qui entraîne les industries vers le travail mécanique, la grande usine et la vaste entreprise, pour produire à bon compte; vers les ententes pour régulariser le marché. Au contraire, elles le favorisent, comme le favorisera d'ailleurs la grande œuvre de reconstitution et de relèvement économique qu'elles ont rendue nécessaire. Et la commercialisation suit une marche parallèle que manifestent des signes certains, tels que la hausse de la main-d'œuvre, la sensible augmentation du nombre des salariés, principalement des femmes, le développement constant des banques, des transports et des échanges.

Il faut lire le livre de M. Pierre Bonnet pour jalonner, sous sa direction, la progression constante de la commercialisation depuis un siècle. Les points de repère qu'il fixe donnent à réfléchir et suscitent aux personnes ayant une longue expérience de la vie, de nombreux rapprochements qui éclairent d'une vive lumière les événements auxquels ils ont été mêlés. Quant aux personnes plus jeunes, elles retireront de cette lecture une excellente leçon d'histoire économique.

PAUL DE ROUSIERS.

**Les houilles, leur marché, leur préparation mécanique, leur utilisation chimique**, par C. BERTHELOT, ingénieur-conseil. Un vol. (19 $\times$ 12 cm), de 330 p., 60 fig. Paris, 1929. J.-B. Baillière et fils, éd., 19, rue Hautefeuille (6e).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet ouvrage, qui fait partie de l'*Encyclopédie industrielle*, complète de la façon la plus heureuse celui, beaucoup plus important, que M. Ch. Berthelot, bien connu par ses nombreuses études sur les combustibles, a publié chez le même éditeur sous le titre : *Les combustibles dans l'industrie moderne*.

Dans son nouveau livre, M. Ch. Berthelot s'adresse moins aux débutants qu'aux praticiens déjà bien au courant des principes fondamentaux de l'exploitation, ainsi que des divers emplois des houilles, et qui s'intéressent aux derniers perfectionnements de cette industrie vitale dans le développement de la civilisation moderne; c'est pourquoi l'auteur, très concis pour l'exposé des buts poursuivis dans chaque étape, s'étend au contraire longuement dans la description des appareils récents les plus perfectionnés qu'il a étudiés personnellement en France, en Allemagne et en Angleterre, et dont il ne manque jamais de discuter les avantages qu'ils offrent sur ceux qui les ont précédés, ou les défauts qu'ils présentent encore et auxquels il devrait être remédié. C'est ainsi que, sous un volume très réduit, le livre de M. Ch. Berthelot répond d'avance à la plupart des questions que peuvent actuellement se poser les exploitants de houillères et les consommateurs de charbon, déjà rompus aux difficultés du métier et qui cherchent à les faire disparaître ou tout au moins à les atténuer.

L'ouvrage de M. Ch. Berthelot comprend six parties.

Dans la première : *L'industrie houillère*, l'auteur, après avoir donné une statistique de la production mondiale, expose la situation de l'industrie minière en France, en Angleterre et en Allemagne, et indique l'influence de la rationalisation sur l'exploitation houillère de la Ruhr. Puis il étudie les méthodes générales d'utilisation du charbon et, notamment, les différents facteurs entrant en jeu dans la production des carburants synthétiques qu'on en peut faire dériver.

Dans la seconde partie : *Nature des houilles et des cokes*, l'ouvrage donne la définition et la classification des combustibles, suivant leurs qualités et l'utilisation qu'on en peut faire d'après celles-ci.

La troisième partie, la plus étendue : *Préparation mécanique*, expose tout d'abord les études préliminaires à faire sur les charbons bruts avant de faire le choix des appareils destinés à leur purification; elle traite ensuite, en grand détail, avec nombreux exemples à l'appui, du dépoussiérage, puis du lavage par les bacs à piston et les rhéolaveurs. L'auteur expose ensuite la question de l'égouttage et du séchage des charbons lavés, puis celle de la carbonisation, au sujet de laquelle il étudie longuement les derniers perfectionnements apportés en Allemagne dans l'industrie du coke, et il termine par l'exposé des méthodes nouvelles de production et d'utilisation des agglomérés de houille et de lignite.

La quatrième partie : *Contrats de vente* et la cinquième : *Vérification de l'exécution des contrats*, donnent des indications très précises sur la rédaction des cahiers des charges pour la fourniture des charbons, ainsi que sur les méthodes à suivre pour l'évaluation du poids des livraisons et le prélèvement des échantillons de charbon à analyser.

Enfin la sixième partie : *Méthodes d'essais du charbon, du coke métallurgique et des briquettes*, expose en grand détail les méthodes les plus récentes pour l'examen physique et chimique du charbon, du coke et des agglomérés.

G. CHESNEAU.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Standards**, par H. DUBREUIL, avec préface de M. H. LE CHATELIER, de l'Académie des Sciences. Un volume (19 × 12 cm) de 425 pages. Paris, « Les Écrits » chez Bernard Grasset, 1929.

Le volume que M. H. Dubreuil a publié récemment sous le titre de *Standards* (*Le travail américain vu par un ouvrier français*) a été lu et commenté avec le plus grand intérêt dans tous les milieux où l'on se préoccupe des questions industrielles ou sociales. Le sujet qu'il traite explique cet intérêt; la personnalité de l'auteur a beaucoup contribué à éveiller la curiosité du public.

Il ne s'agit pas d'une enquête faite par le directeur d'une société industrielle ou par un économiste, mais des impressions d'un ouvrier qui a connu parfaitement le travail dans les ateliers en France et qui a séjourné aux États-Unis quinze mois, gagnant sa vie dans les usines, habitant dans un *boarding house* et pouvant ainsi connaître à fond le genre de vie, les opinions et le caractère des ouvriers américains.

L'auteur joint, à la longue expérience technique, une culture générale que l'on sent très poussée et un bon sens savoureux qui lui permettent de tirer de ses observations des conclusions des plus judicieuses. Son livre, écrit d'une façon très vivante, et illustré de récits alertement conduits, se lit avec plaisir, et l'esprit est saisi par des remarques pénétrantes dont la portée dépasse souvent l'observation qui les a provoquées.

M. Dubreuil appartient à la Confédération générale du Travail; aussi beaucoup de lecteurs ont-ils ouvert son ouvrage, en s'attendant à y trouver des jugements politiques sur l'organisation du travail aux États-Unis et sur le régime capitaliste qui se montre si puissant dans ce pays.

Mais le livre de M. Dubreuil n'est aucunement un plaidoyer politique. C'est une enquête poursuivie avec un esprit d'impartialité complète. L'auteur, à propos des organisations ouvrières et de certaines expériences de coopération des ouvriers à la gestion des usines, affirme sa confiance dans l'évolution du capitalisme américain vers le socialisme; mais les faits qu'il a groupés et qu'il commente ne sont nullement choisis en vue d'appuyer une thèse générale de caractère politique.

Il est parti pour les États-Unis avec l'intention de rechercher la vérité entre les affirmations contradictoires qui se heurtent au sujet des méthodes de travail américaines et de leur répercussion sur la vie des ouvriers. Il a pu poursuivre son enquête librement, dans des ateliers très différents les uns des autres. Son témoignage est d'un grand poids et mérite d'être étudié avec attention.

Les quelques citations suivantes montreront, mieux que tout commentaire, l'esprit objectif avec lequel M. Dubreuil a étudié le problème qu'il entendait résoudre :

Après avoir indiqué à son retour qu'il avait eu la curiosité de connaître les impressions des voyageurs qui l'avaient précédé aux États-Unis et signalé qu'il avait mieux retrouvé l'atmosphère réelle de ce pays dans le livre de M. ANDRÉ SIEGFRIED, *Les États-Unis d'aujourd'hui*, M. Dubreuil cite deux conférences de M. Bellouard, directeur des usines Thomson-Houston, et de M. G. Maître, directeur des Forges de Basse Indre. Puis il ajoute [1] : « Je fus frappé par la simplicité de l'exposition de ces deux personnes et je compris que cela venait de ce qu'elles avaient l'une et l'autre une expérience personnelle du sujet qu'elles venaient

(1) Page 181.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'étudier. Si M. Siegfried avait prétendu nous apporter une étude spéciale de la vie industrielle, il y aurait sans doute moins bien réussi. Si d'autre part, ces deux ingénieurs avaient voulu traiter des problèmes généraux de la vie américaine, peut-être s'y seraient-ils également égarés. C'est ce qui m'a donné l'idée qu'avant de prêter attention à une enquête, il serait parfois utile de faire d'abord une enquête sur l'enquêteur.... »

Parlant des erreurs que peuvent commettre des enquêteurs pleins de bonne volonté mais insuffisamment expérimentés, l'auteur écrit [2] :

« Il est facile à comprendre qu'un homme d'éducation, habitué au calme du « cabinet de travail ou du laboratoire, éprouvera toutes sortes de réactions qu'un « ouvrier ordinaire, dont la vie s'est passée dans les usines, ne connaîtra pas. »

Citons encore cette observation sur les avantages des machines pour éviter le surmenage des ouvriers [3] :

« Nous édictons des mesures tendant à la limitation du poids des fardeaux. « Mais en Amérique, on peut remarquer que de telles mesures deviennent inutiles « lorsqu'une puissante machinerie et les convoyeurs mécaniques remplacent « à meilleur compte » le travail des portefaix. De telles machines sont beaucoup plus « efficaces pour prévenir les hernies que la législation la plus savamment conçue. »

Les questions que l'auteur s'était particulièrement posées étaient les suivantes :

Qu'est réellement la vie ouvrière au milieu des conditions nouvelles du travail américain?

L'organisation du travail et le système Taylor. Faut-il être pour les méthodes américaines?

Le travail « à la chaîne » est-il une cause de surmenage et de danger, ou au contraire doit-il être admis?

Les études sur la vie ouvrière aux États-Unis, faites trop souvent par des intellectuels peu au courant du travail manuel, ont répandu un certain nombre d'idées fausses, ou tout au moins exagérées, sur l'activité fiévreuse qui règne dans les ateliers américains, sur la division du travail poussée à l'extrême et sur l'organisation remarquable des usines.

Tout d'abord, M. Dubreuil constate que l'on travaille plutôt davantage dans la plupart des ateliers français que dans les ateliers américains. Si le rendement est souvent meilleur aux États-Unis, c'est que le travail y est alors mieux organisé. Il ne faut pas d'ailleurs s'illusionner sur la possibilité de triompher de l'Amérique en se bornant à copier ses méthodes. L'auteur rappelle que les Américains bénéficient de circonstances favorables exceptionnelles, richesses naturelles immenses, moyens de communication assurant la distribution de ces richesses dans un pays de grande étendue, population encore peu dense.

A côté des usines modernes, il reste encore beaucoup d'ateliers vieux et mal outillés où l'organisation du travail est rudimentaire.

Que ce soit dans un de ces ateliers ou dans une usine « taylorisée » à l'extrême, l'ouvrier américain retrouve une atmosphère très différente de celle qui règne dans les usines d'Europe, atmosphère qui explique que les immigrants se sentent si vite fiers d'être américains.

Il y a plus d'égalité, même avec les directeurs, moins de séparation entre

(2) Page 182.
(3) Page 219.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simple ouvrier et contremaître ou ingénieur, plus de cordialité à tous les degrés de l'échelle; non pas de cette bienveillance distante où l'inférieur sent un peu de mépris, mais de la cordialité sincère. Aussi n'y a-t-il pas chez l'ouvrier américain, à l'égard de ses chefs, de haine, ni même de rancune. Le grand principe reconnu par tous est que la valeur personnelle d'un homme « réside dans ce qu'il est capable de produire ». Les ouvriers reconnaissent la nécessité du travail et acceptent les ordres avec plus de placidité et de discipline que la plupart des ouvriers européens.

A la pension de famille (boarding house) dans laquelle ils vivent, les ouvriers célibataires se sentent moins isolés qu'à l'hôtel; ils y trouvent un milieu plus accueillant et plus familial.

On voit que M. Dubreuil a rapporté des impressions excellentes de la vie ouvrière en Amérique, tant à l'usine que hors de celle-ci. Il ne cache pas qu'il existe des ombres à ce tableau, mais ce jugement reste très favorable.

En ce qui concerne *l'organisation du travail*, M. Dubreuil montre, d'une façon très intéressante, comment le système Taylor, qui a été représenté si souvent comme constituant l'une des bases essentielles des méthodes américaines, a évolué depuis les premières expériences de son créateur, et combien il a été mal compris par beaucoup d'industriels européens.

Il serait trop long d'analyser toute cette étude et nous devons nous borner à en extraire quelques observations fondamentales. « L'étude du travail n'a pas exactement pour but la « diminution constante des prix de façon, à la manière de ceux « qui introduisirent le chronométrage dans notre pays vers 1910 et 1912, mais bien « plutôt la diminution du temps de façon, ce qui, malgré les apparences, n'est pas « tout à fait la même chose ».

On ne pousse pas tant les ouvriers à atteindre une production toujours plus intense qu'à rechercher continuellement par quels moyens techniques on peut accroître cette production.

Cette recherche est facilitée par le goût que manifestent tous les Américains, ouvriers comme patrons, pour les améliorations et pour les expériences incessantes. Ils ne cherchent pas à inventer en se fiant à leur imagination et à leur chance, mais en se basant sur les enseignements fournis par l'étude ou l'expérience du passé. « Le génie américain est le génie de la persévérance méthodique. »

« Le grand mérite de Taylor est d'avoir rendu plus systématiques le travail de « recherche et le travail d'organisation, et c'est d'ailleurs dans ce sens que ses « disciples ont surtout appliqué et développé son système, bien plus que dans la « mécanisation des mouvements humains. »

Il est remarquable de constater que chez Ford, où l'organisation du travail et la perfection de l'outillage ont été poussées si loin et ont conduit à des rendements exceptionnels, on ne trouve pas trace de systèmes dérivés du système Taylor : étude des temps au moyen de chronométreurs, fixation de salaires basés sur ces études. Les ouvriers y sont payés selon un salaire horaire, d'après leur ancienneté et la tâche qu'ils exécutent.

Tout l'effort de Ford consiste à organiser le travail de telle sorte que ses ouvriers aient un rendement maximum, tout en gagnant largement leur vie, sans trop de fatigue.

Le fameux *travail à la chaîne*, qui symbolise aux yeux d'écrivains mal renseignés, un véritable esclavage moderne, n'est autre chose qu'une application de ce principe du moindre effort qui est à la base des méthodes américaines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Dubreuil montre qu'il n'a nullement pour effet un surmenage des ouvriers, et qu'il constitue un progrès qui ne sera pas abandonné.

Élargissant le problème, M. Dubreuil fait le procès de l'ancien travail à la main, qui ne présentait pas moins de gestes à répétition que le travail à la machine, qui était plus fatigant et mal payé. Il affirme que c'était le vrai travail « des meurt de faim » tandis que le travail en série, seul, conduit à l'abaissement des prix et à la production en masse qui permettent à l'ouvrier de jouir des perfectionnements de la civilisation, jadis réservés aux riches, par exemple de l'éclairage électrique, du chauffage central, de l'automobile.

La fabrication en série, loin d'être productrice de camelote, ne se conçoit qu'avec une très grande perfection dans le contrôle des dimensions et dans la qualité des produits. Les Américains vont très loin dans ce sens, et M. Dubreuil montre que les essais, avant livraison à la clientèle, sont souvent bien plus développés qu'en Europe, ce qui n'est pas sans danger pour l'avenir de notre commerce d'exportation.

Un des chapitres les plus intéressants du livre est celui qui concerne le rapport entre les salaires et le prix de la vie. Après avoir établi qu'à valeur professionnelle égale, un Américain gagnera 60 cents à l'heure, alors qu'un ouvrier parisien gagne 4 francs, M. Dubreuil recherche combien de temps un ouvrier devra travailler, dans l'un ou l'autre pays, pour acquérir un objet donné.

C'est ainsi que pour acheter une livre de beurre de 12 fr, l'ouvrier parisien dépensera 3 heures, tandis que l'ouvrier américain aura gagné en une heure de quoi l'acheter (60 cents). Cette méthode ingénieuse permet une comparaison rationnelle entre le coût de la vie en France et le coût de la vie aux États-Unis. D'une façon générale, l'avantage est tout en faveur de l'ouvrier américain. C'est ainsi qu'il ne lui faut que 6 minutes (contre 15 en France) pour une livre de pain, 35 minutes (au lieu de 2 heures 40 minutes) pour une livre de rumsteck, 1 heure (au lieu de 3 heures) pour une livre de café, 23 heures (au lieu de 85) pour une tonne de charbon, 8 heures (au lieu de 20 heures) pour une paire de chaussures. L'ouvrier américain peut acheter une « Ford, nouveau modèle » avec 18 semaines de salaires; l'ouvrier français devrait travailler un an et demi pour acheter une voiture française comparable.

Pour un seul article, l'ouvrier français semble dépenser moins. C'est pour le logement. Mais, en réalité, l'Américain a un logement beaucoup plus vaste, avec chauffage central et salle de bain, par conséquent nullement comparable à celui de son collègue français.

Nous arrêterons sur ce tableau saisissant l'analyse de l'ouvrage de M. Dubreuil. Il resterait bien des chapitres à en citer. Nous croyons en avoir assez dit pour en montrer tout l'intérêt. La conclusion de l'auteur est nette : « J'ose dire qu'il serait tout à fait vain de demander si nous devons adopter de telles méthodes. Aucune discussion ne pourrait être plus oiseuse.... » .... « Si l'on me demandait s'il faut adopter les méthodes américaines, je dirais non seulement oui, mais j'ajouterais encore que cela ne serait pas suffisant, car j'aurais honte que nous ne puissions être que des copistes.... » .... « Au lieu de pleurer sur la perfection des outils que la science moderne nous a donnés, il faut les saisir avec audace afin qu'avec eux, l'humanité aille plus loin qu'elle n'est jamais allée. »

L. E. GRUNER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN DÉCEMBRE 1929.

TARTINVILLE (J.). — **Comptage de l'énergie électrique en courants alternatifs.** In-8 (25 × 16) de VII + 154 p., 108 fig. Paris, Dunod, 1930. **17712**

TEN BOSCH (M.). — **La transmission de la chaleur.** Traduit d'après la 2e éd. allemande par P. L. In-8 (25 × 16) de XII + 371 p., 169 fig. Paris, Dunod, 1930. **17713**

ROUSSELET (LOUIS). — **Mécanique, électricité et construction appliquées aux appareils de levage.** Tome II : **Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels.** 2e éd. revue, corrigée et augmentée. In-4 (28 × 19) de VIII + 752 p., 673 fig., XIII pl. Paris, Dunod, 1929. **17714**

LEMOINE (JULES) et BLANC (AUGUSTE). — **Traité de physique générale et expérimentale** d'après le cours du Conservatoire national des Arts et Métiers. 1er vol. : *Mécanique, Chaleur.* In-8 (25 × 16) de 861 p., 711 fig. Paris, Libr. de l'Enseignement technique, Léon Eyrolles, 1930. **17715**

TOUMANOFF (C.). — **Les maladies des abeilles.** In-8 (20 × 13) de VII + 267 p., 68 fig. Paris, Vigot frères, 1930. **17716**

LONGINESCU (G. G.). — **Curs metodic de chimie. Analiza calitativa.** In-8 (23 × 16) de VIII + 361 p. Bucuresti, Tip. I. N. Copuzeanu, Str. Isvor 97, 1929 (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **17717**

**Exposition française de Rotterdam, 1928.** — Groupe XIV. Classe 89 : **Cuirs et peaux.** Jacques HERRENSCHMIDT, secrétaire rapporteur. In-4 (28 × 19) de 79 p., XIII pl. Paris, Comité français des Expositions à l'Étranger, 42, rue du Louvre. **17718**

**Annuaire Lambert. — Statistique des engrais et produits chimiques destinés à l'agriculture.** 9e fascicule : Années **1926-1927-1928.** In-4 (27 × 18) de 70 p. Paris, Bureau d'Études économiques, industrielles et agricoles, 16, rue de Miromesnil (8e), 1929. **17719**

**Agendas Dunod 1930.** In-18 (15 × 10). Paris, Dunod.

**Assurances**, par PIERRE VÉRON et FÉLIX POURCHEIROUX. 7e éd. de LVI + 512 p. **17720**

**Automobile**, par GABRIEL LIENHARD. 18e éd., de XXIV + 520 p., 284 fig. **17721**

**Banque**, par HENRI DUFAYEL. 11e éd., de LXXXIV + 272 p. **17722**

**Bâtiment**, par E. AUCAMUS, révisé par PH. ROUSSEAU. 49e éd., de XXXII + 576 p., 92 fig. **17723**

**Béton armé**, par VICTOR FORESTIER. 3e éd., de XXVIII + 428 p., 257 fig. **17724**

**Chemins de fer**, par PIERRE PLACE. 49e éd., de XL + 560 p., 88 fig. **17725**

**Chimie**, par ÉMILE JAVET. 49e éd., de LII + 616 p. **17726**

**Commerce**, par G. LE MERCIER, revu par E. RACHINEL. 16e éd., de LXVIII + 479 p. **17727**

**Construction mécanique**, par J. IZART. 49e éd., de XXVIII + 488 p., 153 fig. **17728**

**Électricité**, par L.-D. FOURCAULT. 49e éd., de XXXII + 536 p., 130 fig. **17729**

**Métallurgie**, par A. ROUX. 46e éd., de XXXII + 504 p., 55 fig. **17730**

**Physique industrielle**, par J. IZART. 10e éd., de XXXII + 520 p., 140 fig. **17731**

**Travaux publics**, par E. AUCAMUS, révisé par PH. ROUSSEAU. 49e éd., de XXXII + 580 p., 102 fig. **17732**

**Vente et publicité**, par E. RACHINEL et M. BUISSON, de LII + 566 p., 73 fig. **17733**

**Mines.** Prospection et exploitation. Préparation mécanique, par J. ROUX-BRAHIC. 49e éd., de XXVIII + 580 p., 112 fig. **17734**

BONNET (PIERRE). — **La commercialisation de la vie française du Premier Empire à nos jours.** In-12 (19 × 12) de 424 p. **Bibliographie**, p. 415-423. Paris, Librairie Plon, 1929. **17735**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GAY (L.). — **Cours de chimie physique.** Tome I. In-8 (25 × 16) de XII + 705 p., 164 fig. Paris, Hermann et Cie, 1930. **17736**

LEBRUN (MAURICE). — **La soudure électrique à l'arc et ses applications.** In-8 (21 × 14) de 251 p., 212 fig. Paris, Bibliothèque de l'Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène, 104, boul. de Clichy (18e), 1929. **17737**

HOLLARD (A.) et BERTIAUX (L.). — **Analyse des métaux par électrolyse.** Métaux industriels, alliages, minerais, produits d'usine. 4e éd. revue et corrigée. In-8 (25 × 16) de XVI + 232 p., 28 fig. Paris, Dunod, 1930. **17738**

BRESSON (CHARLES). — **Appareillage électrique haute tension.** Théorie, construction, applications. In-8 (25 × 16) de 460 p., 379 fig. Paris, Dunod, 1930. **17739**

MERCY (P.). — Télégraphie multiple. **Le système de télégraphie Baudot et ses applications.** 4e éd. revue, corrigée et augmentée. In-8 (22 × 14) de VIII + 640 p., 263 fig., V pl. Paris, Dunod, 1930. **17740**

ROURE (CAMILLE). — **Machines-outils pour le travail des métaux.** Cours élémentaire. (Bibliothèque d'Enseignement technique et professionnel). In-12 (18 × 12) de XI + 358 p., 115 fig. Paris, Gaston Doin et Cie, 1927 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*). **17741**

ROURE (CAMILLE). — **Machines-outils pour le travail du bois** (Bibliothèque d'Enseignement technique et professionnel). In-12 (18 × 12) de 351 p., 152 fig. Paris, Gaston Doin et Cie, 1928 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*). **17742**

ROURE (CAMILLE). — **Outillage des fabrications mécaniques** (Bibliothèque d'Enseignement technique et professionnel). In-12 (18 × 12) de 414 p., 134 fig. Paris, Gaston Doin et Cie, 1930 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*). **17743**

ROURE (CAMILLE). — **L'appareillage des fabrications mécaniques.** In-8 (25 × 16) de II + 319 p., 300 fig. Paris, Ch. Béranger, 1920 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*). **17744**

***

LONGINESCU (G.-G.). — **Molecular association** (ex *Chemical Review*, september 1929). In-8 (25 × 17) p. 381-418 (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13540**

PÉRARD (A.). — **Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur.** In-8 (25 × 16) de 34 p. (*Don de l'auteur*). **Pièce 13541**

PÉRARD (ALBERT). — **Applications pratiques des interférences lumineuses à l'étude des calibres industriels et autres longueurs à bouts** (ex *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures*, Tome XVIII). In-4 (32 × 25) de 88 p., 32 fig. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929 (*Don de l'auteur*). **Pièce 13542**

ROŠ (M.). — **Eisenbeton-schleuderrohre Bauart Vianini der internationalen Siegwart-Balken-Gesellschaft Luzern** (ex *Schweizer. Bauzeitung*, 22 Juni 1929). In-4 (32 × 23) de 11 p., 36 fig. Luzern. **Pièce 13543**

ROŠ (M.). — **Belastungsversuche an der Eisenbeton-Bogenbrücke über die Urnäsch bei Hundwil** (ex *Schweizer. Bauzeitung*, 10 aug. 1929). In-4 (32 × 23) de 8 p., 12 fig. **Pièce 13544**

ROŠ (M.) und EICHINGER (A.). — **Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr.** III : *Metalle* (Laboratoire fédéral d'Essai des Matériaux annexé à l'École polytechnique de Zurich, Diskussionsbericht Nr 34). In-4 (32 × 23) de 59 p., 129 fig., IV tabl. Zurich, 1929. **Pièce 13545**

CHEVENARD (P.). — **Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome** (ex *Trav. et Mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures*, tome XVII). In-4 (33 × 25) de 144 p., 88 fig. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1927 (*Don de l'auteur*). **Pièce 13546**

GUITTONNEAU (G.), KEILLING (J.) et BÉJAMBES (Mlle M.). — **Les terres à prunier de l'Agenais et leurs besoins en éléments fertilisants** (Travail de la Station centrale de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Microbiologie agricole de l'Institut des [Recherches] agronomiques) (ex *Ann. de la Science agronomique,* mars-avril et mai-juin 1929). In-8 (25 × 16) de 74 p., IV pl. Nancy, Imp. Berger-Levrault, 18, rue des Glacis, 1929. **Pièce 13547**

DUCAMP (ROGER). — **Massif de l'Aigoual. Orographie et reboisement** (ex *Revue des Eaux et Forêts,* nov. 1924). In-8 (23 × 15) de 7 p., IV pl. Nancy-Paris-Strasbourg, Berger-Levrault. **Pièce 13548**

GUILLAUME (JACQUES). — **Les prix de revient dans l'hôtellerie.** In-4 (27 × 21) de 23 p. Paris, Publications de la Chambre nationale de l'Hôtellerie française, 20, rue Mogador (9e). **Pièce 13549**

ASSOCIATION CENTRALE POUR LA REPRISE DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DANS LES RÉGIONS ENVAHIES. — Rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'Assemblée générale extraordinaire du 23 mars 1928 : **L'œuvre de l'Association 1915-1927.** In-4 (27 × 21) de 19 p. Paris, 40, rue du Colisée (8e). **Pièce 13550**

***

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES. — **Travaux et mémoires** publiés sous les auspices du Comité international. Tomes XVIII. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **Pér. 208**

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PROTECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE. — **Bulletin,** 2e série, n° 22 (1928-1929) : *Travaux de l'Association.* Paris, 117, boulevard Saint-Germain (6e). **Pér. 320**

ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — **Journal.** IIe série, 27e cahier. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929. **Pér. 281**

SOUS-SECRÉTARIAT D'ÉTAT DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE ET DES BEAUX-ARTS. — CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS. — **Rapport sur le fonctionnement et les travaux du Conservatoire** présenté au nom du Conseil de Perfectionnement par M. ALBERT LIÉBAUT. Année **1927-1928.** **Pér 308**

COMITÉ DES FORGES DE FRANCE. — **Annuaire 1929-1930.** Paris, 7, rue de Madrid (8e). **Pér. 86**

**Vade-mecum de l'ingénieur.** Paris, H. Morin, 11, rue Dulong. **Pér. 92**

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES. — **Mémoires** nos **19** (vol. 3, n° 4) : *Le coefficient générique P. Jaccard et sa signification,* par ARTHUR MAILLEFER, p. 113-183, 2 fig. — **20** (vol. 3, n° 5) : *Vie latente en milieu potamique,* par HENRI BLANC, p. 185-205. Lausanne, 1929. **Pér. 209**

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. — **Minutes of Proceedings.** Vol. **227,** 1928-29 (part 1). London, Great George Street, Westminster, S. W. 1. **Pér. 189**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Farmers' Bulletin** n° **1588** : *Frost and the prevention of frost damage,* 62 p., 39 fig., 1929. **Pér. 410**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Technical Bulletin** n° **108** : *Stiffness in fabrics produced by different starches and starch mixtures and a quantitative method for evaluating stiffness,* 29 p., 9 fig., 1929. **Pér. 410**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Circulars** nos **59** : *Removal of spray residue from apples and pears in the Pacific Northwest,* 19 p. — **76** : *Fires in cotton gins and how to prevent them,* 8 p., 4 fig., 1929. **Pér. 410**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Circular** n° **375** : *Weights per United States gallon and weights per cubic foot of sugar solutions,* 6 p., 1929. **Pér. 61**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. FÉVRIER 1930.

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

## LE STÉRÉOSCOPE UNIVERSEL PLOIX

par M. G. MÉNÉTRAT, *Ingénieur E. P. C. I., directeur de la Société P.-E. Valette et Cie*[1].

Le stéréoscope universel Ploix, a été imaginé pendant la guerre en 1917, par le colonel Ploix; un spécimen rudimentaire en bois a même été construit à cette époque et employé jusqu'à la fin des hostilités. Ce spécimen ne possédait pas, à beaucoup près, tous les organes et tous les perfectionnements de celui qui vous est présenté ce soir mais il en réalisait néanmoins le principe.

Après la guerre, cet appareil a été étudié et mis au point par la maison P.-E. Valette et Cie qui le construit maintenant régulièrement en série.

Bien que ce stéréoscope ait été imaginé par un officier, pendant la guerre, pour un usage militaire, il ne s'ensuit nullement que ce soit seulement un instrument militaire. C'est, au contraire, un appareil absolument universel pouvant être employé pour l'examen des couples stéréoscopiques pris soit en avion, soit à terre, soit dans les laboratoires de radiographie ou autres.

Le stéréoscope Ploix est contenu dans une boîte en bois qui forme socle; le couvercle, retourné, comporte trois glissières sur lesquelles on vient engager les diverses parties qui constituent l'appareil.

L'instrument se compose du stéréoscope proprement dit et de deux porte-épreuves.

Le stéréoscope est du type Helmholtz à 4 miroirs; cette disposition a été rendue nécessaire pour pouvoir examiner des couples d'épreuves mesurant $18 \times 24$ cm ayant des parties communes aux extrémités les plus opposées de ces stéréogrammes. En guise d'oculaires, on dispose, devant les deux miroirs centraux, une jumelle à prismes ordinaire. On choisit toutefois une jumelle dont la mise au point est indépendante pour chacun des oculaires, de façon à avoir une latitude suffisante pour la mise au point de chacune des épreuves. En outre, comme le tirage de la jumelle ne serait pas assez long pour faire la mise au point sur une distance de 80 cm à 1 m, qui est celle à

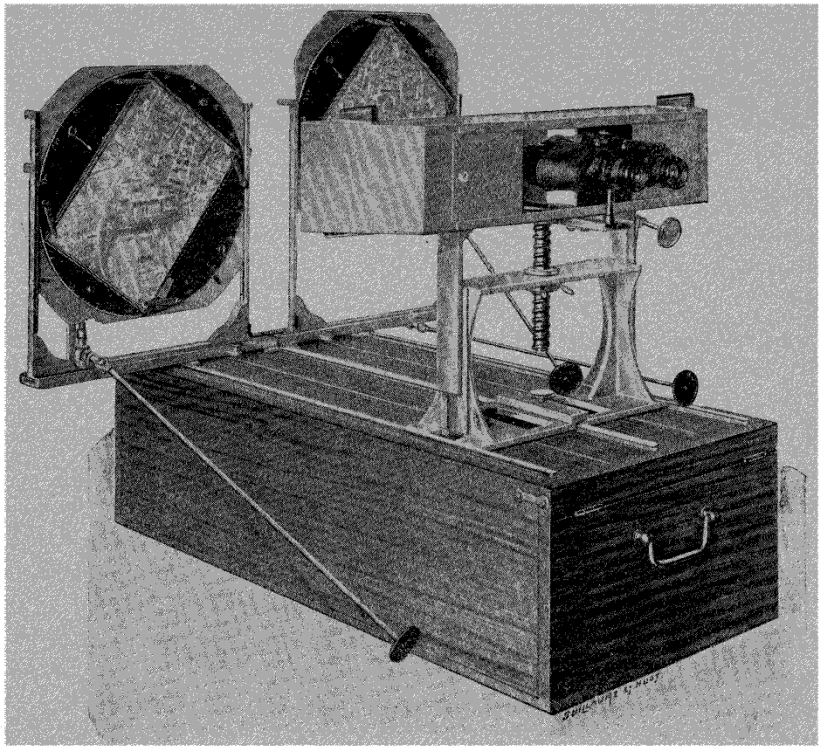
(1) Communication, avec présentation de l'appareil, faite en séance publique par l'auteur le 9 novembre 1929.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle se trouvent les photographies, on coiffe les objectifs de cette jumelle de bonnettes constituées par de simples lentilles convergentes d'une puissance de 1,25 dioptrie. Moyennant ce petit artifice, la mise au point se fait sans aucune difficulté.

L'ensemble de l'habitacle contenant les miroirs et la jumelle est mobile dans le sens horizontal à l'aide d'une crémaillère et d'un pignon et dans le sens vertical à l'aide d'une vis à filet carré. Deux petits viseurs, placés au-dessus de



Stéréoscope universel Ploix installé pour l'observation.

l'habitacle, permettent de centrer les photographies et de les mettre en place.

Les porte-épreuves se composent chacun d'un disque mobile dans son plan autour de son axe. Le disque est monté sur un plateau qui, lui-même, peut coulisser verticalement et horizontalement; cela fait trois mouvements pour chacun des porte-épreuves, c'est-à-dire, 6 mouvements en tout. Trois de ces mouvements peuvent être commandés à distance à l'aide de tiges rigides, agissant sur des pignons et des crémaillères, ce qui permet à l'observateur de régler lui-même la position des deux épreuves tout en observant à l'aide du stéréoscope. Tous les mouvements sont pourvus de graduations

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui permettent de repérer la position des stéréogrammes de façon à les placer ensuite rapidement et sans tâtonnements pour les observations ultérieures.

Enfin, particularité essentielle, les deux porte-épreuves sont indépendants l'un de l'autre, ce qui donne la faculté de les placer à des distances différentes de l'habitacle. Cela permet d'observer deux épreuves prises à des échelles différentes, soit qu'elles aient été obtenues avec des objectifs de longueurs focales différentes, soit qu'elles aient été prises avec le même objectif, mais à des distances inégales. On peut ainsi arriver à superposer deux épreuves dont les échelles varient du simple au double et à obtenir un excellent relief. C'est là un avantage que nous n'avons rencontré dans aucun autre appareil, et qui est particulièrement précieux si on remarque que l'œil, cependant fort tolérant, est très sensible à une différence d'échelle. C'est ainsi que nous avons fréquemment remarqué une grande difficulté à obtenir la fusion de deux épreuves paraissant à la même échelle alors qu'en déplaçant légèrement l'une des épreuves par rapport à l'autre, dans le sens de l'axe, le relief apparaissait avec une netteté saisissante : cela provenait simplement de ce que les deux épreuves n'étaient pas tout à fait à la même échelle.

L'hyperstéréoscopie à terre s'est peu développée jusqu'à présent en raison du manque d'appareil propre à l'examen des clichés obtenus. Notre stéréoscope remédie à ce défaut; il permet en effet d'observer deux épreuves photographiques de format quelconque, depuis les plus petits jusqu'au $18 \times 24$ cm, sans qu'il soit nécessaire qu'elles aient été prises avec un appareil stéréoscopique et il n'y a plus lieu (ce qui était le grand écueil jusqu'à maintenant) de se préoccuper de l'altitude ni de la distance du sujet puisqu'il peut facilement remédier à la différence d'échelle.

En résumé, le stéréoscope universel Ploix, présente les particularités et les avantages suivants :

1° Il permet d'observer deux épreuves de format quelconque jusqu'à $18 \times 24$ cm sans qu'il soit nécessaire de les découper et par conséquent de les détériorer. La seule condition nécessaire est que les deux épreuves aient une partie commune qui peut d'ailleurs se trouver dans les angles les plus opposés du cliché;

2° Le stéréoscope Ploix, avec ses organes mobiles, permet de passer alternativement de l'examen stéréoscopique à l'examen pseudoscopique, ce qui, dans certains cas, et particulièrement en radiographie, est souvent très utile;

3° Il permet d'observer stéréoscopiquement deux épreuves prises avec un appareil ordinaire de format quelconque :

$6{,}5 \times 9$ cm $\quad 9 \times 12$ cm $\quad 13 \times 18$ cm $\quad 18 \times 24$ cm;

4° Il rend possible la fusion stéréoscopique de deux épreuves reproduites à des échelles nettement différentes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## TABLES RÉDUITES DES CONSTANTES PHYSIQUES DE LA VAPEUR D'EAU

Dans ces dernières années, pour diverses raisons, on s'est efforcé d'élever de plus en plus la température et la pression de la vapeur d'eau au moment de son admission dans les machines. On utilise industriellement aujourd'hui des pressions de l'ordre de 100 kg : cm² et des températures voisines de 400°. Il est à peu près certain qu'on ne s'en tiendra pas là. Mais, à mesure que nous employons des températures et des pressions plus élevées, nos connaissances sur les constantes physiques de la vapeur perdent de leur précision, car elles n'ont été déterminées exactement que pour des valeurs moindres, au delà desquelles nous devons nous contenter d'une extrapolation.

Cette situation, si préjudiciable aux progrès des installations à vapeur, a provoqué la création, à l'étranger, de divers organismes chargés de compléter nos connaissances sur la vapeur d'eau. La France n'a malheureusement pas pris part à ces travaux et elle n'a pas été invitée à une conférence, tenue en juillet 1929 à Londres, sous les auspices de la British Electrical and Allied Industries Research Association, pour discuter les résultats obtenus par ces divers organismes et en fixer quelques-uns, d'un commun accord, si possible sous forme de tables internationales.

L'établissement de ces tables fut confié, par la Conférence, à une Commission composée de : M. I. V. Robinson, de la British Electrical and Allied Manufacturers Association de Londres, *président*; — Dr Harvey N. Davis, président du Stevens Institute, Hoboken (États-Unis), assisté du prof. J. H. Keenan, du Stevens Institute; — Prof. G. S. Callendar, membre de la Royal Society de Londres, de l'Imperial College of Science and Technology, South Kensington (Londres); — Prof. Miskovsky, de l'Université de Prague (Tchécoslovaquie); — Prof. Dr M. Jakob. du Physikalisch-technische Reichsanstalt de Berlin; — Dr H. Hausen, de la Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, de Munich.

Le résultat des travaux de cette Commission a été publié en décembre 1929, sous la forme de tables, dites réduites ou squelettiques, qui ont été reproduites par les journaux techniques d'Angleterre. Nous les reproduisons ci-après d'après l'*Engineer* et l'*Engineering* du 6 décembre 1929. (Voir aussi le *Génie Civil* du 28 décembre.)

La Commission a adopté les unités métriques et celles du système C. G. S. Pour les Français, elles ne comportent donc aucune définition sauf celle qui a été adoptée pour mesurer la chaleur totale de l'eau, soit à l'état de liquide, soit à l'état de vapeur; c'est la grande calorie (ou kilocalorie) par kilogramme, qui est égale à $\frac{1 \text{ kilowatt-heure}}{860}$; la Commission en recommande l'emploi sous le nom de kilocalorie internationale par kilogramme. Cette unité est indépendante de l'accélération de la pesanteur. Elle ne diffère de la grande calorie par kilogramme, employée jusqu'à présent, que de $\pm 0{,}05$ p. 100, ce qui est insignifiant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## VAPEUR D'EAU SATURÉE

| Température (degrés centigrades). | Valeur moyenne. | Approximation (±). |
|---|---|---|
| *Pression maxima (kg : cm²).* | | |
| 0 | 0,00623 | 0,00001 |
| 50 | 0,1258 | 0,0001 |
| 100 | 1,0333 | 0,0000 |
| 150 | 4,854 | 0,002 |
| 200 | 15,85 | 0,01 |
| 250 | 40,60 | 0,05 |
| 300 | 87,7 | 0,1 |
| 350 | 168,7 | 0,1 |
| *Volume spécifique du liquide (m³ : kg).* | | |
| 0 | 0,00100 | 0,00000 |
| 50 | 0,00101 | 0,00000 |
| 100 | 0,00104 | 0,00000 |
| 150 | 0,00109 | 0,00000 |
| 200 | 0,00116 | 0,00000 |
| 250 | 0,00126 | 0,00001 |
| 300 | 0,00142 | 0,00001 |
| 350 | 0,00179 | 0,00003 |
| *Volume spécifique de la vapeur (m³ : kg).* | | |
| 0 | 206,4 | 0,1 |
| 50 | 12,6 | 0,01 |
| 100 | 1,674 | 0,001 |
| 150 | 0,393 | 0,001 |
| 200 | 0,1270 | 0,0006 |
| 250 | 0,0501 | 0,0002 |
| 300 | 0,0218 | 0,0005 |
| 350 | 0,0089 | 0,0002 |
| *Chaleur totale du liquide (k. cal. : kg) (1).* | | |
| 0 | 0 | 0 |
| 50 | 49,95 | 0,02 |
| 100 | 100,04 | 0,02 |
| 150 | 150,93 | 0,03 |
| 200 | 203,6 | 0,04 |
| 250 | 259,5 | 0,3 |
| 300 | 321,8 | 1,0 |
| 350 | 403,7 | 2,0 |
| *Chaleur totale de vaporisation (k. cal. : kg) (1).* | | |
| 0 | 595,4 | 1,2 |
| 50 | 618,5 | 1,0 |
| 100 | 639,2 | 0,5 |
| 150 | 656,0 | 1,5 |
| 200 | 667,5 | 2,0 |
| 250 | 670 | 3 |
| 300 | 657,5 | 5 |
| 350 | 617 | 7 |

## VAPEUR D'EAU SURCHAUFFÉE

| VOLUME SPÉCIFIQUE DE LA VAPEUR (m³ : kg). | | | CHALEUR TOTALE DE VAPORISATION (k. cal. : kg) (1). | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Température (degrés centigrades). | Valeur moyenne. | Approximation (±). | Température (degrés centigrades). | Valeur moyenne. | Approximation (±). |
| *à la pression de 1 kg : cm².* | | | | | |
| 100 | 1,730 | 0,003 | 100 | 639,4 | 0,1 |
| 200 | 2,213 | 0,004 | 200 | 687,5 | 1,0 |
| 300 | 2,689 | 0,005 | 300 | 735,3 | 1,5 |
| 400 | 3,160 | 0,005 | 400 | 783,4 | 1,5 |
| 450 | 3,396 | 0,005 | 450 | 807,7 | 1,5 |
| 500 | 3,632 | 0,005 | 500 | 832,6 | 1,5 |
| 550 | 3,868 | 0,005 | 550 | 858,0 | 2,0 |
| *à la pression de 5 kg : cm².* | | | | | |
| 200 | 0,4331 | 0,0006 | 200 | 682,5 | 1,5 |
| 300 | 0,5326 | 0,0006 | 300 | 732,5 | 2,0 |
| 400 | 0,6294 | 0,0006 | 400 | 781,7 | 2,0 |
| 450 | 0,6783 | 0,002 | 450 | 807,0 | 2,0 |
| 500 | 0,7242 | 0,002 | 500 | 831,6 | 2,0 |
| 550 | 0,7720 | 0,002 | 550 | 857,5 | 2,0 |
| *à la pression de 10 kg : cm².* | | | | | |
| 200 | 0,210 | 0,0002 | 200 | 676,2 | 1,5 |
| 300 | 0,2631 | 0,0003 | 300 | 729,5 | 2,0 |
| 400 | 0,3125 | 0,0003 | 400 | 780,0 | 2,0 |
| 450 | 0,3367 | 0,0003 | 450 | 805,0 | 2,0 |
| 500 | 0,3604 | 0,0004 | 500 | 830,2 | 2,0 |
| 550 | 0,3846 | 0,0004 | 550 | 856,5 | 2,0 |
| *à la pression de 25 kg : cm².* | | | | | |
| 300 | 0,1011 | 0,0003 | 300 | 719,8 | 1,5 |
| 400 | 0,1224 | 0,0003 | 400 | 774,4 | 1,5 |
| 450 | 0,1327 | 0,0003 | 450 | 800,5 | 1,5 |
| 500 | 0,1426 | 0,0003 | 500 | 827,7 | 2,0 |
| 550 | 0,1523 | 0,0004 | 550 | 853,8 | 2,5 |
| *à la pression de 50 kg : cm².* | | | | | |
| 300 | 0,0465 | 0,0004 | 300 | 700,6 | 2,5 |
| 400 | 0,0591 | 0,0004 | 400 | 764,0 | 2,6 |
| 450 | 0,0645 | 0,0004 | 450 | 793,5 | 2,0 |
| 500 | 0,0698 | 0,0004 | 500 | 822,0 | 3,0 |
| 550 | 0,0749 | 0,0005 | 550 | 850,0 | 5,0 |
| *à la pression de 100 kg : cm².* | | | | | |
| 400 | 0,0271 | 0,0004 | 400 | 741,7 | 3,0 |
| 450 | 0,0305 | 0,0004 | 450 | 776,3 | 3,0 |
| 500 | 0,0334 | 0,0004 | 500 | 809,5 | 3,0 |
| 550 | 0,0361 | 0,0005 | 550 | 840 | 5,0 |
| *à la pression de 150 kg : cm².* | | | | | |
| 400 | 0,0162 | 0,0003 | 400 | 713,9 | 3,0 |
| 450 | 0,0190 | 0,0003 | 450 | 757,7 | 3,0 |
| 500 | 0,0212 | 0,0004 | 500 | 797,5 | 4,0 |
| 550 | 0,0232 | 0,0005 | 550 | 832,0 | 5,0 |
| *à la pression de 200 kg : cm².* | | | | | |
| 400 | 0,01028 | 0,00005 | 400 | 676,0 | 2,5 |
| 450 | 0,01312 | 0,00025 | 450 | 736,0 | 4,0 |
| 500 | 0,01512 | 0,00035 | 500 | 784,0 | 6,0 |
| 550 | 0,01673 | 0,00045 | 550 | 823,0 | 8,0 |
| *à la pression de 250 kg : cm².* | | | | | |
| 400 | 0,00636 | 0,00005 | 400 | 622,0 | 4,0 |
| 450 | 0,00940 | 0,00015 | 450 | 712,0 | 6,0 |
| 500 | 0,01136 | 0,00030 | 500 | 769,0 | 8,0 |
| 550 | 0,0130 | 0,0004 | 550 | 812,0 | 10,0 |

(1) La kilocalorie internationale par kilogramme (k. cal. : kg) vaut $\frac{1 \text{ kWh}}{860}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Commission, en fixant les nombres qui figurent dans les tables réduites, a tenu compte du degré de précision avec lequel ils ont été obtenus par l'un ou l'autre expérimentateur. En général, la préférence a été donnée aux résultats obtenus directement par l'expérience. Les nombres des tables ne représentent donc pas la moyenne des résultats obtenus par différents expérimentateurs au moyen d'appareils différents, mais la valeur la plus proche de la valeur réelle; il en est de même des approximations. Toutes les valeurs qui figurent dans ces tables ont d'ailleurs été acceptées à l'unanimité par les membres, au nombre de 19, de la Conférence de Londres.

La Conférence a arrêté les règles conformément auxquelles seront poursuivis les travaux des divers organismes expérimentateurs, en vue de corriger et de compléter les tables réduites.

E. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA QUESTION DES LUBRIFIANTS NATIONAUX; LA CULTURE DU COLZA ET DU RICIN EN FRANCE ET DANS L'AFRIQUE DU NORD [1]

par M. Émile André, *pharmacien des Hôpitaux de Paris, directeur du Laboratoire de Chimie organique appliquée à l'Étude des Corps gras et des Lubrifiants (École pratique des hautes Études).*

La crainte de manquer d'essence pour notre aviation et pour les transports automobiles aux Armées fut, au moment de la guerre sous-marine à outrance, une des plus grandes angoisses de ceux qui avaient la charge et la responsabilité de nos approvisionnements. La guerre terminée, le souvenir de ces cruelles inquiétudes amena ceux qui les avaient éprouvées à créer un mouvement d'opinion par la publication de nombreux articles qui ont paru aussi bien dans les journaux scientifiques et techniques que dans les grands quotidiens. On peut dire qu'aujourd'hui la plupart des Français de culture moyenne savent qu'il existe un problème des carburants nationaux que les Pouvoirs publics s'efforcent de résoudre avec la collaboration des hommes de laboratoire et des industriels. Un organisme spécial, rattaché au Ministère du Commerce et de l'Industrie, l'Office national des Combustibles liquides, a été créé pour s'occuper de tout ce qui a trait à cette importante question. Son activité s'est traduite par des résultats qui font honneur à l'esprit d'initiative et de méthode de ses dirigeants; la création de l'Institut du Pétrole de Strasbourg, le développement donné à l'utilisation du charbon de bois dans les véhicules automobiles à gazogènes, l'étude de la synthèse de divers combustibles liquides à partir de l'oxyde de carbone en sont les principales manifestations.

Nos adversaires eurent peut-être moins à redouter que nous le manque de carburants; les benzols retirés des houilles de Westphalie, les gisements de pétrole de Galicie et, plus tard, ceux de Roumanie, permirent aux Empires centraux bloqués de se procurer les combustibles que nous devions importer par mer à grands frais et à grands risques.

Par contre, le blocus maritime eut pour nos ennemis de graves conséquences en empêchant leur ravitaillement en corps gras et en lubrifiants. Les sous-marins qui détruisaient les bateaux des Alliés, et ceux des neutres, manquaient souvent d'huile de graissage et se trouvaient dans l'obligation d'arraisonner certains navires pour s'emparer de leur provision de lubrifiant, avant de les couler. Il est certain que la nécessité de se ravitailler de la sorte obligea plus d'un de ces pirates à émerger à portée des canons dissimulés sur des navires qu'ils croyaient sans défense et causa leur perte.

(1) Conférence faite en séance publique par l'auteur le 14 décembre 1929.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les huiles de graissage dont il est fait aujourd'hui une très grande consommation proviennent, on le sait, des parties à point d'ébullition élevé des pétroles bruts et l'on pourrait être tenté de conclure que le problème des lubrifiants ne fait qu'un avec celui des carburants. Ce serait une erreur. Les solutions que l'on a réussi à trouver pour diminuer la consommation de l'essence, emploi du mélange alcool-benzol, fabrication synthétique des carburants à partir de l'oxyde de carbone, emploi de véhicules à gazogène, laissent sans le résoudre, le problème de notre ravitaillement en lubrifiants. Pour surmonter cette difficulté, on serait contraint de revenir aux huiles de graissage fournies par le règne végétal, à celles qui furent des lubrifiants de choix à l'époque ou naquit le machinisme moderne, c'est-à-dire à l'huile de colza et à l'huile de ricin.

## HUILE DE COLZA.

Jusque vers 1889, l'huile de colza a été le lubrifiant par excellence de tous les organes de machines travaillant à une température peu élevée, tandis que l'on réservait l'huile de ricin pour les parties travaillant à chaud. Nous verrons plus loin que, malgré l'importance prépondérante qu'elles ont pu prendre, les huiles minérales lubrifiantes n'ont pas réussi à se substituer entièrement à leurs devancières.

Pendant la guerre, les Allemands s'efforcèrent bien de développer dans leur pays la culture du colza, mais la pénurie d'aliments gras leur imposa de si cruelles souffrances que les plus petites quantités d'huiles qu'ils pouvaient retirer de diverses graines, telles que noyaux de fruits, pépins de raisin, de pommes ou de tomates, étaient précieusement réservées comme produits comestibles. Quant à l'huile de ricin, ils ne parvinent à s'en procurer que par contrebande de guerre, le ricin commun ne peut en effet être cultivé utilement en aucune des régions, même les plus tempérées, de leur territoire.

Le but de cet exposé est d'étudier dans quelle mesure nous pourrions, en cas de nécessité, résoudre mieux que ne le firent les Allemands, le problème de notre ravitaillement en huiles végétales lubrifiantes.

A l'heure actuelle, l'huile de colza est bien peu connue du grand public aussi me permettrai-je de rappeler rapidement son histoire qui est des plus instructives.

On la retire d'une plante herbacée de la famille des Crucifères, sous-groupe des Bracicées, le *Brassica campestris* L, variété *oleifera*. Aujourd'hui, cette plante est cultivée dans des pays de climats très différents; en France, sa culture a connu diverses alternatives : vers la fin du XVIII[e] siècle, un agronome des plus distingués, l'abbé ROZIER, prieur-commandeur de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nanteuil-le-Haudouin, qui nous a laissé un traité de la *Culture du colza* (1774) et un remarquable *Dictionnaire d'agriculture* (1783), vanta cette plante comme digne de prendre une place de premier rang dans l'économie agricole du Royaume. Les raisons qu'il évoque à l'appui de son opinion méritent d'être citées.

« La culture du chou-colza, dit-il, est d'un grand produit dans le Nord ; elle « fournit la meilleure des huiles que l'on peut retirer des produits du sol. Dans « les pays du Centre du Royaume, l'huile de noix supplée à celle du colza, aussi « on le cultive peu, et cependant rien n'est plus casuel que la récolte des noyers, « rien n'est plus sûr que celle du colza ; il serait raisonnable de rendre aux grains « le terrain immense que le noyer couvre de son ombre... La culture du colza « mériterait des encouragements de la part de l'Administration afin d'avoir, pour « la consommation intérieure du Royaume, assez d'huile sans être obligé de recourir « à l'étranger. »

Les conseils de l'abbé Rozier furent-ils suivis pendant la période troublée de la Révolution? On pourrait le croire. En 1801, l'usage de l'huile de colza devait être déjà assez répandu ; THÉNARD, alors âgé de 24 ans, et que l'on appelait, non pas le baron Thénard, mais le citoyen Thénard, publia dans le *Journal de physique, de chimie, d'histoire naturelle et des arts*, une courte note dans laquelle il indiquait un procédé pour épurer l'huile de colza, en la débarrassant des matières mucilagineuses et albuminoïdes entraînées pendant le pressurage des graines. Ces substances faisaient obstacle à l'ascension de l'huile dans les mèches, les faisaient charbonner, gênaient considérablement la combustion.

Le modeste mémoire de Thénard devait avoir, longtemps après sa publication, une portée considérable. Rappelons que le procédé préconisé consiste à détruire les matières étrangères entraînées dans l'huile en la traitant par une petite quantité d'acide sulfurique. Les glycérides (ou les lipides, pour employer la nouvelle nomenclature) résistent beaucoup mieux à l'action violente du réactif que les substances albuminoïdes et mucilagineuses qui sont transformées en un goudron poisseux, qui est séparé par décantation en même temps que l'acide en excès. Un lavage à l'eau, ou mieux encore, un traitement au carbonate de chaux, destiné à enlever les dernières traces d'acide, permet d'obtenir, en définitive, une huile très limpide, très peu colorée, qui n'encrasse plus les mèches et brûle avec une flamme très éclairante.

J'ai insisté sur ce procédé parce qu'il fut appliqué par la suite au raffinage des produits du pétrole et qu'il reste à l'heure actuelle, malgré les perfectionnements qu'on y a apportés, la base même de la fabrication des huiles minérales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La note de Thénard date de 1801; elle suivit d'une année seulement, l'invention de la lampe à huile de CARCEL; celle-ci fut perfectionnée en 1836 par FRANCHOT et devint la lampe à modérateur dont l'usage se maintint jusqu'à la fin du XIXe siècle. Je me souviens qu'en 1900, cette lampe servait encore à éclairer nombre de bureaux de nos administrations.

A partir de 1801, l'usage de l'huile de colza connut un développement considérable qui s'accrût encore lorsque les premières machines à vapeur inaugurèrent vers 1828 l'ère du machinisme moderne.

C'est en effet l'huile de colza qui servit à les graisser, parce qu'elle était produite en abondance à un prix abordable. Ce choix, dicté par des considérations économiques, ne manquait pas cependant d'être fort heureux. On a reconnu plus tard que, de toutes les huiles végétales courantes, c'est l'huile de colza qui a la viscosité la plus élevée et les qualités lubrifiantes les meilleures.

D'huile d'éclairage et d'huile de graissage, l'huile de colza devint aussi huile comestible bien que la saveur de navet qu'elle possède, à un degré plus ou moins marqué, ne convienne pas toujours aux palais délicats.

Confinée à l'origine dans le département du Nord, la culture du colza avait eu la brillante destinée prévue pour elle par l'abbé Rozier. De 1800 à 1850, elle s'était répandue dans toute la région du Nord et dans celles du Nord-Ouest et de l'Ouest. De là elle avait gagné la vallée de la Saône et les départements du Plateau central. Elle connut son apogée vers 1860 et couvrait alors en France plus de 200.000 ha. En 1870, les approvisionnements de Paris en huile de colza furent inventoriés au commencement du siège. On reconnut qu'il en existait de 1.200 à 1.500 t dans les réservoirs de Saint-Ouen et de La Villette. Cette importante quantité d'huile, et la réserve de suif à chandelles destinée à la fabrication des bougies, furent épurées du mieux que l'on put et l'on parvint à en faire des produits comestibles acceptables. C'est à ces circonstances que la population parisienne assiégée dut de ne manquer à aucun moment d'aliments gras.

Mais déjà les produits retirés du pétrole faisaient à l'huile de colza une concurrence victorieuse. La découverte des immenses et riches gisements d'huile combustible de l'Amérique du Nord remonte à 1858. L'apogée de la culture du colza en France se tient entre 1860 et 1865; le déclin commença ensuite; il devait être rapide. Ce furent d'abord les pétroles lampants qui prirent la place de l'huile de colza dans l'éclairage public et privé, mais elle se maintint pendant plus longtemps comme huile de graissage; cependant, à leur tour, les résidus de distillation de l'essence et du pétrole lampant commencèrent à être employés pour le graissage des essieux de wagon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On s'efforça de les raffiner en leur appliquant la méthode à l'acide sulfurique, et l'on finit par y parvenir après de longs et coûteux efforts. On dit que c'est un Français, HIRN, qui fabriqua les premières huiles de graissage vers 1860 à partir des pétroles d'Alsace. Ce n'est cependant pas des essais de Hirn que naquit l'industrie actuelle des huiles minérales lubrifiantes. C'est à Bakou, en 1872, que Victor Ivanovitch RAGOSINE entreprit de tirer parti des résidus particulièrement abondants que laissent les naphtes russes après l'extraction des essences et des « lampants ». Les premiers essais donnèrent de grands déboires. Après le traitement sulfurique, la décantation des goudrons et de l'acide en excès se faisait mal, le lavage avec une solution de soude fournissait des émulsions crémeuses très stables que l'on ne réussissait à résoudre que par une acidification nouvelle, de telle sorte que les huiles raffinées restaient fortement acides. Ces difficultés furent longues à vaincre.

Comme il arrive bien souvent lorsqu'une industrie nouvelle se crée, les premières entreprises sombrèrent. Ce n'est guère qu'en 1889 que la technique exacte fut fixée, en appliquant aux résidus de pétrole la distillation par entraînement avec la vapeur d'eau surchauffée, préalablement au traitement chimique. Les huiles minérales à graisser purent être jetées sur le marché en grande abondance et à si bas prix que la graine de colza tomba progressivement à un cours qui rendait sa production onéreuse. Nos agriculteurs durent abandonner cette culture. Ils le firent à regret parce qu'elle était précieuse pour eux à plus d'un titre. Sur les terres à blé, le colza constitue une des meilleures plantes d'assolement. Relativement peu exigeant, il peut fournir, sur des terres moins bonnes, des rendements honorables. La récolte qui était faite de bonne heure, laissait la terre libre dès le mois de juillet et permettait de la préparer parfaitement, pour recevoir des céréales. Pendant la période creuse, dite de la soudure, elle assurait du travail au personnel agricole, elle fournissait la paille pour servir de « soutrait » aux meules de céréales et de fourrage, et la vente des graines procurait à l'agriculteur des recettes arrivant fort à propos pour payer la moisson et attendre les produits de la vente du blé.

L'huile de colza a conservé malgré tout quelques restes de ses anciens usages. Sans doute serez-vous surpris en apprenant qu'elle est encore employée comme huile d'éclairage. On l'utilise dans les veilleuses des églises, les rites religieux imposent cette forme antique pour l'éclairage permanent des sanctuaires. On trouve en France quelques commerçants spécialisés dans la vente de l'huile de colza pour les besoins du culte; la consommation représente, dit-on, un tonnage qui reste intéressant. Dans l'ancienne Russie des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tsars, une veilleuse à huile de colza brûlait en permanence, presque dans chaque maison, devant les icones saintes. Le gouvernement des Soviets se vante bien haut d'avoir supprimé cette pratique, ce qui est vrai, et d'avoir augmenté la consommation du savon, ce qui est moins certain.

Comme huile comestible, l'huile de colza est préférée aux autres huiles végétales dans certaines régions, notamment en Bourgogne et dans presque toute la vallée de la Saône. Pendant la dernière période de la guerre, lorsque les huiles des graines exotiques commencèrent à se raréfier, les populations de nos départements du Centre se remirent à l'huile de colza, et j'ai pu constater par expérience qu'elle constitue un aliment gras parfaitement acceptable.

Mais c'est surtout pour le graissage des machines que l'huile de colza trouve le plus d'emplois. On a reconnu depuis longtemps que les huiles minérales sont nettement inférieures comme lubrifiants aux huiles végétales, auxquelles leur bas prix les a fait préférer. Elles n'adhèrent pas, disait-on, et l'empirisme avait montré que l'addition d'une petite quantité d'huile végétale (ou animale) améliorait grandement leur qualité. C'est de là qu'est venue l'habitude d'utiliser, dans bien des cas, des huiles composées, que l'on a appelées d'abord huiles *compound* et ensuite *huiles compoundées*, comme si notre langue n'était ni assez riche ni assez claire pour se passer de tels néologismes. Les études de physico-chimie poursuivies ces dernières années, notamment en Amérique, ont montré qu'il fallait faire intervenir, pour apprécier la qualité d'une huile lubrifiante, non seulement son frottement moléculaire interne ou viscosité, mais encore son onctuosité, propriété sur laquelle je ne puis m'étendre ici, mais qui est étroitement liée à la facilité qu'ont certaines molécules de s'orienter et d'adhérer, sous forme d'une pellicule très mince, aux surfaces au contact desquelles elles se trouvent. Les molécules des glycérides, et plus encore celles des acides gras, ont des propriétés d'orientation et d'adhésivité bien supérieures à celles des carbures d'hydrogène qui constituent les huiles minérales [2].

Enfin on prépare avec l'huile de colza des lubrifiants particuliers qu'on appelle *huiles soufflées* ou *épaissies* obtenues en oxydant à chaud, par barbotage d'air, de l'huile chauffée entre 100 et 120°. L'oxygène se fixe sur les parties non saturées des molécules des glycérides; il en résulte une augmentation de la densité et surtout de la viscosité de l'huile. On fabrique peu d'huiles épaissies en France. Les Anglais ont très bien étudié leur fabrication

(2) Les lecteurs que cette question intéresse liront avec profit le très intéressant travail de M. Paul Woog, *Contribution à l'étude du graissage, onctuosité et influence moléculaire*. Paris, Delagrave, 1926.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du point de vue théorique et pratique et en ont accaparé la vente. Presque toute l'huile de colza soufflée utilisée par les marchands français d'huile de graissage nous vient d'Angleterre.

Ces quelques données sur les usages actuels de l'huile de colza permettent d'affirmer que la défaite économique du produit végétal par les produits retirés des pétroles n'a pas été complète. Le but de cet exposé est de montrer qu'elle n'est pas irrémédiable.

Voyons, pour les années 1912 et 1927, quelles sont l'étendue et la production comparée de la culture du colza et de la navette en France.

Pour simplifier, je n'ai parlé jusqu'ici que du colza *Brassica campestris*, variété *oleifera*. En réalité, il existe deux sous-variétés de cette plante, un *colza d'hiver*, que l'on sème en automne, et un *colza de printemps*, semé au mois de mars lorsque les rigueurs de la saison froide ont commis de graves dégâts. En outre, on cultive aussi en France la navette *Brassica rapa* L. variété *oleifera*, plante plus rustique que le colza, supportant mieux les froids rigoureux, moins difficile sur la qualité du terrain et redoutant moins la sécheresse; par contre, sur les bonnes terres à colza, elle donne un rendement inférieur.

TABLEAU I. — COLZA et NAVETTE. — *Superficies cultivées en France en 1912 et en 1927. Quantité de graines produites. Rendement à l'hectare.*

1° Superficies cultivées (en hectares).

| | Colza. | Navette. | Totaux. |
|---|---|---|---|
| 1912 | 25.405 | 4.596 | 30.001 |
| 1927 | 18.810 | 3.870 | 22.680 |
| En moins pour 1927 | 6.595 | 726 | 7.321 |

2° Production de graines (en quintaux).

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1912 | 299.640 | 48.604 | 348.244 |
| 1927 | 229.765 | 40.860 | 270.625 |
| En moins pour 1927 | 69.875 | 7.744 | 77.619 |

3° Rendement moyen (en quintaux par hectare).

| | | |
|---|---|---|
| 1912 | 11,78 | 10,57 |
| 1927 | 12,20 | 10,55 |

L'examen du tableau I indique un recul marqué de la culture du colza et de la navette de 1912 à 1927. Les superficies cultivées passent de 30.000 ha à 22.680; l'abandon porte sur un quart; il en va naturellement de même pour la production des graines qui passe de 34.800 t à 27.000 t.

Mais les statistiques agricoles ne nous montrent qu'un des aspects du problème; nous ne produisons pas sur notre sol toutes les graines de colza et de navette nécessaires à nos besoins et nous en importons de l'étranger.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU II. — *Importation des graines de colza, de navette et de moutarde de l'Inde pendant les années 1914 et 1924* (en quintaux).

| | 1912 | 1924 |
|---|---|---|
| Moutarde et colza des Indes | 649.745 | 223.830 |
| Navette | 17.071 | 417 |
| Colza d'Europe | 9.036 | 9.373 |
| Totaux | 675.852 | 233.620 |

En 1912, nous avons reçu de l'étranger plus de deux fois autant de graines de colza ou autres crucifères que nous n'en avons récolté sur notre sol.

D'autre part, nous importons aussi de l'huile de colza toute fabriquée, 1.190 q en 1912, 4.837 q en 1924.

Sans doute la consommation française en graines et huile de colza a subi un recul important de 1912 à 1924, mais la statistique des prix de vente des graines va donner l'explication de ce recul :

TABLEAU III. — *Cours moyen des graines de colza de 1914 à 1924 inclus* (prix en francs par quintal).

| 1909 | 1914 | 1923 | 1924 |
|---|---|---|---|
| 24,53 | 33,94 | 154,69 | 178,00 |

Pendant l'année 1926, on a coté :

Pour le colza des Indes (en francs).

| Janvier. | Mars. | Mai. | Juillet. | Septembre. | Novembre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 260 | 300 | 395 | 395 | 300 |

Pour le colza d'Europe.

| Janvier. | Mars. | Mai. | Juillet. | Septembre. | Novembre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 260 | 300 | 390 | 320 | 300 |

Ces grandes fluctuations de cours se sont produites au moment de la chute du franc alors que la fièvre de la spéculation sévissait le plus parmi les commerçants et industriels. En 1929, la stabilité de notre monnaie a permis au marché de revenir à un plus sain équilibre. On a coté, en 1929 :

| 30 juin. | 30 septembre. | 31 octobre. |
|---|---|---|
| 235 fr | 240 fr | 235 fr |

Il est probable que les cours élevés sont la cause de la diminution de nos importations et que nous n'achetons plus de graines de colza parce qu'elles sont trop chères.

Au prix actuel des graines, la culture du colza est certainement plus rémunératrice que celle du blé. M. Henri HITIER, secrétaire perpétuel de l'Académie d'Agriculture, et secrétaire général de notre Société, nous a donné, dans un intéressant ouvrage intitulé *Les plantes industrielles*, ouvrage auquel j'ai fait plusieurs emprunts, une monographie agricole très complète

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le colza et la navette; en outre, il a présenté en 1926, devant la Société des Agriculteurs de France, une note intitulée *Une culture à reprendre : le colza*. Il y expose les raisons qui devraient inciter les agriculteurs à reprendre, après une longue désaffection, une culture qui ne fut abandonnée qu'à regret et qui est redevenue très rémunératrice. Mais dit M. Hitier, la grande masse de nos agriculteurs ne connaît plus le colza; on a oublié la technique de sa culture et l'on ignore les prix actuels de sa graine.

La conclusion c'est que, devant les hauts prix atteints, la culture de cette plante oléagineuse est certainement intéressante dans un certain nombre de situations dont les agriculteurs seront eux-mêmes les meilleurs juges.

Dans les autres pays d'Europe, le recul de la production a été moins accentué qu'en France. Aux 20.000 à 23.000 t récoltées annuellement sur notre sol pendant les dernières années, l'Allemagne peut en opposer 34.000; la Pologne 50.000, et la Roumanie jusqu'à 35.000 (récolte de 1925). La production totale de l'Europe fut, en 1927, de 150.000 t environ, c'est-à-dire un peu plus du dixième de la production mondiale, qui a oscillé entre 1.200.000 et 1.450.000 t. C'est l'Inde anglaise qui, de beaucoup, tient le record dans la liste des pays producteurs; sa part atteint toujours 80 p. 100 et s'élève même parfois à 85 p. 100. Les graines qui nous arrivent de ce pays ne sont d'ailleurs pas des graines de colza de la variété européenne. On y trouve souvent des mélanges où figurent, pour une part importante, les graines d'une sorte de moutarde brune, le *Brassica Juncea* L. Ceci m'amène à vous présenter la liste des espèces botaniques d'Europe et d'Asie qui fournissent des huiles du groupe de l'huile de colza; c'est-à-dire des huiles riches en glycérides de l'acide érucique $C^{22}H^{42}O^2$, ce qui leur donne pour caractère commun d'avoir un indice de saponification nettement inférieur à la moyenne.

TABLEAU IV. — *Espèces et variétés de colza cultivées.*

| *En Europe.* | | *En Asie.* | |
|---|---|---|---|
| Colza vrai . . . . . | *Brassica campestris* variété *oleifera.* | Colza de l'Inde. . | *Brassica campestris* variété Sarson. |
| Navette . . . . . | *Brassica rapa* variété *oleifera.* | Colza tori de l'Inde . . . . . | *Brassica dicho toma.* |
| Ravison ou moutarde sauvage . . . . . | *Sinapis arvensis* (Russie). | Colza Jamba de l'Inde (ou rouquette) . . . . | *Eruca sativa.* |
| Moutarde blanche . . | *Sinapis alba.* | Moutarde de l'Inde . . . . . | *Brassica Juncea* (cultivée aussi en Russie d'Europe). |
| Moutarde noire . . . | *Brassica nigra.* | | |
| Cameline . . . . . | *Camelina sativa.* | | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Caractères principaux de quelques huiles de graines de crucifères.*

| | Densité. | Indice de saponification. | Indice d'iode. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Colza d'Europe | 0,912 à 0,917 | 169 à 178 | 94 à 104 |
| Colza de l'Inde | 0,913 à 0,918 | 169 à 174 | 96 à 100 |
| Colza tori (Inde) | 0,915 | 172,2 | 102 à 104 |
| Colza Jamba ou rouquette de l'Inde | 0,915 à 0,917 | 169 à 175 | 97 à 102 |
| Moutarde de l'Inde | 0,915 | 172 à 180 | 101 à 106 |
| Navette | 0,912 à 0,918 | 174,7 | 99 |
| Moutarde blanche | 0,914 à 0,916 | 170 à 174 | 92 à 103 |
| Moutarde noire | 0,916 | 174 à 175 | 103 à 107 |

Tant au point de vue agricole qu'au point de vue économique et technique la culture du colza mériterait donc d'être reprise.

Pendant la guerre, de 1916 à 1919, les Allemands ont étudié avec grand soin les espèces oléagineuses susceptibles de croître et de fructifier sur leur territoire. En les cultivant, ils espéraient atténuer les cruelles conséquences du manque d'aliments gras pour la population de l'Empire. Le pavot à huile (œillette), le grand soleil et le colza retinrent particulièrement l'attention de leurs agronomes. Les conclusions de leurs études furent tout à la faveur de la culture du colza; on reconnut que cette plante est par excellence la plante oléifère des pays tempérés. C'est elle qui fournit à l'hectare la plus grande quantité d'huile. En donnant le coefficient 100 à sa production, celle du pavot à huile serait seulement de 80 et celle du soleil 75.

Une autre conclusion de ces recherches, c'est que les huiles végétales sont beaucoup moins coûteuses à produire que les huiles animales; le prix de revient d'un kilogramme d'huile de colza est sensiblement moitié moindre que celui d'un kilogramme de saindoux ou de suif de bœuf. Il n'y a pas lieu d'ailleurs d'être surpris par ces conclusions; il sera toujours plus avantageux de produire des huiles végétales que d'engraisser des animaux dont l'organisme est, par essence, un foyer de combustion qui ne transforme en produits utiles qu'une partie assez faible des aliments qu'on lui fait ingérer.

La guerre terminée, les Allemands comptaient bien développer chez eux la culture du colza dont ils voulaient faire un produit national. Mais un important stock de ces graines s'était accumulé aux Indes pendant la guerre, parce que tout le frêt disponible était accaparé pour les transports militaires. Ce stock apparut sur le marché dès 1919 et son écoulement dura plusieurs années. Une importante régression des cours s'ensuivit; les cultivateurs du Sud de l'Allemagne, obligés d'expédier leurs graines par la voie de fer jusque dans la région de Hambourg où sont localisées les grandes huileries du Reich, ne purent lutter contre la concurrence indienne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aujourd'hui, les troubles économiques de l'après-guerre ont à peu près disparu, la production des oléagineux croît nettement moins vite que la demande et les cours se maintiennent à un niveau qui, exprimé en francs actuels, représente environ 10 fois les prix de 1912. En France, la culture du colza pourrait et devrait reconquérir, au moins en partie, la place qu'elle a occupée au milieu du siècle dernier. Dans la production mondiale de cette graine, notre part n'est que de 2,6 p. 100 (colza et navette réunis).

Il est déplorable que la grande masse de nos agriculteurs ne connaissent plus cette plante. Le retour à l'ancienne tradition leur procurerait en temps normal des profits qui les paieraient de leur peine et amélioreraient notre balance commerciale. En cas de disette de corps gras et de lubrifiants, un accroissement rapide de notre production de colza pourrait présenter de sérieux avantages. Il convient de ne pas oublier en effet que le colza de printemps, semé en mars, donne, quatre mois après, une récolte de graines dont l'huile peut servir, à la fois, d'aliment, d'huile de graissage ou même de combustible liquide et dont le tourteau peut être consommé par le bétail.

### HUILE DE RICIN.

Comme nous l'avons vu au commencement de cet exposé, l'huile de colza est un excellent lubrifiant pour les pièces qui travaillent à une température peu élevée. Par contre, pour ce qu'on appelle les « mouvements chauds », il est préférable d'employer une huile plus visqueuse. Lorsque nous n'avions pas d'huiles minérales à notre disposition, le choix était très limité; il n'y a guère en effet, parmi les huiles végétales (ou animales) accessibles, que l'huile de ricin qui possède une viscosité supérieure à celle de l'huile de colza. Si l'on exprime par le chiffre 5 la viscosité de l'huile de colza, à la température de 50°, celle de l'huile de ricin s'exprime par le chiffre 18. Naturellement, le mélange en proportions convenables de ces deux huiles permet d'obtenir toute la série d'huiles mixtes de viscosité intermédiaire.

Au début de la période du machinisme, l'huile de ricin fut assez largement employée comme lubrifiant. Mais la possibilité d'obtenir à bien meilleur compte des huiles minérales très épaisses appelées aujourd'hui *huiles à cylindres* lui fit une telle concurrence qu'elle disparut presque complètement de la liste des lubrifiants usuels. L'impossibilité de la mélanger avec les huiles minérales, où elle est fort peu soluble, ne contribua pas moins que son prix élevé à ce résultat.

Il a fallu la naissance et le développement de la navigation aérienne pour que l'huile de ricin, employée seule, trouve enfin, malgré son prix, le débouché que ses qualités intrinsèques devaient lui assurer comme lubrifiant de choix.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avant de vous entretenir de l'état actuel de la question du ricin, de sa culture et des ressources que nous offrent certaines de nos colonies, et pays de protectorat, pour assurer notre approvisionnement en dehors de toute ingérence étrangère, je rappellerai rapidement l'histoire de cette plante et de l'huile que l'on retire de ses graines.

C'est sur les hauts plateaux de l'Éthiopie que la plupart des botanistes situent le pays d'origine du ricin commun, *Ricinus communis* L. de la famille des Euphorbiacées; c'est là seulement qu'on le rencontrerait encore à l'état de plante réellement sauvage. De l'Éthiopie il se serait répandu en Égypte et aurait gagné, d'un côté l'Arabie et l'Inde, et de l'autre l'Afrique du Nord. Naturellement cette manière de *curriculum vitæ*, bien que vraisemblable, repose sur des données qui permettent la discussion, et d'autres botanistes, moins nombreux à la vérité, donnent le ricin comme originaire de l'Inde. Quoi qu'il en soit nous savons que les Égyptiens ont connu l'huile de ricin, qu'ils l'utilisaient pour l'éclairage, qu'elle entrait dans la composition des mixtures qui servaient à embaumer les momies et que ses propriétés étaient connues et utilisées à une époque qui remonte à plus de 20 siècles avant notre ère.

Les Grecs, les Romains, les Gallo-Romains ont connu, eux aussi, le ricin et l'huile de ricin; son usage et son souvenir même s'éclipsèrent pour une longue période après le grand cataclysme des invasions barbares où faillit sombrer à jamais la civilisation du vieux monde.

Il semble que le moyen âge ne la connut point. A l'époque de Louis XIV, l'apothicaire du roi, Nicolas Lémery, en fait bien mention dans son *Traité universel des drogues simples*, mais Molière ne la fait point figurer sur le compte d'apothicaire de Monsieur Purgon, qui comporte, par ailleurs, tant de clystères et de purgations. L'huile de ricin ne commença à être employée à nouveau que vers la fin du XVIII^e^ siècle et l'on croit que son usage nous vint des Antilles et de l'Amérique du Sud où les Espagnols avaient jadis introduit l'espèce productrice comme plante d'ornement. Sur ces terres vierges et sous un climat qui lui était particulièrement favorable, le ricin s'était disséminé spontanément sur de grandes étendues. On dit que ce sont les Anglais qui rapportèrent de la Jamaïque l'usage de l'huile de ricin où elle portait le nom de *castor oil* qu'elle a conservé en Angleterre. Elle fut d'abord accueillie avec fort peu de faveur, la graine employée entière ayant provoqué des intoxications graves. Voici ce que dit l'abbé Rozier, dans son *Cours d'agriculture pratique*, en 1789 (t. VIII, p. 609).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La semence est sans odeur, très âcre, purgative, drastique, inflammatoire. »

« Il est peu prudent de se servir intérieurement de ce purgatif. On tire « de ses graines une huile par expression, très bonne à brûler; Chomel la « recommande en embrocations mêlée avec parties égales d'huile d'amandes « douces, sur la région ombilicale des enfants; elle les purge efficacement. « Un auteur a conseillé de cultiver en grand le ricin uniquement pour retirer « l'huile de ses graines. Cette spéculation est bonne dans le cabinet mais le « produit ne dédommagerait pas la dépense dans la réalité. Il vaut beaucoup « mieux conserver cette plante pour la décoration de nos jardins où elle « figure parfaitement. »

L'abbé Rozier avait été meilleur prophète pour le colza qu'il ne le fut pour le ricin. On reconnut peu à peu que l'huile de ricin ne participe pas des propriétés toxiques de la graine entière; les préventions contre son emploi se dissipèrent et les médecins, l'engouement aidant, se mirent de tous côtés à la prescrire.

Durant les premières années du XIX^e^ siècle, l'huile de ricin nous arrivait des Antilles et de l'Amérique du Sud. Le blocus des mers, institué par les Anglais pendant les guerres du premier Empire, arrêta net notre ravitaillement. Des agriculteurs du Midi tentèrent la culture du ricin. Sous nos climats, cette plante ne peut être cultivée que comme plante annuelle parce qu'elle périt dès les premières gelées. Les essais entrepris durent donner satisfaction puisque la culture du ricin s'est maintenue dans les départements du Gard et de l'Hérault jusque vers 1855. Les raisons qui la firent abandonner ne sont pas connues; il faut les chercher vraisemblablement dans la concurrence des graines importées des pays tropicaux et dans la grande extension donnée à la viticulture. Il n'en reste pas moins acquis qu'en cas de nécessité, nous pourrions produire dans certaines régions de la France une partie au moins des ricins qui viendraient à nous manquer.

Aujourd'hui encore, sous la latitude même de nos départements méridionaux, le ricin est cultivé dans le Nord de l'Italie, aux environs de Pavie et de Vérone, où les agriculteurs ont sélectionné avec soin les variétés qui fournissent les meilleurs huiles pharmaceutiques.

Pendant les dernières décades du XIX^e^ siècle, l'huile de ricin italienne s'était acquis une réputation de supériorité méritée, et certaines marques faisaient prime sur divers marchés d'Europe.

Ce n'est que vers 1880 que les industriels marseillais de l'huilerie commencèrent à extraire l'huile des ricins importés de l'Inde. Ils surent si bien

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

développer cette branche de leur activité qu'ils furent pendant un certain temps les fournisseurs d'huile de ricin de l'Angleterre elle-même.

Pendant la guerre, leurs usines ont travaillé à plein rendement pour les besoins de notre aviation. L'augmentation croissante des demandes de graines de ricin pendant les années 1914 à 1918 fit passer les prix de 24 à 260 francs-or le quintal. Sur l'appel pressant du Ministère de l'Armement, des essais de culture du ricin furent commencés ou repris dans la plupart de nos colonies. Au milieu du bouleversement économique de cette époque, ils donnèrent d'heureux résultats financiers, mais leur succès fut éphémère. L'armistice survint. Comme les stocks de graines accumulés dans les divers pays belligérants pouvaient suffire aux besoins du temps de paix pour une assez longue période, les cours s'effondrèrent. L'Administration de la Guerre refusa de prendre livraison des graines récoltées pour elle et nombre de cultivateurs ne purent s'en défaire même à bas prix.

Cette crise a été funeste à la culture du ricin dans nos colonies où elle commençait à s'implanter, et c'est à l'étranger que nous achetons encore les 9/10 des graines de ricin qui sont pressées dans nos huileries. Chaque année, nos importations s'accroissent de 1.000 à 1.200 t parce que l'huile de ricin dont l'usage médicinal a considérablement diminué, a trouvé d'importants débouchés dans divers emplois industriels. Un auteur allemand s'est avisé dernièrement d'en dénombrer les multiples applications et la liste en comportait 16 ou 17. D'après lui, on l'emploie : en pharmacie, en savonnerie, dans le tissage, en teinture, à la préparation des huiles sulfonées et des sulforicinates, au graissage, à la fabrication des encres pour machines à écrire, du papier tue-mouches, du linoléum, du caoutchouc factice, des explosifs (cordite), des peintures et vernis (vernis à la nitrocellulose) ; en tannerie, à la fabrication de produits chimiques (œnanthol, etc.) ; en parfumerie, à la fabrication des isolants électriques (huile de ricin hydrogénée) ; à l'éclairage (dans l'Inde) et même comme combustible liquide dans les pays tropicaux.

Avant la guerre, nos importations de graines de ricin n'étaient pas mentionnées spécialement dans la statistique des valeurs en douanes ; elles étaient comptées en bloc sous la rubrique « autres graines oléagineuses », après les grandes vedettes telles que graines de lin, graines de colza, arachides, etc. Aussitôt après la guerre, elles figuraient avec les produits oléagineux secondaires, graines d'illipé, de mafouraire et autres. Depuis quelques années, on leur a fait les honneurs d'une rubrique spéciale et l'on trouve aujourd'hui dans les statistiques officielles des renseignements détaillés qui m'ont permis de dresser les tableaux suivants.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU V. — *Importations de graines de ricin en France, de 1924 à 1928* (en quintaux).

| | Importations totales. | Part de l'Inde anglaise. |
|---|---|---|
| 1924 | 194.196 | » |
| 1925 | 229.387 | 177.342 |
| 1926 | 204.055 | 156.850 |
| 1927 | 240.307 | 164.653 |
| 1928 | 253.547 | 212.715 |

Comme on le voit, nos importations ont augmenté en 5 ans de près de 6.000 t et le rythme moyen de leur accroissement annuel ressort à 1.200 t.

Par ailleurs, nous voyons que la part de l'Inde anglaise dans ces importations varie de 76 à 83 p. 100.

Nos colonies ne figurent que pour une très faible part parmi les autres pays d'importation. Voici les renseignements officiels détaillés par pays d'origine :

TABLEAU VI. — *Importations de graines de ricin d'origine étrangère* (en quintaux).

| | 1927. | 1926. | 1925. | 1924. |
|---|---|---|---|---|
| Possessions anglaises d'Afrique (partie orientale) | 4.003 | » | » | 1.025 |
| Autres pays d'Afrique (Angola, Mozambique, etc.) | 8.792 | 10.747 | » | 4.145 |
| Indes anglaises | 164.653 | 158.878 | 177.342 | 157.340 |
| Indes néerlandaises | 17.762 | » | » | 1.485 |
| Brésil | 19.597 | 15.756 | 8.141 | » |
| Chine | » | » | 5.833 | 4.336 |
| Autres pays étrangers | 911 | 1.055 | 12.732 | 48 |
| | 215.718 | 186.436 | 203.698 | 168.379 |

TABLEAU VII. — *Importations de graines de ricin originaires des colonies françaises et des pays de protectorat.*

| | 1927. | 1926. | 1925. | 1924. |
|---|---|---|---|---|
| Algérie | » | » | » | 3 |
| Maroc | 2.144 | » | » | 2.218 |
| Autres colonies d'Afrique (A. O. F.) | 7.061 | 3.841 | » | 823 |
| Madagascar | 7.093 | 11.323 | 10.140 | 13.926 |
| Indochine | 8.301 | 6.349 | 13.350 | 8.847 |
| Autres colonies et pays de protectorat | 911 | 992 | 946 | » |
| | 25.520 | 22.505 | 24.436 | 25.814 |

La valeur de ces importations de graines de ricin en France est :

| 1925. | 1926. | 1927. |
|---|---|---|
| 47.659.000 fr | 49.424.000 fr | 52.793.000 fr |

Nos colonies et pays de protectorat ne nous fournissent donc que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dixième partie environ de nos importations et, parmi eux, ce sont Madagascar et l'Indochine qui nous expédient les tonnages les plus importants.

Sans doute les 53 millions qui représentent la valeur des graines de ricin importées annuellement en France sont peu en regard de la somme moyenne globale de deux milliards et demi de graines et fruits oléagineux et d'huiles végétales que nous avons achetés au dehors pendant ces dernières années. Mais l'huile de ricin n'est pas une huile ordinaire; elle a pris rang parmi les produits indispensables à la défense nationale, et notre ravitaillement en période d'hostilités devrait, dans la plus large mesure, être assuré par nous-mêmes ou par nos colonies les plus proches. Madagascar et l'Indochine pourraient bien devenir, si nous le voulions, les greniers à ricin de l'aviation française; mais qui peut nous garantir une liaison permanente et sûre en temps de guerre avec ces pays lointains?

C'est donc du côté de l'Afrique du Nord qu'il conviendrait de tourner nos efforts.

C'est à un pharmacien français, M. BARTHE, député de l'Hérault, un des départements où fut tentée et développée la culture du ricin de 1809 à 1854, que revient l'honneur d'avoir ramené l'attention de la Chambre et du Gouvernement sur l'importance de la question du ricin.

En 1926, une proposition de résolution fut présentée par lui et par 197 de ses collègues de la Chambre pour « inviter le Gouvernement à faire de toute urgence étudier et développer la culture du ricin en France et aux colonies, spécialement en Afrique du Nord ».

Peu de temps après, l'actif directeur de l'Office des Combustibles liquides, M. l'Intendant PINEAU, provoqua la réunion d'une Commission interministérielle du Ricin, qui, après diverses études préliminaires et l'envoi en mission en Algérie et au Maroc d'un technicien des corps gras et des produits oléagineux, décida de créer un Centre de Documentation et de Recherches chargé d'étudier spécialement toutes les questions se rattachant à la production des graines, à l'extraction de l'huile, à son étude chimique et physique, au développement de ses divers usages, à l'utilisation des sous-produits (tourteaux et feuilles de ricin) et à l'étude de divers succédanés (huile de pulghère et huile de pépins de raisin). C'est là un programme susceptible d'occuper plusieurs chercheurs pendant des années.

Pour ne pas allonger démesurément cet exposé, je montrerai rapidement ce qu'a été autrefois la culture du ricin dans notre Empire nord-africain, ce qu'elle est actuellement et quelles sont les possibilités d'avenir.

Pour suivre l'ordre chronologique, il conviendrait de commencer par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'Algérie, mais il me paraît préférable de vous dire tout de suite que la Tunisie ne s'est jamais intéressée à la culture du ricin et que, même pendant la guerre, les agriculteurs de la Régence se sont abstenus de tout essai, pressentant la crise qui survint après l'armistice. Ils firent preuve à cette occasion de plus d'habileté commerciale que d'ardeur patriotique.

Le ricin pousse bien à l'état spontané dans quelques régions de la Tunisie et notamment dans les oasis du Sud, mais le climat chaud et sec de cette partie de l'Afrique du Nord n'est guère favorable à une extension un peu importante de cette plante.

En Algérie, le ricin a fait l'objet de tentatives de culture déjà anciennes; les premières remontent à 1852. Dans nombre de terres incultes de la région littorale, on rencontre un petit ricin subspontané, le *Ricinus communis*, variétés *microcarpus*. Il donne peu de graines et celles-ci sont petites et pauvres en huile. On fit venir de l'Amérique du Sud des graines appartenant à la variété *Ricinus Zanzibariensis* à grosses graines, larges et plates, et des essais d'acclimatation furent entrepris. On reconnut que l'huile que l'on retire des graines de cette variété est, au point de vue de son emploi pour l'usage médicinal, nettement inférieure à celle de plusieurs autres variétés. Au reste, la concurrence des graines indiennes de ricin fit par la suite baisser à tel point les cours que les essais ne furent pas poursuivis. Il faut ajouter que la culture du ricin ne réussit que dans la zone côtière et dans les oasis du Sud, c'est-à-dire là ou les conditions de température et d'humidité requises se trouvent réalisées. Sur les hauts plateaux, les étés torrides et secs et les hivers rigoureux constituent un obstacle insurmontable.

Pendant la guerre, les essais furent repris; ils ne portèrent pas sur de très grandes étendues; la superficie ensemencée dans les trois départements algériens était en 1918 de 150 ha seulement et la récolte ne dépassa pas 200 à 220 t.

L'abandon qui suivit ces tentatives, quand survint l'armistice, a partiellement cessé depuis que les services de l'Agriculture du Gouvernement général ont conseillé à nouveau cette culture et l'ont encouragée en distribuant gratuitement des graines sélectionnées de provenance italienne (Vérone). Dans quelques régions voisines du littoral (Vallée de la Soumam dans le département de Constantine, grande Kabylie, plaine de la Mitidja, basse vallée du Chélif) on récolte bien annuellement quelques dizaines de tonnes de graines de ricin qui sont achetées à un prix suffisamment rémunérateur par les services de l'Artillerie d'Alger et d'Oran, mais on ne peut pas dire que l'Algérie soit devenue ou soit en train de devenir une terre à ricin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sans conclure avec les pessimistes que la culture du ricin en Algérie n'a jamais donné que des déboires, on peut dire cependant que les perspectives de développement sont relativement restreintes.

Devons-nous donc désespérer de voir un jour notre aviation se ravitailler en huile de ricin dans l'Afrique du Nord?

Assurément non, parce que notre nouveau protectorat du Maroc nous offre de bien meilleures chances de réussite.

Le Maroc, que les indigènes appellent Moghreb el Aqça (Occident le plus lointain) est la fenêtre de l'Afrique du Nord sur l'Océan Atlantique. Non seulement le développement de ses côtes est beaucoup plus grand que celui de l'Algérie, mais en outre les 4/5 de celles-ci sont baignées par une mer dont les flots, sans cesse agités par le flux et le reflux, ont une profonde influence sur son climat. Les vents dominants venant du Nord-Ouest entraînent vers l'intérieur des terres l'humidité dont ils sont chargés, et le relief du sol vient encore ajouter à ces avantages.

On comprendra plus facilement les raisons qui font, d'une partie du Maroc, une terre favorable à la culture du ricin, quand nous aurons exposé à grands traits les caractères de l'orographie et du régime des eaux de cette riche et admirable région.

Le territoire de l'Empire chérifien est divisé en deux parties par un système de chaînes de montagnes qui le parcourent obliquement du Nord-Est au Sud-Ouest dans le sens d'une des diagonales du quadrilatère dans lequel il peut être inscrit. A l'est de ces chaînes de montagnes, s'étend le Maroc oriental constitué surtout par de hauts plateaux qui font corps avec ceux de l'Oranie et n'en diffèrent aucunement par leur climat. Aussi les obstacles qui s'opposent aux cultures exigeant à la fois chaleur et humidité y sont-ils les mêmes. A l'Ouest, au contraire, s'étend le Maroc occidental constitué en grande partie par de vastes plaines encadrées au Nord par les montagnes du Riff qui les séparent de la Méditerranée, et à l'Est par les hautes chaînes du moyen et du grand Atlas.

Cette puissante barrière, dont les hauts sommets atteignent et dépassent même 4.000 m, protège, par son versant Est, les plaines du Maroc occidental contre les vents chauds du Sahara, tandis qu'elle arrête, sur son versant Ouest, les vents humides et plus frais venant de l'Océan. Les pluies sont au moins deux à trois fois plus abondantes au Maroc occidental qu'en Algérie; les condensations sont surtout importantes dans les régions élevées où elles se transforment en chutes de neige de telle sorte qu'en certaines régions de ce pays des contrastes, on peut avoir devant soi des sommets couronnés de neige

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et subir des températures de 45° et 50° à l'ombre. Sur la carte pluviométrique dressée par le Service géographique de la Résidence, on peut constater que la région des grandes pluies suit la ligne des hauts reliefs, épousant exactement la forme de l'entonnoir montagneux constitué par les chaînes du Riff et de l'Atlas. Aussi a-t-on pu dire avec beaucoup d'exactitude que les montagnes de l'Atlas sont le « château d'eau » du Maroc. De ce château d'eau partent de nombreux fleuves et rivières qui, à l'exception de la Moulouya, qui arrose le Maroc oriental, coulent en direction générale de l'Est à l'Ouest. Certains d'entre eux comme le Sébou et l'Oum-er-Rébia reçoivent de nombreux affluents et ont une longueur de 600 à 700 km.

Au cours d'une même année, leur débit subit évidemment d'importants écarts, mais ils ne sont jamais à sec. A ce système d'irrigation, viennent s'ajouter d'importantes réserves d'eaux souterraines dont les hommes tirent encore incomplètement et imparfaitement parti, mais qui permettent, en maints endroits pendant la saison sèche, des irrigations dont l'agriculture tire les plus grands bienfaits.

Après cette courte digression géographique, il est à peine besoin de dire que les cultures qui exigent à la fois chaleur et humidité sont particulièrement favorisées au Maroc.

Presque partout le ricin croît comme plante subspontanée dans les terres incultes. Le voyageur qui se rend à Casablanca par Marseille, et qui profite de la courte escale que le paquebot fait sur la rade de Tanger pour descendre à terre, peut constater, dès son premier contact avec la terre marocaine, les caractères de croissance vigoureuse que présentent les plants de ricin qu'il rencontre, sans les chercher, dans les cimetières indigènes ou dans les terrains vagues qui avoisinent la ville. Cette observation peut être renouvelée partout sur la zone littorale, sur une profondeur de 80 à 100 km dans l'intérieur des terres.

Lorsqu'en 1915-1916, les ministères du Ravitaillement et de l'Armement demandèrent que le ricin fût cultivé dans nos colonies, les services de la Résidence n'eurent qu'à faire récolter les graines des diverses variétés qui croissent spontanément dans le pays et à étudier quelles sont celles qui fournissent les graines les plus abondantes et les plus riches en huile. Leur choix se fixa sur une variété de ricin sanguin trouvée dans les jardins de Settat, un gros bourg agricole de la Chaouïa, situé à 70 km en arrière de Casablanca. Les premiers essais permirent de recueillir d'assez importantes quantités de graines sélectionnées dont 6 à 7 t furent distribuées aux agriculteurs pendant l'automne de 1917. La première récolte fut achetée par le Service de l'Inten-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dance des troupes d'occupation, mais l'armistice mit fin à ces achats et les déceptions causées par une politique d'abandon imprévoyant et inopportun laissèrent s'accréditer l'opinion que la culture du ricin ne peut donner qu'exceptionnellement des rendements rémunérateurs.

Les circonstances ont fait cependant que cette culture ne disparut pas entièrement du Maroc. Dès avant les essais entrepris à Rabat en 1916, elle avait été tentée avec succès sur les dunes de Mogador et d'Agadir, dans un but qui n'était pas exclusivement de produire des graines.

En 1915, un modeste fonctionnaire de la Sous-Inspection des Eaux et Forêt de Mogador, le brigadier-chef DUPUY, eut une initiative des plus heureuses. Il apprit incidemment à Tanger que des Allemands, les frères Mannesmann, dont le nom ne réveille que de mauvais souvenirs, avaient l'intention de semer des ricins sur de vastes étendues de dunes achetées par eux à vil prix aux environs d'Agadir. Il se rendit rapidement compte que les qualités de plante à croissance rapide que certaines variétés de ricin possèdent à un haut degré pourraient être utilement mises à profit pour la fixation des sables mouvants, et il acheta de ses deniers quelques kilogrammes de graines provenant d'un lot assez important commandé par les Mannesmann à un horticulteur de Tanger et laissé pour compte au moment de la déclaration de guerre. Le brigadier-chef Dupuy fit ses premiers semis le 5 avril 1915. Bien que la saison fût déjà avancée, la réussite fut complète et, depuis cette époque, le ricin fait partie des espèces qui servent à fixer les dunes.

Voici, rapidement exposée, la méthode suivie par le Service forestier du Maroc pour atteindre ce but.

On sème dans le sable des graines de diverses espèces herbacées parmi lesquelles se trouvent : un genêt spécial au pays, le *retem*; une autre légumineuse, l'*Ononis angustissima*, ou gourbet; un carex, le *Galilœa micronata*, et quelques autres encore. On sème en même temps des graines de ricin dont la végétation constituera la phase intermédiaire entre la phase herbacée et la phase arbustive; et l'on sème enfin les graines des espèces dont le développement donnera les arbres et les arbustes destinés à reconstituer la forêt qui existait autrefois sur ces sables arides et qui a disparu à la suite de l'exploitation barbare et irraisonnée qu'en firent les indigènes. Ces espèces sont : le genévrier de Phénicie, le thuya et un arbre tannifère, le tizra.

Le vent aurait vite fait de disperser les graines si on ne les recouvrait pas d'un feutrage dit « couverture morte », constitué par la végétation herbacée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tondue à la faux sur des espaces de dunes déjà fixées les années précédentes. Parmi les diverses espèces ensemencées, les espèces arbustives ont une croissance assez lente; le ricin, semé en même temps qu'elles, rend, comme espèce à croissance rapide, les plus réels services. Quelques semaines après sa germination, il forme déjà des touffes buissonnantes dont les racines fixent le sol et dont les feuilles protègent contre le vent et les ardeurs du soleil les jeunes plants à croissance lente.

Indépendamment des services qu'ils rendent dans cette opération, les plants de ricin fournissent une intéressante récolte de graines qui peut atteindre, aux endroits un peu abrités, 500 kg par hectare, mais qui donne une moyenne de 300 kg. La variété ainsi cultivée est un ricin sanguin dont les graines, très belles, fournissent un rendement élevé (50 p. 100) en huile d'excellente qualité.

Dans les années favorables, l'Administration forestière parvient à couvrir, et au delà, par la vente des graines, les dépenses de main-d'œuvre occasionnées par les travaux de fixation des dunes; il lui est arrivé certaines fois de faire des bénéfices assez importants.

Chaque année, on récupère, dans cette lutte non sans grandeur de l'homme contre les éléments, 300 ha de dunes dans la région de Mogador et une superficie à peu près égale autour d'Agadir. Les espaces qui restent à conquérir à la végétation sont environ de 35.000 ha dont 30.000 pour la seule zone d'Agadir.

Pour conclure, nous dirons donc que le ricin se trouve dans le Maroc occidental sur une de ses terres d'élection et qu'il peut y être cultivé sous deux formes : la forme régulière, sur terrains capables de fournir un rendement élevé à l'hectare, et la forme dérobée, ou demi-culture, sur terres de médiocre valeur. C'est à l'initiative et aux travaux du Service forestier de Mogador que nous devons de bien connaître cette seconde forme, qui a permis à la fois de tirer parti des qualités de plante à croissance rapide de certaines variétés de ricin pour fixer les sables mouvants, et de récolter à peu de frais des graines de choix qui pourraient, produites en quantité importante, arriver à faire prime sur le marché des oléagineux.

***

Il y aurait encore beaucoup à dire sur un sujet dont l'ampleur dépasse largement le cadre que je me suis imposé. Mon but, en faisant cet exposé, était de rappeler que le jour où les gisements de pétrole auront disparu, exploités par les hommes avec une imprévoyance telle qu'on peut dire qu'ils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont dilapidés, d'autres ressources existent sur terre qui permettront de les remplacer.

Grâce au pouvoir qu'ils ont de fixer l'énergie solaire, les végétaux supérieurs peuvent reproduire des combustibles à partir des produits de combustion du carbone et de l'hydrogène. Cette propriété pourra sans doute être mise à profit mieux qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les plantes oléifères sont certainement les végétaux les plus aptes à remplir le rôle de créateurs de combustibles liquides et de lubrifiants; les huiles grasses ne sont-elles pas les combustibles liquides et les lubrifiants que les hommes ont utilisés bien longtemps avant de connaître l'emploi du pétrole? Peut-être de vastes étendues cultivées en espèces oléagineuses remplaceront-elles un jour les gisements de pétroles épuisés, et nos descendants reverront-ils, reconstruits à une échelle centuplée, les réservoirs d'huile de colza qui existaient en 1870 à Saint-Ouen et à Aubervilliers.

Dès maintenant d'ailleurs, dans certaines régions de nos colonies de l'Afrique occidentale très éloignées de la côte, l'huile de ricin et l'huile d'arachide servent à la fois de carburant et de lubrifiant, pour alimenter les moteurs qui fournissent force et lumière aux installations européennes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# QUELQUES PROGRÈS RÉCENTS DES MÉTHODES DE CONTROLE DES PRODUITS MÉTALLURGIQUES

par M. P. NICOLAU, *capitaine d'artillerie*.

Je n'ai pas pour objet de faire un exposé didactique des récents progrès des méthodes de contrôle des produits métallurgiques.

Il faudrait un long volume pour montrer le chemin parcouru depuis l'époque, cependant peu éloignée, où, sous la présidence du général Gras, la Commission des Méthodes d'Essai des Matériaux de Construction, par l'organe de rapporteurs éminents, établit le bilan de nos connaissances, orienta les recherches fondamentales et posa les premières bases solides d'une science qui devait si largement contribuer aux progrès de la métallurgie et des fabrications mécaniques.

Plus modestement, je me propose de faire, à la lumière d'expériences personnelles, dont certaines sont encore inédites, un rapide « tour d'horizon » de quelques méthodes d'essai que j'ai été conduit à étudier et appliquer. Très succinctement, j'en noterai les défauts, les qualités, les conditions d'application, le domaine d'emploi.

Il me paraît utile d'indiquer, pour situer le lecteur, que mes observations ne sont pas faites d'un point de vue unique. Appelé à diriger un laboratoire d'études, d'arbitrage et d'expertise, j'ai dû envisager les méthodes d'essai, non en elles-mêmes ou à titre spéculatif, mais pour des buts essentiellement pratiques. Études des conditions de recette en vue de l'établissement des cahiers des charges, précision des mesures, adaptation des méthodes à l'expertise et au contrôle des produits finis, telles sont les préoccupations qui ont toujours guidé les recherches dont j'exposerai dans ce qui suit quelques conclusions essentielles, sans chercher à faire œuvre complète et en évitant toute compilation systématique.

Dans un premier chapitre, réservé à l'essai de traction, je montrerai le caractère arbitraire de cet essai. J'insisterai sur l'influence que peut avoir la machine d'essai sur les résultats, pour l'essai du laiton notamment. Après quelques considérations sur le tarage des machines de traction, j'indiquerai les conditions à réaliser pour la détermination de la limite élastique et du module d'élasticité.

Dans un deuxième chapitre, j'opposerai les essais de flexion par choc sur barreaux entaillés, aux essais de flexion et de ployage par choc sur barreaux non entaillés, encore en usage.

Dans un troisième chapitre, je montrerai l'importance des essais macrographiques pour le contrôle qualitatif des matériaux avant leur mise en œuvre et des essais micrographiques pour le contrôle des traitements thermiques.

Un quatrième chapitre sera réservé à l'examen succinct des diverses méthodes de mesure de la dureté. J'y exposerai quelques résultats obtenus pour le contrôle du recuit et de l'écrouissage du cuivre et du laiton, grâce à l'emploi raisonné de l'essai à la bille sous faible charge.

J'indiquerai dans le cinquième chapitre le parti que l'on peut tirer des essais thermoélectriques.

Enfin, dans un sixième chapitre, je résumerai l'état de la question de l'essai des fontes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ESSAI DE TRACTION.

L'essai de traction est à la base de la plupart des cahiers des charges.

La résistance à la traction R, qu'il a pour principal objet de déterminer, est la caractéristique la plus utilisée pour le classement des matériaux. C'est ainsi, par exemple, qu'elle a été choisie pour définir la « nuance » des aciers.

On oublie trop souvent que cette caractéristique (comme aussi d'ailleurs A et Σ) n'est pas à proprement parler une « grandeur mesurable [1] » et qu'elle n'est définie que si l'on fixe *arbitrairement* toutes les conditions de l'essai, mode de traction, vitesse de traction, dimensions des éprouvettes, mode de fixation des éprouvettes, loi de variation de l'effort de traction ou de l'allongement en fonction du temps, caractéristiques de la machine d'essai.

L'accord est aujourd'hui établi sur le mode de traction. Le premier procédé en date [2], consistant à faire croître la *charge* proportionnellement au temps, a été abandonné en raison des complications expérimentales, inacceptables dans la pratique industrielle, auxquelles il conduisait. Aujourd'hui, toutes les machines de traction sont organisées, en principe, de manière à faire croître l'allongement de l'éprouvette (ou du moins déplacer l'une de ses extrémités) proportionnellement au temps. La charge P varie alors suivant une loi $P = f(t)$ caractéristique du matériau en essai.

De même, la vitesse de traction et les dimensions des éprouvettes sont le plus souvent fixées de telle sorte que, sur des machines de même modèle, la comparabilité des essais soit assurée de façon satisfaisante.

Par contre, le mode d'attache des éprouvettes est trop souvent négligé. Contrairement aux conclusions de MM. Polonceau et Barba [3], il est indispensable en effet, dans bien des cas (essais des aciers durs par exemple), de disposer de mordaches organisées de manière à assurer exactement l'orientation de l'éprouvette suivant la la direction de l'effort de traction.

Enfin, on ne se préoccupe guère en général de l'influence que peut avoir la constitution de la machine sur les résultats de l'essai.

Cette influence, intimement liée d'ailleurs à celle de la vitesse de traction, n'est cependant pas toujours négligeable. J'en exposerai brièvement les modalités :

Dans les machines usuelles, l'une des extrémités de l'éprouvette est fixée à une mordache animée d'une vitesse constante, que nous appellerons vitesse de traction, et l'autre à une mordache qui est tantôt fixe (machine Amsler par exemple), tantôt solidaire de l'organe de mesure de l'effort (machines à leviers, dynamomètre Chevefy, etc.).

(1) Nous appelons « grandeur mesurable », avec M. Henry Le Chatelier, une grandeur obéissant à la loi d'équivalence et à la loi d'additivité qui peuvent s'énoncer comme suit :

1° Loi d'équivalence : Deux corps équivalents à un troisième par rapport à une certaine propriété seront encore équivalents par rapport à la même propriété vis-à-vis de tout autre corps.

2° Loi d'additivité : La juxtaposition de plusieurs corps semblables permet de constituer un système équivalent, par rapport à une propriété donnée, à un autre corps où cette propriété est plus développée.

(2) Ch. Fremont, *Évolution des méthodes et appareils employés pour l'essai des matériaux de construction* (Congrès international des Méthodes d'Essai des Matériaux, juillet 1900).

(3) Polonceau et Barba, *Rapport à la Commission des Méthodes d'Essai des Matériaux de Construction*, 2e session, T. II, Sen A : Matériaux, 1900.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions, l'influence de la vitesse de traction se manifeste par des effets différents qui peuvent d'ailleurs être de sens opposés :

*a*) Si la vitesse de traction est suffisamment élevée, la déformation de l'éprouvette est, à chaque instant, inférieure à celle qu'elle prendrait sous un effort statique de même valeur. La déformation qui, par suite de la viscosité du matériau, n'est pas instantanée, n'a pas le temps de se produire complètement : on enregistre des valeurs de E et de R trop élevées. Cet effet varie d'intensité avec la viscosité du matériau. Il peut être très important dans les essais des aciers à chaud ;

*b*) Sur certaines machines, lorsque la charge passe par un maximum, l'organe de mesure (colonne de mercure, pendule, levier) continue de monter, par vitesse acquise, marquant une valeur du maximum qui est d'autant plus élevée que la vitesse de traction est plus considérable.

En particulier, si l'on remarque que, même avec une faible vitesse de traction, la charge croît très vite pendant la période élastique, on peut prévoir que, sur ces machines, la limite élastique apparente est toujours approchée par excès. L'erreur dépend évidemment de l'inertie de l'appareil de mesure ; sur certaines machines à leviers, elle peut atteindre quelques centaines de kilogrammes.

*c*) La loi de variation de la charge en fonction du temps, $P = f(t)$, dépendant de la nature du matériau en essai, la vitesse de déplacement de l'appareil de mesure n'est pas toujours constante (même si la mordache mobile est animée d'un mouvement uniforme). Il en résulte que la charge *lue* peut différer de celle que supporte réellement l'éprouvette au même instant.

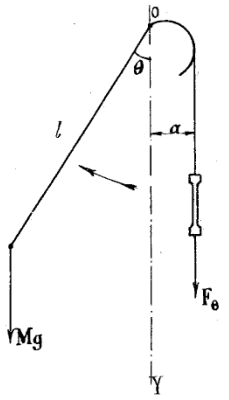



Fig. 1 — Dynamomètre Chevefy.

Imaginons par exemple, comme c'est le cas sur le dynanomètre Chevefy, que l'éprouvette soit fixée à un dynanomètre pendulaire dont l'angle $\theta$ avec la verticale mesure l'effort de traction $F_\theta$. Soit M la masse du pendule, I son moment d'inertie par rapport à l'axe O, $l$ la distance de son centre de gravité à l'axe (fig. 1).

Par un tarage préalable, effectué *statiquement*, on a déterminé, en suspendant des poids marqués à la place de l'éprouvette, le poids $P_\theta$ pour lequel le pendule s'écarte d'un angle $\theta$ de la verticale.

$$Mg\, l \sin\theta = P_\theta\, a.$$

Lorsque s'opère la traction dans les conditions usuelles, l'équation du mouvement est :

$$Mg\, l \sin\theta + I\frac{d^2\theta}{dt^2} = F_\theta a$$

On a donc :

$$F_\theta = P_\theta + \frac{I}{a}\frac{d^2\theta}{dt^2}. \qquad [1]$$

L'effort $F_\theta$ réellement supporté par l'éprouvette diffère de l'effort lu sur l'appareil de mesure, de la quantité

$$\frac{I}{a}\frac{d^2\theta}{dt^2}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on remarque que la machine est, en général, organisée de telle sorte que $\theta$ soit proportionnel à $P_\theta$, la relation [1] peut s'écrire, en posant $\theta = K P_\theta$.

$$F_\theta = P_\theta \left(1 + \frac{1}{Mgl \sin KP_\theta} \frac{d^2 P_\theta}{dt^2}\right).$$

Sous cette forme, on voit bien que l'écart entre $F_\theta$ et $P_\theta$ dépend, non seulement des caractéristiques de l'organe de mesure de l'effort, mais encore de la loi de variation de l'effort en fonction du temps, loi qui est caractéristique du matériau en essai.

Au total, la valeur de l'erreur commise par suite d'un excès de vitesse de traction dépend, pour une même valeur de cette vitesse, à la fois des propriétés mécaniques du matériau en essai et des caractéristiques de la machine de traction. Plus la vitesse est faible, plus grande est d'ailleurs la comparabilité des résultats obtenus avec des machines de différents modèles.

J'indiquerai enfin une erreur, due également à la constitution de la machine d'essai, que j'ai observée dans l'essai à la traction du laiton, et qui ne paraît pas avoir été signalée jusqu'à ce jour.

Les machines Amsler, Thomasset, et le dynanomètre Chevefy, tarés statiquement avec des poids, donnent, à l'essai de traction d'éprouvettes en acier doux, des résultats parfaitement comparables. Au contraire, à l'essai de traction du laiton (67/33 ou 72/28), le dynanomètre Chevefy donne (à vitesses de traction égales) des valeurs de l'effort maximum et de l'allongement plus faibles que les deux autres machines. L'écart constaté sur les efforts maxima peut atteindre 6 p. 100; sa grandeur paraît dépendre de la nature du laiton. L'écart sur les allongements peut atteindre 3 p. 100.

Ces phénomènes s'expliquent aisément si l'on remarque qu'au cours de la traction du laiton, à partir d'une charge supérieure à la limite élastique et jusqu'à rupture, l'appareil de mesure de l'effort subit des oscillations importantes [4].

Sur le dynamomètre Chevefy, en effet, le pendule, dont la position mesure l'effort, étant relié directement à l'éprouvette, imprime à celle-ci, à chaque diminution de la charge, un choc qui provoque sa rupture prématurée.

Sur les machines Amsler et Thomasset, au contraire, la réaction de l'appareil de mesure sur l'éprouvette est amortie par le piston et l'huile qui la transmettent.

On voit, en résumé, qu'on ne doit pas perdre de vue le caractère arbitraire de l'essai de traction industriel, que les résultats de cet essai peuvent dépendre non seulement de la vitesse de traction, du mode de traction, des dimensions des éprouvettes et de leur mode d'attache, mais encore des caractéristiques de la machine de traction. Il semble donc que, pour éviter toute contestation et pour assurer de façon parfaite la comparabilité des résultats, plus particulièrement lorsqu'il s'agit d'essais à chaud, il importe de fixer dans les cahiers des charges les caractéristiques de la machine de référence du laboratoire officiel chargé d'arbitrer en cas de conflit.

Cette précaution, peut-être superflue lorsqu'il s'agit d'aciers courants et que

(4) Ce phénomène doit être rapproché des observations de M. A. Le Chatelier sur les fers et aciers entre 80 et 250° (*R. M.*, 1909, p. 914) et de MM. Portevin et F. Le Chatelier sur les alliages légers en cours de transformation (*C. R.*, t. 176, p. 507). Il semble qu'il caractérise l'état instable du laiton écroui, état qui se manifeste également sur les produits finis par les effets de vieillissement bien connus. (*Note de l'auteur.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la vitesse de traction est suffisamment limitée, s'impose pour le laiton, comme aussi les cordages, les textiles et les métaux présentant une viscosité notable (essais à chaud).

*Tarage des machines de traction.* — Les considérations qui précèdent montrent qu'en toute rigueur, le tarage *statique* d'une machine de traction à l'aide de poids ou d'un dynamomètre préalablement taré à l'aide de poids ne suffit pas, dans tous les cas, pour assurer la comparabilité des résultats.

Le tarage statique est, en principe, nécessaire pour établir la correspondance entre les graduations de l'appareil de mesure et l'unité de masse légale. Lorsqu'on ne dispose pas de l'installation nécessaire pour faire ce tarage directement à l'aide de poids ou lorsque la machine est horizontale, on utilisera très avantageusement les dynamomètres élastiques tels que les boîtes de tarage Amsler [5], le dynamomètre Espeut [6] (perfectionné par M. Sabatié [7], puis par le Laboratoire central de la Marine [8]) ou le dynamomètre télescopique de M. Guillery [9].

Mais l'essai de traction industriel est, en fait, un essai dynamique; il n'y a donc pas toujours correspondance entre l'effort réellement supporté par l'éprouvette et la graduation de l'appareil de mesure résultant d'un tarage statique. L'écart dépend, comme on l'a indiqué, des caractéristiques de la machine et de celles du matériau en essai. Par ailleurs, des phénomènes accessoires, dont l'effet peut varier d'intensité suivant le type de la machine, peuvent se produire au cours de la traction; c'est le cas des oscillations de la charge dans l'essai du laiton, des alliages légers en cours de transformation, des fers et des aciers à chaud, de l'acier à 13 p. 100 de manganèse, etc.

Le seul procédé strictement logique pour assurer la comparabilité de deux machines de traction est de les comparer entre elles ou à une machine type, dans les conditions mêmes des essais à effectuer.

On est ainsi conduit au tarage au moyen d'éprouvettes, par comparaison à une machine type, réglementaire dans l'Artillerie, avec la restriction qu'on n'est sûr de l'exactitude de ce tarage que s'il a été effectué avec des éprouvettes du métal même qu'il s'agit d'essayer.

J'ai montré [10] que, moyennant quelques précautions dans l'usinage des éprouvettes et le choix du métal constituant, on peut atteindre avec ce procédé une précision de 0,35 p. 100.

Le tarage au moyen d'éprouvettes est effectué parfois, non par comparaison à une machine type, mais avec des lots d'éprouvettes tarés par suspension directe de poids au pont roulant. Ce procédé paraît sujet à caution. Duguet [11] a appelé l'attention sur son défaut de précision. Il n'est pas indifférent *a priori* de rompre une

(5) P. Breuil, *Le tarage des machines de traction* (*Revue de Métallurgie*, 1915).

(6) Appareil présenté le 14 juin 1912, par M. Sauvage, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

(7) M. Sabatié, *Note sur un dispositif dynamométrique* (*Bulletin n° 19 du Laboratoire d'Essais du Conservatoire des Arts et Métiers*, 1919).

(8) Lamothe, *Procédés de tarage des machines de traction dans la Marine* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1925, p. 161).

(9) Guillery, *Dynamomètres télescopiques* (*Comptes rendus*, t. 184, p. 928, 1927).

(10) P. Nicolau, *Tarage des machines de traction à l'aide d'éprouvettes* (*Revue de Métallurgie*, 1924, p. 342).

(11) Ch. Duguet, *Limite d'élasticité et résistance à la rupture*, t. 1er.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

éprouvette de traction en fixant en fonction du temps la loi de variation de son allongement (machines d'essai usuelles) ou de progression de la charge (apposition de poids). Par ailleurs, il est difficile d'appliquer des charges par suspension directe de poids sans qu'il se produise d'à coups ou d'accélérations susceptibles de causer la rupture prématurée des éprouvettes. C'est ainsi que, par apposition brusque des charges, sans choc, KIRKALDY [12] a constaté des diminutions de la charge de rupture atteignant 20 p. 100. Le mieux est donc de disposer d'une machine type dont le tarage s'effectue directement avec des poids, comme la machine Trayvou de la Section technique de l'Artillerie.

*Mesure de la limite élastique.* — La limite élastique est, sans contredit, la caractéristique la plus importante des produits métallurgiques, celle qui devrait servir de base aux calculs de résistance des ouvrages. Sa mesure est cependant le plus souvent négligée en raison de la difficulté de définir pratiquement ce qu'on entend par limite élastique.

On a souvent dit [13], qu'en toute rigueur, les produits métallurgiques n'avaient pas de limite élastique. Cela est vrai notamment pour les fontes, et, à un degré moindre, pour les aciers ordinaires à l'état recuit; mais j'ai pu constater par des mesures de haute précision que certains aciers spéciaux (aciers inoxydables à 13 p. 100 de chrome, par exemple) donnent un diagramme de traction qui, pour des éprouvettes de 13,8, présente une partie rigoureusement rectiligne, et d'ailleurs exactement reversible, à moins d'un micron près.

Quoi qu'il en soit, la détermination de la limite *apparente* ne s'appliquant pas à tous les aciers et la limite *proportionnelle* ne pouvant être fixée sur les diagrammes avec certitude, le Congrès des Méthodes d'Essais des Matériaux de 1912 a préconisé de prendre pour limite d'élasticité *pratique* la charge donnant à l'éprouvette une déformation permanente de 1/1.000. Plus récemment, la Commission permanente de Standardisation (C. P. S.) [14] a proposé d'admettre que « la clause « fixant pour la limite élastique une valeur de $n$ kilogrammes est remplie si « l'éprouvette ayant été soumise à la charge correspondante à $n$ kilogrammes par « millimètre carré pendant 10 secondes puis déchargée, revient à sa longueur « primitive à 1/500 près ».

Qu'il s'agisse de la limite élastique au 1/1.000 du Congrès de 1912 ou de la limite élastique au 1/500 de la C. P. S., aucune indication n'est donnée sur les conditions d'exécution de la mesure.

En premier lieu, il importe de définir la précision et les caractéristiques de l'appareil de mesure. Cette précision dépend évidemment de la valeur de l'allongement auquel on convient de faire correspondre la limite élastique. Il semble que, suivant l'usage établi en métrologie industrielle pour les tolérances des instruments vérificateurs, cette précision doit être d'environ $\frac{1}{10}$, soit $\frac{2}{100}$ mm pour la limite au 1/500 et

(12) W. G. KIRKALDY, *Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds of wrought iron and steel*, Glasgow, 1862. Analysé dans les *Nouvelles annales de la Construction*, mai 1863, p. 85.

(13) BOUASSE, Section française de l'Association internationale des Méthodes d'Essais des Matériaux de Construction, séance du 29 mars 1902.

(14) Fascicule $A_1^1$ de la Commission permanente de Standardisation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$\frac{1}{100}$ mm pour la limite au 1/1.000, s'il s'agit d'éprouvettes normales de 13,8 ayant 100 mm entre repères.

Le procédé le plus précis consiste à déterminer, avant et après l'essai, à l'aide d'un comparateur à deux lunettes (Dumoulin-Froment, Cambridge, Bariquant et Marre, etc.) la distance entre deux traits de repère tracés sur l'éprouvette. L'erreur provenant de la flexion de l'éprouvette dans les mordaches peut être compensée en prenant la moyenne des lectures sur deux séries de repères diamétralement opposés. La précision est de l'ordre de quelques microns. Mais ces appareils sont coûteux et l'opération est longue et délicate.

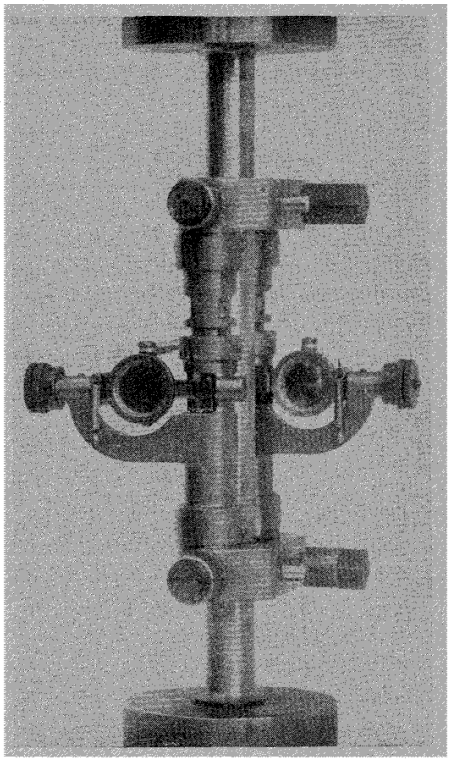


Fig. 2. — Extensomètre à deux miroirs de M. Chanvin.

Il est plus commode d'utiliser un extensomètre. Toutefois, il faut noter qu'avec ces appareils, l'erreur sur les mesures comprend, non seulement l'erreur propre de l'organe de mesure, mais encore l'erreur résultant des flexions de l'éprouvette et l'erreur due au jeu qui se produit, au cours de la traction, dans le dispositif de fixation sur l'éprouvette.

La précision d'un extensomètre résultera principalement des dispositions prises pour atténuer ou compenser ces deux dernières erreurs. La mesure de l'allongement sur deux génératrices opposées, la fixation de l'appareil sur l'éprouvette à l'aide de couteaux, et non de simples pointeaux, paraissent s'imposer.

Il faudra d'autre part utiliser des éprouvettes bien centrées, calibrées au $\frac{1}{100}$ mm et assez longues pour que les déformations des têtes dans les mordaches soient sans action sur l'extensomètre.

Le nombre des extensomètres qui ont été proposés est considérable. Il en existe d'excellents, tels que l'extensomètre Oudin du Laboratoire central de la Marine[15]. Les meilleurs sont, à mon avis, ceux qui permettent de suivre *d'une manière continue* les déformations de l'éprouvette, de telle sorte que l'opérateur est prévenu s'il se produit un déplacement anormal de l'appareil. Mon collaborateur, M. Chanvin chef des essais au Laboratoire d'Essais mécaniques de la Section technique de l'Artillerie, a réalisé dans ce but un extensomètre à deux miroirs (fig. 2), qui a sur

(15) G. Menard et P. Le Comte, *Extensomètre Oudin pour la détermination de la limite élastique des métaux* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1928, p. 891).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'appareil à miroirs de Martens l'avantage de pouvoir être mis en place et enlevé

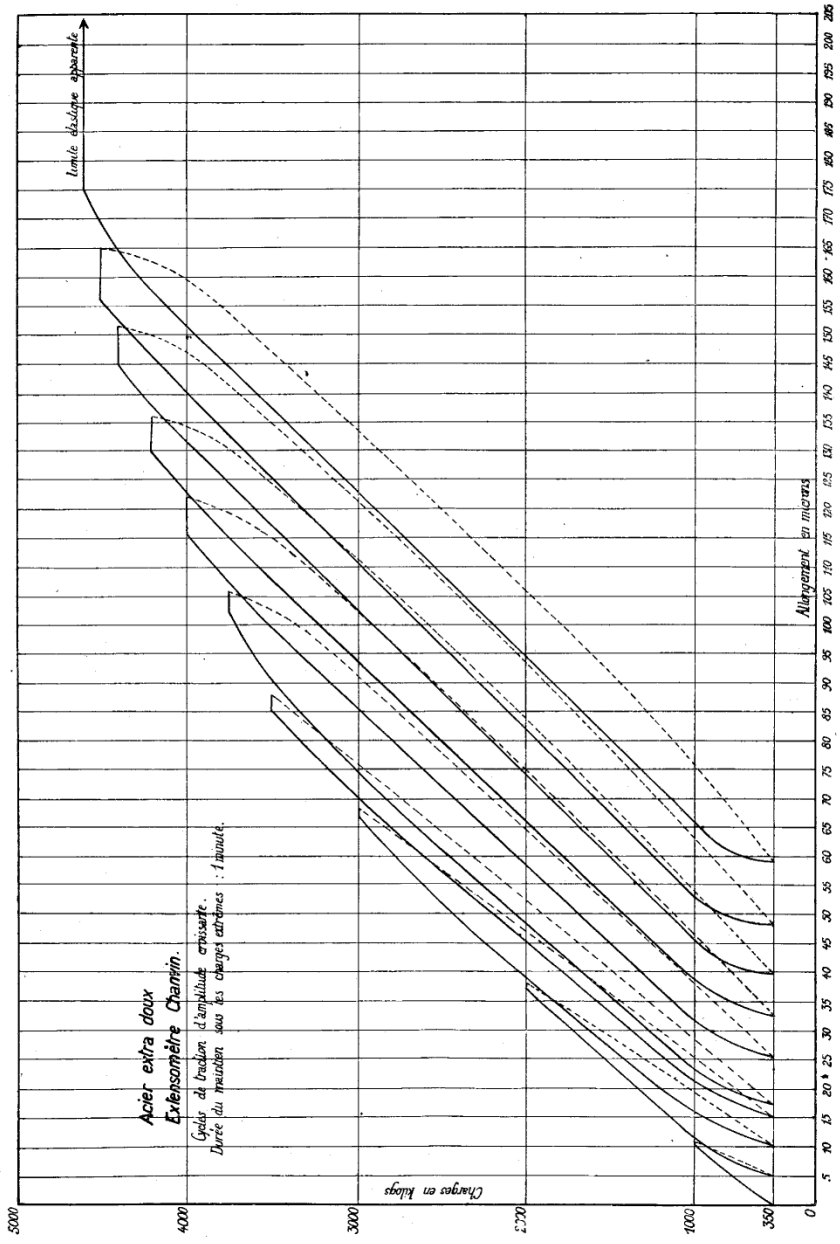



Fig. 4. — Cycles de traction, d'amplitude croissante, d'une éprouvette d'acier extra-doux, relevés avec l'extensomètre Chanvin, montrant l'importance de l'hystérésis mécanique.

très rapidement et dont l'amplification (1.000 environ) peut être vérifiée avant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'essai, par tarage direct à l'aide de cales Johansson. De nombreux essais m'ont permis de constater qu'il donnait une erreur très inférieure à $\frac{1}{100}$ mm.

Avec un appareil de ce type, comme avec un comparateur à deux lunettes, on peut prétendre déterminer avec une approximation très suffisante la limite élastique au 1/1.000 du Congrès de 1912, qui doit évidemment être préférée, pour le calcul des ouvrages, à la limite élastique au 1/500 de la C. P. S.

En deuxième lieu, la durée de maintien de l'éprouvette sous la charge d'épreuve doit être judicieusement fixée. On sait que, même à froid, la plupart des aciers présentent une certaine viscosité. Il leur faut un certain temps pour acquérir l'allongement permanent que leur confère une charge donnée. La figure 4, par exemple, qui reproduit une série de cycles de traction, d'amplitude croissante, relevés sur une éprouvette d'acier extra-doux avec l'extensomètre Chanvin, montre

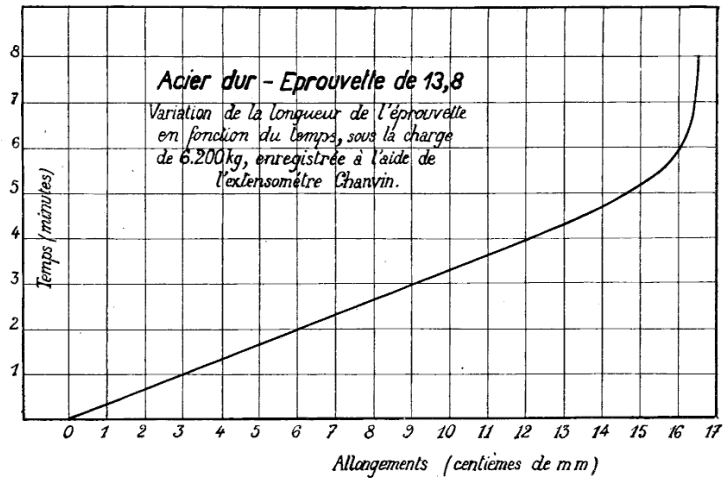



Fig. 3. — Écoulement sous charge constante d'une éprouvette d'acier dur.

les allongements obtenus sous la charge maximum de chaque cycle, pour une durée d'application de cette charge de 1 minute.

Le temps nécessaire pour obtenir, sous une charge donnée, l'allongement maximum caractérise la viscosité du matériau; on ne saurait le fixer *a priori*.

Dans la pratique, il importe de fixer dans les cahiers des charges une durée de maintien de la charge telle que, dans tous les cas, on puisse la reproduire exactement et qu'elle ne masque pas l'allongement de l'éprouvette. La C. P. S. a adopté 10 secondes. Cette durée me paraît trop faible pour deux raisons :

1° Sur certaines machines (à leviers notamment), le dispositif moteur possède une inertie telle qu'il est pratiquement impossible d'atteindre *progressivement* une charge fixée à l'avance.

2° La durée d'écoulement sous les charges voisines de la limite élastique au 1/1.000, et *a fortiori* de la limite élastique au 1/500, est, pour beaucoup d'aciers,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très supérieure à 10 secondes. J'ai enregistré par exemple, avec l'extensomètre Chanvin, sur un acier dur, un écoulement d'une durée de 8 minutes (fig. 3).

Dans ces conditions, il semble que, compte tenu de la nécessité de ne pas allonger outre mesure la durée des essais industriels, la durée du maintien sous la charge imposée ne doit pas être fixée à moins d'une ou deux minutes.

*Module d'élasticité.* — En toute rigueur, la loi de Hooke n'est pas vérifiée pour la plupart des produits métallurgiques et ces matériaux sont affectés d'hystérésis mécanique (fig. 4). Il convient donc de préciser ce qu'on entend par module d'élasticité. Une définition pratique s'impose. Comme c'est généralement au voisinage des extrémités du cycle que l'écart avec la loi de Hooke est le plus sensible; comme, d'autre part, le module d'élasticité diminue au fur et à mesure que la charge à laquelle a été soumise l'éprouvette augmente, en raison sans doute de l'écrouissage subi (fig. 4), on peut prendre, par exemple, pour module d'élasticité pratique, soit le coefficient angulaire de la tangente à l'origine de la première courbe de traction, soit la pente moyenne d'une courbe de traction correspondant à un cycle d'amplitude donnée, après « accommodation », cette pente étant mesurée entre deux charges assez éloignées des deux charges extrêmes. Dans ce cas, le cycle choisi pourrait être par exemple celui dont la charge maximum est égale à la limite élastique pratique au 1/1.000 imposée par le cahier des charges.

La détermination du module d'élasticité ne présente guère d'intérêt pour les aciers, les variations de cette caractéristique avec la composition chimique et les traitements thermiques ou mécaniques étant en général assez faibles; mais nous verrons qu'il n'en est pas de même pour les fontes.

### ESSAIS DE CHOC.

Dans la plupart des cahiers des charges établis jusqu'à ces dernières années, l'essai de traction est complété par un essai de flexion ou de ployage par choc.

L'essai de flexion par choc s'effectue en général sur barreaux de $30 \times 30 \times 200$ mm reposant sur deux couteaux distants de 160 mm. La saillie des couteaux est de 80 mm. Leurs arêtes présentent un arrondi de 2 mm de rayon. Le mouton pèse 18 kg. La hauteur de chute est de 2,75 m. Pour que la comparabilité des essais soit assurée avec certitude et que l'énergie disponible ne soit pas absorbée partiellement par les déformations élastiques des supports, les dispositions de détail des couteaux, la forme et les dimensions de la panne du mouton, la masse de la chabotte doivent être spécifiées. Bien que l'accord ne soit pas complètement réalisé sur ces divers points, il semble que les différences entre les spécifications des divers cahiers des charges (Artillerie et C. P. S. par exemple) sont assez faibles pour pouvoir être négligées.

L'Artillerie fixe à 15 le nombre de coups que les éprouvettes d'acier doivent supporter sans se rompre avant ou après traitement thermique. Après 15 coups, on mesure, à titre de renseignements, la flèche produite ainsi que l'angle de pliage. On continue l'épreuve en notant le nombre de coups de mouton jusqu'à rupture.

On emploie aussi parfois un mouton de 12 kg, avec éprouvettes de $20 \times 20 \times 150$ mm sur appuis distants de 100 mm.

On admet que les résultats des essais effectués sur deux barreaux semblables

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec le même nombre de coups de mouton sont comparables, si l'énergie absorbée par unité de volume est la même et si les vitesses de choc sont dans le rapport de similitude, c'est-à-dire, en désignant ce rapport par $\beta$, si

$$\frac{PH}{P'H'} = \beta^3 \quad \text{et} \quad \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{H'}} = \beta.$$

d'où la condition

$$\frac{P}{P'} = \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{H'}} = \beta. \qquad [2]$$

L'essai de ployage par choc s'effectue sur des lamelles de $70 \times 24 \times 9$ mm enserrées par une extrémité, sur le tiers de la longueur, dans un étau à rotation. Le mouton, pesant 10 kg et tombant d'une hauteur constante de 50 cm, frappe la partie restée en saillie. Après chaque coup, on redresse l'étau de façon que le choc s'exerce toujours normalement. L'enclume pèse 265 kg. Cet essai s'applique surtout lorsque les dimensions des échantillons ne permettent pas le prélèvement d'éprouvettes de flexion par choc.

L'origine des essais de flexion et de ployage par choc est peu connue. Ils paraissent avoir été institués pour « chiffrer » la *fragilité*, mais on n'en trouve nulle part la justification. En fait, les meilleurs expérimentateurs ont reconnu depuis longtemps qu'ils ne répondaient pas à cet objet. Bien plus, il est curieux de noter que la relation [2], qui n'est qu'une extension de la loi de similitude des essais de traction lente, suppose implicitement que la fragilité n'intervient pas dans le phénomène mesuré.

En raison de la faible vitesse du choc, ces modes de sollicitation participent surtout des phénomènes de flexion statique ou, ce qui revient au même, de traction lente. La déformation qu'ils produisent étant en grande partie locale, la caractéristique mécanique qu'ils mesurent est surtout fonction de l'allongement de striction. Les essais, d'ailleurs très anodins, font donc double emploi avec l'essai de traction et ne donnent, ainsi que je le montrerai plus loin, aucune garantie de la résistance aux chocs accidentels.

J'ai constaté que la rupture des pièces mécaniques en service, sous l'effet de chocs ou de vibrations, résulte le plus souvent de la fissuration progressive du métal à partir d'une amorce de rupture, soit congénitale (tapure de trempe, trait d'outil, inclusions, etc.) soit provoquée ou favorisée par une déformation locale exagérée. C'est pourquoi, sans doute, les praticiens ont cherché de longue date à mettre en évidence cette aptitude à la fissuration par choc en utilisant des éprouvettes préalablement entaillées.

Le mode d'essai qui dérive de cette observation, proposé par BARBA, n'a pris une forme industrielle que lorsque M. FREMONT [16] eut l'idée de rompre l'éprouvette, non par tâtonnements ou par chocs successifs, mais d'un seul coup, et d'enregistrer, par différence, l'énergie absorbée par la rupture. On a été ainsi conduit à l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés qui, après avoir été longuement étudié et discuté [17], s'est imposé depuis quelques années et figure déjà dans les cahiers des charges de l'Aéronautique et de la Guerre.

(16) FREMONT, *Fragilité des aciers, ses causes; méthodes proposées pour sa mesure* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, février et septembre 1901).

(17) Consulter notamment *Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et les aciers* (Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 1904.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est aujourd'hui bien établi que l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés ne classe pas les aciers dans le même ordre que l'essai de traction et les essais de flexion ou de ployage par choc sur barreaux entaillés. Dans la plupart des cas (aciers doux recuits et refroidis lentement, aciers phosphoreux notamment) il révèle la fragilité alors que les essais sur barreaux non entaillés sont nettement en défaut.

Il m'a été donné, par exemple, d'effectuer une série d'essais comparatifs sur un essieu rompu en service qui, par erreur, avait été fabriqué avec un acier manganosiliceux auto-trempant, chargé en soufre et en phosphore, de composition suivante :

$C = 0{,}13$ ; $Si = 0{,}61$ ; $Mn = 2{,}68$ ; $S = 0{,}08$
$P = 0{,}08$ ; $Cr = 0{,}04$ ; $Ni = 0{,}03$.

Le tableau ci-dessous résume les résultats de ces essais.

| NATURE DE L'ÉPREUVE | CARACTÉRISTIQUE MESURÉE | VALEUR DE LA CARACTÉRISTIQUE |
|---|---|---|
| Essai de dureté (Bille de 10; 3 000 kg). | Δ | 217 à 236 |
| Essai de traction. | R<br>E<br>A p. 100. | 68,5 — 72,7<br>48,7<br>12 à 12,5 |
| Essai de flexion par choc. | Nombre de coups avant rupture. | 52 (éprouvette non rompue). |
| Essai de ployage par choc. | Nombre de coups avant rupture. | 21 (éprouvette non rompue). |
| Essai de flexion par choc sur barreaux entaillés. | Éprouvette UF. ρ. . . . . | 0,5 à 1,2 |
| | Éprouvette UF. angle de rupture. | 180° |
| Mouton Charpy. | Éprouvette Mesnager. ρ . . . . | 1,7 à 4,4 |
| | Éprouvette Mesnager. angle de rupture. | 180° |
| | Éprouvette Charpy. ρ . . . . | 0,6 à 2 |
| | Éprouvette Charpy. angle de rupture. | 180° |
| Mouton Fremont. | Éprouvette Fremont. ρ . . . . | 1 à 1,4 |
| | Éprouvette Fremont. angle de rupture. | 180° |
| | Éprouvette Charpy. Appuis C. P. S. ρ . . . . | < 1 |
| | Éprouvette Charpy. Appuis C. P. S. angle de rupture. | 180° |

La photographie de la figure 5 permet de comparer la rupture *sans déformation* des éprouvettes entaillées (quels que soient le type d'éprouvettes et le mouton) à la déformation considérable, sans rupture, des éprouvettes non entaillées des anciennes méthodes de flexion et de ployage par choc. Elle illustre de façon frappante la faillite de ces anciennes méthodes et l'intérêt pratique de l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés pour déceler la fragilité.

On remarque, d'autre part, la concordance des angles de rupture obtenus avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les divers types d'éprouvettes, concordance qui a déjà été signalée par M. Léon GUILLET [18] pour les aciers peu résilients et qu'a observée également M. LEGRAND [19] sur les éprouvettes U. F. et Mesnager essayées sur mouton Charpy.

Par ailleurs, il n'est pas inutile de noter que, sur un *acier fragile*, le mouton Charpy donne des résiliences du même ordre que le mouton Fremont, utilisé soit avec l'éprouvette Charpy sur appuis C. P. S., soit avec l'éprouvette Fremont (appuis distants de 24 mm). Le mouton Charpy, scellé solidement dans un massif de béton, possède donc un bâti assez peu élastique et suffisamment rigide pour ne pas masquer la fragilité.

Enfin, l'éprouvette Mesnager donne, en règle générale, des valeurs de la résilience plus élevées que les éprouvettes Charpy et U. F.

Ces remarques sont importantes, car l'intérêt des essais de flexion par choc n'est pas tant de chiffrer l'énergie absorbée par la rupture que de révéler qualitativement la fragilité. A ce titre, l'angle de rupture de l'éprouvette paraît constituer le meilleur critère de la fragilité.

Lorsqu'on se propose de chiffrer la résilience, caractéristique complexe qui participe de la fragilité et de la résistance vive, il est, par contre, indispensable de définir exactement toutes les conditions de l'essai. La vitesse du choc (qui, *a priori*, joue un rôle essentiel dans l'étude d'un phénomène où intervient non seulement la force vive mais la quantité de mouvement) doit notamment être fixée. C'est ainsi que le mouton Guillery n'est comparable au mouton Charpy qu'à vitesses égales. De même, toutes choses égales d'ailleurs, le rapport des résiliences mesurées sur des éprouvettes de types différents varie avec la nature de l'acier sans qu'il soit possible de déterminer la loi de variation.

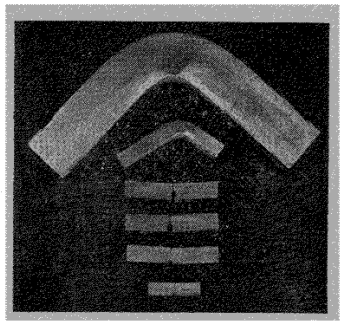


Fig. 3. — Comparaison des résultats donnés, sur un acier *fragile*, par les essais de choc et de ployage sur barreaux non entaillés, d'une part, et par les essais de flexion par choc sur barreaux entaillés, d'autre part.

On a fait état de la nécessité de fixer toutes les conditions expérimentales, pour critiquer l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés. Mais cette critique s'applique aussi bien aux anciennes méthodes de flexion et de ployage par choc; elle s'applique, comme je l'ai montré dans ce qui précède, à un degré moindre il est vrai, à l'essai de traction; elle s'applique à tous les essais mécaniques. On a fait valoir d'autre part que l'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés donne des résultats irréguliers. Ce reproche ne paraît pas fondé. Avec un acier très homogène, j'ai constaté qu'on obtenait, tant sur le mouton Fremont que sur le mouton Charpy, une très faible dispersion des résultats, pourvu que les éprouvettes soient usinées avec le plus grand soin (l'entaille en particulier) et établies avec une faible tolérance d'usinage (0,02 mm) et surtout pourvu qu'elles soient placées sur le mouton de telle sorte que l'entaille soit rigoureusement dans l'axe du couteau. On est donc fondé à conclure que, lorsqu'on opère avec soin, la dispersion des résultats donne

(18) Léon GUILLET, *Quelques essais de choc sur les nouvelles éprouvettes de la Commission permanente de Standardisation* (*Revue de Métallurgie*, 1921, p. 221).

(19) LEGRAND, *Essais de choc sur barreaux entaillés* (*Revue de Métallurgie*, 1921, p. 225).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'image de l'hétérogénéité du métal. Par contre, il n'est pas douteux que, pour les faibles valeurs de la résilience, la méthode est peu sensible. Elle ne saurait donc se prêter à une discrimination des métaux fragiles tels que les fontes.

Quoi qu'il en soit, nous devons retenir que cette méthode permet, dans bien des cas, de préjuger de la résistance des pièces en service alors que l'essai de traction et les anciennes méthodes de flexion et ployage par choc sont en défaut. De ce fait, son procès n'est plus à faire.

### MACROGRAPHIE ET MICROGRAPHIE.

L'essai de flexion par choc sur barreaux entaillés, malgré l'importance du renseignement qu'il donne, ne suffit pas cependant, dans tous les cas, pour nous permettre de préjuger de la tenue en service de certains éléments appelés à subir des efforts plus ou moins violents. L'expérience montre en effet que certaines pièces se rompent, bien que leur résilience soit acceptable, bien que leur taux de travail soit *dans l'ensemble* nettement inférieur à la limite élastique et bien que leur résistance vive soit élevée.

En règle générale, le mécanisme de ces ruptures procède de la fissuration progressive.

Parfois, cette fissuration résulte d'une mauvaise conception des pièces mécaniques; la limite élastique, voire même la charge de rupture, se trouve dépassée *localement*. Une fissure se forme et, sous des efforts répétés, se propage jusqu'à rupture de l'ensemble : la qualité du métal est alors hors de cause.

Plus généralement, la fissure initiale résulte d'un défaut congénital du métal constituant : le métal est « malade ». Tous les savants calculs, toutes les théories de la résistance des matériaux, *établies pour le métal sain*, sont alors déjouées.

De même que les conseils de révision éliminent des contingents les sujets tarés qui ne pourraient supporter un régime d'entraînement gradué à l'usage des sujets normaux, de même, il importe d'éliminer de nos fabrications mécaniques les aciers anormaux.

Dans bien des cas, les tares sont apparentes et tous nos cahiers des charges ne manquent pas de proscrire les aciers ou alliages présentant des criques, pailles, soufflures, gerçures, etc. La liste de ces vices rédhibitoires est longue, sinon précise.

Mais il y a les défauts cachés, devant lesquels nous nous trouvons encore trop souvent désarmés. En général, cependant, la macrographie et la micrographie permettent de faire un diagnostic certain.

Ces épreuves sont malheureusement qualitatives et, de ce fait, leur introduction dans les cahiers des charges exige beaucoup de prudence. Déjà, cependant, certaines compagnies de chemins de fer [20] ont imposé la macrographie, à titre éliminatoire, pour la prise en recette des rails. Pendant la guerre, M. Léon Guillet en a très heureusement préconisé l'emploi pour l'élimination des barres ségrégées destinées à la fabrication des obus [21]. Enfin, l'examen macrographique figure sur les cahiers des charges du Bureau Véritas et de la Guerre; le plus souvent, il sert, soit au

(20) Cie du P. O. : *Cahier des charges pour la fourniture des rails en acier.*

(21) Léon Guillet, *Mémoire sur le traitement thermique des obus*, édité par la *Revue de Métallurgie*, 1918.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contrôle du mode de fabrication des pièces forgées, soit à l'examen préalable des produits, en vue de permettre le prélèvement des éprouvettes d'essai (et plus particulièrement des barreaux entaillés) dans les zones douteuses. Il s'applique au contrôle du chutage des lingots, tant en vue d'éviter un chutage trop faible qu'un chutage exagéré, la détermination *a priori* de l'importance du chutage ne présentant évidemment aucune garantie certaine.

La micrographie s'applique plutôt au contrôle du traitement thermique des produits finis.

M. FREMONT [22] a montré, par des expériences particulièrement frappantes, le mécanisme de la fissuration progressive des aciers contenant des inclusions non métalliques (Sonims).

Il m'a été donné à plusieurs reprises de faire l'expertise de pièces rompues en service, dont un examen macrographique ou micrographique aurait suffi à proscrire l'emploi. Je citerai deux exemples qui correspondent à des cas de rupture assez fréquents.

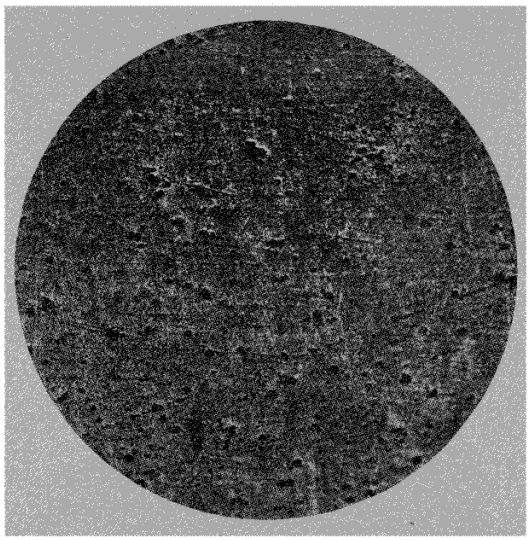


Fig. 6. — Attaque à l'iode ioduré (Grossissement 11). Inclusions.

1er *exemple*. — Alors que, dans les aciers ordinaires, la ségrégation se présente sous forme « compacte », au contraire, dans certains aciers spéciaux, les inclusions sont « dispersées ». Après attaque à l'iode ioduré, qui constitue le meilleur réactif de ces inclusions, le métal apparaît rempli de petits *trous*. La figure 6 montre l'aspect d'un tel métal. Parfois même le mal est plus grave (fig. 7); les trous alignés constituent de petites fissures. Ces inclusions globulaires, souvent allongées par le laminage, sont réparties entre les dendrites de solidification primaire, ainsi que le montre la figure 8, photographie d'un échantillon sur lequel on a fait successivement l'attaque à l'iode ioduré, qui fait apparaître les inclusions, et l'attaque au réactif cuivrique Stead-Le Chatelier, qui ne les révèle pas mais dessine le réseau de dendrites. Ces échantillons ont été prélevés dans un arbre de barbotin de véhicule automobile en acier nickel-chrome, dont les caractéristiques mécaniques étaient les suivantes :

$$R = 175 \text{ à } 200; \quad E > 160; \quad A \text{ p. } 100 > 5;$$
$$\rho > 3; \quad \text{(Mouton Charpy, éprouvette Mesnager).}$$

J'ai examiné d'autre part des échantillons présentant strictement le même aspect, dans des pièces rompues en service, ayant pour caractéristiques mécaniques :

(22) *Génie Civil*, 6, 13, 20 et 27 mai 1911.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E = 60; R = 78; A p. 100 = 19; Σ = 0,55;
ρ = 8; (Mouton Charpy, éprouvette CF).

Fig. 7. — Attaque à l'iode ioduré (Grossissement 11). Inclusions constituant une amorce de fissure.

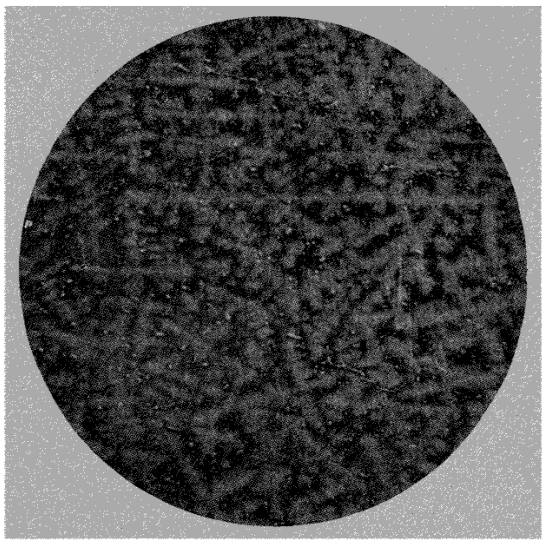


Fig. 8. — Attaque à l'iode ioduré, suivie d'une attaque au réactif cuivrique de Stead-Le Chatelier (Grossissement 5). Inclusions et amorces de fissures entre les dendrites.

Dans tous les cas, la résilience est bonne, ou tout au moins conforme aux prévisions.

2nd *exemple*. — Un cas fréquent de malfaçon dans les traitements thermiques est la surchauffe de l'acier. Contrairement à une idée assez répandue, l'acier surchauffé n'est pas fragile au sens où on l'entend généralement : sa « résilience» est le plus souvent acceptable. Cependant, dans certaines conditions de travail, il se rompt. Dans ce cas encore, la fissuration progressive paraît être le mécanisme de la rupture. Les figures 9 et 10 montrent comment cette fissuration s'amorce et se propage dans le réseau cellulaire de ferrite, créé par la surchauffe, dont la résistance est faible. La résilience de l'acier dans lequel ont été prélevés les échantillons des figures 9 et 10 est égale à 6 ou 7 kg : cm² (éprouvette Mesnager, mouton Charpy), valeur normale pour l'application envisagée. Les caractéristiques E, R, A p. 100 et Σ sont également normales.

En résumé, les examens macrographique et micrographique ne sauraient trop être recommandés, le premier pour le contrôle de la matière avant sa mise en œuvre, le second pour le contrôle des traitements thermiques. Ils ne font pas, en général, double emploi avec les essais mécaniques mais les complètent.

La technique de ces méthodes est aujourd'hui parfaitement connue et leur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

emploi n'est plus réservé aux seules études spéculatives. Il est à peine besoin de mentionner, à titre d'exemple, en terminant ce bref exposé, le parti que, depuis l'étude aujourd'hui classique du capitaine (depuis général) GRARD [23], on a tiré de la micrographie pour le contrôle des traitements thermiques et mécaniques des laitons et du cuivre. Il faut persévérer dans cette voie et bien noter que, compte tenu des dépenses parfois considérables qu'entraîne le prélèvement des éprouvettes d'essais mécaniques, la macrographie et la micrographie donnent, dans certains cas, à moins de frais, des renseignements plus utiles.

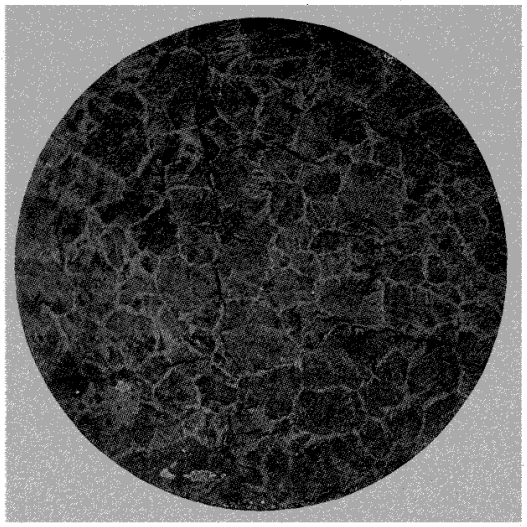


Fig. 9. — Attaque picrique (Grossissement 65). Fissurations dans un acier surchauffé.

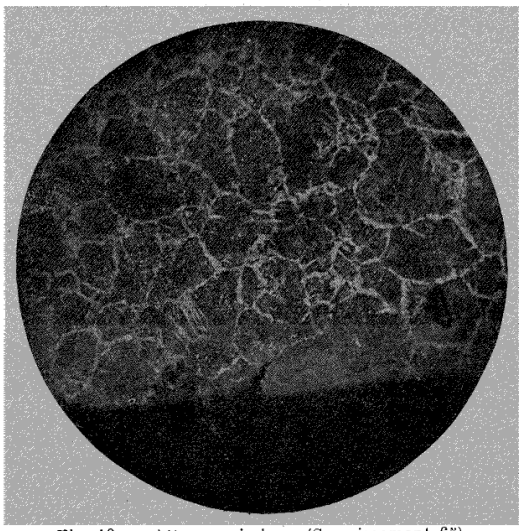


Fig. 10. — Attaque picrique (Grossissement 65). Amorce de fissuration dans un acier surchauffé.

### ESSAIS DE DURETÉ.

On désigne sous le nom de « dureté » les caractéristiques de la matière les plus différentes.

Tous les modes de sollicitation susceptibles de donner une évaluation quantitative de cette propriété de la matière, que son nom définit d'une manière si peu précise, ont été mis en œuvre : striage, limage, pénétration statique, choc, oscillations pendulaires, etc. Chaque mode de sollicitation, chaque caractéristique mesurée, chaque appareil donne une échelle de dureté arbitraire. En général, il n'existe pas de relation entre deux échelles différentes. Pour les besoins de la pratique industrielle, on établit souvent, expérimentalement, des relations de ce genre, mais il faut bien noter qu'elles ne sont valables que dans un domaine assez

(23) GRARD, *Laiton à cartouches, laiton à balles, cuivre électrolytique* (*Revue d'Artillerie*, T. 73 et 74; *Revue de Métallurgie*, 1909, p. 1069).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

restreint pour que les caractéristiques mesurées par les procédés en cause varient dans le même sens.

J'examinerai succinctement les méthodes de mesure de la dureté qui sont les plus répandues ou qui présentent un intérêt particulier.

*Dureté par striage.* — Cette méthode dérive directement de la définition de la dureté adoptée par les minéralogistes. Elle consiste à mesurer la largeur de la rayure produite avec un diamant sous une charge et à une vitesse données. Parfois, on cherche la charge minimum qui produit une rayure appréciable. En raison de la difficulté de normaliser les conditions d'exécution de l'essai, la mesure de la dureté par striage est peu usitée. Elle présente cependant, au laboratoire, pour certaines applications (étude de la pénétration de la cémentation, par exemple) l'avantage de permettre de suivre d'une manière continue la variation de la dureté.

*Dureté par choc.* — Sur un échantillon de surface horizontale, bien polie, enduite de noir de fumée en couche mince, laissons tomber d'une hauteur donnée H, un corps élastique et dur (résistant à la pénétration) tel qu'une bille d'acier.

La bille rebondit à une hauteur $h < H$; elle laisse sur le noir de fumée une empreinte de diamètre D, et, sur l'échantillon, une empreinte permanente de diamètre $d < D$.

On a proposé successivement de caractériser la dureté de l'échantillon par chacune des caractéristiques mesurées dans cette expérience : $d$, D, $h$. Il ne semble pas qu'on ait cherché à étudier, avec un même dispositif expérimental, les relations qui existent entre $d$, D et $h$ lorsque varient, soit la nature de l'échantillon, soit les conditions *essentielles* du choc (hauteur de chute H, dimensions et masse de la bille). Par contre, il est facile de se rendre compte, par quelques expériences simples, de l'influence *considérable* que peuvent avoir, sur les valeurs respectives de $d$, D et $h$, pour des échantillons d'une même matière, certaines conditions de l'expérience, que j'appellerai *accessoires* par opposition aux conditions *essentielles* indiquées précédemment. Ces conditions accessoires sont : 1° le rapport des masses de l'échantillon et de la bille; — 2° le degré de polissage de l'échantillon; — 3° la nature et la masse de la chabotte; — 4° l'assujétissement plus ou moins grand de l'échantillon sur la chabotte; — 5° les propriétés élastiques de la bille.

Je ne cite que pour mémoire la résistance de l'air, dont l'effet est toujours négligeable dans les essais de choc industriels.

On constate aisément que les essais de dureté par choc ne peuvent être pris en considération que si l'échantillon est parfaitement poli, de masse 40 fois plus grande environ que celle de la bille et fixé de façon parfaitement rigide à la chabotte. Par ailleurs, pour que deux appareils donnent des résultats comparables, il importe que les billes soient identiques, non seulement par leurs dimensions extérieures mais par les propriétés du métal constituant et que les chabottes soient sinon identiques, du moins de même nature et de masse très supérieure à celle de la bille. L'énergie dépensée dans le choc, dont la différence $H - h$ donne la mesure, comprend en effet, non seulement l'énergie nécessaire pour produire l'empreinte permanente $d$, et celle absorbée par l'hystérésis de la déformation élastique de l'échantillon, mais encore toute l'énergie dissipée par les ébranlements de l'échantillon et du sol ou par l'hystérésis élastique de la bille. Cette perte d'énergie ne dépend pas évidemment de la nature de l'échantillon et l'expérience montre qu'elle peut devenir très importante

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

si l'on dépasse, dans les modalités d'application de la méthode, certaines limites qu'une étude préalable devra fixer nettement pour chaque appareil.

*Méthode du lieutenant-colonel Martel* (*mesure de* d). — Le succès de la méthode de Brinell a fait oublier les expériences remarquables du lieutenant-colonel MARTEL [24]. Cet officier supérieur, utilisant, suivant la coutume de son temps, un mouton de choc de dimensions considérables, du type adopté pour l'essai de flexion par choc réglementaire dans l'Artillerie, avait été conduit, comme conclusion de son étude méthodique, à prendre comme indice de dureté le travail nécessaire pour produire une empreinte de volume égal à 1. Cet indice de dureté avait été reconnu indépendant de la forme de la frappe et, dans certaines limites assez étendues, de la hauteur de chute et du poids du mouton. Il constitue donc une caractéristique de la matière qui, dans une assez large mesure, ne dépend pas des conditions de l'essai et dont, par suite, l'intérêt subsiste, bien que le dispositif expérimental du lieutenant-colonel Martel ne puisse évidemment être retenu aujourd'hui.

*Méthode de M. Moreau* (*mesure de* D). — Cette méthode, proposée récemment par M. MOREAU [25], doyen de la Faculté des Sciences de Rennes, ne paraît pas avoir retenu, comme elle le méritait, l'attention des praticiens, sans doute parce que son auteur a négligé de lancer dans le commerce un appareil « tout fait » pour l'appliquer.

Elle constitue cependant la seule méthode qui soit basée sur une étude scientifique du phénomène de choc.

Faisant intervenir la durée $\tau$ du choc, reliée comme on sait à la quantité de mouvement $mv$ et à l'effort instantané F, par la formule classique $mv = \int F d\tau$, M. Moreau appelle coefficient de dureté dynamique B, la pression *moyenne* de la bille sur l'empreinte élastique de surface moyenne $\frac{S}{2}$ qu'elle produit, au cours du choc.

$$B = \frac{\frac{mv}{\tau}}{\frac{S}{2}}.$$

Il montre que la mesure de ce coefficient B peut être déduite, soit de la mesure de la durée $\tau$ du choc, soit de la mesure de la résistance électrique du contact pendant le choc, soit enfin de la mesure du diamètre de l'empreinte élastique D (empreinte laissée sur l'échantillon enduit de noir de fumée). Les trois méthodes de mesure donnent des résultats concordants.

L'appareil, très simple, utilisé par M. Moreau, est constitué par une bille d'acier de 2 cm de diamètre, fixée au bout d'un fil et que l'on fait tomber, à partir d'une position initiale arbitraire, sur l'échantillon à essayer, maintenu verticalement dans un étau.

Lorsqu'on se propose d'appliquer la méthode sous sa forme la plus simple (mesure de D), il est préférable de laisser tomber la bille en chute libre sur l'échan-

(24) Lieut.-col. MARTEL, *Mesure de la dureté des métaux à la pénétration au moyen d'empreintes obtenues par choc ou action graduée avec des couteaux ou poinçons de forme variable* (Commission des Méthodes d'Essai des Matériaux de Construction, t. 11, Section A, Métaux, Rapports particuliers).

(25) G. MOREAU, *Sur l'essai de dureté des corps par le choc* (*Bulletin des Recherches et Inventions*, octobre 1920, p. 664); *Annales de Physique*, 1920. T. XIV, p. 306; *Revue générale de l'Électricité*, 1922, p. 107.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tillon fixé solidement sur une chabotte convenable ; il est alors commode de déclencher la bille en coupant le courant d'un électro-aimant auquel elle adhère dans sa position initiale.

M. Moreau a montré que le coefficient de dureté dynamique B est indépendant du diamètre de la bille et de sa hauteur de chute lorsque ce diamètre est compris entre 1 cm et 2,5 cm et la hauteur de chute inférieure à 1 m.

Sans avoir eu le loisir de procéder à une étude systématique de cette méthode, j'ai cependant cherché à comparer, sur quelques échantillons, le coefficient de dureté dynamique B et le nombre de Brinell Δ. Il m'est apparu que ces deux caractéristiques ne donnaient pas le même classement des produits métallurgiques. Cela s'explique aisément. Le coefficient de dureté dynamique correspond à la déformation *totale* produite par une force alors que le nombre de Brinell, de même que l'indice de dureté du lieut.-col. Martel, résulte de la déformation résiduelle après suppression de l'effort. Sans doute pourrait-on comparer le coefficient de dureté dynamique au nombre de Brinell, si celui-ci était calculé d'après les dimensions de l'empreinte sous charge et non après décharge.

Quoi qu'il en soit, l'absence de relation entre B et Δ n'infirme pas la méthode de M. Moreau, bien au contraire. Voici enfin une méthode qui donne une nouvelle fonction des caractéristiques de la matière, paraissant dépendre surtout de ses propriétés élastiques. C'est précisément parce qu'elle ne fait pas double emploi avec les méthodes usuelles, dont l'application est plus simple, qu'elle mérite d'être expérimentée.

*Méthode basée sur la mesure de* h. — Il a été établi beaucoup de scléroscopes (d'aucuns disent scléromètres) pour évaluer la dureté par la hauteur de rebondissement d'une petite masse. Il en est de très simples comme l'élasto-duromètre de M. P. Breuil [26], simple tube de verre dans lequel tombe une bille libérée par un diaphragme à iris. L'appareil industriel le plus répandu est le scléroscope de Shore, très usité en Amérique. Il en existe deux modèles. Dans l'un, l'évaluation de la hauteur de rebondissement se fait à vue ; dans l'autre (type D) la hauteur de rebondissement est enregistrée automatiquement sur un cadran par un dispositif très ingénieux.

Le scléroscope est actuellement le seul appareil industriel qui permette le classement des aciers cémentés sur une faible épaisseur, sous réserve toutefois que soient réalisées les conditions de comparabilité que nous avons exposées au début de ce chapitre, notamment en ce qui concerne la masse des échantillons.

La précision des mesures faites au scléroscope de Shore n'est pas aussi grande que celle qu'on peut attendre de l'essai Brinell. Toutefois, lorsqu'on se propose de comparer des échantillons qui ont sensiblement la même forme et la même masse, la très grande rapidité des mesures qui constitue la principale qualité de la méthode suffit pour recommander l'emploi de cet appareil. Il est bon cependant, pour diminuer l'une des causes importantes d'erreurs, d'adapter, à la manivelle disposée pour serrer à la main l'appareil sur la pièce en essai, un levier muni d'un contrepoids qui permet d'obtenir un serrage constant, indépendant de l'opérateur. L'appareil muni d'un dispositif de ce genre a été décrit par mon collaborateur, M. F. Eugène [27].

(26) P. Breuil, *Revue de Mécanique* d'avril 1909.

(27) F. Eugène, *Anomalies du recuit après écrouissage du cuivre et des laitons* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, mai 1929, p. 361).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je rappelle en terminant l'application ingénieuse du scléroscope faite par M. DROUILLARD [28] à la détermination de l'aptitude à l'écrouissage, en évaluant la hauteur limite des rebondissements successifs sur une même empreinte et le nombre de coups nécessaires pour atteindre cette hauteur limite.

*Dureté par pénétration statique.* — La détermination de la dureté par pénétration statique est la forme la plus courante de l'essai de dureté industriel, depuis que l'ingénieur suédois Brinell eut l'idée d'employer comme poinçon une bille du commerce de telle sorte que les conditions de l'essai puissent être reproduites exactement en tous lieux. Le succès considérable de l'essai Brinell est dû surtout à ce que la considération du nombre de Brinell (rapport de la charge à la surface de l'empreinte), en relation simple avec l'effort unitaire de traction, a permis, dans une certaine mesure, par une épreuve peu coûteuse, d'évaluer rapidement, avec une approximation souvent suffisante, la caractéristique qui sert encore de base au classement des produits métallurgiques.

L'essai Brinell peut s'effectuer de deux manières, qui d'ailleurs ne donnent pas des résultats équivalents, suivant qu'on mesure le diamètre de l'empreinte ou sa profondeur. La mesure de la profondeur, longtemps délaissée en France, tend aujourd'hui à se généraliser; on peut en effet construire des appareils munis d'un indicateur à cadran, qui donnent, par simple lecture directe, une mesure de la dureté. Le rendement industriel de la méthode est ainsi considérablement augmenté, la précision restant suffisante pour la plupart des applications.

M. FREMONT [29] a proposé de substituer à la bille une molette tranchante. Cette disposition présente surtout l'intérêt d'*orienter* la mesure de la dureté et, par suite, de permettre, soit la mesure de la dureté suivant les génératrices des tubes ou des fils à forte courbure [30] soit la comparaison des duretés suivant diverses orientations, ce qui est avantageux pour certaines recherches (cristallographie, détermination du sens du laminage [31]). Mais on peut craindre qu'il ne soit pas possible de reproduire avec certitude, dans le temps et dans l'espace, des molettes identiques.

Lorsqu'on doit essayer des métaux dont la dureté est de l'ordre de grandeur de celle des billes du commerce, on est conduit à utiliser soit des billes spécialement durcies [32], soit des poinçons de diamant coniques (machine Rockwell [33]) ou pyramidaux (machine Vickers [34]). On peut ainsi évaluer la dureté des pièces cémentées ou nitrurées, sous réserve que l'épaisseur de la couche durcie soit suffisante pour que le poinçon n'atteigne pas le substratum.

Enfin, pour l'essai des pièces peu résistantes, de faible dureté ou de peu d'épaisseur, on a été conduit à substituer aux conditions d'essai proposées par Brinell

(28) DROUILLARD (*Bulletin* n° 20 *du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers*; — *Technique moderne*, 1923, p. 63).

(29) *Essais mécaniques des fils d'acier*, 60e mémoire, 1921; voir aussi *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, de juillet-août-septembre 1929.

(30) LEGRAND, *Étude d'une méthode permettant de déterminer sur place les propriétés mécaniques d'un fil de trolley* (*Industrie des Voies ferrées et Transports automobiles*, janvier 1925).

(31) F. ROBIN (mémoire posthume), *Mesure de la dureté par pénétration d'une molette* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* d'avril 1917).

(32) HOLTGREN, *Amélioration de l'essai Brinell pour les aciers durs. Nouvelle méthode de fabrication des billes en acier dur* (Iron and Steel Institute, septembre 1924).

(33) NICOLLET, *La mesure de la dureté au moyen de la machine Rockwell* (*Revue de Métallurgie*, 1926).

(34) *Mesure précise de la dureté des métaux* (*Engineering*, 1924; — *Revue de Métallurgie*, 1925, Extraits, p. 513).



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(Bille de 10 mm; — 3.000 kg), des billes de plus faible diamètre et des charges moindres. La comparabilité des nombres de Brinell est assurée avec une assez bonne approximation lorsque le rapport $\frac{P}{D^2}$ de la charge au carré du diamètre de la bille est constant. Mais la considération des « nombres de Brinell » étant le plus souvent sans intérêt, la dureté se trouvera tout aussi bien caractérisée par le diamètre des empreintes obtenues dans des conditions d'expérience données.

Sans insister sur les précautions à prendre pour l'exécution correcte de l'essai Brinell, aujourd'hui bien connues de tous les ingénieurs et dont on trouve l'essentiel dans les mémoires classiques de BRINELL [35], de GRARD [36] et de MOORE [37], je m'étendrai, par contre, sur une forme de cet essai, particulièrement précieuse pour le contrôle de certains produits finis et dont j'ai été conduit à développer l'emploi : l'essai à la bille de faible diamètre sous faible charge.

Beaucoup d'ingénieurs pensent encore que le « microbillage » est une opération délicate dont la pratique doit être réservée aux seuls micrographes qui en ont fait la première application. On oublie que la mesure de diamètres d'empreintes de quelques dixièmes de millimètre avec un microscope grossissant 100 fois est aussi aisée, moyennant un éclairage convenable, que la mesure des diamètres d'empreintes de quelques millimètres obtenues dans l'essai à la bille usuel, avec un microscope grossissant 10 fois. Pour obtenir des résultats précis et comparables dans le temps et dans l'espace, il convient cependant de prendre quelques précautions opératoires.

L'outillage, très simple, comprend un microscope et une petite machine à biller.

Le grossissement du microscope dépend évidemment de la dimension des diamètres d'empreintes à mesurer. Le grossissement 100 convient le plus souvent. Pour éviter les erreurs dues aux aberrations du système optique, le champ doit être environ le double du plus grand diamètre à mesurer et l'on doit amener l'image de l'empreinte sensiblement au milieu du champ. Un oculaire micrométrique étalonné, pour la vue de l'opérateur, sur un micromètre étalon, donne la mesure des diamètres d'empreintes. Une rotation de 90° de l'oculaire permet de mesurer successivement deux diamètres rectangulaires sans déplacer l'objet. De préférence, le microscope doit être muni d'un dispositif d'éclairage vertical, comme les microscopes métallographiques de modèle courant.

De nombreux essais, effectués sur des machines différentes, ont montré que la machine à biller doit satisfaire aux trois conditions suivantes :

1° Application directe et progressive de la charge, sans à-coups ni accélérations notables;

2° Guidage parfait de la charge, sans frottements appréciables;

3° Suppression de tout mouvement de rotation de la bille dans son empreinte.

Sur ma demande, M. Guillery a bien voulu établir une petite machine qui remplit exactement ces conditions et avec laquelle la précision totale des mesures est toujours supérieure à 1 p. 100 (fig. 11 et 12).

J'ai fait choix des conditions d'essai suivantes : pour les aciers, bille de 1,2 mm,

(35) BRINELL, Mémoire sur *les épreuves à la bille d'acier* présenté au Congrès des Méthodes d'Essai des Matériaux de Construction de 1900.

(36) GRARD, *Recherches sur la dureté et la fragilité des aciers* (*Revue de Métallurgie*, mars 1911, p. 241).

(37) MOORE, *Recherches sur la détermination de la dureté par la méthode de Brinell* (Rapport présenté au Congrès de Copenhague de l'Association internationale pour l'Essai des Matériaux, 1910).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous 43,200 kg, de manière à pouvoir, le cas échéant, évaluer la dureté en nombre de Brinell; pour le cuivre et les laitons, bille de 1,58 mm, sous 10 kg. Dans ces conditions, les diamètres d'empreintes ne dépassent guère 0,5 mm, ce qui correspond à une profondeur d'empreinte de 0,043 mm, de telle sorte qu'avec Moore [38] on peut admettre que l'essai s'applique toujours, sans erreur sensible due à l'influence de l'épaisseur, à des échantillons ayant une épaisseur d'au moins $7 \times 0{,}043 = 0{,}3$ mm. Ces conditions d'essai donnent des empreintes toujours nettement lisibles, sauf sur les aciers trempés ou cémentés, pour lesquels la méthode de Brinell est toujours en défaut. L'écart entre les évaluations d'un même diamètre d'empreinte, faites par deux opérateurs différents ou par un même opérateur, ne dépasse jamais $\frac{1}{100}$ mm. Mais ces erreurs de lecture sont purement accidentelles et

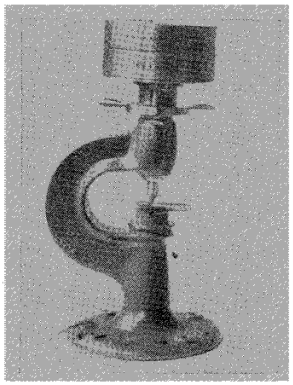


Fig. 11. — Machine Guillery, type KS, pour l'essai de dureté à la bille sous faible charge.

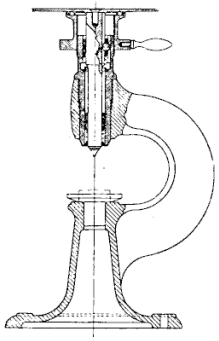


Fig. 12. — Machine Guillery, type KS. Coupe.

lorsqu'on prend pour mesure de la dureté la valeur médiane d'une série de diamètres d'empreintes, l'écart entre deux observateurs ne dépasse pas 2μ.

C'est avec ces dispositions expérimentales que j'ai fait une application systématique du microbillage au contrôle et à l'étude du recuit et de l'écrouissage du cuivre et des laitons [39]. La figure 13 montre, par exemple, l'influence du degré d'écrouissage initial du cuivre électrolytique sur l'allure de la variation de sa dureté en fonction de la température de recuit. Ce graphique illustre, précise et complète diverses observations faites antérieurement sur le recuit du cuivre par MM. CHARPY [40] et GRARD [41]. On y remarque, à la fin de la zone de germination, une dépression des courbes de dureté qui présente un caractère systématique et que j'ai également observée sur les laitons (fig. 14) où elle se produit toutefois avec

(38) *Loco citato.*

(39) P. NICOLAU, *Étude et contrôle industriel du recuit et de l'écrouissage par l'essai à la bille sous faible charge* (*Revue de Métallurgie*, 1928).

(40) CHARPY, *Contribution à l'étude des alliages* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, 1896).

(41) GRARD, *Laiton à cartouches, laiton à balles, cuivre électrolytique* (*Revue d'Artillerie*, t. 73 et 74; — *Revue de Métallurgie*, 1909, p. 1069).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une moindre amplitude[42]. Mon collaborateur M. EUGÈNE[43] a fait une étude complète de cette anomalie sur des laitons de diverses nuances. Il a pu déceler, toujours grâce au microbillage, une deuxième anomalie qui précède immédiatement la zone de germination.

La mise en évidence de ces anomalies, qui avaient échappé jusqu'ici à tous les procédés d'investigation, suffirait à démontrer l'extrême sensibilité de la méthode.

Le microbillage m'a permis de comparer utilement certains dépôts électrolytiques; on ne saurait cependant l'utiliser en général pour les dépôts de chrome dont l'épaisseur ne dépasse pas quelques microns.

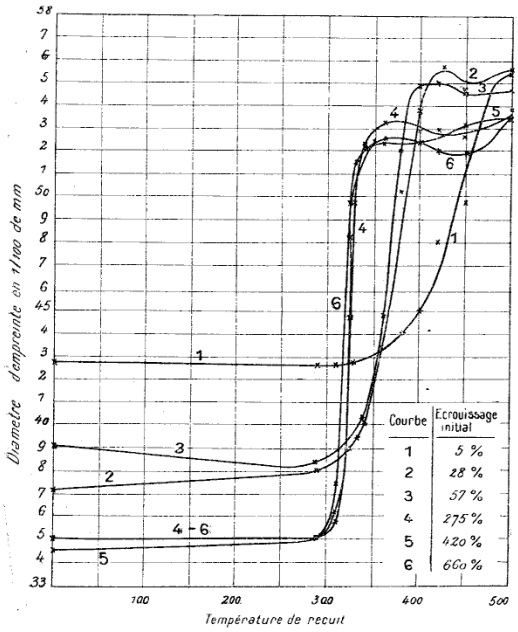



Fig. 13. — Influence du degré d'écrouissage initial sur l'allure de la variation de la dureté du cuivre en fonction de la température de recuit. Cuivre recuit à 700° et écroui par laminage. — Dureté à la bille de 1,58 mm sous la charge de 10 kg appliquée 15 sec.

Par ailleurs cette méthode, du fait qu'elle donne une caractéristique très localisée, permet, en tâtant méthodiquement les produits qui, en raison de leur constitution ou de leur fonction, sont hétérogènes ou hétérotropes, de procéder à leur analyse structurale et, dans une certaine mesure, de reconstituer leur histoire mécanique ou thermique. C'est ainsi que j'ai pu étudier le mécanisme des modifications apportées par le tir à l'état structural des ceintures de projectiles d'artillerie et montrer (fig. 15) que l'échauffement subi dans l'âme de la bouche à feu suffit pour donner à ces éléments, en surface, un recuit équivalent au recuit complet à 315°, c'est-à-dire au-dessus de la zone de germination.

Enfin, dans le domaine industriel, j'ai proposé d'utiliser le microbillage au contrôle de la fabrication des produits en laiton embouti et, plus particulièrement, des étuis de cartouches et des amorces. Les résultats obtenus ont dépassé mes espérances. Mais, pour éviter toute déconvenue, il ne faut pas oublier que la méthode n'est applicable que dans deux domaines distincts, savoir : pour les produits écrouis, dans la zone des écrouissages faibles (degrés d'écrouissage, inférieurs à 100 pour 100, pour lesquels les caractéristiques mécaniques n'ont pas atteint leur limite supé-

(42) P. NICOLAU, *Anomalie du recuit après écrouissage du cuivre et des laitons* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 186, p. 696).

(43) F. EUGÈNE, *Anomalie du recuit après écrouissage du cuivre et des laitons* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, de mai 1929).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieure); — pour les produits recuits après écrouissage, dans la zone dite de « détente » (Grard) ou de « germination » (Portevin). En deçà de cette zone, les variations de la dureté sont trop faibles pour pouvoir être décelées, compte tenu de l'hétérogénéité due à l'écrouissage. Au delà, la sensibilité de la méthode va diminuant au fur et à mesure qu'on avance dans la zone des recuits complets.

Ainsi que l'ont également remarqué MM. PORTEVIN et GARVIN[44], il convient d'ailleurs de noter que, dans les zones où l'essai de dureté à la bille est déficient, l'examen micrographique présente son maximum de sensibilité et inversement, de sorte que ces deux méthodes se complètent très heureusement et ne sauraient par suite être opposées l'une à l'autre, comme on l'a fait parfois.

L'extrême sensibilité de l'essai à la bille dans la zone de germination peut être

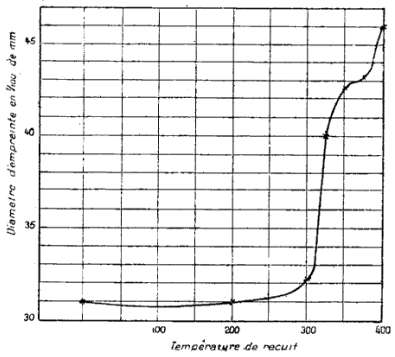



Fig. 14. — Variation de la dureté du laiton 67/33 écroui à 60 p. 100 en fonction de la température de recuit.

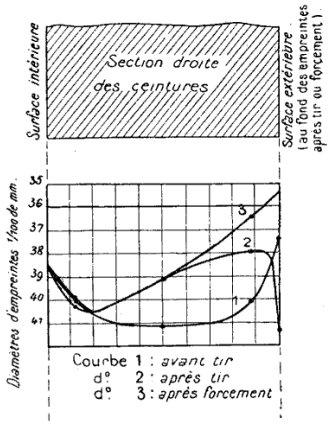



Fig. 15. — Variation de la dureté sur la section droite des ceintures d'obus, avant tir, après tir et après forcement statique. Dureté à la bille de 1,58 mm, 10 kg, 15 sec.

mise à profit, ainsi que je l'ai proposé[45], pour le contrôle du recuit du collet des étuis de cartouches. Pour parer en toute certitude aux fissurations saisonnières qui résultent de l'écrouissage, tout en assurant un serrage suffisant de la balle, le recuit des collets d'étuis doit être fait entre des limites de température qui sont d'autant plus étroites que l'écrouissage initial est plus faible et qui peuvent différer de moins de 50°. J'ai montré que la limite inférieure correspond très sensiblement au point d'inflexion des courbes de dureté dans la zone de germination. C'est donc, en pratique, la région de l'anomalie que j'ai signalée précédemment qu'il convient d'atteindre. L'essai à la bille présentant dans cette région son maximum de sensibilité, le billage systématique des collets d'étuis, sur prélèvements opérés

(44) PORTEVIN et GARVIN, *Étude sur le ceinturage des obus* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1926, p. 360); — PORTEVIN, *La dureté à la bille du cuivre et des laitons écrouis* (*Revue de Métallurgie*, vol. XVI, mai-juin 1919).

(45) P. NICOLAU, *Contrôle du recuit du collet des étuis de cartouches* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1928, p. 909).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

périodiquement au cours du recuit final, permet un contrôle très précis du traitement. La méthode est aujourd'hui appliquée couramment dans les cartoucheries.

*Essais de dureté au pendule.* — M. P. Le Rolland [46] a montré que la durée des petites oscillations d'un pendule est d'autant plus faible que la « dureté » du support sur lequel il repose est moindre.

Si l'on considère un pendule reposant sur son support par une bille de rayon $r$, la durée $T_0$ des oscillations de ce pendule peut se calculer par la formule théorique

$$T_0 = T_1\left(1 - \frac{h}{2r}\right),$$

dans laquelle $T_1$ désigne la durée des oscillations du pendule simple oscillant autour du point de contact de la bille et de son support, $h$, la distance du centre de gravité du pendule à ce point.

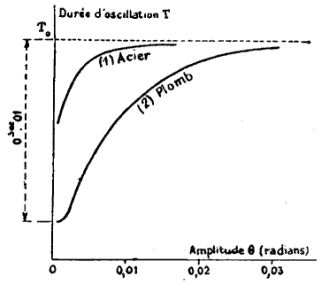



Fig. 16. — Anomalies de la durée des petites oscillations pendulaires.

Or, l'expérience montre que, pour des amplitudes inférieures à 5/100 de radian, la durée T varie avec l'amplitude suivant une loi assez bien représentée par l'hyperbole équilatère $T = T_0\left(1 - \frac{k}{\theta}\right)$ où $k$ est une constante qui dépend de la nature du support (fig. 16). Pour de très petites amplitudes (à partir de 1/1.000 de radian) la durée T devient indépendante de l'amplitude et sa valeur est une caractéristique du métal utilisé comme support.

L'effet perturbateur du support, $T_0 - T$, est très faible; c'est ainsi qu'avec un pendule de 80 cm roulant sur un cylindre de 8 mm, on a $T_0 - T = \frac{1}{10.000}$ sec pour l'acier trempé et 1/100 sec pour l'aluminium. En réduisant suffisamment la longueur $h$ du pendule, on peut augmenter $T_0 - T$ jusqu'à le rendre mesurable à l'aide d'un chronomètre. C'est la solution adoptée par Herbert qui, le premier, a donné une réalisation industrielle du principe indiqué par M. Le Rolland.

Le pendule Herbert est un pendule de forme arquée supporté par une bille d'acier de 1 mm de diamètre et pesant 4 kg. Au moyen de vis de réglage, on amène le centre de gravité à 1/10 mm au-dessous de son centre de suspension : on considère cette condition comme réalisée lorsque la durée d'oscillation est de 10 sec sur un plan de verre. On détermine alors la dureté d'un échantillon en mesurant la durée T de 10 oscillations simples du pendule sur sa surface maintenue horizontale. L'échelle de dureté ainsi définie est donc caractérisée par l'attribution arbitraire de la dureté 100 au verre. Dans cette échelle, les aciers cémentés trempés ont une dureté de 60 à 65, l'acier nitruré atteint 80. Ces chiffres montrent l'intérêt que présente la méthode pendulaire pour le classement des aciers très durs, cémentés ou nitrurés. Il donne une caractéristique toute superficielle, la seule intéressante, par conséquent, pour

(46) P. Le Rolland, *Annales de Physique*, mars-avril 1922; — *Revue de Métallurgie*, 1926; — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1926, t. 182, p. 1015.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les pièces qui doivent résister à l'usure (calibres par exemple). Malheureusement, le pendule Herbert, d'un emploi très délicat, ne se prête guère qu'aux essais de laboratoire [47]. Sur les produits métallurgiques de dureté moyenne ou faible (comme les laitons) la précision et la sensibilité sont du même ordre que celles de l'essai à la bille sous faible charge qui, par suite, en raison de sa plus grande facilité d'application, doit lui être préféré.

M. Le Rolland a indiqué que, pour apprécier l'effet perturbateur $T_0 - T$ qui sert de mesure de la dureté, on peut, au lieu de diminuer la longueur du pendule comme l'a fait Herbert, augmenter la précision de la mesure de la durée d'oscillation par une ingénieuse application de la méthode classique des coïncidences.

L'appareil de M. Le Rolland est, à l'inverse du pendule Herbert, parfaitement stable et indéréglable. Il y a lieu de souhaiter la mise au point prochaine de cet appareil qui répondra à un réel besoin, notamment pour l'évaluation de la dureté superficielle des calibres en acier trempé, cémenté, nitruré ou chromé, caractéristique qui, du moins pour les calibres de même constitution, permettra de préjuger de leur résistance à l'usure, facteur essentiel de leur valeur.

### THERMOÉLECTRICITÉ.

Comme conclusion de leur étude sur la thermoélectricité des aciers spéciaux [48], « MM. Dupuy et Portevin indiquaient que la variation du pouvoir thermoélectrique « est assez nette et assez rapide pour permettre, sinon une détermination quantitative « de l'élément ajouté, tout au moins un complément d'information qui vient « s'adjoindre d'une façon heureuse aux renseignements fournis par l'étude des « autres propriétés physiques ou mécaniques ». Mais la mesure précise du pouvoir thermoélectrique par les méthodes classiques est une opération délicate qui se prête mal aux études systématiques des laboratoires industriels.

M. Galibourg [49] a heureusement imaginé, pour la détermination rapide de la force électromotrice thermoélectrique [50], le dispositif suivant, particulièrement simple, dont l'emploi peut être envisagé, même dans les ateliers.

La pièce à essayer A, maintenue dans une pince à circulation d'eau, est immergée dans un bain de mercure chauffé électriquement dans lequel plonge également un fil B, de métal choisi comme élément de comparaison. Ce fil est connecté, d'autre part, à la borne + d'un galvanomètre, dont la borne — est reliée à la pince, par l'intermédiaire d'un interrupteur. Un thermomètre donne la température du bain de mercure.

Dans ces conditions, le mercure a pour seule fonction de fermer le circuit en assurant un contact parfait, et le millivoltmètre donne la valeur, entre la tempé-

(47) P. Nicolau, *Remarques sur l'emploi du pendule Herbert* (*Revue de Métallurgie*, avril 1925); — L. Guillet et Galibourg, *Quelques résultats d'essais au pendule Herbert* (*Revue de Métallurgie*, avril 1923, p. 228).

(48) E.-L. Dupuy et A.-M. Portevin, *La thermoélectricité des aciers spéciaux* (*Revue de Métallurgie*, 1915, p. 657).

(49) Galibourg, *Utilisation de la force électromotrice de contact pour identifier quelques aciers* (*C. R.*, 1922, p. 547).

(50) Pour abréger le langage, la force électromotrice thermoélectrique sera désignée dans ce qui suit par f. e. m. th.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rature $\theta$ et la température ambiante $\theta'$, de la force électromotrice thermoélectrique $E_{\theta}^{\theta'}$ (A/B) du couple formé par la pièce en essai A et le fil de comparaison B. Le pouvoir thermoélectrique s'en déduit, d'après la relation connue.

$$E_{\theta}^{\theta'}(A/B) = (\theta' - \theta) P_{\frac{\theta + \theta'}{2}}(A/B).$$

J'ai procédé à l'étude systématique de cette méthode [51]. J'ai constaté que l'écart maximum entre deux mesures faites sur un même échantillon ne dépassait pas $\frac{2}{100}$ mV pourvu que soient prises les précautions suivantes :

1° Pour éviter les erreurs dues aux phénomènes de polarisation, le mercure doit,

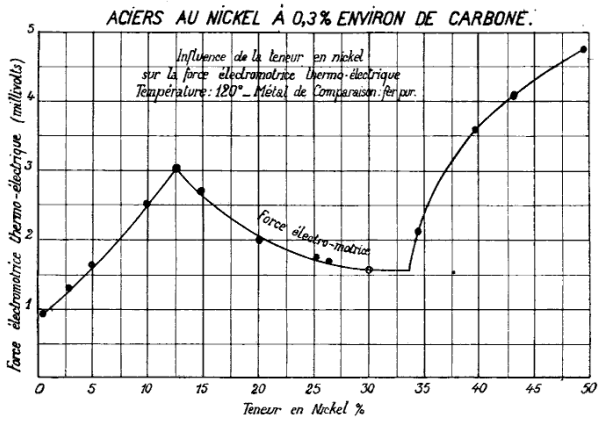



Fig. 17. — Influence de la teneur en nickel sur la f. e. m. th. des aciers à 0,3 p. 100 de carbone.

d'une part, être constamment agité lorsqu'on fait une mesure, d'autre part, être parfaitement propre, ce qui exige que les pièces soient soigneusement nettoyées et dégraissées, du moins dans les régions immergées ou en contact avec la pince;

2° Pour éviter toute variation de l'effet Thomson due à une modification du gradient de la température, la pièce doit être maintenue durant l'essai dans une position fixe, en évitant tout contact avec la cuve;

3° Les pièces qui ont subi un traitement thermique doivent être débarrassées de toute trace de calamine;

4° Le débit de la circulation d'eau doit être d'autant plus intense que la pièce à essayer est plus courte. Par contre, si la pièce est assez longue pour que, l'équilibre thermique établi, son extrémité fixée dans la pince se trouve à la température ambiante, la circulation d'eau est inutile;

5° L'état des contacts et des fils doit être fréquemment vérifié;

6° Lorsqu'on essaie des fils présentant une résistance électrique appréciable,

(51) P. Nicolau, *Méthode de M. Galibourg pour la détermination rapide de la force électromotrice thermoélectrique* (*Mémorial de l'Artillerie française*, 1924).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les résultats doivent, le cas échéant, être corrigés de la chute de tension correspondante;

7° Pour éviter toute erreur due à un défaut d'isolement du circuit de chauffage, il convient de couper le courant de chauffage avant de faire une mesure;

8° La lecture de la f. e. m. th. ne doit être faite que lorsque l'équilibre thermique est établi. Il n'est pas possible de fixer *a priori* le temps nécessaire pour que cette condition soit réalisée. Ce temps dépend de l'inertie de l'équipage du millivoltmètre, des dimensions et de la conductibilité de l'échantillon. Il peut dépasser une minute. La stabilisation de l'aiguille est le critérium de la réalisation de l'équilibre.

Le procédé le plus sûr et le plus précis pour effectuer une mesure consiste à immerger la pièce, à chauffer le bain à une température $\theta'$, supérieure de quelques degrés à la température $\theta$, et à construire par points, au cours du refroidissement, la courbe « f. e. m. — température ».

Moyennant ces précautions opératoires, la méthode de M. Galibourg n'est plus seulement une méthode d'identification rapide qui, pour employer les termes mêmes de son auteur, « donne une deuxième équation (la première étant fournie par la dureté) pour présumer de la nature d'un acier dont on ne peut faire l'analyse ». Elle se prête encore, au même titre que des méthodes plus précises mais d'application plus délicate (résistance électrique, magnétisme, etc.) à l'étude des diagrammes de constitution des alliages métalliques.

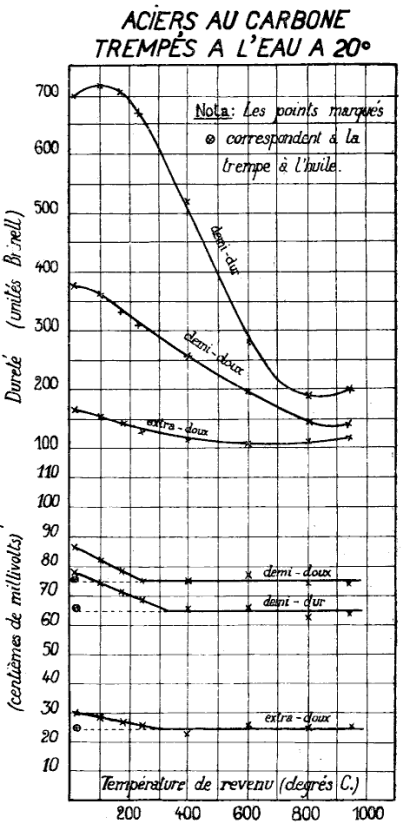



Fig. 18 — Influence de la trempe et du revenu sur la force électromotrice thermoélectrique des aciers au carbone.

A l'inverse de la dureté, la f. e. m. th. déterminée est pratiquement indépendante de l'écrouissage et, par suite, des traitements mécaniques subis, ce qui, pour certaines recherches, présente de l'intérêt. Elle est une fonction complexe de la *constitution* et non pas seulement de la *composition* chimique. Sur une série d'aciers au nickel à 0,3 p. 100 de carbone, par exemple, j'ai constaté que les trois domaines « perlite » « martensite » « austénite » sont caractérisés par des allures nettement différentes des courbes de variation de la f. e. m. th. en fonction de la teneur en nickel (fig. 17).

En raison de son pouvoir thermoélectrique élevé, le silicium augmente consi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dérablement la f. e. m. th. des alliages dans lesquels il se trouve, même en petite quantité. L'essai thermoélectrique constitue, de ce fait, un détecteur sensible du silicium et, par suite, des aciers au silicium. Par contre, les variations usuelles de la teneur en silicium des aciers ordinaires peuvent masquer l'accroissement de la f. e. m. th. avec la teneur en carbone de ces aciers (fig. 18). La f. e. m. th. ne peut donc être utilisée en toute certitude pour reconnaître la nuance des aciers ordinaires. L'essai thermoélectrique s'appliquera surtout aux aciers spéciaux.

La f. e. m. th. n'est affectée par les traitements thermiques que dans la mesure où ils modifient la constitution chimique. J'ai montré[52], par exemple (fig. 18), que la trempe à l'huile des aciers ordinaires n'affecte pas sensiblement leur f. e. m. th.; au contraire, la trempe vive l'élève et un revenu ultérieur la ramène progressivement à la valeur normale, vers 300°, de telle sorte que l'élévation de la f. e. m. th. par trempe paraît susceptible de servir à doser approximativement le constituant polyédrique des aciers hypertrempés.

Au contraire, la f. e. m. th. des aciers autotrempants est abaissée par la trempe.

On voit, par ce rapide exposé, le parti qui peut être tiré de la thermoélectricité, tant à l'atelier qu'au laboratoire d'usine, pour l'identification rapide des aciers et plus particulièrement des aciers spéciaux, le contrôle de leurs traitements thermiques et l'appréciation de leur hétérogénéité chimique.

### ESSAIS DES FONTES.

Jusqu'à ces dernières années, l'essai des fontes s'effectuait, par traction, par choc (Appareil des chemins de fer) ou par flexion statique (Appareil Monge) sur *éprouvettes coulées à part*.

Il est possible que, moyennant certaines précautions, les fondeurs tirent des essais sur éprouvettes coulées à part des indications utiles pour régler leur fabrication, mais ces essais ne donnent aucune garantie de la résistance individuelle des pièces.

Je pourrais citer à l'appui de cette assertion de nombreux résultats d'expériences personnelles ou faire appel à l'avis plus autorisé de savants spécialistes, tels que MM. FREMONT[53], PORTEVIN[54], et le lieut.-colonel PRACHE[55]; mais il me paraît inutile d'insister sur un fait qui est l'évidence même. On ne saurait nier en effet que la valeur mécanique des pièces coulées dépend essentiellement des conditions dans lesquelles s'opèrent la coulée et le refroidissement et, par suite, de l'épaisseur et de la forme des pièces, en général très différentes de celles des éprouvettes d'essai.

L'emploi de méthodes de recette susceptibles de caractériser, non pas la fonte utilisée pour la confection des produits, mais bien les produits eux-mêmes, me paraît donc s'imposer.

J'examinerai les méthodes d'essai qui, dans l'état actuel de nos connaissances, pourraient être envisagées pour la prise en recette des pièces de fonte.

(52) P. NICOLAU, *Influence de la trempe et du revenu sur la f. e. m. th. de quelques aciers* (*Revue de Métallurgie*, août 1923, p. 539).

(53) FREMONT, *Essais mécaniques de la fonte* (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, mai 1909; — *Nouvelles méthodes d'essais mécaniques de la fonte*, 53e mémoire, 1920).

(54) PORTEVIN, *Caractéristiques mécaniques et élastiques des fontes. Utilisation de l'essai à la bille* (*Revue de Métallurgie*, 1921, p. 761).

(55) Lieut.-col. PRACHE, *La fonte aciérée* (*Revue de Métallurgie*, 1920, p. 1).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*L'analyse chimique,* guide utile et fécond du fondeur, ne peut évidemment caractériser des produits dont les propriétés mécaniques dépendent beaucoup plus de la constitution que de la composition. La composition chimique ne saurait donc figurer dans les cahiers des charges qu'à titre indicatif.

De même, *l'examen micrographique*, moyen d'étude si précieux au laboratoire d'usine mais dont les indications ne peuvent se traduire par un nombre, ne saurait être retenu qu'à titre de renseignement.

*L'essai de traction* est, *a priori*, peu indiqué pour qualifier des produits que, dans la pratique, on évite de soumettre à ce mode de sollicitation. Par ailleurs, l'essai de traction des fontes est toujours entaché d'erreurs du fait des flexions accidentelles dans les mordaches, et ceci, comme l'a justement indiqué M. FREMONT [56], d'autant plus que la fonte est de meilleure qualité. J'ai acquis la conviction que, dans la pratique industrielle, il n'est pas possible d'effectuer correctement l'essai de traction d'une fonte.

C'est pourquoi, entre parenthèses, je considère comme peu solidement établies certaines relations empiriques entre la résistance à la traction et les autres propriétés mécaniques des fontes qui ont été publiées récemment dans divers pays. Par exemple, tandis que, selon M. FREMONT [57], les résistances à la traction $R_t$ et au cisaillement $R_c$ seraient égales, au contraire, d'après plusieurs auteurs, le rapport $\frac{R_c}{R_t}$ varierait de 1 à 2. J'ai enregistré moi-même des valeurs de cet ordre; mais, ayant remarqué que $\frac{R_c}{R_t}$ était d'autant plus grand que la fonte était plus mauvaise, j'ai pensé que mes déterminations étaient entachées d'erreurs du fait de la rupture prématurée des éprouvettes de traction dans les mordaches.

Par ailleurs, sur une série importante d'échantillons de bronzes ordinaires de diverses teneurs en étain, j'ai constaté que $\frac{R_c}{R_t}$ était toujours très voisin de l'unité lorsque les éprouvettes de traction se rompaient dans les conditions normales et variait de 1 à 2 lorsque les éprouvettes de traction présentaient des défauts de coulée qui causaient leur rupture prématurée sans déformation. L'égalité des résistances à la traction et au cisaillement des fontes, établie par M. Fremont dans des conditions expérimentales donnant de très sérieuses garanties, me paraît donc très probable. Ayant moi-même vérifié que cette relation s'applique aux bronzes ordinaires, je suis conduit à penser qu'elle est peut-être une caractéristique des produits métallurgiques bruts de coulée et je suggère de faire quelques essais comparatifs pour vérifier si cette hypothèse est fondée.

*Le module d'élasticité* me paraît être le critérium le plus sensible de la qualité des fontes. La détermination de cette caractéristique par traction présente malheureusement des difficultés expérimentales dont vraisemblablement les fondeurs s'accommoderaient mal, mais il serait possible sans doute de prendre pour définition du module d'élasticité des fontes la pente du diagramme de flexion statique

(56) *Loc. cit.*
(57) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 9 décembre 1918.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont l'enregistrement est assez aisé. Il serait très désirable que cette détermination entrât dans la pratique industrielle.

Il convient toutefois de noter en passant que les fontes n'ont pas de limite d'élasticité. Celle-ci apparaît d'autant plus basse que la précision des mesures est plus grande. En d'autres termes, les diagrammes de traction ou de flexion des fontes ne présentent pas de partie rectiligne. Le module d'élasticité, défini comme le rapport $\frac{dP}{dl}$ de la variation de charge à la variation de longueur correspondante, varie d'un point à l'autre du diagramme. Bien plus, il dépend de l'histoire méca-

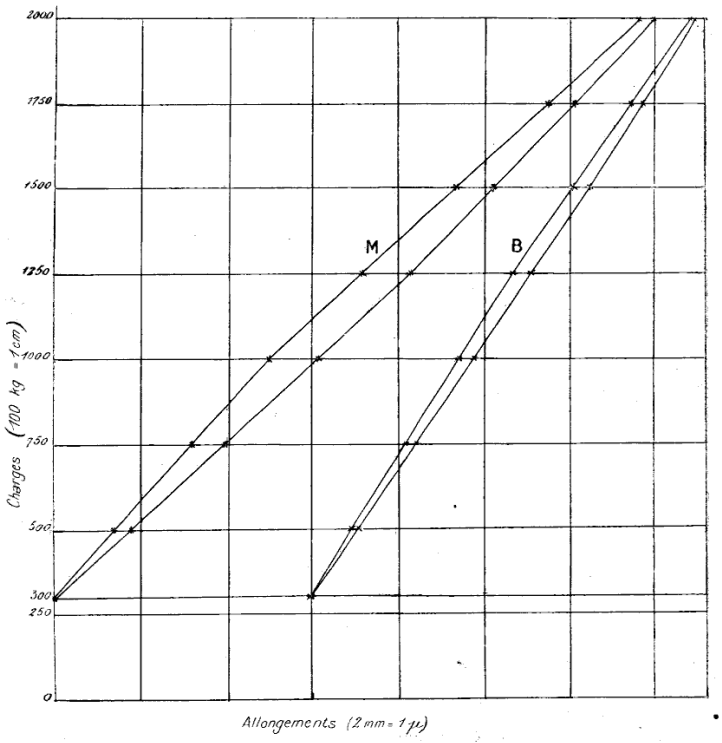



Fig. 19. — Cycles de traction, après accommodation, de deux fontes : M, fonte de mauvaise qualité; — B, fonte de bonne qualité.

nique antérieure du barreau d'épreuve ; les fontes sont, en effet, toujours affectées d'une hystérésis mécanique notable. Il convient donc, si l'on veut comparer les modules d'élasticité des fontes, d'opérer de préférence sur des barreaux rendus préalablement élastiques par accommodation.

La figure 19 donne les cycles de traction, après accommodation, de deux fontes ordinaires, dont l'une M était de mauvaise qualité (résistance au cisaillement minimum 14 à 15), et l'autre B, de bonne qualité courante ($R_c$ min. = 18). Si l'on prend pour module d'élasticité le coefficient angulaire de la tangente à l'origine à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

branche du cycle correspondant aux charges croissantes, on trouve 5.600 pour la mauvaise fonte et 8.000 pour la bonne. On remarque en outre que la mauvaise fonte présente une hystérésis mécanique et une viscosité *élastique* nettement plus élevées que la bonne. C'est là un fait qui paraît général.

*L'essai de compression* peut, à la rigueur, être utilisé, mais il semble qu'il classe les fontes dans le même ordre que l'essai de dureté par pénétration statique dont l'exécution est beaucoup plus aisée.

Avec l'essai Brinell, il ne nous reste donc que l'essai de *flexion statique*, proposé jadis par Monge (qui subsiste encore dans sa forme primitive dans certains cahiers des charges) et l'essai de cisaillement proposé en 1909 par M. Fremont. Pour être applicable aux pièces finies, l'essai Monge doit d'ailleurs être remplacé par un essai de flexion sur petites éprouvettes tel que celui proposé par M. Fremont (éprouvettes de $32 \times 10 \times 8$ mm). J'ai même été conduit à utiliser, pour le contrôle de certaines pièces coulées en minces parois, des éprouvettes de 4 mm² de section.

En résumé, seuls les essais de dureté proposés par M. Portevin et les essais Fremont de flexion et de cisaillement paraissent propres à qualifier les pièces coulées. Encore faut-il noter que, d'après mes essais, la dureté Brinell constitue, pour les fontes de faible dureté, un critérium de qualité assez peu sensible.

On remarquera que ces trois méthodes procèdent par actions « localisées ». Ce n'est pas leur moindre qualité. Les pièces coulées, comme celles en acier trempé, cémenté ou nitruré, sont en effet essentiellement hétérogènes. C'est donc par des essais « localisés », effectués en des points choisis à bon escient, que l'on peut apprécier leur valeur et non par des essais globaux.

J'ai laissé volontairement de côté, dans ce qui précède, l'essai de flexion par choc au mouton des chemins de fer, qui, actuellement en France, sert encore le plus souvent de base à la qualification des fontes, mais ne se prête pas à la qualification des pièces coulées. Des voix plus autorisées que la mienne ont dit ce qu'en réalité on pouvait attendre d'un mode expérimental aussi grossier et imprécis. Cet essai, dont l'origine est très ancienne et dont l'adoption ne paraît pas avoir jamais été justifiée par une expérimentation systématique, a vraisemblablement été institué en vue de chiffrer la fragilité des fontes. Or, M. Jean DURAND[58] a montré que l'essai de flexion par choc sur barreaux pleins et sur barreaux entaillés ne donnait pas le même classement des fontes. Par ailleurs, il m'a été donné de constater à plusieurs reprises que l'essai de choc ne donnait aucune garantie de la bonne tenue au tir des projectiles d'artillerie en fonte. Sur des boulets d'épreuve utilisés pour des tirs balistiques, par exemple, j'ai constaté que des boulets confectionnés avec une fonte manifestement mauvaise (fonte B, fig. 19) et qui d'ailleurs se brisaient au tir, donnaient des résultats favorables à l'essai de choc au mouton des chemins de fer, alors qu'inversement ce mode d'essai aurait conduit à rebuter les boulets donnant satisfaction au tir.

Pour les fontes ordinaires et pour les fontes aciérées, l'essai de cisaillement et l'essai de flexion statique donnent le même classement. On peut donc, le plus souvent, s'en tenir à l'essai de cisaillement dont l'exécution est plus simple.

Dans ces conditions, j'ai été conduit à préconiser, pour le contrôle de la qualité

(58) Jean DURAND, *Contribution à l'étude des méthodes d'essai des fontes* (*Comptes rendus*, 1925, p. 1453).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des pièces de fonte coulées en série comme les projectiles d'artillerie, l'emploi conjugué de l'essai de dureté à la bille et de l'essai de cisaillement :

L'essai de dureté est effectué en surface sur toutes les pièces ou sur un prélèvement. Il permet de classer les pièces en deux lots suivant que la dureté est inférieure ou supérieure à une valeur minimum caractéristique de la qualité de fonte demandée;

L'essai de cisaillement est effectué sur la pièce de dureté minimum de chaque lot, le résultat conditionne l'acceptation ou le refus du lot.

Il est bien entendu que, pour être pris en considération, les essais de cisaillement doivent être effectués avec certaines précautions. Il importe notamment que les éprouvettes soient exactement calibrées et ajustées avec soin dans la guillotine, de manière que le couteau les attaque bien normalement sans qu'il se produise de flexions parasites. Il existe d'ailleurs actuellement des machines simples et peu coûteuses qui donnent toute garantie sur ce point.

MM. Le Thomas et Bois [59] ont réfuté récemment en termes décisifs les objections faites par certains auteurs anglais à l'essai de cisaillement. Il faut espérer que, dans un avenir prochain, les méthodes de recette des fontes, proposées depuis longtemps par M. Fremont, d'une part, et par M. Portevin, d'autre part, et déjà adoptées officiellement par la Marine [60], se substitueront définitivement aux méthodes archaïques encore en usage. Elles apporteront plus de netteté et de précision dans la loi des parties et, de ce fait, leur adoption paraît présenter autant d'intérêt pour les producteurs que pour les consommateurs.

(59) Mémoire sur *les méthodes d'essai des fontes* présenté au Congrès de Fonderie d'octobre 1929; — *Bulletin de l'Association technique de Fonderie*, octobre 1929, p. 389.

(60) Recueil des conditions particulières des marchés. Fascicule 179, Pièces en fonte mécanique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 11 JANVIER 1930.

Présidence de M. Louis Mangin, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. Hab (Georges) (O. ✪), professeur aux cours techniques des Écoles municipales de la ville de Paris, ingénieur-directeur des Établissements Vve L. Hiard, 4, rue de la Butte-aux-Cailles, Paris (13e), présenté par MM. Sauvage et de Fréminville;

M. Henry-Lepaute (Marcel) (✲), administrateur-délégué de la Société des Établissements Henry-Lepaute, 17, rue Desnouettes, Paris (15e), présenté par MM. Sauvage et Lemaire;

M. Darizcuren (Georges), directeur de l'Agence du Sud-Ouest de la Vacuum Oil Co S.A.F., 37, rue Bouffard, Bordeaux (Gironde), présenté par M. Maurice Girard;

M. Lavarde (Pierre) (✲, ⚓), Ingénieur du Génie maritime C. R., ingénieur, 45, rue de Prony, Paris (17e), présenté par MM. Jean Fieux et Sauvage.

M. Mangin, *président*. — En payant leur cotisation pour l'année 1930, plusieurs de nos collègues ont pris l'habitude de compléter à 100 fr leur versement. Le complément est versé au compte de notre *Bulletin*. Dans la dernière séance quelques versements de ce genre ont été signalés. En voici d'autres : M. Léon Gaumont, 40 fr; — M. Quenelle, 40 fr; — M. J. A. Colin, 40 fr; — M. Pozzi-Escot (de Lima), 35 fr; — M. Weber (de Tripoli, Grand Liban), 40 fr.

Nous adressons nos très vifs remerciements à ces généreux collègues.

Je crois aussi devoir vous signaler que M. Charles Fremont, membre ordinaire et lauréat de notre Société, vient de se faire membre à vie.

MM. Ch. de Fréminville et G. Wery, *secrétaires généraux*, présentent et analysent quelques ouvrages récemment entrés dans la Bibliothèque.

M. de Fréminville présente les ouvrages suivants :

*La commercialisation de la vie française du premier Empire à nos jours*, par Pierre Bonnet. Paris, Librairie Plon, 8, rue Garancière (6e), 1929;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Analyse des métaux par électrolyse.* Métaux industriels, alliages, minerais, produits d'usine, par A. HOLLARD et L. BERTIAUX. 4e éd. revue et corrigée. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*Appareillage électrique haute tension.* Théorie, construction, applications, par Charles BRESSON. Paris, Dunod, 1930;

*Télégraphie multiple. Le système de télégraphie Baudot et ses applications*, par P. MERCY. 4e éd. revue, corrigée et augmentée. Paris, Dunod, 1930;

*Les prix de revient dans l'hôtellerie*, par Jacques GUILLAUME. Paris, Publ. de la Chambre nationale de l'Hôtellerie française, 20, rue Mogador (9e);

ASSOCIATION CENTRALE POUR LA REPRISE DE L'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE DANS LES RÉGIONS ENVAHIES, Rapport présenté par le Conseil d'Administration à l'Assemblée générale extraordinaire du 23 mars 1928 : *L'œuvre de l'Association 1915-1927*. Paris, 40, rue du Colisée (8e).

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Machines-outils pour le travail des métaux.* Cours élémentaire, par Camille ROURE (Bibl. d'Enseignement technique et professionnel). Paris, Gaston Doin et Cie, 8, place de l'Odéon (6e), 1927 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*);

*Machines-outils pour le travail du bois*, par Camille ROURE (Bibl. d'Enseign. techn. et profess.). Paris, Gaston Doin et Cie, 1928 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*);

*Outillage des fabrications mécaniques*, par Camille ROURE (Bibl. d'Enseign. techn. et profess.). Paris, Gaston Doin et Cie, 1930 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*);

*L'appareillage des fabrications mécaniques*, par Camille ROURE. Paris, Ch. Béranger, 15, rue des Saint-Pères (6e), 1920 (*Don de M. de Fréminville, secrétaire général de la Société*);

*Cours de chimie physique*, par L. GAY. Tome 1. Paris, Hermann et Cie, 6, rue de la Sorbonne (5e), 1930;

*La soudure électrique à l'arc et ses applications* par Maurice LEBRUN. Paris, Bibl. de l'Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène, 104, boul. de Clichy (18e), 1929;

*Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome*, par P. CHEVENARD (ex *Trav. et mém. du Bureau intern. des Poids et Mesures*, tome XVII). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1927 (*Don de l'auteur*);

*Les terres à prunier de l'Agenais et leurs besoins en éléments fertilisants*, par G. GUITTONNEAU, J. KEILLING et Mlle M. BÉJAMBES (Travail de la Station centrale de Microbiologie agricole de l'Institut des Recherches agrono-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miques) (ex *Ann. de la Science agronomique*, mars-avril et mai-juin 1929). Nancy, Imp. Berger-Levrault, 18, rue des Glacis, 1929;

*Massif de l'Aigoual. Orographie et reboisement*, par Roger DUCAMP (ex *Revue des Eaux et Forêts*, nov. 1924). Nancy-Paris-Strasbourg, Berger-Levrault.

M. E. CHARRON, professeur à l'Université catholique de Lille, présente son *ondoscope, appareil permettant de montrer en projection l'évolution et les propriétés générales des ondes : réflexion, réfraction, interférences et diffraction.*

La propagation des trains d'ondes de diverses natures : rides à la surface des liquides, ondes sonores, lumineuses ou hertziennes, et les modifications qu'elles subissent par réflexion, réfraction, interférences, diffraction, constituent des phénomènes qui sont à l'ordre du jour et auxquels on donne maintenant une large place dans les programmes d'enseignement. Les lois générales de ces phénomènes sont d'autant plus importantes que, étant celles de la propagation de tout mouvement périodique, elles sont identiques pour toutes ces espèces d'ondes cependant si différentes. L'étude en est assez abstraite car les ondes sonores, lumineuses ou hertziennes ne sont pas visibles en tant qu'ondes. Au contraire, dans les phénomènes de réflexion et de réfraction de la lumière au moyen de miroirs et de dioptres, il est facile de vérifier expérimentalement la marche des rayons. Il n'y a que les rides à la surface des liquides que l'on puisse observer directement, et c'est, par suite, à ce phénomène qu'il faut recourir pour illustrer expérimentalement les lois générales de l'évolution des ondes.

Il est assez facile de constater la formation de ces rides dans un bassin quelconque et même leur réflexion sur un bord rectiligne, mais il devient impossible, sans un dispositif approprié, d'observer nettement des phénomènes plus complexes, tels que réflexion sur des courbes variées, réfraction entre deux liquides non miscibles, interférence entre deux sources synchrones. Il faut alors un dispositif spécial pour obtenir des images nettes de ces ondes; de plus, il y a des réflexions gênantes sur les bords de la cuve à liquide et des perturbations produites par les vibrations accidentelles des supports; ces dernières peuvent aisément provoquer la formation d'ondes beaucoup plus fortes que celles qu'on veut étudier.

L'ondoscope se compose de :

1° Une lanterne avec lampe à arc et un condenseur donnant l'image de l'arc sur un premier prisme à réflexion totale. Entre ce prisme et le condenseur se trouve un disque échancré suivant un secteur, qui est entraîné, d'un mouvement circulaire, par

2° Un moteur électrique à vitesse constante. On peut cependant faire varier cette vitesse de trois tours par seconde environ, au moyen d'un rhéostat, ce qui permet d'obtenir divers effets stroboscopiques, et, en particulier, de renverser le mouvement apparent. Le moteur est suspendu à un petit chariot que l'on fait glisser pour passer instantanément de l'éclairage périodique à l'éclairage permanent. La suspension est combinée de telle sorte que le moteur ne communique pas de vibrations appréciables à son support et ne prenne pas lui-même un mouvement d'oscillation;

3° Une cuve à liquide, dans laquelle on place du mercure ou de l'eau ; le mercure



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne généralement de meilleurs résultats. Pour la réfraction, il faut à la fois le mercure et l'eau; ce sont, parmi les liquides usuels, ceux qui présentent la plus grande différence de vitesse de propagation des ondes. La cuve, dont le fond horizontal forme miroir, est rectangulaire et mesure 22 cm $\times$ 28 cm; elle est très plate et ne contient que 250 cm$^3$ de liquide, ce qui correspond à une épaisseur inférieure à 4 mm;

4° Un dispositif optique pour projeter sur un écran l'image des ondes. Le faisceau lumineux sortant du condenseur est envoyé vers le bas, par le prisme à réflexion totale précité, sur une lentille horizontale qui couvre la cuve et rend les rayons parallèles. Les rayons sont réfléchis vers le haut, soit par la surface du mercure de la cuve, soit par le miroir de la cuve dans le cas de l'eau, traversent à nouveau la lentille, rencontrent un second prisme à réflexion totale et, en supposant le liquide immobile, vont concourir peu après ce second prisme en un faisceau d'axe horizontal. Là, ils traversent un diaphragme puis la lentille d'un appareil de projection ordinaire; ces rayons donnent, sur un écran, une surface uniformément éclairée si le liquide est tranquille. Lorsqu'il y a des rides, tout rayon incident tombant sur une portion inclinée d'une ride donne un rayon réfléchi très incliné sur la verticale qui, par suite, ne traverse pas le diaphragme. La région correspondante sur l'écran de projection est donc sombre. Au contraire, toute portion horizontale d'une ride (sommet ou fond) donne une image brillante. En réglant l'ouverture du diaphragme, on peut déceler la moindre agitation du liquide. On peut projeter à toute distance. Les ondes issues d'une source ponctuelle apparaissent sous forme de couronnes alternativement claires et obscures qui vont en s'agrandissant à partir du point d'émission;

5° Un diapason, entretenu électriquement, muni de pointes ou lames facilement interchangeables qui, en agitant périodiquement la surface liquide, y provoque les ondes.

L'appareil doit être nécessairement muni d'un dispositif stroboscopique car la portion de liquide projetée sur l'écran est restreinte (12 cm de diamètre), et comme il faut que l'on voie simultanément dans le champ un assez grand nombre d'ondes, leur distance mutuelle, ou longueur d'onde, doit être de l'ordre du centimètre. Comme leur vitesse de propagation varie entre 20 et 30 cm : sec environ, la fréquence doit être supérieure à 10. Elle est environ 40 dans l'ondoscope de M. Charron. A cette fréquence, il est donc impossible de voir les rides et, *a fortiori,* de suivre leur évolution; par suite, il faut opérer par stroboscopie, c'est-à-dire éclairer d'une façon intermittente à une fréquence $n'$, voisine de la fréquence $n$ des ondes. On sait qu'alors on a l'apparence du même phénomène évoluant au ralenti à la fréquence $n - n'$, soit dans le sens réel, soit dans le sens contraire, suivant que $n'$ est inférieur ou supérieur à $n$, et figé sur place lorsque $n' = n$. Ainsi, lorsqu'on examine un train d'ondes circulaires de fréquence $n = 40$, invisible en lumière fixe, on peut donner en stroboscopie l'illusion d'ondes s'élargissant lentement, ou se rétrécissant et entrant dans le centre d'émission, ou enfin immobiles.

Dans la plupart de ces expériences, les divers trains d'ondes incidents ou réfléchis s'entrecroisent en produisant des « ondes stationnaires », qui sont le lieu des points d'intersection des ondes en marche. Dans le cas de deux sources ponctuelles d'ondes circulaires synchrones, ce sont des hyperboles. Lorsque les ondes évoluent ou,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grâce à la stroboscopie, semblent évoluer lentement, l'œil ne les voit pas. Au contraire, lorsqu'on éclaire d'une façon permanente, c'est-à-dire à la manière ordinaire, l'œil, qui ne perçoit plus alors les ondes en marche, voit très bien, sous forme de traits immobiles, les ondes stationnaires.

Si l'on voulait se passer de la stroboscopie en opérant avec une très faible fréquence, on ne verrait pas les ondes stationnaires et l'on aurait de plus, à cause de la grande longueur d'onde, l'inconvénient de très grandes dimensions pour la cuve et tout l'appareil. L'emploi de la stroboscopie est donc indispensable.

L'ondoscope de M. Charron est construit par la société « La Mécanique vibratoire » aux Établissements Henry-Lepaute.

Voici les principales expériences qu'il permet de réaliser et que M. Charron exécute :

1° Projection d'ondes circulaires ou rectilignes;

2° Interférence d'ondes circulaires issues de deux sources ponctuelles synchrones. En stroboscopie, on voit les ondes s'entrecroiser et se combiner en formant des figures régulières; en lumière fixe, on observe des ondes stationnaires hyperboliques;

3° Réflexion, sur une ligne droite, des ondes issues d'une seule source. La stroboscopie montre les ondes réfléchies qui semblent venir du point symétrique de la source par rapport à la droite. Celles-ci interfèrent avec les ondes incidentes en donnant des ondes stationnaires, qui sont les mêmes hyperboles que dans le cas précédent, mais qui n'existent que d'un côté de la droite réfléchissante;

4° Réflexion, sur une ellipse, des ondes issues d'un foyer : les ondes réfléchies sont circulaires et vont, en se rétrécissant, s'évanouir à l'autre foyer. Si la source n'est pas en un des foyers ou si l'on remplace l'ellipse par une circonférence, les ondes réfléchies ne sont plus circulaires, elles ne se rétrécissent plus jusqu'à donner un point : il n'y a plus stigmatisme;

5° Production d'un train d'ondes rectilignes sur le trajet desquelles on place une ou deux réglettes formant obstacle et laissant entre elles un intervalle. On voit les ondes se propager principalement dans l'espace laissé libre, mais elles débordent largement, avec une intensité plus faible; c'est la diffraction; ces ondes diffractées sont circulaires et ont leur centre sur le bord de l'obstacle, ce qui vérifie le principe de Huyghens;

6° Formation, au moyen d'une lame spéciale, d'ondes dont la courbure varie progressivement et qui, par suite, donnent une caustique. Au voisinage de cette caustique, les ondes ont un point de rebroussement; elles sont repliées en deux branches qui donnent naissance à des ondes stationnaires à peu près parallèles à la caustique;

7° Réfraction des ondes passant du mercure à l'eau, où elles vont plus vite, ou inversement. Les deux liquides sont disposés côte à côte en couche mince. La forme de leur région de séparation est déterminée par le bord, haut de 2 mm environ, d'un petit profil métallique que l'on a fixé au fond de la cuve; celle-ci se trouve ainsi partagée en deux parties. On a versé du mercure dans l'une jusqu'à ce qu'il vienne s'appuyer régulièrement sur le bord et épouser sa forme, tout en s'élevant plus haut de 2 ou 3 mm, grâce à la tension superficielle. Ensuite, on a versé l'eau, qui se trouve ainsi en contact direct avec le mercure sur une hauteur de 2 à 3 mm par-dessus le bord métallique. On obtient ainsi des sortes de dioptres.

On peut, avec ce dispositif, réaliser la réfraction avec réflexion partielle ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

totale d'ondes rectilignes sur un dioptre rectiligne. On voit, en particulier, le changement de longueur d'ondes d'un milieu à l'autre. M. Charron montre la transformation, par réfraction, des ondes circulaires en ondes rectilignes en réalisant un dioptre hyberbolique qui a pour excentricité le rapport des vitesses des ondes et qui est rigoureusement stigmatique pour son foyer.

Ces expériences sont très instructives pour les élèves de tous les degrés d'enseignement. Le professeur peut, d'ailleurs, en imaginer de nouvelles.

L'appareil peut être utilisé pour d'autres expériences que celles qui concernent les ondes. Il peut servir à projeter des diapositives, des schémas tracés sur verre, et, en général, des phénomènes localisés dans un plan horizontal, par exemple dans des liquides en couche peu épaisse : expériences de tension superficielle, d'électrolyse, de cristallisation. Il peut aussi servir à projeter les spectres des aimants et des courants.

Le dispositif stroboscopique permet de montrer, au ralenti, beaucoup de phénomènes vibratoires : ondes stationnaires sur un ressort, sur une corde, vibrations d'un diapason, marche d'un moteur.

Le diapason peut être utilisé comme tout diapason entretenu électriquement, soit pour l'inscription de ses vibrations, soit pour l'entretien d'une corde vibrante.

L'appareil peut rendre aussi de bons services dans toutes les industries ou constructions dans lesquelles on doit considérer des phénomènes ondulatoires : acoustique des salles, influence de la forme des pavillons des haut-parleurs, ou des membranes des diffuseurs sur la produciton et le développement des ondes.

M. Bouland. — Ne pourriez-vous pas employer comme source lumineuse une lampe alimentée en courant alternatif au lieu de la lampe à arc?

M. Charron. — La lampe à arc est absolument indispensable car il faut comme source un point lumineux de très grand éclat; même avec les lampes Pointolite, on n'y voit rien. D'autre part, si l'on emploie l'arc sur courant alternatif, il fait un peu stroboscopie par lui-même; et cela gêne légèrement.

M. Waton. — Y a-t-il une relation entre la vitesse de propagation des ondes à la surface d'un liquide d'une part, la densité et la tension superficielle de ce liquide, ainsi que la fréquence des ondes d'autre part?

Le grand savant Boussinesq a, je crois, étudié cette question.

Au demeurant, ces phénomènes intéressants ne constituent qu'une image des ondes sonores.

La vitesse des ondes liquides qu'on nous a montrées est très petite par rapport à celle du son.

M. Charron. — Oui; il y a une formule qui relie toutes ces grandeurs. Je ne la sais pas par cœur et sa connaissance est sans utilité pour les expériences que je vous ai présentées. On peut cependant montrer très facilement l'influence de la tension superficielle. On s'aperçoit immédiatement, en mettant une goutte d'essence de térébenthine sur le liquide, ce qui diminue sa tension

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

superficielle, que la vitesse des ondes et, par suite, la longueur d'onde décroît.

M. SAUVAGE. — Quel est le mouvement absolu dans l'espace des particules liquides dont l'oscillation verticale est visible? Cette oscillation verticale entraîne nécessairement une oscillation horizontale. Votre appareil ne pourrait-il pas faire voir ces mouvements?

M. CHARRON. — La chose est possible, mais il faudrait alors concevoir d'autres accessoires, et aussi une technique expérimentale tout à fait spéciale, l'ondoscope n'étant pas précisément prévu pour ce genre d'expériences. Néanmoins, je suis persuadé, en ce qui concerne la forme des rides, que les ondes sont à peu près sinusoïdales.

M. FIEUX. — Est-ce que la vitesse de propagation des ondes dépend de la profondeur de la cuvette qui contient le liquide?

M. CHARRON. — J'ai fait des expériences à ce sujet avec mon appareil et je n'ai trouvé aucune différence pour des profondeurs variant entre 2 mm et plusieurs centimètres.

M. FIEUX. — Je peux répondre en partie à la question posée par M. Sauvage. Les formes d'ondes liquides sont sinusoïdales ou trochoïdales. Cette dernière forme est celle qu'on observe à la surface de la mer, par grands fonds, 36 à 48 heures après une grande tempête, quand un régime s'est établi; elle caractérise une *onde* dite *d'oscillation*.

Je crois que, par leur mode de génération, les ondes formées dans l'appareil de M. Charron se rapprochent des *ondes* dites *de translation* et qu'elles sont, par suite, de forme pratiquement sinusoïdale.

Je vois une application possible de la méthode de l'ondoscope de M. Charron à la construction des ports de mer. Sur des modèles réduits, on pourrait étudier l'effet sur la houle d'une jetée ou d'un mur de quai projetés, et éviter ainsi le risque d'avoir à les démolir, puis à les reconstruire ailleurs d'une façon différente.

M. MANGIN, *président*. — Je remercie très vivement M. Charron de sa si intéressante communication et je le félicite de son ingéniosité et de l'habileté avec laquelle il nous a présenté son appareil et réalisé plusieurs expériences très délicates. Vos applaudissements ont souligné l'intérêt que nos membres ont porté à l'exposé si clair de M. Charron, et à sa présentation si élégante. La discussion qui leur a fait suite nous a montré une fois de plus qu'il est impossible de prévoir les applications pratiques d'un dispositif conçu seulement pour des fins scientifiques ou pédagogiques. M. Charron, sans trop y insister, avait bien envisagé quelques applications industrielles de son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ingénieux ondoscope. La discussion en a fait ressortir une autre et qui est d'importance. Je prie M. Charron de vouloir bien nous remettre, en vue de son insertion dans notre *Bulletin*, le texte détaillé de sa très intéressante communication.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## SÉANCE PUBLIQUE DU 25 JANVIER 1930.

Présidence de M. Jean Rey, *vice-président*.

La séance est ouverte à 17 h.

M. Jean Rey, *vice-président* de la Société, présente les excuses de M. L. Mangin, président de la Société, que des engagements antérieurs ont obligé d'aller présider le Congrès de la Rose et de l'Oranger, qui se tient actuellement à El Goléa, en Algérie.

Est présenté pour devenir membre de la Société et admis séance tenante :

M. Hall (Louis), attaché commercial adjoint à l'Ambassade des États-Unis, 4, villa Patrice-Boudard, Paris (16e), présenté par M. Lemaire.

M. J. Rey, *président*. — J'ai le très vif regret de vous annoncer la mort de deux de nos collègues du Conseil de la Société : M. Auguste Rateau et le général Sebert.

M. Auguste **Rateau**, né à Royan en 1863, était sorti premier de l'École polytechnique en 1883. Entré dans le corps des Mines, il enseigna d'abord la mécanique et l'électricité industrielle à l'École des Mines de Saint-Étienne, puis vint à Paris à l'École nationale supérieure des Mines, où il occupa la chaire d'électricité. Il entra bientôt dans l'industrie où il devait occuper très rapidement une place de premier plan.

A la tête d'une des plus importantes entreprises de construction mécanique de notre pays, il comptait parmi les grands chefs d'industrie dont l'activité féconde porte au loin le renom de la France.

L'Académie des Sciences l'avait appelé à elle dès 1918, le second, après Maurice Leblanc, lorsqu'elle créa la Section des applications de la science à l'industrie.

On doit à A. Rateau : l'invention d'un type de turbines multicellulaires aujourd'hui répandu dans le monde entier; un turbo-compresseur d'air qui permet aux avions de s'élever à de grandes altitudes malgré la raréfaction de l'air atmosphérique; des pompes centrifuges à haut rendement ou à grand débit; des ventilateurs centrifuges fort employés pour la ventilation des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mines; des turbines utilisant la vapeur d'échappement à basse pression. On récupère ainsi annuellement des centaines de milliers de chevaux-vapeur qui, autrefois, étaient entièrement perdus.

A. Rateau était entré en 1901 au Conseil d'Administration de la Société d'Encouragement; il faisait partie du Comité des Arts mécaniques.

A. Rateau avait reçu les plus hautes distinctions des gouvernements étrangers et de nombreuses sociétés savantes ou techniques françaises et étrangères. Il était commandeur de la Légion d'honneur.

Nous adressons à sa famille l'expression de notre très vive sympathie.

Le **général Sebert**, qui vient de mourir à l'âge de 92 ans, était le doyen des membres de notre Conseil. Il y était entré en 1876. Depuis 1895 jusqu'à sa mort, il a présidé le Comité des Arts économiques.

Sorti de l'École polytechnique dans l'artillerie de marine, le général Sebert, après la guerre de 1870-1871, prit une part active à la réorganisation de l'artillerie. On lui doit un appareil enregistreur du recul des bouches à feu, des appareils pour déterminer les lois de la balistique intérieure, les études nécessaires à la construction d'un nouveau matériel d'artillerie de gros calibre et de nombreux travaux scientifiques. Colonel à 43 ans, il a fondé et dirigé le Laboratoire central de la Marine. Il a été le premier à préconiser la mesure des propriétés mécaniques des bois coloniaux qui ne ressemblent en rien aux bois indigènes ou aux bois du Nord. Il a indiqué les méthodes de mesure à employer.

Il était membre de nombreuses sociétés savantes et notamment de l'Académie des Sciences, depuis 1897.

Ayant quitté l'armée pour se consacrer à l'industrie, le général Sebert s'est intéressé au mouvement scientifique. Il fut un des fondateurs de l'Institut international de Bibliographie de Bruxelles; il a joué un rôle considérable dans la propagation de l'esperanto.

Le général Sebert était commandeur de la Légion d'honneur.

Nous adressons à la famille de notre regretté collègue nos très vives condoléances.

M. J. Rey, *président*. — En versant leur cotisation pour 1930, plusieurs de nos collègues y ont joint les sommes suivantes : M. Sauvage, 50 fr; — M. Léon Lebaron, 40 fr; — M. Jose V. Diaz Valentin, 35 fr; — Anonyme, 10 fr. Ces sommes seront portées au crédit de notre *Bulletin*. Nous adressons nos remerciements à ces donateurs.

MM. Ch. de Fréminville et G. Wery, *secrétaires généraux*, présentent et analysent des ouvrages entrés récemment dans notre Bibliothèque.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*Travaux maritimes*, par P. LÉVY-SALVADOR et Louis PRUDON. Tome Ier (Bibliothèque de l'Ingénieur de Travaux publics). Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*Exécution des enroulements des machines triphasées*, par Maurice LE CADRE. Paris, Dunod, 1930;

*Administration financière. Méthodes comptables et bilans,* par L. QUESNET. 4e éd. revue et augmentée. Paris, Dunod, 1930;

*Maupertuis*. L'œuvre et sa place dans la pensée scientifique et philosophique du XVIIIe siècle, par Pierre BRUNET. Paris, Albert Blanchard, 3 *bis*, place de la Sorbonne (5e), 1929;

*Maupertuis*. Étude biographique, par Pierre BRUNET. Paris, Albert Blanchard, 1929;

*La décharge électrique dans le vide et dans les gaz*, par Maurice LEBLANC et Maurice LEBLANC fils (Encyclopédie d'électricité industrielle). Paris, J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille (6e), 1929;

*Note sur le chauffage par la vapeur des longs trains et sur un nouveau demi-accouplement de chauffage,* par M. BEURE (ex *Revue gén. des chemins de fer*, déc. 1929). Paris, Dunod, 1929 (Don de la Cie P.-L.-M., membre de la Société);

*L'éclairage des ateliers*. Brochure n° 6 (édition 1930), publiée par la SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'ÉCLAIRAGE. Paris, 134, boulevard Haussmann (8e). Don du Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes, Paris (6e);

*L'enseignement commercial en France et à l'étranger*, par Maurice FACY (Encyc. scientifique). Paris, Gaston Doin, 8, place de l'Odéon (6e), 1923;

*Économie rationnelle*, par F. DIVISIA (Encyclopédie scientifique). Paris, Gaston Doin, 1928;

*Comment écrire vos lettres d'affaires. Précis méthodique de correspondance commerciale*, par L.-R. HELLER et J.-A. SAUSSAYE. Paris, E. Langlois et Cie, 186, faubourg Saint-Martin (10e);

*Précis de la science du classement*, par A. DE FOUGEROLLES. Paris, E. Langlois et Cie;

*Études d'organisation commerciale*, par J. WILBOIS, C. MAMET, F. MAURICE, Ét. et L. DAMOUR et Gabriel FAURE (Chambre syndicale de l'Organisation commerciale). Paris, E. Langlois et Cie;

*Savants et artisans de la révolution industrielle,* par Mme BONFANTE. Paris, Librairie Valois, 7, place du Panthéon (5e);

*Organización, métodes y programas de la enseñenza de las ciencias y las artes del hogar en Belgica, Suiza, Holanda, Francia, Inglaterra y Italia*, par Dolores NOGUÉS SARDÁ. Avila, Tip. Senen Martin, 1928;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*L'éducation nationale. Pour le rajeunissement des méthodes d'éducation en France. Instruction et éducation*, par Paul DESJARDIN et Paul HUNZIKER (Les cahiers du Redressement français, n° 2). Paris, Éditions de la S. A. P. E., 11 *bis*, rue Keppler (16e);

*Matières premières et forces naturelles : Les industries extractives. Les industries hydro-électriques. Les industries maritimes*, par Pierre PARENT, Louis MARLIE et Pierre LEMY (Les cahiers du Redressement français, n° 6). Paris, Éditions de la S. A. P. E.;

*L'artisanat*, par Jean DELAGE (Les cahiers du Redressement français, n° 9). Paris, Éditions de la S. A. P. E.;

*L'hygiène et le service social à l'atelier,* avec une enquête dans l'industrie, par Roger WURTZ (Les cahiers du Redressement français, n° 18). Paris, Éditions de la S. A. P. E.;

*Les centres sociaux. L'enseignement ménager*, par Mlle BASSET, Mlle DIEMER et Mlle DE ROBIEN (Les cahiers du Redressement français, n° 20). Paris, Éditions de la S. A. P. E.;

*La confession d'un agriculteur*, par Adolphe JAVAL. 7e éd. Paris, A. Fayard et Cie, 18-20, rue du Saint-Gothard;

*Les entreprises. La comptabilité et le change*, par Louis HÉNON (Bibliothèque de l'Usine). Paris, Éditions de « L'Usine », 15, rue Bleue (9e).

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Le soufflage du verre dans les laboratoires scientifiques et industriels*, par Henri VIGREUX. 3e éd. Paris, Dunod, 1930;

*Puits, sondages et sources,* par Max RINGELMANN. 2e éd. revue. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 26, rue Jacob (6e).

M. Jean MAJORELLE fait une communication sur *deux réalisations dans le domaine de la documentation technique : les fiches et les cartes industrielles de la Société de Documentation industrielle.*

M. J. Majorelle se défend d'avoir innové en quoi que ce soit dans l'établissement des *fiches* de la Société de Documentation industrielle. Elles n'ont pour mérite, dit-il, que d'exister et de rendre des services dans deux branches de l'art de l'ingénieur, les industries minière et électrique, et dans les domaines économique et financier de ces deux industries.

La documentation coûte beaucoup de temps et d'argent; elle ne peut être bien faite que par des techniciens très spécialisés qui ne sont pas nécessairement des bibliographes et qu'il faut rémunérer très cher; encore faut-il qu'ils se limitent.

M. Majorelle a reconnu qu'il est vain de chercher à vouloir remplacer la lecture d'un document original par un résumé porté sur la fiche. Tout au plus peut-elle en signaler les points importants. Il est vain aussi, très coûteux et maladroit, sinon dangereux, d'en donner une transcription et surtout une traduction s'il est écrit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans une langue étrangère. Un texte ne peut être bien compris, et encore pas toujours, que par celui qui est directement intéressé à le connaître. La transcription expose à des erreurs et ne peut donner certaines figures. Pour ces raisons, rien ne vaut la photographie du texte et des figures du document original.

L'auteur a adopté pour ses fiches le format de l'Institut international de Bibliographie de Bruxelles et, dès que les tables complètes eurent paru, pour les indexer, la classification décimale recommandée par cet institut. Cette indexation n'empêche pas de conserver la classification spéciale qui avait été adoptée tout d'abord. Il paraît d'ailleurs chimérique de concevoir une classification qui soit commune à tous et embrasse toutes les branches de l'activité humaine. Toute classification ne peut être que personnelle, donc arbitraire; tout au plus peut-on s'entendre avec des gens de même spécialité que soi, et ce n'est que sur les grandes lignes de la classification, dans cette seule spécialité.

Les fiches sont imprimées. Elles sont fournies à des abonnés qui, vu le prix nécessairement élevé de l'abonnement, ne peuvent guère être que des sociétés industrielles.

Les *cartes industrielles* ont une origine modeste, pratique, comme les fiches. M. Majorelle a eu l'idée de ses fiches parce qu'une documentation lui avait été demandée sur un point particulier de l'industrie minière; il a conçu ses cartes parce que des renseignements sur les industries de l'Alsace lui avaient été demandés et que le moyen le plus pratique de les donner lui avait semblé être celui du report sur une carte au moyen de signes conventionnels. Les services rendus par cette carte à d'autres que ceux qui en avaient provoqué l'établissement ont conduit à exécuter le même travail pour d'autres régions de la France. 50 classes d'industries environ sont représentées sur ces cartes au moyen de signes géométriques simples.

Les travaux cartographiques officiels et les annuaires ne peuvent être utilisés tels quels comme base de travail; de nombreux points importants au point de vue industriel doivent être contrôlés sur place. Il faut donc parcourir le pays, ce qui s'exécute en automobile.

Ces cartes, dont toute publicité a été écartée, sont établies en plusieurs couleurs; les dernières sont d'une lisibilité parfaite; malgré leur prix élevé, elles ont reçu le meilleur accueil; 25 cartes ont déjà été publiées; l'établissement et la publication des autres suivent leur cours. E. L.

M. Jean Rey. — Nous venons de voir que le même organisme recourt à des méthodes différentes pour établir sa documentation et en donner les résultats : elles sont une conséquence de la diversité des buts à atteindre. Jusqu'où remonte votre documentation?

M. J. Majorelle. — A six ans seulement, époque à laquelle je l'ai commencée. Je ne pense pas que le cas se présente jamais de remonter beaucoup en arrière. Mes collaborateurs dépouillent les périodiques au fur et à mesure de leur apparition de sorte que, selon qu'ils sont hebdomadaires ou mensuels, notre documentation est à jour à une semaine ou un mois près. Dans quelques années, la question se posera évidemment de savoir ce qu'il faudra faire des vieilles fiches. La technique vieillit très vite à notre époque, et il est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

possible qu'on puisse balayer sans scrupules tout ce qui remonte à plus de 15 ou 20 ans; je crois cependant qu'il faut être très prudent.

M. TRIBOT-LASPIÈRE, secrétaire général du Syndicat des Entrepreneurs de Réseaux et Centrales électriques, fait une communication sur l'*établissement des cartes des lignes et centrales électriques de la France.*

Ces cartes ont été demandées très fréquemment, notamment par tous ceux qui fournissent, aux consommateurs de courant électrique, du matériel et de l'outillage électriques : lampes, aspirateurs, fers à repasser, bouilleurs, radiateurs. Cette demande était justifiée car l'électrification de la France avance avec une très grande rapidité; en ce moment 2.500 à 3.000 communes nouvelles sont électrifiées chaque année. Ces cartes sont établies par département : elles donnent sur fond blanc et en noir : les centrales électriques avec leur puissance, les réseaux de distribution avec l'indication de la nature du courant, de sa tension, et de sa périodicité, les communes électrifiées. Ce travail, entrepris depuis 5 ans, est toujours tenu à jour par enquête sur les lieux et correspondance directe avec les intéressés. Les cartes sont tirées à 100 exemplaires seulement sur un papier qui peut recevoir toutes les retouches voulues.

Chaque carte est accompagnée d'un répertoire multicopié qui donne les noms et adresses des concessionnaires et des fournisseurs de courant. E. L.

M. J. REY. — L'exposé de M. Tribot-Laspière est tout à fait réconfortant; il nous a appris une chose dont nous ne nous doutions pas : c'est que notre pays s'électrifie plus vite, et, probablement, mieux, que n'importe quel autre. Il est certain que ce mouvement se poursuivra, car, tous les jours, on découvre de nouvelles applications de l'électricité et ceux qui en sont déjà consommateurs trouvent son emploi si commode qu'ils en consomment de plus en plus.

M. le col. RENARD. — M. Tribot-Laspière nous a signalé en passant l'intérêt de ses cartes pour les aviateurs. Je crois devoir insister sur l'importance de cette question. La présence de réseaux à haute tension de plus en plus nombreux constitue un danger formidable pour les aviateurs, surtout en cas d'atterrissages improvisés; les courts-circuits qui se forment au cours d'une descente forcée, qui n'aurait souvent été sans cela qu'un petit accident banal, font de cet accident une véritable catastrophe si un incendie se déclare. Je sais par expérience que les cartes officielles peuvent être très en retard sur la réalité. Vos cartes tenues à jour sont donc précieuses et d'autant plus qu'elles sont très lisibles.

J'irai plus loin. Je pense qu'on pourrait facilement obtenir, par entente entre le Ministère de l'Air et celui des Travaux publics, que des périmètres soient réservés, même au prix de quelques détours des canalisations électriques, pour les atterrissages forcés et en prévision de la création de nouveaux aéroports.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour rendre tous les services que les aviateurs en attendent, les cartes devraient être à petite échelle, de façon à ne pas représenter un poids ni un encombrement trop considérables et à ne pas obliger l'aviateur à changer de carte constamment. On doit penser, en effet, que la vitesse et le rayon d'action des avions augmentent régulièrement de jour en jour.

M. Tribot-Laspière. — L'échelle de nos cartes a été fixée à $\frac{1}{200.000}$; nos cartes, outre les renseignements que j'ai énumérés, indiquent aussi quelques points de repère qui permettent notamment le passage facile d'un département à un autre.

M. Blondin. — Je connais les difficultés de la documentation pour la pratiquer depuis de nombreuses années à la *Revue générale de l'Électricité*; actuellement nous recevons 10 à 12 demandes de renseignements par semaine. Pour la moitié, les questions sont mal posées; pour un quart, la recherche des renseignements exigerait plusieurs mois de travail; pour l'autre quart, les demandes émanent d'ingénieurs-conseils qui ne peuvent ou ne veulent pas se renseigner directement et font payer à leurs clients la documentation que nous leur fournissons. Que fait M. Majorelle dans les deux derniers cas?

M. Majorelle. — La recherche est évitée ou elle est payée ce qu'elle vaut. Il n'y a pas de raison pour fournir gratuitement, ou presque, un travail considérable.

L'abonnement à nos fiches coûte 900 francs par an. Nos abonnés nous demandent surtout des photographies d'articles originaux, environ 20 par semaine, de sorte que nous souffrons peu des difficultés que M. Blondin signale.

M. Blondin. — Est-ce que le travail exécuté par M. Tribot-Laspière est fait ou envisagé pour les colonies et l'étranger?

M. Tribot-Laspière. — Nous avons des renseignements, mais ils ne sont pas recueillis systématiquement comme pour la France. Peut-être serons-nous amenés à envisager cette systématisation, au moins pour nos colonies.

M. Pierre Larue. — Il y a 30 ans que je m'occupe de documentation industrielle et agricole. Je suis convaincu qu'on peut résoudre facilement toutes les difficultés du classement des fiches au moyen de l'indexation décimale : on établit 4, 5 et même 6 fiches identiques pour un même sujet et on les classe à des endroits différents. Prenons comme exemple les associations agricoles d'Algérie : je ferai au moins trois fiches qui seront classées : à l'Algérie, aux associations et à l'agriculture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est bien évident que pour le service intérieur, dans une spécialité bien définie et limitée, l'indexation décimale conduit inutilement à l'emploi de 4 ou 5 premières décimales qui sont toujours les mêmes. On ne doit les conserver que pour les relations avec l'extérieur; pour soi, on remplace le groupe de décimales qui se présentent toujours de même par un signe conventionnel, A ou B par exemple. On économise ainsi beaucoup plus de temps.

M. ANDROUIN. — En ce qui concerne la classification de la documentation, il semble qu'il y ait quelquefois confusion entre trois besoins différents : classer, ranger et répertorier, auxquels se rattachent deux problèmes : 1° placer les documents; 2° les retrouver. Il y a là une division du travail dont on se préoccupe trop rarement et dont on trouvera une excellente réalisation dans la Bibliothèque de la Société d'Encouragement, où la classification décimale a permis de réaliser un répertoire dont tous les lecteurs, même ceux à qui ces questions ne sont pas familières, apprécient la grande valeur pratique.

En ce qui concerne l'échelle des cartes, je m'étonne que les règles adoptées pour les poids et mesures réels du système métrique, ne soient pas plus populaires. On sait que, dans ce système, les poids et mesures réalisés sont les multiples ou sous-multiples décimaux de l'unité fondamentale, leurs moitiés, et leurs doubles, de sorte que, dans une région quelconque de l'échelle des poids, par exemple, on a successivement des poids proportionnels à 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, etc. Pourquoi ne pas adopter exclusivement des échelles de cartes suivant le même principe : $\frac{1}{100.000}$ $\frac{1}{200.000}$ $\frac{1}{500.000}$, etc. C'est ce qu'on a fait, dans les organismes de normalisation, pour les échelles des dessins industriels. Cette normalisation est indispensable si l'on veut calculer vite et bien.

Il est utile aussi que les cartes se recouvrent assez largement sur les bords pour que l'on puisse y étudier facilement des ensembles appartenant à des feuilles voisines.

M. TRIBOT-LASPIÈRE. — Nos cartes départementales présentent toujours l'amorce des départements voisins.

M. le col. RENARD. — Les échelles croissantes comme 1, 2, 5, 10, etc. ont été adoptées par le Service géographique de l'Armée pour toutes les cartes nouvelles. Seule la carte au $\frac{1}{80.000}$ fait exception, mais c'est parce que c'est la plus ancienne et qu'à l'époque où elle a été entreprise, on a voulu, à tort évidemment, on le reconnaît aujourd'hui, se tenir aussi près que possible de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la carte au $\frac{1}{86.400}$ de Cassini. Ce nombre de 86.400 paraissait justifié à l'époque où les unités de longueur en usage suivaient la subdivision duodécimale. En effet 86.400 est le produit de $2^7 \times 3^3 \times 5^2$ et admet un très grand nombre de diviseurs.

M. J. REY, *président*. — Je remercie vivement M. Majorelle et M. Tribot-Laspière de leurs très intéressantes communications. J'espère qu'ils voudront bien rédiger sur les questions qu'ils nous ont exposées une note destinée à paraître dans notre *Bulletin*. Les questions qui leur ont été posées et les observations qui ont été faites prouvent l'intérêt que notre Société porte aux divers modes de documentation.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## COMITÉ D'AGRICULTURE

(EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 8 JANVIER 1930.)

### La fièvre ondulante (fièvre de Malte fièvre méditerranéenne, mélitococcie).

par M. G. MOUSSU, *membre du Conseil*.

Vers la fin d'octobre, M. Lemaire, notre agent général, m'avait demandé de bien vouloir entretenir le Comité d'Agriculture d'une question qui, d'après ses informations, préoccuperait grandement les populations du versant sud des Cévennes [1], celle de la *fièvre de Malte*, ou *fièvre ondulante*. Cette affection prendrait chaque jour de l'extension dans la région précitée et porterait atteinte au rendement d'une main-d'œuvre déjà très rare.

Il serait déplacé de traiter devant notre comité un problème médical pur, d'autant que ce problème renferme encore bon nombre d'obscurités; mais il est légitime, par contre, comme le demandait M. Lemaire, que la Société d'Encouragement s'inquiète des répercussions possibles sur les conditions du travail dans une région de France déjà profondément déshéritée sous le rapport de la main-d'œuvre.

La fièvre de Malte ou fièvre ondulante est une maladie aiguë ou subaiguë, fébrile, à marche irrégulière comme le fait prévoir le qualificatif ondulante, de durée prolongée, généralement plusieurs mois pour le moins.

(1) Dans cette région, on dit que le gouvernement anglais aurait obtenu par voie diplomatique que la maladie en question ne soit plus appelée fièvre de Malte. (N. D. L. R.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plus souvent, le malade, même après disparition des périodes fébriles, voit sa capacité de travail grandement diminuée. Elle l'est aussi pendant les périodes de rémission, puis longtemps après la guérison et disparition complète et définitive de la fièvre. Au dire de quelques médecins des régions infectées, la disparition de la fièvre ne s'observerait qu'au bout de quatre et même cinq ans après l'apparition des premiers accès.

Pour ces raisons, la fièvre ondulante a été souvent confondue à ses débuts avec des infections typhiques et paratyphiques, fièvres continues et prolongées, mais elle offre cette particularité de présenter des rémissions capables de faire croire à une guérison proche et définitive alors que l'on n'est encore qu'à la veille non pas d'une rechute, mais d'une nouvelle poussée fébrile caractérisant une ondulation dans la courbe thermique d'évolution (fièvre rémittente.)

Trois grands symptômes la caractérisent : des crises de fièvre, des poussées sudorales et un état d'asthénie, susceptibles de se compliquer de maux de tête persistants, de névralgies à types variés, etc. La persistance de la fièvre au début a souvent fait, et fait sans doute souvent encore, porter un premier diagnostic (inexact) de fièvre typhoïde, car le médecin n'arrive à douter que quand les oscillations thermiques et les poussées sudorales se caractérisent.

La fièvre de Malte n'est pas une maladie nouvelle, ni une nouvelle venue sur notre territoire; cependant, il convient de dire qu'elle a été durant longtemps cantonnée dans le pourtour méditerranéen et que, si dans le passé, il y a 15 ou 20 ans, on en a signalé des cas isolés un peu partout, même dans la banlieue parisienne, cette affection n'avait jamais pris d'allure inquiétante. Il paraît en être tout différemment aujourd'hui.

La fièvre méditerranénne a été observée durant la guerre de Crimée, dit-on, mais on la qualifiait alors « fièvre intermittente » ou « fièvre rémittente ». Elle fut signalée plus tard à Malte sur les soldats anglais de la garnison, à Chypre et dans le pourtour méditerranéen, sous le nom de fièvre de Malte (1861); c'est un bactériologiste anglais, Bruce (1887-1888), qui, le premier, reconnut, dans le sang et la rate des malades, la présence constante d'un agent microbien qui fut appelé *Micrococcus melitensis*, aujourd'hui *Brucella melitensis*.

C'est enfin, quelques années plus tard, en 1905, qu'une commission anglaise démontra, chez l'espèce humaine, toujours à Malte, que la dissémination se faisait par l'intermédiaire du lait de chèvre consommé cru.

Les chèvres de Malte, très nombreuses, ont la réputation méritée d'excellentes laitières; elles sont fréquemment infectées par *Micrococcus melitensis*,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'en souffrent pas de façon appréciable, puisqu'elles paraissent bien portantes, avortent parfois, mais continuent à donner du lait — qui est dangereux, quoique d'aspect tout à fait normal, parce que la mamelle est une voie d'élimination du *Micrococcus melitensis*. Ce qui ne prouve pas que l'infection ne puisse se réaliser chez l'homme d'une autre façon, parce que là où il y a des animaux porteurs de *M. melitensis*, l'agent se trouve répandu, à la surface du sol et dans la nature : par le lait, les urines, les excréments, etc.

Ce qu'il y a de certain, c'est que la fièvre ondulante, qui était, il y a une vingtaine d'années, cantonnée dans le pourtour méditerranéen, semble avoir diffusé au loin et que, aujourd'hui, on la signale dans des régions très éloignées, un peu partout sur le globe, en Afrique, aux Indes, en Suède et en Norvège, aux États-Unis, etc.

Il y a à cette dispersion des raisons logiques, par exemple : des exportations de chèvres de Malte ou de la zone méditerranéenne vers d'autres pays; et aussi une part d'inconnu.

Nombre d'animaux pourraient être infectés par *M. melitensis*, en particulier les bovidés, les moutons et brebis, voire les volailles; ce qui représente des causes de dispersion microbienne bien difficiles à apprécier.

Notre Afrique du Nord serait largement infectée, et depuis longtemps, par ses nombreux troupeaux de chèvres; de même que tous les pays du pourtour méditerranéen.

Mais il est une autre notion plus inquiétante peut-être au point de vue de l'hygiène publique, qui a été dégagée et proclamée par les bactériologistes au cours de ces dernières années : il existe chez les animaux de l'espèce bovine une infection spéciale que l'on appelle l'avortement épizootique, l'infection abortive, déterminée, pour l'une des formes dominantes, par un bacille polymorphe appelé *bacille abortif* ou *bacille de Bang*.

Les bactériologistes affirment que le bacille abortif et *M. melitensis* ne sont que deux variétés d'un même type microbien; autant qu'il est permis de s'en rapporter, tout au moins, aux caractères morphologiques et de culture, aux affinités physiologiques, aux réactions sérologiques, etc., les différences dans les qualités pathogènes pouvant ne correspondre qu'à des propriétés acquises par adaptation prolongée chez des espèces différentes.

Ce qu'il y a de sûr, c'est que l'infection abortive de l'espèce bovine à *Bacillus abortus* ou *Brucella abortus*, comme l'on dit aujourd'hui, est extrêmement répandue dans le monde entier, et que, jusqu'à ces dernières années, on n'avait jamais cru devoir lui imputer l'apparition de cas de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fièvre ondulante de l'espèce humaine, bien que la consommation du lait de vaches avortées soit d'usage courant, constant et de tout temps.

Mais on aurait découvert en Europe et en Amérique, chez l'homme, des cas de fièvre ondulante à *Brucella abortus*; et c'est alors que le problème de la lutte contre la fièvre de Malte apparaît comme infiniment complexe parce qu'il comporte non seulement le côté thérapeutique, mais aussi le côté prophylactique avec la question de l'alimentation au lait de chèvre; puis la prophylaxie de l'avortement épizootique chez l'espèce bovine. Le problème se complique encore du fait que depuis plus de 10 ans en France, 15 et 20 ans en Angleterre et aux États-Unis, on a essayé de lutter — très inutilement d'ailleurs — contre l'infection abortive de l'espèce bovine par de *prétendues vaccinations, prémunitions, avec des vaccins vivants*, c'est-à-dire avec des injections de cultures vivantes de *Bacillus abortus*.

Sous la belle apparence des mots, on a en réalité fait des inoculations infectieuses et infectantes, c'est-à-dire multiplié les foyers où le bacille abortif pouvait être répandu dans la nature.

Aux États-Unis, on fait machine en arrière; on déclare maintenant que le principe des prétendues vaccinations anti-abortives avec vaccins vivants a été une erreur, peut-être même un danger pour l'espèce humaine (danger de dissémination de la fièvre ondulante).

Personnellement, j'ai fait autrefois, moi aussi, des tentatives de vaccination anti-abortive, chez l'espèce bovine, mais j'ai indiqué depuis des années pourquoi les méthodes conseillées jusqu'à ce jour ne pouvaient se montrer efficaces, pourquoi la prétendue prémunition ne pouvait aboutir qu'à aggraver un danger, celui de la dispersion de l'infection abortive. Il faudrait dire aujourd'hui aggravation d'un double danger si, réellement, il peut se produire des cas de fièvre ondulante humaine à *Brucella abortus*.

En réalité, nous ne sommes pas scientifiquement et définitivement fixés sur les rapports d'affinité, de parenté ou d'identité qui existent entre *Micrococcus melitensis* de la fièvre de Malte et les infections abortives des bovidés.

S'il a été enregistré des cas de fièvre ondulante à *Brucella abortus*, il ne semble pas qu'il faille s'en exagérer l'importance, parce que l'avortement infectieux épizootique était connu bien avant la découverte du bacille abortif et que, si la transmission devait se faire facilement à l'espèce humaine pour créer des cas de fièvre ondulante, on n'aurait pas été sans remarquer l'évolution de cette maladie spéciale chez le personnel des fermes consommant du lait de vaches avortées, chez les vétérinaires pratiquant des interventions pour non-délivrances, chez les gens vivant simplement en contact prolongé avec les animaux contaminés, etc. Il est possible que le danger existe; il n'est pas bien précisé.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Que résulte-t-il de ces explications? C'est que s'il est bien admis que la fièvre ondulante est transmise à l'homme par le lait de chèvre, de brebis ou même de vache, il n'est pas démontré qu'elle ne puisse être contractée indirectement, dans une zone infectée, par une infection dérivant du milieu extérieur (origine hydrique ou autre). Par ailleurs, les données épidémiologiques les plus récentes semblent démontrer que s'il y a des fièvres ondulantes à *Brucella melitensis*, il y en aurait aussi à *Bacillus abortus* d'origine bovine. Dès lors, il est facile d'entrevoir combien la prophylaxie sera délicate.

Les chèvres et les brebis infectées par le *Micrococcus melitensis* peuvent fort bien ne pas paraître malades; quelques sujets ont pu avorter, peuvent présenter des inflammations des mamelles, des boiteries; mais tout cela est assez vague pour établir un diagnostic précis de maladie. Ce diagnostic précis peut se faire par des méthodes de laboratoire (méthodes sérologiques et essais de cultures) mais il est facile d'en prévoir toute la difficulté d'application pratique pour des animaux qui, souvent, ne paraissent nullement malades.

L'indication de faire bouillir le lait, le *Micrococcus melitensis* étant détruit à 60°, est évidemment une mesure à conseiller, mais c'est un moyen de lutte bien précaire.

La *mélitococcie*, c'est-à-dire la fièvre de Malte, a été classée maladie contagieuse par décret du 3 juin 1929; des mesures sanitaires ont été prescrites; il est à craindre qu'elles soient difficilement réalisables dans l'état actuel de nos connaissances, même par l'action combinée des services sanitaires vétérinaires et des services d'hygiène. Chez l'homme, l'évolution de la maladie est suffisamment caractéristique pour permettre de la soupçonner et même de la préciser, mais chez les animaux qui, souvent, n'en souffrent pas ou si peu que l'observation courante ne saurait la faire suspecter, la recherche devient infiniment plus délicate. Et puis il reste le doute sur les contaminations par le milieu ambiant.

Comme, enfin, les moyens thérapeutiques laissent à désirer, il semble que ce que l'on puisse souhaiter de mieux c'est que les hommes qui se sont spécialisés dans cette question soient mis à même de poursuivre leurs recherches en vue d'un progrès nécessaire à tous points de vue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE I

FIÈVRE MÉDITERRANÉENNE OU MÉLITOCOCCIE, OU FIÈVRE ONDULANTE, CLASSÉE MALADIE CONTAGIEUSE (*Arrêté du 2 octobre 1929*).

*Arrêté du 2 octobre 1929 pris pour application du décret du 3 juin 1929 ajoutant la mélitococcie à la liste des maladies contagieuses.*

Le Ministre de l'Agriculture,

Vu la loi du 21 juillet 1881 sur la police sanitaire des animaux;

Vu la loi du 21 juin 1898 sur le Code rural;

Vu le décret du 6 octobre 1904 portant règlement d'administration publique pour l'exécution de la loi du 21 juin 1896;

Vu le décret du 3 juin 1929 ajoutant la mélitococcie à la liste des maladies contagieuses;

Vu l'arrêté du 1er avril, sur la désinfection;

Sur la proposition de l'Inspecteur général chargé de la direction des services vétérinaires.

Arrête :

ARTICLE 1er. — Le Préfet avise le Directeur général des Services vétérinaires des foyers de fièvre ondulante de l'homme dont il a été informé et lui communique les résultats des enquêtes sur les origines de la maladie faites par le Service départemental d'Hygiène.

Il transmet au Directeur du Service régional vétérinaire, ainsi qu'à l'Inspecteur départemental des Services d'Hygiène, les déclarations de mélitococcie concernant les animaux des espèces ovine et caprine.

Le Directeur régional des Services vétérinaires, dès réception de ces déclarations, recherche l'origine de la maladie sur les animaux et propose au Préfet, d'accord avec l'Inspecteur départemental des Services d'Hygiène, les mesures susceptibles d'empêcher la propagation de la contagion, soit aux personnes, soit aux animaux des espèces susvisées.

ART. 2. — Après la constatation de la mélitococcie sur les animaux des espèces ovine et caprine, le Préfet prend, sur la proposition du Directeur régional des Services vétérinaires, un arrêté plaçant sous la surveillance du Service sanitaire les troupeaux dont les animaux malades font partie, ainsi que les locaux, herbages ou pâturages qui leur sont affectés.

ART. 3. — La mise en surveillance entraîne l'isolement, la séquestration, la visite, le recensement, la marque des animaux et troupeaux, ainsi que l'application des mesures prévues par le présent arrêté.

ART. 4. — Par dérogation à l'article précédent et sur la proposition du Directeur régional des Services vétérinaires, le Préfet peut autoriser, sous les conditions qu'il détermine, la conduite des animaux au pâturage.

ART. 5. — La vente des animaux appartenant à des troupeaux placés sous la surveillance sanitaire est interdite. Toutefois, pourront être vendus pour la boucherie les animaux restés indemnes et ceux qui, antérieurement atteints, n'ont présenté depuis un an au moins, aucun symptôme pouvant être rattaché à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mélitococcie. Ces animaux peuvent être envoyés dans un abattoir surveillé par un vétérinaire agréé. Le Vétérinaire sanitaire délivre un laissez-passer qui est visé par le Maire. Ce laissez-passer est envoyé au Préfet, dans le délai de cinq jours, par le Vétérinaire inspecteur de l'abattoir, avec un certificat attestant que les animaux ont été abattus.

ART. 6. — Le lait ne peut être consommé sur place, vendu, transporté ou utilisé pour la fabrication de fromage ou de tout autre produit (crème, beurre, etc.), qu'après ébullition ou pasteurisation dûment constatée.

ART. 7. — Les cadavres des animaux morts pendant la durée de la surveillance, ainsi que les avortons, fœtus, enveloppes, etc., sont détruits conformément aux prescriptions de la loi du 21 juin 1898 et du décret du 6 octobre 1904.

ART. 8. — Il est interdit de déposer sur la voie publique, ainsi que dans le voisinage des cours d'eau, des puits, des sources, fontaines publiques ou privées, etc., les fumiers, litières, pailles... provenant des locaux et pâturages contaminés. Il est également interdit d'utiliser dans les jardins et dans la culture maraîchère les fumiers, pailles, litières recueillis dans les locaux et pâturages susvisés, conformément aux prescriptions des arrêtés ministériels.

ART. 9. — Toute personne qui a été en contact avec les animaux malades ou leurs produits de sécrétion (lait, urine, etc.), ainsi qu'avec leurs cadavres, débris, fumiers, etc., est tenue de se soumettre, notamment en ce qui concerne les mains, aux mesures de désinfection jugées nécessaires.

ART. 10. — Les locaux et pâturages placés sous la surveillance du Service sanitaire ne peuvent être repeuplés qu'après autorisation préalable du Préfet.

ART. 11. — La transhumance des troupeaux visés à l'article 2 est réglementée par des arrêtés préfectoraux soumis à l'approbation du Ministre de l'Agriculture.

ART. 12. — L'arrêté de surveillance est rapporté par le Préfet sur la proposition du Directeur régional des Services vétérinaires, après constatation de la disparition de la maladie et exécution des mesures concernant la désinfection. Il peut être immédiatement rapporté, après la désinfection, si tous les animaux ont été abattus.

ART. 13. — Les préfets des départements sont chargés de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Paris, le 2 octobre 1929.

JEAN HENNESSY.

---

## ANNEXE II

M. Charles Nicolle, de Tunis, questionné par la Société d'Encouragement sur la prophylaxie et le traitement de la fièvre de Malte chez l'homme et chez les bêtes, a répondu ce qui suit :

Tunis le 14 décembre 1929.

Il est malheureusement exact que la fièvre méditerranéenne sévit avec une intensité de plus en plus grande dans le Midi de la France et qu'elle est en voie d'extension dans tout notre pays.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vous n'ignorez pas que cette maladie est une affection de la chèvre et qu'elle se transmet par le lait de cet animal ou par son urine; de l'homme à l'homme, la transmission est plus rare et ne semble possible que par l'urine.

On ne connaît aucune méthode qui puisse vacciner la chèvre contre la maladie ou l'en guérir. Une chèvre qui transmet la maladie à l'homme n'est pas fatalement malade; sa sécrétion lactée peut même être sensiblement normale.

Pour protéger l'homme, nous possédons plusieurs moyens :

1° Faire bouillir le lait de chèvre avant son usage et ne se servir que de laits pasteurisés pour la préparation des fromages. Des mesures de police sanitaire doivent être instituées pour surveiller ces stérilisations;

2° Vacciner préventivement les gens exposés à la contagion (laitiers, employés des fermes, au besoin la population des localités particulièrement exposées) par l'inoculation de cultures stérilisées du microbe de la fièvre méditerranéenne. Ce vaccin assure la protection de l'homme. La durée de l'immunité, conférée par lui, n'est pas connue; mais l'inoculation de ce vaccin étant inoffensive, il est facile d'en renouveler l'emploi. Il pourrait même être utilisé par voie digestive.

Pour le traitement de l'homme malade, nous sommes moins bien outillés. La vaccinothérapie donne des résultats évidents, mais inconstants; quant à la chimiothérapie, elle n'a jusqu'à présent rien donné.

Aux mesures que je vous ai indiquées, on doit joindre le dépistage de l'infection chez la chèvre. Ce dépistage est rendu aisé par la méthode du sérodiagnostic qui montre une réaction particulière du sang des chèvres atteintes et par la recherche directe (culture) du microbe dans le lait et dans le sang. Tous les laboratoires publics sont outillés pour faire ces recherches.

CHARLES NICOLLE,
*directeur de l'Institut Pasteur de Tunis.*

---

## ANNEXE III

### LA FIÈVRE ONDULANTE EN ANGLETERRE ET AU PAYS DE GALLES

(*Nature*, de Londres, du 7 décembre 1929).

Il y a 30 ans, la fièvre ondulante était considérée comme une maladie subtropicale localisée sur les côtes et dans les îles de la Méditerranée, d'où les noms qui lui furent donnés de fièvre méditerranéenne ou de Malte. On l'a décelée aujourd'hui dans le monde entier, excepté peut-être en Australie.

Le microorganisme qui cause la fièvre ondulante est un microcoque (*Micrococcus melitensis*), signalé pour la première fois par Bruce en 1886 (quelques-uns

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le tiennent pour un bacille) qui est véhiculé presque exclusivement par le lait de chèvre. En 1897, Bang, de Copenhague, décrivit sous le nom de *Bacillus abortus* le microorganisme qui cause l'avortement épidémique du bétail. Les recherches entreprises dans ces dernières années ont attiré l'attention sur l'étroite ressemblance qui existe entre *M. melitensis* et *B. abortus*, et cela d'autant plus que, comme *B. abortus* se rencontre fréquemment dans le lait de vache, la question s'est posée de savoir si *B. abortus* ne serait pas la cause d'une des formes de la fièvre ondulante chez l'homme. Une étude attentive, à la fois clinique et bactériologique, de cas de fièvre intermittente observés en Grande-Bretagne, en Europe continentale et en Amérique, a montré que l'homme peut être quelquefois infecté par le *B. abortus*, ce qui se traduit par une sorte de fièvre ondulante.

Un rapport détaillé sur cette question, rédigé par le Capitaine Dalrymphe-Champneys vient d'être publié par les soins du Ministère de l'Hygiène [1] dans lequel on signale que, au moins 14 cas authentiques de fièvre ondulante chez l'homme causés par la variété *abortus* du microorganisme, ont été observés en Angleterre. De nombreux cas ont été décrits au Danemark, quelques-uns en Allemagne et un nombre assez grand (366 cas cette année d'après le *Daily Science New Bull.* publié par le Science Service, Washington, D. C.). De plus, on a constaté que l'avortement épizootique est largement répandu chez d'autres animaux que la vache, à savoir chez les chèvres, les brebis, les truies, la jument, la chienne, et que la maladie est causée par des microorganismes du type *abortus*, avec, cependant, quelquefois, de très petites différences, de sorte qu'il en existerait plusieurs variétés.

Le Dr Forest Huddleson a apporté une précieuse contribution à la différenciation de ces variétés, ou plutôt espèces, comme il préfère les appeler (*Technical Bull.* N° 100, 1929. Agricultural Experiment Station, Michigan State College). Il place ces organismes dans le genre *Brucella*, qu'il divise en trois espèces principales : *Brucella abortus* (Bang), *Brucella suis* (Traum) et *Brucella melitensis* (Bruce), car elles présentent des différences nettes. De 6 à 9 p. 100 des échantillons du lait consommé en Angleterre renferment *Br. abortus*; cependant, il est rare que la fièvre ondulante reconnaisse cette origine. Cette apparente anomalie provient de ce que ce microorganisme est de faible virulence pour l'homme. C'est ainsi qu'il est difficile d'infecter le singe avec *Br. abortus*, tandis que *Br. melitensis* et *Br. suis* sont très infectantes pour cet animal. Il en résulte que les Américains sont disposés à donner plus d'importance à l'espèce porcine de *Brucella* qu'à celle qui provoque la fièvre ondulante chez l'homme quand elle est communiquée par d'autres animaux que la chèvre.

E. L.

(1) *Undulant Fever. Reps. on Pub. Health and Med. Subjects*, N° 56. London, H. M. Stationery Office. 1 *s.* 6 *d.* net.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE IV

### LA MÉLITOCOCCIE CAPRINE ET OVINE [1],

par le docteur HUGUIER, *vétérinaire-colonel.*

Je ne crois guère me tromper en disant que nombreux sont les lecteurs de *La vie agricole* qui ne consultent pas le *Journal officiel*. Et, cependant, nul n'étant censé ignorer la loi, il est de toute nécessité de connaître la législation qui intéresse particulièrement la corporation agricole; or, le *Journal officiel* du 4 octobre 1929 a publié un arrêté ministériel que les agriculteurs et éleveurs, possesseurs de troupeaux de moutons et de chèvres, doivent connaître; aussi croyons-nous rendre service à nos lecteurs en consacrant un article à cet important document.

Dans de nombreuses chroniques antérieures, j'ai eu l'occasion de traiter la question des maladies contagieuses des animaux reconnues officiellement par la loi du 21 juin 1898 sur la police sanitaire. Or le Ministre de l'Agriculture vient d'ajouter à la nomenclature une nouvelle maladie : la mélitococcie ovine et caprine, affection commune à l'homme et aux animaux (décret du 3 juin 1929).

Déjà un décret du 13 octobre 1923 avait classé la mélitococcie humaine comme maladie contagieuse légale, c'est-à-dire entraînant l'obligation de la déclaration et de la désinfection; mais, devant la gravité de l'extension de la mélitococcie (plus de 4.000 personnes atteintes dans le Midi de la France au cours de ces dernières années), et, afin d'entreprendre une lutte efficace contre cette redoutable affection, les Pouvoirs publics ont été amenés à conjuguer les efforts des médecins et des vétérinaires. Dans ce but, un arrêté ministériel du 2 octobre 1929 a précisé l'application du décret du 3 juin 1929 et donné les directives obligatoires à observer lors de la constatation de la mélitococcie dans les troupeaux ovins et caprins.

*Qu'est-ce que la mélitococcie?* — Il ne s'agit pas d'une affection nouvelle, car elle était déjà signalée dans les archives de guerre de Bonaparte, et d'anciens papyrus prétendent même qu'Hippocrate la connaissait. A travers les âges, elle a été appelée fièvre de Gibraltar, de Naples, de Chypre, de Malte, ou méditerranéenne, fièvre ondulante, etc., ce qui prouve bien qu'elle était connue de longue date. Un savant anglais, Bruce, en a découvert l'agent causal en 1887, un microbe auquel il donna le nom de *Micrococcus melitensis* (*Melita*, Malte) devenu depuis mélitocoque, d'où le nom actuel de mélitococcie.

En 1905, un autre savant, Zammit, découvrit que le lait, le sang et l'urine des chèvres de Malte contenaient ce microbe et, en 1906, Bruce en conclut que l'homme contractait la fièvre ondulante en consommant du lait de chèvre cru, opinion qui fut confirmée d'une façon éclatante par un autre médecin de la marine anglaise, à Malte, en 1908.

L'attention des médecins étant attirée sur ces faits, on fit alors des observations à ce sujet, et l'on put constater que la fièvre méditerranéenne se répandait en France d'année en année. D'abord limitée au littoral et aux îles de la Méditerranée (Italie, Malte, Algérie, Tunisie, Corse, Midi de la France), la mélitococcie a envahi l'Hérault, le Gard, les départements alpins. Puis elle fut signalée dernièrement

(1) Paru dans *La vie agricole et rurale* du 8 décembre 1929, 19, rue Hautefeuille, Paris (6e).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le Plateau central, le Lyonnais, et enfin dans la région parisienne (1923-1929) (Dubois, Delmer, Laurent, Césari, Casteran, etc.).

*Quels sont les symptômes de la mélitococcie chez l'homme?* — Difficiles à diagnostiquer au début, les premiers symptômes sont : l'insomnie, les maux de tête persistants, de la courbature fébrile. Puis le malade accuse bientôt des troubles rappelant la fièvre typhoïde : langue chargée, nausées fréquentes, perte de poids, d'appétit, douleurs articulaires, névralgies diverses, troubles respiratoires, sueurs, constipation. Mais ce qui caractérise l'affection, ce sont les oscillations de la fièvre : par périodes de sept à vingt et un jours, la température s'élève tous les matins, pour revenir à la normale le soir : c'est une fièvre ondulante qui persiste la nuit.

Véritable septicémie à marche lente, à rechutes décevantes, elle finit par épuiser l'individu qui maigrit. Las le matin, au réveil, sans forces, il est incapable d'efforts suivis et il doit rester alité de longues heures. La mélitococcie peut durer des mois ; voire même des années; mais si elle est rarement mortelle, elle prépare le lit de toutes les grandes infections et a une gravité économique très sérieuse.

*Comment l'homme contracte-t-il cette maladie?* — 1° Par l'absorption de lait cru de chèvre infectée; 2° par la consommation de crème, de fromage frais de chèvre; 3° par la manipulation directe des animaux malades : ingestion de poussières d'étable, d'aliments (salades, légumes), souillés par l'urine des malades, très riche en microbes, par la souillure des mains lors de la traite, par la manipulation des fumiers et lors des repas, si le campagnard, le chevrier ne se lavent pas les mains. On prétend même que l'on peut s'infecter par l'ingestion de chair de chèvre insuffisamment cuite.

D'autre part, on croyait qu'il n'y avait que les chèvres susceptibles de colporter le virus et de contaminer l'homme; mais on a constaté (Dubois, Vergnes, etc.) que les brebis étaient également susceptibles de transmettre la maladie. En 1928, on a pu observer que des bovins, des porcins, des équidés et même des chiens pouvaient être des porteurs de virus et infecter l'homme. Les mouches, moustiques et punaises sont susceptibles de servir de véhicules au virus.

Enfin, on sait que le microbe de la fièvre ondulante, qui appartient à la catégorie des microbes du genre *Brucella*, est presque indiscernable du *Brucella abortus* ; agent de l'avortement épizootique du bétail; certains auteurs (Manzini) prétendent que ce ne sont que des variétés du même microbe.

Nous laisserons aux savants le soin de discuter ces questions délicates, et nous nous en tiendrons aux infections transmises par les chèvres et les brebis, seuls animaux visés par la loi.

*Comment peut-on déceler les symptômes de la maladie chez les chèvres et les brebis?* — Les animaux infectés, même depuis longtemps, présentent les caractères d'une santé normale. Un seul symptôme frappe l'éleveur : la fréquence de l'avortement chez les femelles, qui atteint 50 à 90 p. 100 du troupeau.

D'autre part, les suites de l'avortement ne sont nullement graves : la sécrétion lactée diminue, mais elle s'établit quand même et il n'y a pas de stérilité.

Aucune lésion ne peut être relevée à l'autopsie, sauf quelques altérations de mammite peu caractéristiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chez les mâles, on voit parfois de l'orchite, des boiteries; mais, en somme, on peut dire que pas plus sur le marché qu'à l'étable ou à l'abattoir, un observateur, même attentif, ne peut déceler la maladie.

Les seuls moyens de poser un diagnostic précis sont des procédés de laboratoire que nous ne pouvons que signaler dans cet article : recherches directes (microscope) ou indirectes (cultures) du microbe dans le sang, le lait, l'urine; séro-diagnostic par agglutination; réaction à la mélitine, etc.

Ce qu'il importe de savoir pour le propriétaire, c'est que, s'il constate des avortements fréquents chez ses chèvres et ses brebis, il doit soupçonner la fièvre ondulante et avertir tout de suite son vétérinaire.

*Traitement et prophylaxie des animaux.* — Jusqu'alors on est assez désarmé contre la maladie; on a recommandé le traitement interne au bleu de méthylène, l'urotropine, les injections d'argent colloïdal, les vaccinations (Vincent, Violle, etc., 1922-1927), l'anatoxine; bref, il faut bien avouer que l'on est pauvre en moyens curatifs.

C'est la prophylaxie, c'est-à-dire l'ensemble des méthodes de prévention qui peut donner les résultats les plus efficaces. Elle comprend l'isolement et la séquestration des femelles avortées, la destruction des avortons et de leurs enveloppes, la désinfection des étables et la surveillance des nouveaux animaux lors de leur introduction dans les troupeaux.

*Traitement et prophylaxie de la mélitococcie humaine.* — C'est au médecin qu'il appartiendra de diagnostiquer la maladie (réaction à la mélitine) et de prescrire le traitement; mais, comme docteur en médecine, je me permettrai de donner à nos lecteurs quelques conseils de prophylaxie. En effet, la mélitococcie étant une maladie susceptible d'être évitée, il vaut mieux prévenir que guérir; aussi, dans les régions infectées :

1° On s'abstiendra de consommer le lait de chèvre ou de brebis cru; on le soumettra à une ébullition prolongée ou à la pasteurisation;

2° Il sera prudent de ne consommer ni fromage frais, ni crème, ni beurre de chèvre et de brebis;

3° La chair des chèvres, chevreaux, brebis et agneaux ne sera consommée que bien cuite;

4° Avant les repas, tous les individus qui s'occupent des ovins et caprins (cultivateurs, chevriers, bergers, bouchers), qui font la traite, les manipulations du lait, des fumiers, etc., devront se savonner avec soin les mains, les ongles;

5° Les chèvres destinées à l'alimentation des nourrissons (pour le lait) devront être examinées par un vétérinaire qui fera des prélèvements de lait, de sang pour les soumettre à un laboratoire.

Tout cela pourra paraître fastidieux, mais je puis vous affirmer que les individus que j'ai vus atteints de fièvre de Malte étaient tellement incommodés par cette affection que les précautions que je conseille ne sont que de bien faibles ennuis en face des multiples tracas de la maladie.

Toutes les mesures concernant les animaux que j'ai énumérées plus haut étaient simplement conseillées jusqu'en 1929; mais, ce qu'il faut savoir c'est qu'actuelle-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment ces mesures sont devenues obligatoires; nous allons donc résumer cette législation nouvelle.

L'arrêté ministériel du 20 octobre 1929 prescrit :

ART. 1er. — Lorsque des foyers de fièvre ondulante de l'homme sont signalés au préfet d'un département, ce fonctionnaire avertit le directeur du service régional vétérinaire de la maladie, et ce directeur recherche l'origine de la mélitococcie chez les ovins et caprins.

ART. 2. — Dès que la maladie est dépistée, le préfet sur la proposition du directeur régional du service vétérinaire, prend un arrêté plaçant les troupeaux et les exploitations (locaux, herbages, pâturages) où la maladie a été constatée, sous la surveillance sanitaire.

ART. 3. — Les animaux de ces troupeaux sont isolés, séquestrés, visités, recensés et marqués.

ART. 4. — Détermine les endroits de pâturage.

ART. 5. — La vente des animaux en surveillance est *interdite*; si, au bout d'une année, les animaux sont reconnus sains, ils peuvent être envoyés dans un abattoir surveillé, avec un certificat spécial.

ART. 6. — Le lait ne peut être consommé qu'après *ébullition ou pasteurisation* dûment constatée (fromage, beurre, crème ne peuvent être fabriqués qu'avec du lait pasteurisé).

ART. 7. — Les cadavres des animaux morts, les avortons, fœtus et enveloppes (placenta) sont détruits (incinération, enfouissement profond dans de la chaux vive ou envoi au clos d'équarrissage).

ART. 8. — Interdiction de déposer sur la voie publique, près des cours d'eau, puits, etc., ou d'utiliser, pour les cultures maraîchères et jardins, les fumiers, pailles, litières recueillis dans les locaux ou pâturages contaminés.

ART. 9. — Désinfection obligatoire des personnes (mains en particulier) ayant été en contact avec les animaux malades ou leurs produits (fœtus, lait, urine, fumiers, etc.).

ART. 10. — Les locaux ou pâturages infectés ne pourront être repeuplés qu'après autorisation du préfet.

ART. 11. — La transhumance des troupeaux est réglée par le préfet.

Telles sont les grandes lignes de la législation nouvelle, nous ajouterons que des pénalités sérieuses sont prévues pour sanctionner les infractions à cette réglementation.

Selon la gravité de ces infractions et surtout de leurs conséquences, ces pénalités varient comme amende : de 16 à 2.000 fr; elles peuvent entraîner une peine d'emprisonnement allant de 6 jours à 3 ans.

Il ne faut pas oublier également que si, par négligence, on a été cause de dommages à autrui (propagation de la maladie à l'homme ou aux animaux), la personne lésée peut encore se référer aux articles 1382 et 1383 du Code civil pour la réparation des dommages causés à autrui.

Vous voyez donc, chers lecteurs, que la question de la mélitococcie valait la peine d'être étudiée tant au point de vue de la médecine humaine que vétérinaire et au point de vue agricole; vous voudrez bien excuser l'aridité de certains passages, mais le développement en était nécessaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOGRAPHIE.

*Nouveau dictionnaire vétérinaire. Médecine, Chirurgie, Thérapeutique, Législation sanitaire, et sciences qui s'y rapportent*, par les docteurs FONTAINE, vétérinaire général de l'Armée, et HUGUIER, vétérinaire-colonel de 1re classe de l'Armée, 1924, 2 vol. gr. in-8° de 1.921 pages, à 2 colonnes, illustrés de 2.252 fig. Brochés, 180 fr.; reliés, 240 fr.

---

## ANNEXE V

### TRAITEMENT PRATIQUE DE LA FIÈVRE DE MALTE.

par MM. N. CAMBESSÉDÈS et G. GARNIER.

(*La médecine* de décembre 1929, p. 921.)

*Parmi les nombreux procédés sans cesse préconisés, comment fixer la ligne de conduite thérapeutique*? — Le traitement de la fièvre ondulante est à l'ordre du jour en raison de l'extension de la maladie et sans doute aussi des discussions mêmes auxquelles donne lieu une thérapeutique qui enregistre sans cesse et de façon imprévue succès et revers.

Nous ne reviendrons pas sur les procédés de traitement préconisés. On en trouvera l'exposé dans l'excellent article de Roziés (*Paris médical*, mai 1929). A lire la liste des onze procédés de préparation des vaccins proposés : à voir combien nombreux sont, entre les deux camps des partisans et des adversaires, les auteurs qui restent sur la réserve quant à l'efficacité des vaccins, on se convainc que bien des obscurités demeurent encore dans la question. Pour ne citer que l'opinion de Burnet, dont la haute compétence en la matière est hors de conteste, nous reproduirons cette conclusion assez désabusée. Contre la mélitococcie « la science ne nous a donné qu'une ressource : la vaccinothérapie.... Elle est très discutée et malheureusement discutable. Les uns en exagèrent les échecs et les autres les succès.... Une certaine proportion de succès n'est pas douteuse ». Mais, par ailleurs, le même auteur s'est demandé à propos d'un cas où l'injection intraveineuse de vaccin avait déterminé « une très forte réaction générale » suivie de guérison, si ce processus n'était pas « la condition du succès ».

Parole prophétique à notre avis! Il nous paraît, en effet, que le choc est bien la condition même du succès. C'est de quoi on se convaincra, nous l'espérons, si on veut bien se reporter aux articles du *Paris médical* du 23 mars 1929 et du *Journal de Physiologie et de Pathologie générale* à paraître incessamment.

Nous y avons résumé les faits cliniques et expérimentaux qui viennent à l'appui de notre théorie, qui, aussi bien, n'est autre que l'application, à la mélitococcie, de la compréhension du mode d'action de la vaccinothérapie exposé par MM. P. Teissier, Reilly et Rivalier. Rappelons que celui-ci doit être recherché, non dans la production d'anticorps, mais bien plutôt dans la détermination d'un conflit spécifique entre l'antigène introduit et l'organisme sensibilisé. Cette sensibilisation peut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être jugée par l'intradermo-réaction à la mélitine, qui permet ainsi d'amodier la thérapeutique et d'obtenir le choc nécessaire et suffisant.

Le vaccin employé est une solution de protéines microbiennes suivant la technique de MM. P. Teissier, Reilly et Rivalier.

Pratiquement, voici le mode opératoire que nous proposons : en présence d'un cas de mélitococcie, on fera d'abord une injection intradermique de 1/10 cm³ environ de mélitine. La réaction sera « lue » au bout de 18 à 24 heures. Les dimensions de la zone érythémateuse et son infiltration sont les deux éléments d'appréciation. La grandeur varie de la dimension d'une lentille à celle d'une pièce de 5 fr. (exceptionnellement jusqu'à celle d'une paume de main). La dose d'endoprotéine à injecter les jours suivants par *voie intramusculaire* sera proportionnée au degré de la réaction obtenue; elle s'échelonnera entre 2/10 cm³ et 1 cm³. Si la dose employée a été judicieusement choisie, on assistera, dans les heures qui suivent l'injection, à l'apparition de phénomènes de choc (frissons, hyperthermie...). Si ceux-ci ont atteint une acuité marquée, la guérison peut être obtenue dès le lendemain et d'une manière définitive (19 observations).

Dans le cas, au contraire, où les phénomènes de choc ont été moins violents, on observe fréquemment, après une sédation momentanée, la reprise de la fièvre. Deux ou trois piqûres renouvelées à 8 jours d'intervalle, à la condition d'accroître les doses du produit injecté, suffisent, dans l'immense majorité des cas, à juguler l'infection. Cette dernière technique, qui utilise au début des quantités moindres d'antigène, nous paraît préférable à la première car, si elle retarde quelque peu la guérison, elle a l'avantage d'éviter au malade une réaction trop vive.

Nous rapportons ici une statistique portant sur 36 cas et qui montre la remarquable efficacité de la méthode, bien supérieure, par son pourcentage et sa rapidité d'action, à celle des autres techniques.

Malades traités, 36; — malades guéris après une seule injection d'endoprotéine, 19; — malades guéris après 2 ou 3 injections, 11; — malades non guéris mais n'ayant reçu qu'une injection, 6.

Est-ce à dire toutefois que l'endoprotéine soit le seul vaccin qui puisse trouver son emploi dans le traitement de la fièvre de Malte? Certes, la quasi-constance des résultats que nous avons enregistrés nous inclinerait à donner la préférence à cette thérapeutique. Toutefois, nous n'avons garde d'oublier les succès obtenus avec les vaccins constitués par une émulsion de corps microbiens, ni non plus de méconnaître la valeur et la compétence des auteurs qui les ont expérimentés souvent sur une vaste échelle, mais l'examen de leurs statistiques dénote un pourcentage d'échecs bien supérieur au nôtre.

Au reste, selon nous, le processus de guérison, quel que soit le vaccin utilisé, demeure identique (Si les résultats obtenus à l'aide d'une injection de corps microbiens sont caractérisés par une grande inconstance, nous croyons que cette irrégularité trouve son explication dans le mode même d'action de la vaccinothérapie qu'à la suite de Teissier, Reilly et Rivalier nous admettons).

Nous avons déjà relevé ailleurs le fait si frappant que, chez les malades guéris par les vaccins usuels, les auteurs notent très souvent une réaction vive. A l'inverse, dans les observations qui relatent un insuccès, les auteurs remarquent incidemment qu'aucune réaction générale n'avait suivi l'injection vaccinale. On ne peut voir là

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une simple série de coïncidences. Pour nous, en effet, le vaccin par émulsion de corps microbiens, quand il donne un résultat heureux, le détermine exactement comme le vaccin par broyage de corps microbiens.

Il s'agit d'un même processus à l'intensité près. C'est une question de quantité d'antigène qui sépare les deux modes de vaccin, L'endoprotéine, étant infiniment plus riche en antigène, donne seulement de façon plus constante le choc libérateur.

Mais, sans le choc, le succès peut-il être obtenu? Y aurait-il ainsi, à côté d'un processus de choc, un autre mécanisme de guérison à invoquer?

Nous ne le pensons pas, mais nous croyons plutôt qu'il existe une gamme dans l'intensité des réactions inflammatoires qui s'étagent du choc violent à la réaction thermique plus ou moins marquée, mais inappréciable parfois chez des sujets fébricitants. Or, il est possible que, dans certains cas, la provocation de phénomènes inflammatoires, même discrets, suffise à exciter les moyens de défense de l'économie et à amener la stérilisation des foyers. Cette éventualité s'observe particulièrement au début de l'infection, alors que les foyers sont limités presque exclusivement au parenchyme splénique, qu'il n'existe pas de métastase osseuse ou articulaire et que, par conséquent, il n'est point nécessaire de provoquer l'éclosion de violents phénomènes réactionnels pour assurer la guérison. Au contraire, à une phase plus tardive de l'infection, alors que les foyers se sont multipliés, il devient indispensable, pour en assurer rapidement la résorption, de provoquer un choc d'une plus grande amplitude. C'est la raison pour laquelle les auteurs qui emploient les vaccins usuels, de faible pouvoir antigénique, ont justement préconisé l'application précoce de la vaccinothérapie.

Il est d'usage pour beaucoup de praticiens, quand une tentative de vaccinothérapie par un stock-vaccin n'a pas donné les effets attendus, de considérer que le traitement par un autovaccin doit alors être essayé. Celui-ci peut-il être considéré comme plus efficace dans la mélitococcie? Nous nous contenterons de rapporter que, si les cas de Courcoux-Lelong et Cordey et ceux de Dargein ne sont pas favorables, il n'en est pas de même des observations de Lisbonne.

D'après Roziès, l'école espagnole, avec Ricardo Monagas, se montrerait partisan de cette même thérapeutique....

Pour nous, bien que n'ayant pas l'expérience de l'auto-vaccinothérapie, nous acceptons volontiers l'idée que ces vaccins sont plus efficaces que les autres vaccins par émulsion pour la raison que, utilisant des germes récemment isolés, ils ont un pouvoir antigénique plus élevé. Mais il faut remarquer que les vaccins par endoprotéines, qui nous ont donné des résultats si fidèles, sont des stocks-vaccins et non des auto-vaccins et même qu'ils utilisent l'*abortus* et non le *melitensis*. Preuve de plus, s'il en est besoin, qu'il ne s'agit là que d'une question de dose d'antigène et qu'avec un produit très actif, la supériorité de l'auto-vaccin sur le stock-vaccin n'entre plus en ligne de compte.

En résumé, le praticien qui se trouve en présence d'une fièvre de Malte devra faire une intradermo-réaction à la mélitine. Celle-ci lui donnera une excellente confirmation de son diagnostic. Mais de plus, elle lui indiquera la conduite à tenir.

Si le malade est peu sensibilisé, il faudra utiliser rapidement des doses fortes de vaccin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les stocks-vaccins par l'émulsion qui sont à la disposition du praticien dans le commerce devront être employés précocement et à des doses rapidement et notablement croissantes, et, à notre sens plus élevées que celles indiquées jusqu'ici.

Si le succès ne répond pas à leur appel, il faudra soit tenter un auto-vaccin à des doses fortes et sans trop perdre de temps, faire la vaccinothérapie par l'endoprotéine.

Dans le cas où le malade, du fait de son âge ou de son état général, ne paraîtrait pas en mesure de supporter le choc qui est indispensable dans ces cas rebelles, il resterait à essayer la thérapeutique par la gonacrine, méthode nouvelle dont quelques observateurs, à la suite d'Izar, son promoteur, se sont montrés satisfaits (Darré et Laffaille, Janbon et Duponnois, Lisbonne et Aubert). Rappelons qu'Izar indique la dose de 1 cg par kilogramme de poids, en injection strictement intraveineuse.

Mais il nous sera permis en terminant de mentionner que nous n'avons pas connaissance de faits défavorables à la méthode du choc par l'endoprotéine et que les résultats qu'elle a donnés jusqu'à ce jour sont un garant de son indéniable efficacité.

---

## ANNEXE VI

### CHIMIOTHÉRAPIE DE LA FIÈVRE DE MALTE, VACCINS PRÉVENTIFS ET CURATIF.

*Chimiothérapie de la fièvre de Malte.* — Le chlorométhylate de diaminoacridine est une matière colorante douée d'un pouvoir microbicide très élevé, particulièrement marqué à l'égard du gonocoque. Ce corps, très diffusible, pénètre rapidement dans la profondeur des tissus où il exerce une action antiseptique prolongée. Aux concentrations thérapeutiques, sa solution, rigoureusement neutre, n'est pas irritante. Le nom de jaune d'acridine, sous lequel ce médicament a quelquefois été désigné par certains expérimentateurs, est inexact. Le jaune d'acridine vrai est un colorant utilisé dans la teinture des étoffes; sa composition chimique est voisine de celle du médicament en question, mais sa solution n'est pas neutre.

Le chlorométhylate de diaminoacridine est pratiquement dépourvu de toxicité. Son introduction dans les cavités pleurale et péritonéale n'a donné lieu à aucun accident, même à la dose de 30 cg de produit actif.

Quelle que soit la voie d'introduction de cet antiseptique interne dans l'organisme (voie buccale, voie hypodermique, voie intraveineuse) il se retrouve constamment dans l'urine au bout d'un temps relativement court, et cette élimination se poursuit pendant plusieurs heures sans amener aucun trouble dans le fonctionnement des reins ni de la vessie.

Employé tout d'abord dans le traitement de la blennorragie et du rhumatisme blennorragique, le chlorométhylate de diaminoacridine a trouvé d'autres applications : en chirurgie, au pansement des plaies; dans le traitement de la colite ulcéreuse, affection intestinale rebelle dans 40 p. 100 des cas; en dermatologie, dans le traitement de l'impétigo, de l'eczéma; en stomatologie, à la désinfection de la bouche et du pharynx (stomatite et angine banale); en otologie, dans le traitement de l'otite externe; dans le traitement de certaines endocardites, de l'encéphalite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

léthargique, de l'infection puerpérale, et, enfin, tout récemment, de la fièvre de Malte.

Son emploi permet de sévir, avec chance de guérison, contre un certain nombre de microorganismes relativement fragiles, tels que le *Micrococcus melitensis* de la fièvre ondulante ou fièvre de Malte.

L'activité des dérivés du jaune d'acridine, dans les cas de fièvre de Malte bien caractérisée, a été reconnue par le prof. Izar. A la clinique universitaire de Messine, il a pu juguler rapidement des fièvres de Malte en évolution.

En France, MM. H. Darré et A. Laffaille ont obtenu, en moins de 24 heures, l'apyrexie d'une mélitococcie qui persistait depuis trois mois. L'hémoculture avait permis d'isoler du sang le *Micrococcus melitensis*. De son côté, le prof. Janbon a publié, lors de la séance du 10 mai 1929, de la Société des Sciences médicales et biologiques de Montpellier, la guérison définitive d'un cas de fièvre de Malte par des injections de chlorométhylate de diaminoacridine en solution à 2 p. 100. MM. Lisbonne et Aubert notent également des résultats, très favorables, obtenus par la médication acridinique dans deux cas de fièvre ondulante. Le prof. Lisbonne considère la chimiothérapie de la fièvre de Malte comme pleine d'avenir.

La technique employée par les différents auteurs, dans le traitement de la mélitococcie, est assez variable. MM. Darré et Laffaille conseillent la méthode suivante :

Chez l'adulte, une première injection intraveineuse de 10 cg, pour tâter la susceptibilité du sujet. Deux jours plus tard, une seconde injection de 20 cg, dose utile au point de vue thérapeutique. On consolide la guérison par une troisième injection, faite trois jours après la précédente, et même une quatrième de 40 cg, quatre jours plus tard.

Dans l'éventualité d'une rechute, on reprend le traitement ci-dessus dès la réapparition de la fièvre.

*Vaccins préventifs et curatif.* — On prépare un vaccin préventif par voie buccale qui se présente sous la forme de petites pastilles, prises à raison de trois par jour pendant une semaine, durée de la vaccination.

Il existe aussi un vaccin préventif injectable. Il se présente sous la forme d'un liquide très légèrement opalescent, enfermé dans une ampoule de verre de 2 $cm^3$ scellée à la lampe, qui représente la dose pour une vaccination.

On trouve enfin un vaccin curatif injectable par voie intraveineuse ou intramusculaire. La dose est répartie entre deux séries de chacune 3 ampoules. Le nombre d'injections, à raison d'une tous les deux jours, varie de une, cas bénins, à dix, cas très résistants.

E. L.

---

## ANNEXE VII

Extrait d'une lettre du Dr H. Cambessédès, en date du 8 janvier 1930, répondant à des questions posées par la Société d'Encouragement.

« Je me suis surtout attaché à l'étude du traitement et spécialement de la vaccinothérapie de la fièvre de Malte. Je n'ai pas, sur la question spéciale du traitement par la gonacrine, d'opinion personnelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Une recherche qui aurait pu vous intéresser est celle de l'extension de la maladie dans la région parisienne. Je me suis, en effet, à propos de cas observés aux abattoirs de La Villette, livré à une enquête dans ce milieu. J'imaginais pouvoir relever un assez grand nombre de cas de bouchers atteints de fièvre de Malte.

« Deux ou trois médecins exerçant dans ce milieu m'ont bien dit avoir observé des fièvres assez prolongées et de nature indéterminée. Mais un examen de laboratoire manque pour affirmer qu'il s'agissait de fièvre de Malte.

« Je sais aussi, par plusieurs des malades, que j'ai pu voir, que parmi leurs camarades, il y aurait eu des absents pour fièvre prolongée. Mais, de ce côté, les renseignements sont plus imprécis encore.

« L'Inspection des Abattoirs a bien voulu me répondre qu'elle n'avait pas connaissance de cas de fièvre ondulante parmi son personnel.

« J'ai donc laissé sans conclusion cette enquête. Mais je demeure persuadé qu'il y a dans les abattoirs, de temps à autre, des cas de fièvre ondulante, très rares assurément, mais qui constituent cependant un danger relatif de contamination.

« La contagion se ferait, pour les ouvriers des abattoirs, sans doute par le fumier, et par le sang, à la rigueur. »

Dr H. CAMBESSÉDÈS.

---

## ANNEXE VIII

### BIBLIOGRAPHIE.

*Le lait et la fièvre méditerranéenne* par Ch. PORCHER, professeur à l'École vétérinaire de Lyon, et P. GODARD, médecin aide-major au 6e régiment d'infanterie coloniale. Un vol. (16 × 25 cm) de 114 p. 2 fig. et 4 cartes dont 2 en couleurs. Asselin et Houzeau, édit. Paris, 1916 (cote : 15.469, de la Bibliothèque de la Société d'Encouragement).

*Le lait et la fièvre typhoïde*, par CH. PORCHER, professeur à l'École vétérinaire de Lyon, et A. DREYFUS, médecin aide-major du Groupe de Brancardiers divisionnaire de la 7e D. I. Un vol. (16 × 25 cm) de 205 p. 10 planches dont 2 en couleurs. Asselin et Houzeau, édit. Paris, 1916 (cote : 15.470, de la Bibliothèque de la Société d'Encouragement).

*
* *

*Le Journal médical français* de mai 1929 (A. Poinat édit. Paris) est entièrement consacré à la fièvre de Malte. Il renferme les articles suivants tous accompagnés d'une importante bibliographie (pièce 13.447 de la Bibliothèque de la Société d'Encouragement) [1] :

(1) Des articles du *Journal médical français*, trop spéciaux pour pouvoir être reproduits ou même résumés ici, il y a lieu de retenir quelques points saillants.

Un des auteurs dit que la fièvre de Malte est ce que les médecins appellent une « maladie d'avenir ». Il faut entendre par là qu'elle fera, comme la grippe par exemple, le tour du monde et s'y installera solidement.

Par les études qui précèdent, on a pu se rendre compte de la variété des modes d'infection de la fièvre de Malte. Il convient d'ajouter que, si elle n'est pas très dangereuse, elle est extrêmement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Chronique*, par J. CASSAIGNE;

*Formes cliniques de la mélitococcie*, par le Dr Henri ROGER, professeur à l'École de Médecine de Marseille;

*Les complications nerveuses et paranerveuses (vertébrales et craniennes) de la mélitococcie*, par le Dr Henri ROGER, professeur à l'École de Médecine de Marseille;

L'*étiologie de la mélitococcie*, par le Dr M. LISBONNE, professeur à la Faculté de Médecine de Montpellier, et le Dr L. CARRÈRE, chef de travaux à la Faculté de Médecine de Montpellier;

*Le diagnostic bactériologique de la mélitococcie*, par le Dr A. RANQUE et le Dr CH. SENEZ, de Marseille;

*La mélitine de Burnet, son intérêt pour le diagnostic, le traitement et la prophylaxie*, par le Dr D. OLMER, professeur à l'École de Médecine de Marseille, médecin des Hôpitaux;

*Traitement curatif de la mélitococcie*, par le Dr H. ROZIÈS, d'Aups (Var), ex-interne des Hôpitaux de Montpellier;

*Essai de prophylaxie de la mélitococcie animale*, par le Dr CH. DUBOIS, directeur des Services vétérinaires du Gard.

## BIBLIOGRAPHIE.

**Machines hydrauliques** par Louis BERGERON, ingénieur A. et M., professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures. Un volume (19 × 13 cm), VIII + 881 pages, 472 fig. Bibliothèque de l'Ingénieur de Travaux publics), Paris, 1928. Dunod, éd., 92, rue Bonaparte (6e).

M. le professeur Louis Bergeron, au début de son substantiel traité des machines hydrauliques, exprime l'avis qu'un ouvrage sur ce sujet doit être une illustration de l'hydrodynamique et de la mécanique. Rien ne saurait mieux caractériser l'esprit qui a présidé à la rédaction du livre et qui en fait l'intérêt et la valeur didactique. On y suit constamment de tout près l'application des principes scientifiques. Il va sans dire que l'auteur utilise, autant qu'il est nécessaire, les hypothèses simplificatrices qui sont à la base de l'hydraulique et qu'autorise la faible viscosité de l'eau, seul fluide mis en œuvre dans presque toutes les machines étudiées.

Ayant affaire à un fluide pesant, pratiquement incompressible, très peu visqueux, et employé à une température sensiblement constante (les phénomènes calorifiques n'interviennent dans les machines hydrauliques que d'une manière secondaire et comme cause de pertes d'énergie), on a pour base fondamentale de la plupart des raisonnements le théorème de Bernoulli. En ayant soin d'y joindre une évaluation empirique des pertes de charge, ce théorème suffit à bien des choses. La première

contagieuse. Un des auteurs des articles précités dit que tous ceux qui ont étudié la fièvre de Malte au laboratoire l'ont contractée. On rapporte aussi que la préparatrice de l'Institut Pasteur de Paris, chargée depuis longtemps d'y conserver la collection de microbes de cet établissement (on opère par ensemencement, renouvelé, à intervalles réguliers, fixés pour chaque microbe), a elle aussi, contracté cette maladie en 1929, sans que ni elle, ni personne ait pu savoir comment. Or, la technique microbiologique est simple, assez facile et très sûre. On peut même affirmer, sans être paradoxal, que le seul endroit où, sauf grande imprudence ou maladresse, on ne puisse contracter une maladie contagieuse, c'est un laboratoire de microbiologie. (N. D. L. R.)



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie de l'ouvrage de M. Bergeron est consacrée au rappel des lois d'écoulement du fluide et des principes généraux de fonctionnement des machines, qui résultent de ce principe, ainsi qu'à l'indication des applications qui sont faites de ce même principe dans les essais de machines. Puis, abordant l'étude détaillée des machines hydrauliques, l'auteur les divise en deux grandes classes :

1° Celles où l'écoulement s'effectue par filets liquides et dans lesquelles la hauteur et le débit sont liés par une fonction : ce sont principalement les turbo-machines (turbines et pompes centrifuges), les hélices propulsives, les appareils à jet et les béliers hydrauliques ;

2° Celles où l'écoulement s'effectue par volumes engendrés, telles que certaines roues motrices et pompes rotatives, les pompes à mouvement alternatif, les machines à colonne d'eau et toutes autres machines à débit volumétrique.

Les deux principales parties de l'ouvrage traitent successivement de ces deux classes de machines.

Dans la partie consacrée aux machines de la première classe, M. Bergeron réunit, dans une théorie commune, l'analyse du fonctionnement de toutes les turbo-machines, tant motrices que réceptrices. Il les considère d'abord, ainsi qu'il est naturel de le faire, en régime de fonctionnement permanent et dans les conditions du meilleur rendement. Mais il explique ensuite combien il importe de connaître leur fonctionnement en régime varié et, à cet effet, il établit et discute les courbes caractéristiques respectives des pompes centrifuges et des turbines. Il termine ces généralités en définissant les conditions de la similitude mécanique des turbo-machines. Viennent ensuite les chapitres consacrés à la revue de leurs dispositions et du mode de fonctionnement de chacun des systèmes; cette revue est complétée par l'étude des régulateurs de vitesse des turbines, parmi lesquels il convient de signaler comme spécialement intéressant le tachy-accéléromètre de M. P. Cayère, et par celle des dispositifs de protection contre les coups de bélier.

La théorie de l'hélice propulsive fait l'objet d'importants développements, suivis de considérations intéressantes sur la propulsion par pompe centrifuge et par roues à palettes.

Cette partie de l'ouvrage se termine par un chapitre curieux au point de vue théorique dans lequel M. Bergeron traite de la machine hydraulique générale. « L'élément de toute machine hydraulique, dit-il, est un fragment de canal dans lequel circule l'eau, tandis qu'il est lui-même en mouvement plus ou moins compliqué. Dans les turbo-machines, ce fragment de canal, formé par deux aubes consécutives de la roue, est en rotation uniforme autour de l'axe de la machine. Dans la machine hydraulique générale, le fragment de canal considéré aura un mouvement quelconque par rapport à un système, lequel sera en rotation non uniforme autour de l'axe de la machine. »

Dans la théorie qu'il présente, l'auteur restreint d'ailleurs quelque peu la généralité de cet énoncé en admettant que, pendant le temps $dt$, où le système rotatif tourne d'un angle $\Omega dt$, le déplacement relatif de l'élément de canal par rapport à ce système peut être considéré comme une simple translation à vitesse uniforme. Sous cette réserve, il établit, en tenant compte des forces du mouvement relatif (y compris la force centrifuge composée), une formule générale applicable à un canal de longueur finie et donnant la quantité d'énergie fournie par le canal à l'unité du poids d'eau. Dans le cas où le canal est en forme de spire, les choses se passent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme si la rotation Ω créait un champ dans lequel le déplacement de la spire produirait une différence de pression hydraulique proportionnelle à la dérivée par rapport au temps du champ embrassé par la spire, de même que, dans un champ magnétique, le déplacement d'un conducteur en forme de spire produit une force électromotrice proportionnelle à cette dérivée. M. Emile Faure, à qui l'on doit cette proposition, en a tiré la conception d'une pompe gyroscopique, malheureusement fort compliquée. On est conduit à employer, non pas une seule spire, mais plusieurs spires mobiles, avec un distribtueur d'eau; en outre, il faut compter avec les propriétés du gyroscope en ce qui touche l'équilibre dynamique des pièces de la machine. C'est se donner bien du mal pour avoir la satisfaction d'appliquer le théorème de Coriolis.

La partie suivante de l'ouvrage traite des machines volumétriques : on s'occupe d'abord des machines tournantes telles que la roue à augets, la roue Sagebien, la vis d'Archimède, la roue à tympan, les chaînes élévatoires, les pompes rotatives à hélices, à excentriques, à palettes, à deux axes, la machine Hele Shaw; puis on passe aux machines hydrauliques à mouvement alternatif dont les plus importantes sont les pompes à piston. Enfin vient la revue des machines à pression d'eau, telles que les pompes de compression, les accumulateurs hydrauliques, les presses, les ascenseurs, les cabestans, les servo-moteurs. On trouve, dans cette partie de l'ouvrage, peu d'hydrodynamique, mais surtout l'indication raisonnée de dispositions mécaniques.

Les dernières parties du livre traitent de machines diverses ne rentrant dans aucune des catégories précédentes : pulsomètres, émulseurs, dispositifs de graissage fondés sur l'entraînement de l'huile par viscosité. Parmi ces derniers appareils, la butée Michell, au moyen de laquelle on parvient à équilibrer le poids et à assurer la rotation des grandes turbines à axe vertical, fait l'objet d'un paragraphe particulièrement intéressant.

Dans cet ouvrage, complet et clair, écrit d'un style sobre et précis, l'auteur a bien atteint le but qu'il s'était proposé, et qui était de faire œuvre utile pour la formation des hydrauliciens.

CH. WALCKENAER.

**Analyse dilatométrique des matériaux**, par PIERRE CHEVENARD, Ingénieur civil des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne. Un vol. (27 × 21 cm), VIII + 79 p., 28 fig., 6 pl. Dunod, éd., Paris, 1929.

Dans cette brochure, précédée d'une intéressante préface de M. Guillaume, directeur du Bureau international des Poids et Mesures, M. Chevenard expose d'une façon très claire tout ce qu'on peut attendre de l'analyse dilatométrique pour les matériaux en général, et, plus spécialement, pour les métaux et les alliages.

Les appareils qu'il a créés et qui portent son nom, notamment les dilatomètres différentiels, avec enregistrements photographiques ou mécaniques, sont bien connus des laboratoires; leur emploi dans de nombreuses usines date d'avant la guerre.

A la base de sa méthode, M. Chevenard pose en principe que les substances « normales » ont une loi de dilatation régulière, dont les théories modernes de la matière précisent la forme mathématique, loi qui, au-dessus de l'ambiance, peut se représenter sensiblement par une fonction quadratique de la température.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tout écart par rapport à cette allure simple traduit une transformation polymorphique. L'irrégularité accidentelle, lorsqu'elle a lieu, est visible assez aisément sur les courbes expérimentalement enregistrées.

Au demeurant, la méthode bien connue des courbes « dérivées » accusera encore plus nettement les anomalies d'allures, dont les causes premières pourront se classer en deux catégories principales :

1re *catégorie.* — Elle comprend les *transformations spécifiques de chaque constituant*, avec trois subdivisions possibles : *a*) La transformation allotropique correspondant au regroupement de l'édifice cristallin (cas bien connu de la transformation $\alpha \rightarrow \gamma$ du fer à 920°; etc.); — *b*) La transformation « anormale », sans changement de phase, le réseau cristallin restant semblable à lui-même. Celle-ci s'étale sur un large domaine de température, et elle est bien difficilement observable par les méthodes thermiques ordinaires qui appliquent les principes de Osmond, Roberts-Austen, etc. Dans le cas des substances ferro-magnétiques, on retrouve ainsi le « point de Curie », que le magnétomètre de Chevenard décèle autrement. (Cet appareil sera décrit d'ailleurs dans une brochure ultérieure); — *c*) La décomposition de constituants hors d'équilibre. Les cas les plus simples et classiques en métallurgie sont : la décomposition de la martensite des aciers trempés, au cours du revenu, la graphitisation de la cémentite, lorsqu'on pratique le recuit des fontes blanches, etc.

2e *catégorie.* — Cette catégorie comprend les *réactions entre phases.* Lorsque le corps étudié est un agrégat de plusieurs constituants, les réactions qui s'effectuent entre ceux-ci se superposent aux phénomènes propres à chacun d'eux.

Une application importante a été faite en vue des traitements des alliages légers d'aluminium. La mise en solution progressive d'un composé défini — $Mg^2 Si$ ou $Al^2Cu$ — est accusée par une contraction faible, mais parfaitement mesurable; etc.

M. Chevenard classe ensuite ses appareils suivant leur principe, en rappelant leurs qualités et les applications qu'on peut en attendre.

La méthode différentielle est généralement la plus employée, comme étant plus sensible; l'étalon est un acier au nickel avec 10 p. 100 de chrome (pyros), dont la dilatation est réversible et sans anomalie entre — 195° et 1.000°.

Le lecteur trouvera dans l'ouvrage de M. Chevenard la description de l'analyseur thermique industriel, avec le mode d'emploi (tarage, préparation des échantillons, qui peuvent être de très faibles quantités de la matière à étudier, etc.

Le dilatomètre différentiel, à enregistrement photographique, fait l'objet de développements complets. Sur les courbes obtenues, si l'on appelle $\alpha$ le coefficient de dilatation vrai, on trouve aisément, pour chaque température :

$$\alpha_{\text{substance}} = \alpha_{\text{étalon}} + \frac{K_1}{K_2} \cdot \frac{dy}{dx} (\alpha_{\text{étalon}} - \alpha_{\text{silice}}).$$

ce qui donne la valeur cherchée, $\frac{K_1}{K_2}$ ayant été déterminé au cours du tarage, et tout le reste étant connu ou mesuré.

M. Chevenard décrit également : le dilatomètre différentiel à enregistrement mécanique, le dilatomètre triple, le dilatomètre à sensibilité réglable, le dilatomètre à fils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tous ces appareils précis, sensibles et robustes, sont d'un maniement facile.

En annexe, des diagrammes dilatométriques, reproduits sans retouche, montrent les résultats obtenus par l'auteur, avec l'interprétation correspondante des points ou régions singulières des courbes.

Une bibliographie indique enfin les principales recherches qui ont pu aboutir, jusqu'à ce jour, grâce aux appareils dilatométriques système Chevenard.

MAURICE GARNIER.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN JANVIER 1930.

LÉVY-SALVADOR (P.) et PRUDON (LOUIS). — **Travaux maritimes.** Tome I (*Bibliothèque de l'Ingénieur de Travaux publics*). In-12 (19 × 12) de VIII + 528 p., 317 fig. Paris, Dunod, 1930. **17745**

LE CADRE (MAURICE). — **Exécution des enroulements des machines triphasées.** In-8 (25 × 16) de VI + 128 p., 72 fig., 50 schémas. Paris, Dunod, 1930. **17746**

QUESNET (L.). — **Administration financière. Méthodes comptables et bilans.** 4e éd. revue et augmentée. In-8 (25 × 16) de XVI + 491 p. Paris, Dunod, 1930. **17747**

VIGREUX (HENRI). — **Le soufflage du verre dans les laboratoires scientifiques et industriels.** 3e éd. In-8 (24 × 14) de XV + 276 p., 255 fig. Paris, Dunod, 1930. **17748**

RINGELMANN (MAX). — **Puits, sondages et sources.** 2e éd. revue. In-12 (19 × 12) de 234 p., 136 fig. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1930. **17749**

BRUNET (PIERRE). — **Maupertuis.** L'œuvre et sa place dans la pensée scientifique et philosophique du XVIIIe siècle. In-8 (25 × 16) de 487 + VI p. Paris, Albert Blanchard, 1929. **17750**

BRUNET (PIERRE). — **Maupertuis.** Étude biographique. In-8 (25 × 16) de 199 + III p. Paris, Albert Blanchard, 1929. **17751**

LEBLANC (MAURICE) et LEBLANC FILS (MAURICE). — **La décharge électrique dans le vide et dans le gaz** (*Encyclopédie d'électricité inaustrielle*). In-8 (23 × 15) de 375 p., 137 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1929. **17752**

***

REURE (M.). — **Note sur le chauffage par la vapeur des longs trains et sur un nouveau demi-accouplement de chauffage** (ex *Rev. gén. des chemins de fer*, déc. 1929). In-4 (30 × 22) de 8 p., 8 fig. Paris, Dunod, 1929. (*Don de la Cie P. L. M., membre de la Société.*) **Pièce 13552**

**Évitons les accidents,** almanach 1930, publié sous le patronage de l'ASSOCIATION DES INDUSTRIELS DE FRANCE CONTRE LES ACCIDENTS DU TRAVAIL et du BUREAU CENTRAL DE PRÉVENTION DES COMPAGNIES D'ASSURANCES. In-18 (16 × 10) de 64 p., fig. Paris, Éditions H. Stamm-Nion, 9, rue Bleue (9e). **Pièce 13553**

SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'ÉCLAIRAGE. — Brochure n° **6** (édition 1930) : **L'éclairage des ateliers.** In-8 (21 × 14) de 96 p., 60 fig. Paris, 134, boulevard Haussmann (8e). **Pièce 13554**

***

Don du Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes, Paris (6e).

FACY (MAURICE). — **L'enseignement commercial en France et à l'étranger** (*Encyclopédie scientifique*). In-12 (18 × 12) de 305 p. Paris, Gaston Doin, 1923. **17753**

DIVISIA (F.). — **Économie rationnelle** (*Encyclopédie scientifique*). In-12 (18 × 12) de XXXII + 443 p., 40 fig. Paris, Gaston Doin, 1928. **17754**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HELLER (L.-R.) et SAUSSAYE (J.-A.). — **Comment écrire vos lettres d'affaires.** Précis méthodique de correspondance commerciale. In-12 (19 × 12) de VIII + 169 p. Paris, E. Langlois et Cie. **17755**

DE FOUGEROLLES (A.). — **Précis de la science du classement.** In-12 (19 × 12) de 98 p. Paris, E. Langlois et Cie. **17756**

CHAMBRE SYNDICALE DE L'ORGANISATION COMMERCIALE. — **Études d'organisation commerciale**, par J. WILBOIS, C. MAMET, F. MAURICE, ET. et L. DAMOUR et Gabriel FAURE. In-12 (19 × 12) de 363 p., fig. Paris, E. Langlois et Cie. **17757**

BONFANTE (Mme). — **Savants et artisans de la révolution industrielle.** In-8 (20 × 13) de 219 p. Paris, Librairie Valois, 7, place du Panthéon (5e). **17758**

NOGUÉS SARDÁ (DOLORES). — **Organización, métodos y programas de la enseñenza de las ciencias y las artes del hogar en Belgica, Suiza, Holanda, Francia, Inglaterra y Italia.** In-12 (19 × 12) de 348 p., 36 fig. Avila, Tip. Senén Martin, 1928. **17759**

DESJARDIN (PAUL) et HUNZIKER (PAUL). — **L'éducation nationale. Pour le rajeunissement des méthodes d'éducation en France. Instruction et éducation** (*Les cahiers du Redressement français,* n° 2). In-16 (18 × 11) de 219 p. Paris, Éditions de la S. A. P. E., 11 *bis*, rue Keppler (16e). **17760**

PARENT (PIERRE), MARLIO (LOUIS) et LÉMY (PIERRE). — **Matières premières et forces naturelles** : Les industries extractives. Les industries hydro-électriques. Les industries maritimes (*Les cahiers du Redressement français*, n° 6). In-16 (18 × 11) de 110 p. Paris, Éditions de la S. A. P. E. **17761**

DELAGE (JEAN). — **L'artisanat** (*Les cahiers du Redressement français,* n° 9). In-16 (18 × 11) de 133 p. Paris, Éditions de la S. A. P. E. **17762**

WURTZ (ROGER). — **L'hygiène et le service social à l'atelier**, avec une enquête dans l'industrie (*Les cahiers du Redressement français,* n° 18). In-16 (18 × 11) de 263 p. Paris, Éditions de la S. A. P. E. **17763**

BASSOT (Mlle), DIEMER (Mlle) et DE ROBIEN (Mlle). — **Les centres sociaux. L'enseignement ménager** (*Les cahiers du Redressement français*, n° 20). In-16 (18 × 11) de 99 p. Paris, Éditions de la S. A. P. E. **17764**

JAVAL (ADOLPHE). — **La confession d'un agriculteur.** 7e éd. In-12 (19 × 12) de 251 p. Paris, A. Fayard et Cie, 18-20, rue du Saint-Gothard. **17765**

HÉNON (LOUIS). — **Les entreprises, la comptabilité et le change** (*Bibliothèque de l'Usine*). In-8 (22 × 14) de 108 p. Paris, Éditions de « L'Usine », 15, rue Bleue (9e). **17766**

SPRENG (H.). — **La sélection professionnelle et son utilité sociale** (*Bibliothèque professionnelle et sociale*). In-8 (22 × 15) de XII + 148 p. Neuchâtel (Suisse), Delachaux et Niestlé S. A., 4, rue de l'Hôpital; Paris, 26, rue Saint-Dominique, 1929. **17767**

FONTÈGNE (JULIEN). — **L'orientation professionnelle et la détermination des aptitudes.** (*Collection d'actualités pédagogiques*). In-8 (23 × 15) de 263 p. Neuchâtel (Suisse) et Paris, Delachaux et Niestlé S. A., 1921. **17768**

WALTHER (LÉON). — **La technopsychologie du travail industriel** (*Collection d'actualités pédagogiques*). In-8 (23 × 15) de XI + 239 p. Neuchâtel (Suisse) et Paris, Delachaux et Niestlé S. A., 1926. **17769**

CHAYROU (Intendant général). — **De l'art d'acheter à l'art d'agir.** 2e éd. In-8 (22 × 14) de 173 p. Paris, Charles-Lavauzelle et Cie, 1929. **17770**

**Études sur la vente et la préparation à la vie active des affaires** présentées pendant la Semaine d'Organisation commerciale de 1925. In-8 (23 × 14) de 176 p. Paris, Ed. Langlois et Cie, 1926. **17771**

STUVERAS (H.). — **Le prix de revient dans l'industrie**, suivi d'une étude sur les encours de fabrication et sur le compte mensuel d'exploitation (*Bibliothèque de l'Usine*). In-8 (24 × 16) de 215 p. Paris, Éditions de « L'Usine », 15, rue Bleue (9e). **17772**

MASUI (ÉMILE). — **Organisation économique du travail dans les usines.** Conférences

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

données à l'Université du Travail de Charleroi. 3e éd. In-8 (25 × 16) de 262 p., 155 fig. Paris, Dunod, 1920. **17773**

**Les conférences pédagogiques de la Semaine d'Organisation commerciale de 1923.** In-8 (25 × 16) de VI + 221 p., XIII pl. Paris, Ed. Langlois et Cie, 1924. **17774**

**Berichte über Landarbeit,** herausgegeben von DERLITZKI. Band I. 3 Auflage. In-8 (24 × 16) de 182 p., 107 fig. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 1927. **17775**

MEYER (ERNA). — **Der neue Haushalt.** 35 Aufl. In-8 (24 × 16) de VI + 192 p., 210 fig., XII pl. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 1929. **17776**

**Neuzeitliche Hauswirtschaftslehre,** herausgegeen von ERNA MEYER. 3 Auflage. In-8 (24 × 16) de 136 p., 141 fig. Stuttgart, Franckh'sche Verlagshandlung, 1928. **17777**

FREDERICK (CHRISTINE). — **De denkende huisvrouw.** Nieuwe inzichten. Vrij vertaald door E. J. VAN WAVEREN-RESINK en B. MULLER-LULOFS. In-8 (25 × 16) de VII + 178 p., fig. Harlem, H. D. Tjeenk Willink en Zoon, 1928. **17778**

LUCAS (MAURICE). — **L'organe comptable.** Instrument de mesure, de contrôle et de signalisation. Puissant moyen administratif. In-8 (24 × 15) de 69 p. Thaon-les-Vosges, Soc. anon. de l'Imp. de Thaon, 1926. **17779**

LUCAS (MAURICE). — **Nouveau cours de comptabilité et d'organisation comptable.** In-8 (24 × 15). 1re partie : *Analyse, étude et organisation générales,* de 227 p.; 2e partie : *Commerce,* de 213 p.; 3e partie : *Industrie,* de 214 p.; 4e partie : *Finances,* de 187 p. Thaon-les-Vosges, S. anon. de l'Imp. de Thaon, 1927. **17780-17783**

LUCAS (MAURICE). — **La production comptable.** Puissant moyen administratif. Atlas de modèles annexé à l'Organe comptable et au Cours de comptabilité et d'organisation comptable. 2e éd. In-4 (29 × 24) de IX p., 210 tableaux. Thaon-les-Vosges, Soc. anon. de l'Imp. de Thaon. **17784**

NAVARRE (ALBERT). — **Manuel d'organisation du bureau** à l'usage des écoles de commerce et du personnel des bureaux modernes. In-8 (22 × 14) de 272 p., fig. Paris, Libr. Delagrave, 1924. **17785**

**La technique des affaires** (Méthodes françaises et étrangères). In-8 (22 × 15). III : **Les affaires et le personnel,** par L. CHAMBONNAUD. 2e éd., de 574 p., 36 fig. (1920). — IV : **Les affaires et l'art de les traiter,** par L. CHAMBONNAUD. 2e éd., de 334 p. (1926). — VI : **Les affaires et l'imprimé,** par GUSTAVE BERNARD, L. CHAMBONNAUD. A. DE LA JAILLE, F. THIBAUDEAU, de 282 p., fig., VIII pl. (1920). — VII : **Les affaires et l'annonce,** par L. CHAMBONNAUD, ÉMILE GAUTIER et F. THIBAUDEAU, de 548 p., 262 fig. (1921). — VIII : **Les affaires et l'affiche,** par PAUL DERMÉE et EUGÈNE COURMONT, de 359 p., XXXII pl. (1922). — IX : **Les affaires et leur lancement,** par L. CHAMBONNAUD, de 395 p. (1922). Paris, Dunod. **17786-17791**

**Schweizer Schriften für rationnelles Wirtschaften.** In-8 (21 × 15). **1** : *Zur Psychologie des Anlernens und Einübens im Wirtschaftsleben,* von A. CARRARD, 67 p. — **2** : *Konjunktur-Forschung und Wirtschafts-Rationalisierung,* von FRIEDRICH BERNET, 52 p., 4 fig. — **3** : *Zur Psychologie der Arbeit.* I : *Die psychologische Seite der Arbeit,* von J. SUTER; II : *Zur Psychologie der Führung,* von A. CARRARD, 100 p. — **4** : *Kundendienst der erfolgreiche Verkäufer im Detailhandel,* von ARTHUR-JACOBY, 25 p. — **6** : *Reklame Psychologie,* von KARL ROHWALDT, 27 p. — **7** : *Wirtschaftsfragen industrieller Unternehmungen.* Eine Sammlung von fünf Vorträgen der Herren I. BALLY, E. BÖHLER, M. SAITZEW, E. WEIDMANN, 171 p., fig. — **8** : *Le développement de la psychotechnique en Suisse.* L'Institut psychotechnique de Zurich jusqu'en 1927, par A. CARRARD. Zurich 1, Hofer et Cie, Mühlesteg 8. **17792**

**Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. RKW-Veröffentlichungen.** Nr **4** : *Die deutsche Rationalisierungsbewegung und das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit,* von H. HINNENTHAL, 35 p. — **5** : *Zweckmässige Verpackung aus Holz.* 2 Aufl., 54 p., 67 fig. — **15** : *Zweckmässige Schmierverfahren für Gleitlager,* von J. BÖGE. 2 Aufl., 40 p., 25 fig. — **16** : *Richtlinien für Rechnungsvordrucke.* 3 Aufl., 37 p. — **18** : *Der Spritzgusses und seine Anwendung.* 2 Aufl., 48 p., 27 fig. — **20** : *Verschlüsse und Sicherungen für Verpackungszwecke,* 64 p.,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

100 fig. — **21** : *Behelfsmässige Fördermittel in der Fliessesarbeit,* 68 p., 87 fig. — **24** : *Die neuzeitliche Reparatur-Werkstatt für Automobile,* 85 p., 25 fig. — **31** : *Vom Sinn der Rationalisierung,* von FRIEDRICH v. GOTTI-OTTLILIENFELD, 103 p. — **32** : *Das Problem der Berufsauslese für die Industrie,* von RUDOLF SCHINFLER, 62 p. Jena, Gustav Fischer. **17793**

***

PSALMON (F.). — **Le système des fiches appliqué à l'étude pratique des langues étrangères vivantes.** 2e éd. In-8 (21 × 13) de 40 p. Paris, Ed. Langlois et Cie, 1928. **Pièce 13555**

CLARK (WALLACE). — **Un graphique de contrôle pour le chef d'entreprise.** Traduction française de THÉRÈSE LEROY. In-8 (21 × 13) de 16 p. Paris, Ed. Langlois, 1926. **Pièce 13556**

CHAUVIN (G.). — **La comptabilité à la portée du moyen et du petit commerce.** In-8 (21 × 13) de 19 p. Paris, Ed. Langlois, et Cie 1927. **Pièce 13557**

FAURE (GABRIEL). — **Une proposition de loi sur la comptabilité commerciale** (ex *Mon Bureau*, 15 juin 1923). In-8 (24 × 16) de 16 p. **Pièce 13558**

PUSARD (PAUL). — **Le contrôle des fabrications par l'organisation des magasins.** Conférence donnée le 26 juin 1924 au 2e Congrès de l'Organisation scientifique française, Conservatoire national des Arts et Métiers, Paris. In-8 (24 × 16) de 70 p., 46 fig. Paris, chez l'auteur, 174, rue Saint-Jacques (5e). **Pièce 13559**

**La formation professionnelle et la formation des chefs.** Extraits d'un cours donné à Genève par A. Carrard, organisé par la Commission romande de Rationalisation. In-8 (21 × 15) de 15 p. **Pièce 13560**

HENTSCH (ALOYS). — **L'organisation rationnelle du travail** (Commission romande de Rationalisation). In-8 (21 × 15) de 16 p. Genève, 32, quai des Eaux-Vives. **Pièce 13561**

DE VALLIÈRE (R.). — **Choses vues aux États-Unis.** Rapport présenté à l'Assemblée ordinaire des délégués de l'Union centrale des Associations patronales suisses du 3 juillet 1924, à Berne. In-8 (22 × 15) de 34 p. Bienne (Suisse), E. Magron. **Pièce 13562**

LUCAS (MAURICE). — **Le prix de revient.** Sa détermination dans les entreprises aux différents échelons du cycle industriel de la matière. Essai de normalisation. In-8 (24 × 16) de 39 p. Thaon-les-Vosges (Vosges), Soc. anon. de l'Imprimerie de Thaon, 1926. **Pièce 13563**

JUŠIČ (ARH. P.). — **Medjunarodni pokret za naučnu organizaciju rada i naša država.** In-8 (22 × 15) de 23 p. Zagreb, Tisak Jugoslovenske Štampe D. D., 1927. **Pièce 13564**

CHERUBINI (O.). — **Una vantaggiosa applicazione della meccanografia nelle Casse di Risparmio italiane** (ex *L'Organizzazione scientifica contabile, amministrativa, bancaria, industriale, commerciale,* marzo 1929). In-8 (24 × 16) de 10 p., 8 fig., Roma (133), Viale Giulio Cesare, 47. **Pièce 13565**

STYLUS. — **La meccanografia nelle aziende elettriche. L'organizzazione del servizio bollette presso la Società Elettrica del Valdarno-Firenze** (ex *L'Organizzazione scientifica, contabile, amministrativa, bancaria, industriale, commerciale,* aprile 1929). In-8 (24 × 16) de 8 p., 4 fig. Roma. **Pièce 13566**

*L'agent général, gérant,*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. MARS 1930.

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

# DEUX RÉALISATIONS DANS LE DOMAINE DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE : LES FICHES DOCUMENTAIRES ET LES CARTES INDUSTRIELLES DE LA SOCIÉTÉ DE DOCUMENTATION INDUSTRIELLE [1]

par M. J. MAJORELLE, *Ingénieur civil des Mines.*

Les deux tentatives dont je vais avoir l'honneur de rendre compte devant vous ne prétendent pas avoir apporté de solutions neuves ni d'idées bien originales : leur seul mérite est peut-être d'exister, d'avoir été poursuivies depuis 6 ans déjà et d'avoir, du moins je l'espère, rendu dans le domaine limité auquel elles se rapportent, quelques services. C'est à ce titre que j'ai cru pouvoir, sans excessive prétention, vous les présenter aujourd'hui.

## LES FICHES DOCUMENTAIRES.

La nécessité d'être bien et sûrement renseigné est reconnue de tout le monde : il est inutile d'insister sur ce point. Cette nécessité est particulièrement urgente dans l'industrie, où se posent à chaque instant de nouveaux problèmes tant dans la technique que dans la vie économique, commerciale, financière et fiscale des sociétés.

C'est dans ces conditions que j'avais été amené, il y a une huitaine d'années, à tenter d'organiser un service de documentation aux Mines de la Houve.

Mais j'avais dû rapidement me rendre à l'évidence qu'un tel service coûte très cher : pour qu'il puisse remplir sa mission il lui faut un personnel averti ; il a besoin d'abonnements nombreux dont certains sont d'un prix très élevé et il faut déjà qu'une entreprise soit assez puissante pour en supporter, sans qu'il la grève d'une façon excessive, les frais.

(1) Communication faite par l'auteur en séance publique le 23 janvier 1930.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces conditions, j'ai été amené à transformer en un organisme autonome le petit service que j'avais créé et cela avec l'idée suivante : en constituant pour un groupe d'industries ou d'ingénieurs s'occupant de questions analogues un bureau central de documentation, il doit être possible de leur assurer, sans frais excessifs, des services satisfaisants. Dans un premier stade, seules les industries minières avaient été envisagées; une deuxième extension fut la création de la division électricité.

Les services fonctionnent de la façon suivante :

*Rassemblement et exploitation des documents.* — Ce rassemblement est assuré par une équipe d'ingénieurs spécialisés.

V T 3,3 ***Progrès dans la chauffe des centrales thermiques***
621.311 22

**Les derniers rapports du Prime Movers Committee**. — M. Scillan, *Chaleur et Industrie*, 10e année, n° 114, octobre 1929, page 493, et n° 115, novembre 1929, page 542, 16 pages, 15 figures.

Le Prime Movers Committee, comité d'études des producteurs d'énergie électrique, publie chaque année une série de rapports groupant une abondante documentation sur le chauffage industriel.

Résumé critique des rapports les plus intéressants : foyers et chaufferies; caractères de l'évolution du chauffage aux États-Unis, taux de combustion, vaporisation et données expérimentales diverses sur les installations de foyers mécaniques de quelques centrales. Le soufflage de l'air. Les réchauffeurs d'air.

Le charbon pulvérisé. Résumé du rapport d'ensemble : quelques données sur l'essor du pulvérisé; tendances générales : progrès de la pulvérisation individuelle, généralisation de l'emploi de l'air chaud dans les séparateurs, perfectionnements dans la séparation des fines poussières. Texte du rapport d'une société signalant notamment un nouveau dispositif de circulation d'eau dans la sole du cendrier et donnant le détail d'essais de marche.

Résultats techniques et économiques de fonctionnement des broyeurs dans quelques grandes centrales. Modifications originales au circuit de broyage réalisées par l'International Combustion Ltd.

*Société de Documentation Industrielle* 4 V 1930 / 25 janvier 2 T

Fig. 1. — Une fiche technique grandeur réelle.

A chaque ingénieur sont attribuées quelques revues, au maximum trois, auxquelles il est abonné par les soins de la Société. Les résumés sont expédiés chaque semaine au service central qui les réunit et les vérifie.

*Publication des documents.* — Ces documents sont publiés chaque semaine sous forme de fiches. Chaque fiche comprend (fig. 1) : *a*) Un titre résumé (en haut, à droite); — *b*) Une indexation sur laquelle nous reviendrons plus loin; — *c*) En caractères gras, le titre de l'article (traduit s'il s'agit d'un article étranger, le titre en langue originale suit alors le titre traduit); — *d*) La référence précise de l'article, le nom de l'auteur, etc.; — *e*) Un résumé concis de l'article envisagé.

Ainsi, la fiche livrée n'est pas une sèche référence bibliographique, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

'indication, pour le lecteur, qu'il y a, à un endroit donné, un article intéressant traitant un certain sujet.

Il y a lieu, en outre, de bien noter que, jamais, un résumé ne peut remplacer l'article original, pas plus d'ailleurs que les documents écrits ne peuvent dispenser de l'étude directe des faits.

Signalons enfin que la documentation, telle qu'elle est comprise, ne se limite pas à des résumés d'articles : c'est ainsi que sont donnés, en des tableaux les principaux prix et statistiques ayant trait à l'industrie envisagée.

*Classification.* — Le problème de la classification est complexe : coordonner en un tableau général les connaissances humaines a, depuis Aristote, hanté l'esprit de nombreux philosophes, sans grand succès.

La classification est en effet toujours fonction d'un point de vue. De celui-ci, nous apercevons une seule face des multiples aspects des choses; lorsque nous reconnaissons un aspect commun à deux phénomènes, nous es groupons logiquement l'un à côté de l'autre. Mais rien ne nous dit que, pour un observateur placé en un autre point, notre groupement ne paraîtra pas absurde et notre classification illusoire.

Malgré cela, si, en 1924, les nouvelles tables générales de la classification décimale avaient été publiées, il est bien probable que c'est celle-ci qui aurait été adoptée. Ne disposant, à cette époque, que de documents très incomplets, j'ai dû me résoudre à classifier suivant une méthode particulière pour laquelle des tables spéciales ont été établies et qui a été choisie aussi simple que possible.

Pour chaque industrie a été prévue une classification particulière dont les caractéristiques sont les suivantes :

Première division en six grandes sections : Science et technique; — Commerce; — Questions économiques; — Renseignements financiers; — Questions sociales; — Législation. A chacune de ces sections a été attribuée une couleur; c'est ainsi que les fiches techniques sont roses, les commerciales vertes, etc.

Dans chacune de ces six grandes sections, une classification a été faite et l'indexation établie sur les principes suivants :

1° Attribution à chaque industrie faisant l'objet d'une documentation, d'une l ettre, M pour l'industrie minière, V pour l'industrie électrique, etc.;

2° Dans chaque documentation, attribution d'une lettre à chaque section. M T par exemple signifiera : technique minière;

3° Dans chaque section, établissement d'un certain nombre de grandes catégories auxquelles un chiffre a été attribué, par exemple, M T 4 : exploitation minière,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Enfin, subdivision suivant la méthode décimale en autant de catégories qu'il est nécessaire. Exemple, M T 4 1 : creusement des puits.

Depuis lors, les tables complètes de la classification décimale ayant paru, l'index correspondant à celle-ci est ajouté sur chaque fiche afin que les abonnés qui ont l'habitude de l'utiliser puissent faire rentrer dans le cadre de leur documentation les fiches qu'ils reçoivent.

Un service de documentation n'a pas atteint son but s'il a simplement fourni au jour le jour le résumé d'articles ou des indications sur les événements de la semaine; il doit fournir les documents originaux et, au besoin, établir sur telle ou telle question qu'il appartiendra une bibliographie raisonnée. Lorsqu'un document original est demandé, la Société de Documentation industrielle, en règle générale, envoie le document lui-même; mais ce n'est pas toujours possible lorsqu'il s'agit de revues anciennes ou d'articles parus dans des ouvrages; elle a donc établi un service photographique qui fournit la reproduction du document; solution beaucoup plus avantageuse que la copie, d'abord parce qu'elle est moins chère; en second lieu, parce qu'on évite des erreurs de frappe, et enfin, parce qu'elle permet la reproduction des dessins.

Le service bibliographique fournit sur demande un ensemble raisonné de références et de documents; un service de traduction est, bien entendu, adjoint aux autres services.

La tentative de la Société de Documentation industrielle n'est d'ailleurs pas la seule de ce genre qui existe dans le monde : ce qui m'a bien prouvé qu'il n'y avait en elle rien d'absolument original c'est que, quelques années après l'avoir créée, j'ai reçu des États-Unis une notice concernant l'« Engineering Index Service », organisation fondée à peu près exactement sur les mêmes principes que ceux que j'avais moi-même mis en œuvre, mais disposant de moyens singulièrement plus puissants, couvrant un domaine très étendu et instituée sous les auspices de la Société des Ingénieurs américains. Il y a là d'ailleurs, non pas du tout une raison de se décourager mais, bien au contraire, l'indice qu'il y avait une idée utile en l'air et que, ainsi que le phénomène se produit constamment, la cristallisation s'est produite en plusieurs points à la fois. Autre raison de poursuivre notre effort : devant la puissante publication américaine il est à la base de la seule documentation sur fiches régulièrement publiée en langue française. Ceci n'est pas, à mon sens, sans une certaine importance.

En ce qui concerne l'accueil que nous avons reçu, il a été, suivant les milieux et les personnes, assez différent : scepticisme parfaitement général au début, puis, de différents côtés, de chaleureux appuis, de nombreux abon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nements, étrangers en particulier. Bien entendu, à côté de cela, une très grande inertie à vaincre un peu partout, de même qu'un particularisme qui était à prévoir dans notre pays.

Bien que nous n'ayons pas encore le nombre d'adhérents qui serait nécessaire pour obtenir d'un organisme tel que le nôtre son plein rendement, il est intéressant de constater que l'organisme vit et vit régulièrement de sa vie propre sans subventions ni appuis [2]. C'est, tous comptes faits, un résultat.

## LES CARTES INDUSTRIELLES.

Deux idées sont à la base de l'établissement des cartes industrielles de France : une idée théorique, une idée pratique.

Idée théorique : l'industrie est étroitement liée aux conditions géographiques, géographie humaine ou géographie physique. Gisements et moyens de transports, centres de consommation ou agglomération de main-d'œuvre, tels sont les facteurs qui détermineront la naissance et la croissance d'une industrie. Il serait donc extrêmement intéressant de pouvoir réaliser un document dans lequel soit mise en lumière cette correspondance entre les éléments géographiques et l'industrie. C'est d'ailleurs bien ce but que visent les différentes cartes économiques parues jusqu'à ce jour. Mais, pour réaliser un document ayant une incontestable valeur et une précision suffisante, il est indispensable de pousser une enquête beaucoup plus approfondie que celles qui ont jusqu'à présent présidé à l'établissement des cartes économiques existantes. En particulier, il est indispensable d'arriver à placer de façon précise, en tenant compte autant que possible de leur importance relative, les différentes usines, en spécifiant leurs fabrications respectives. De ce travail préliminaire pourront alors résulter des conclusions synthétiques, fondées sur une analyse détaillée et complète.

On voit immédiatement, sinon la difficulté, du moins la longueur d'un pareil travail et, partant, son prix de revient tout à fait prohibitif.

C'est là qu'intervient l'idée pratique : un document cartographique, sur lequel seraient portées, à leur emplacement exact, toutes les usines d'une région, aurait, pour le commerçant et l'industriel, un intérêt considérable; pour la prospection, pour la tournée des représentants, pour la surveillance et le contrôle des agents commerciaux, son utilité serait en particulier extrêmement nette.

De là, la pensée qu'il serait possible d'établir, en vue de leur utilisation pratique, les cartes industrielles des différentes régions françaises et d'essayer

(2) Il y a lieu, en particulier, de noter que l'administration des Postes refuse de reconnaître aux fiches hebdomadaires la qualité d'imprimés périodiques et de les admettre au tarif correspondant. Nos protestations vigoureuses n'ont servi de rien.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de poursuivre le travail, en utilisant pour son financement les rentrées provenant des premières cartes vendues. Un premier essai, fait en 1925 et concernant l'Alsace, ayant pleinement réussi, la formule a été généralisée. Depuis cette date, ont été dressées les cartes des principales régions industrielles françaises. Actuellement une trentaine de planches sont parues et le travail se poursuit (fig. 2).

Je décrirai brièvement les méthodes suivies dans l'établissement et la rédaction des cartes.

*Échelle.* — Une première difficulté se révélait : la question de l'échelle. Il était bien évidemment impossible de s'en tenir à une échelle unique : pour

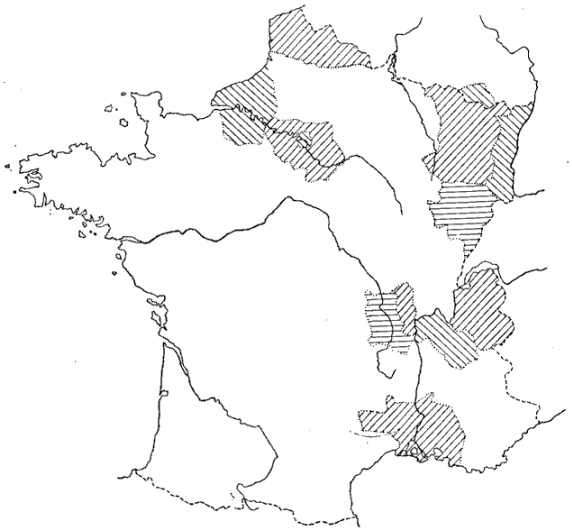


Fig. 2. — État d'avancement des cartes industrielles de la France.

les régions peu industrielles, il suffisait d'une carte peu détaillée ; pour les régions, au contraire, d'intense concentration, il était nécessaire de faire appel à des plans très détaillés.

Le problème a été résolu en traitant l'ensemble d'une région sous la forme d'une carte à petite échelle, des réserves étant faites pour les centres importants, ceux-ci faisant l'objet de planches spéciales à l'échelle, généralement, du 1/15 000, quelquefois du 1/20 000 et du 1/7 000.

*Recherches et choix des documents.* — Cette recherche se fait en deux phases. Dans un premier travail sont dépouillés tous les documents existant sur la région étudiée. Pour chaque industrie une fiche est établie donnant l'adresse de l'industrie, son numéro de téléphone et sa spécialité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une fois exécuté ce travail, commence la vérification sur le terrain, vérification essentielle et qui constitue à la fois une des phases les plus coûteuses et les plus importantes de l'établissement de la carte. Cette vérification est faite par une équipe spéciale en automobile. Cette équipe rectifie, s'il y a lieu, et complète les fiches préparées avant le départ, reporte sur des croquis l'emplacement exact des usines et rédige le travail.

*Établissement de la maquette.* — La maquette est établie au retour de la tournée; sa rédaction claire et précise est indispensable à la bonne marche des opérations. Elle est préparée dans tous ses détails de façon que le travail final du dessinateur d'exécution ne comporte plus aucun élément d'interprétation.

*Établissement du dessin définitif.* — Les méthodes de reproduction utilisées sont en règle générale la photo-lithographie ou l'insolation directe. A partir de la maquette, est donc repris le dessin, couleur par couleur. Il ne reste plus qu'à réaliser les zincs et à passer à l'impression. Bien entendu, ces opérations doivent être menées avec le plus grand soin et il y a lieu de porter en particulier une extrême attention au choix du papier et des encres.

Les résultats déjà obtenus prouvent que, de ce côté, la question peut être considérée comme au point.

*Divisions géographiques adoptées.* — La division par département a été suivie, malgré tous ses défauts, qu'il est inutile de rappeler ici. Elle a, malgré ses imperfections, le grand mérite d'exister depuis longtemps, d'être connue de tout le monde et de servir bien souvent de limite à des zones d'action ou de vente. Dans leur majorité, les départements sont d'ailleurs de dimensions telles que, sur une feuille grand aigle, peuvent être groupés plusieurs d'entre eux à l'échelle du 1/200 000.

C'est ainsi que les deux départements d'Alsace ont été réunis en une seule feuille, de même que les trois départements de Lorraine, les plans à grande échelle étant rejetés en une ou plusieurs planches annexes.

*Fond topographique.* — Il n'est pas possible de séparer la carte des industries de son substratum géographique. Néanmoins, le fond de carte doit être suffisamment allégé pour permettre une clarté suffisante et une lecture facile.

Au début, les fonds de cartes utilisés étaient uniquement des tirages spéciaux des cartes du Service géographique de l'Armée. Au fur et à mesure du développement du travail, de nombreux fonds ont été redessinés de façon à les mettre en harmonie avec le but à atteindre. Tel a été notamment le cas de la plupart des plans de ville : Marseille, Rouen, Reims, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Surcharges, signes conventionnels et couleurs.* — Deux méthodes pouvaient être envisagées pour le choix des signes représentant les industries : ou bien — ce qui, jusqu'à présent, avait été généralement fait dans les cartes économiques parues, notamment en Allemagne — choix d'un symbole rappelant la nature de l'industrie : cornue, haut fourneau, chevalement de mines, etc., ou bien la création de signes géométriques simples, d'un dessin bien clair et ne cherchant en rien à rappeler l'industrie qu'ils représentent. C'est, bien entendu, cette deuxième méthode qui a été adoptée; il est inutile d'insister sur ses avantages.

Le nom de la firme est placé auprès du signe; au début, l'emploi de numéros avait été admis; il a été depuis à peu près complètement abandonné.

En ce qui concerne les couleurs, le choix n'en était pas absolument libre; il fallait en effet trouver des couleurs bien distinctes les unes des autres et bien visibles. Cinq couleurs ont été adoptées : noir, bleu, rouge, vert, violet, le fond de carte lui-même étant tiré soit uniformément en bistre, soit en bistre, bleu et vert atténués.

La classification des industries doit être suffisamment détaillée pour que la simple lecture de la carte permette de se rendre compte de leur nature. Elle doit d'autre part être assez simple pour être facilement retenue et pour qu'une maison fabriquant des articles voisins ne doive pas être représentée par un nombre excessif de signes.

Les divisions générales correspondent aux différentes couleurs utilisées et sont les suivantes :

Noir : Industries de l'énergie des combustibles et des fluides;

Rouge : Industries du fer et des métaux;

Violet : Industries des étoffes, du vêtement, du papier;

Vert : Industries de l'alimentation;

Bleu : Industries chimiques, industries du cuir; Industries de la construction, de l'ameublement, du bois; Industries complexes.

Chaque grande division comprend une vingtaine de signes.

Enfin, la carte donne l'indication des moyens de transport, chemins de fer, tramways, autobus, des réseaux haute tension, des voies navigables, des ports et des concessions minières.

*Répertoire.* — Un répertoire général, dans lequel les industries sont classées suivant les rubriques de la carte et, dans chaque rubrique, alphabétiquement, est remis avec chaque carte. Il indique les principales spécialités des différentes firmes, leurs adresses postale et téléphonique; un carroyage renvoie à la carte et permet la recherche facile d'une firme sur le terrain.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'ensemble du travail comprendra une soixantaine de planches; les suivantes sont déjà parues :

Région parisienne (département de la Seine : 4 planches, 2e édition, 1930);
Grande banlieue (départements de Seine-et-Marne et Seine-et-Oise : 1 planche, 1928);
Nord et Pas-de-Calais (4 planches, 2e édition, 1929);
Alsace (Haut-Rhin et Bas-Rhin, 2 planches, 2e édition, 1929);

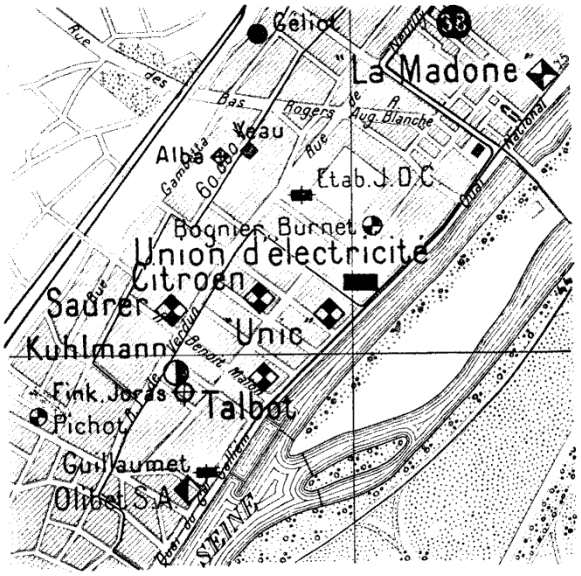



Fig. 3. — Fragment d'une des 4 planches de la carte industrielle de la Région parisienne.

Lorraine (Moselle, Meurthe-et-Moselle et Vosges, 2e édition, 1928);
Rhône (Lyon, 1 planche, 1928);
Isère (1 planche, 1928);
Savoie (Savoie et Haute-Savoie, 1 planche, 1927);
Rhône maritime (Bouches-du-Rhône, Vaucluse et Gard, 2 planches, 1928);
Seine maritime (Seine-Inférieure et Eure, 3 planches, 1929);
Sarre (1 planche, 2e édition, 1929);
Reims (1 planche $50 \times 60$, 1928).

Sont actuellement en préparation :

Franche-Comté, (Doubs, Haute-Saône et Belfort, 1 planche, 1930);
Loire (Saint-Étienne, 1 planche, 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Signalons enfin qu'à côté des cartes industrielles proprement dites, la Société de Documentation industrielle, qui les édite, a établi un certain nombre d'autres cartes économiques et, en particulier, celles du port de Strasbourg, des gisements miniers français, des gisements houillers européens, des liaisons électriques de l'Est de la France ; elle prépare celle des gisements miniers nord-africains.

Enfin, l'établissement des cartes industrielles a amené incidemment une conséquence qui n'avait pas été initialement prévue par nous. Nous nous sommes aperçus rapidement qu'il était nécessaire de pouvoir suivre de très près le travail, au fur et à mesure de son avancement, et, d'autre part, que pour beaucoup de centres industriels pour lesquels nous avions besoin de plans à grande échelle, ces plans n'existaient pas.

Nous avons donc été conduits à constituer par nous-mêmes un atelier de dessin et de gravure, destiné à l'étude et l'exécution des cartes industrielles.

Des travaux nous ayant été immédiatement demandés, nous avons été amenés à développer notre atelier initial et, enfin, à constituer un organisme autonome sous le nom de Société française de Cartographie. Celle-ci est ainsi sortie de la Société de Documentation industrielle, exactement comme cinq ans auparavant la Société de Documentation industrielle avait émané de la Houve.

Bien que le sujet soit un peu en dehors de la question traitée aujourd'hui, il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler en quelques mots les travaux exécutés en 1929 par la Société française de Cartographie, sous la direction effective de mon collaborateur et ami, M. André Libault.

Le premier ouvrage important a été l'établissement du plan de Beauvais au 1/5 000, en 5 couleurs, établi sous les auspices de M. Lucien Lainé.

D'autre part, l'Administration des Eaux et Forêts a confié à la Société française de Cartographie la réfection de l'ensemble des cartes forestières au 1/25 000 des trois départements recouvrés et, au cours de 1929, une vingtaine de planches ont pu être livrées.

L'Administration des Mines domaniales françaises de la Sarre s'est enfin adressée à elle pour l'exécution cartographique d'un très important travail qui se poursuit actuellement sous la direction scientifique de M. Edmond Friedel, Ingénieur au Corps des Mines : la carte générale au 1/25 000 de la topographie souterraine de la Sarre. C'est là une œuvre de grande envergure qui fera pendant à l'atlas réalisé sous le premier Empire, au temps de la première exploitation française de la Sarre. Il y a tout lieu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'espérer que l'exécution cartographique sera digne du travail scientifique proprement dit [3].

A côté de ces travaux principaux, la Société française de Cartographie a, bien entendu, continué l'exécution des cartes industrielles, dessinant en particulier les plans à grande échelle de Rouen, Marseille, Strasbourg, et un grand nombre de travaux de moindre importance.

Ainsi la Société française de Cartographie a pu, dès la première année de son existence, marquer énergiquement sa place dans le domaine de la cartographie.

L'accueil fait aux cartes industrielles dans les différents milieux, tant scientifiques que commerciaux, a été très favorable : un journal américain le *Christian Science Manager* les a même baptisées d'un néologisme « l'industrialographie ». C'est peut-être faire beaucoup d'honneur à une tentative modeste en soi dont les initiateurs s'estimeront largement payés de leur effort si elle a pu rendre quelques services à l'étude de la Face de la Terre [4].

(3) Contrairement à une opinion très répandue, il est possible de faire en France — et il se fait effectivement — du très beau travail cartographique : les cartes du Service géographique de l'Armée, le 1/50 000 notamment, n'ont en particulier rien à envier, au contraire, aux productions étrangères.

(4) Voir dans le *Bulletin* de février 1930, p. 162, le résumé de la discussion qui a suivi cette communication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA GÉOGRAPHIE ÉLECTRIQUE DE LA FRANCE,
## Œuvre de documentation industrielle [1]

par M. J. TRIBOT-LASPIÈRE, *secrétaire général du Syndicat des Entrepreneurs de Réseaux et de Centrales électriques.*

I. — Il y a longtemps que, de tous côtés, on avait constaté la nécessité d'une carte détaillée de toutes les lignes d'énergie électrique qui existent en France, et aussi de toutes les centrales, petites ou grandes, thermiques et hydrauliques, qui produisent l'énergie.

Un tel document est en effet de première utilité pour un très grand nombre d'usages, parmi lesquels on peut citer les suivants :

1° étude de l'électrification d'une région;

2° étude de l'état progressif de l'électrification française;

3° répartition de l'énergie sur le territoire au point de vue des disponibilités de force motrice (au début de la guerre, on a maintes fois déploré qu'il n'existât aucun document d'ensemble permettant de se rendre compte immédiatement des points du territoire où existent des usines et des lignes);

4° sécurité des aviateurs : les accidents causés par les lignes électriques au moment de l'atterrissage forcé se sont multipliés ces derniers temps et il est indispensable que notre aviation puisse savoir à l'avance, au moins d'une manière approximative, quelles sont les zones à éviter pour l'atterrissage des avions ou l'établissement des champs d'aviation;

5° documentation des constructeurs de machines électriques ou d'appareils d'utilisation du courant : la carte constitue pour eux le seul moyen de savoir quelles régions et quelles villes sont électrifiées et de quelle nature est le courant distribué. Ils peuvent ainsi organiser leur publicité en connaissance de cause.

II. — Mais l'établissement de la carte était un travail extrêmement long et difficile. Il fallait en effet obtenir des renseignements détaillés : des entrepreneurs qui ont construit les lignes et les centrales; — des sociétés qui possèdent ou exploitent les lignes et les centrales; — des milliers de petits propriétaires qui possèdent ou qui exploitent une centrale ou un petit réseau de distribution; — de 38.000 maires; — de plusieurs centaines d'ingénieurs du Contrôle ou du Génie rural, etc...

Il fallait en outre : comparer les indications provenant de ces différentes sources car elles sont souvent contradictoires; procéder à une étude critique

(1) Communication faite par l'auteur en séance publique le 23 janvier 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et demander des renseignements complémentaires, nécessitant parfois plusieurs mois d'insistance et de nombreux rappels de lettres.

Ceci explique que les organismes qui avaient essayé d'établir la carte aient rapidement renoncé à poursuivre leur travail et aient reculé devant les difficultés qui s'accumulaient.

Ces difficultés n'ont pourtant pas empêché le Syndicat des Entrepreneurs de Réseaux et de Centrales électriques, boulevard Malesherbes, 25, à Paris, de s'attaquer à son tour au problème et de le résoudre : grâce à la persistance de ses efforts et aux méthodes nouvelles qu'il a employées, il a réussi à établir et à publier une carte et des annexes qui, au point de vue de la documentation, constituent un véritable monument.

Cette publication étant d'intérêt général, il est intéressant de donner quelques renseignements qui montreront comment le problème a été résolu.

III. — Il fallait tout d'abord renoncer aux procédés habituels de la cartographie. La gravure et la lithographie sont, en effet, fort coûteuses : quand on recourait à l'une ou à l'autre, il fallait, pour que le prix des cartes reste bas, que le tirage comprenne plusieurs centaines d'exemplaires. Le débit étant très lent, il fallait plusieurs années pour écouler ces exemplaires alors qu'au bout de quelques mois à peine, les cartes à vendre n'étaient déjà plus à jour; l'électrification du pays progressant très rapidement, elles devenaient incomplètes ou erronées; les lecteurs ne tardaient pas à s'en apercevoir, et la carte était abandonnée.

Le Syndicat des Entrepreneurs de Réseaux et de Centrales électriques a voulu éviter cet écueil. Le tirage de chacune de ses cartes ne comprend donc qu'une centaine d'exemplaires, qui sont vendus en quelques mois, et il faut bientôt procéder à un nouveau tirage. Celui-ci est établi en tenant compte de toutes les modifications ou additions qui se sont produites depuis le tirage précédent, et on peut dire que toutes les cartes, au fur et à mesure qu'elles sont mises dans le public, sont exactes à quelques communes ou à quelques kilowatts près.

Le moyen employé est de faire dessiner les cartes, non pas sur zinc ou sur pierre, mais bien sur du papier calque, et de faire reproduire les calques par le procédé Dorel.

Les cartes se présentent, ainsi que l'indique le *fac simile* de la figure 1, en noir sur blanc. Le papier est de belle qualité; on peut y écrire à l'encre ou au crayon, le gommer, le gratter ou le colorier, toutes commodités qui ont fait de la carte un instrument de travail de premier ordre.

L'échelle usuelle est le $\frac{1}{400.000}$, mais les départements très chargés sont établis au $\frac{1}{200.000}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IV. — Pour obtenir le maximum de clarté, les cartes ne contiennent que des renseignements d'ordre électrique :

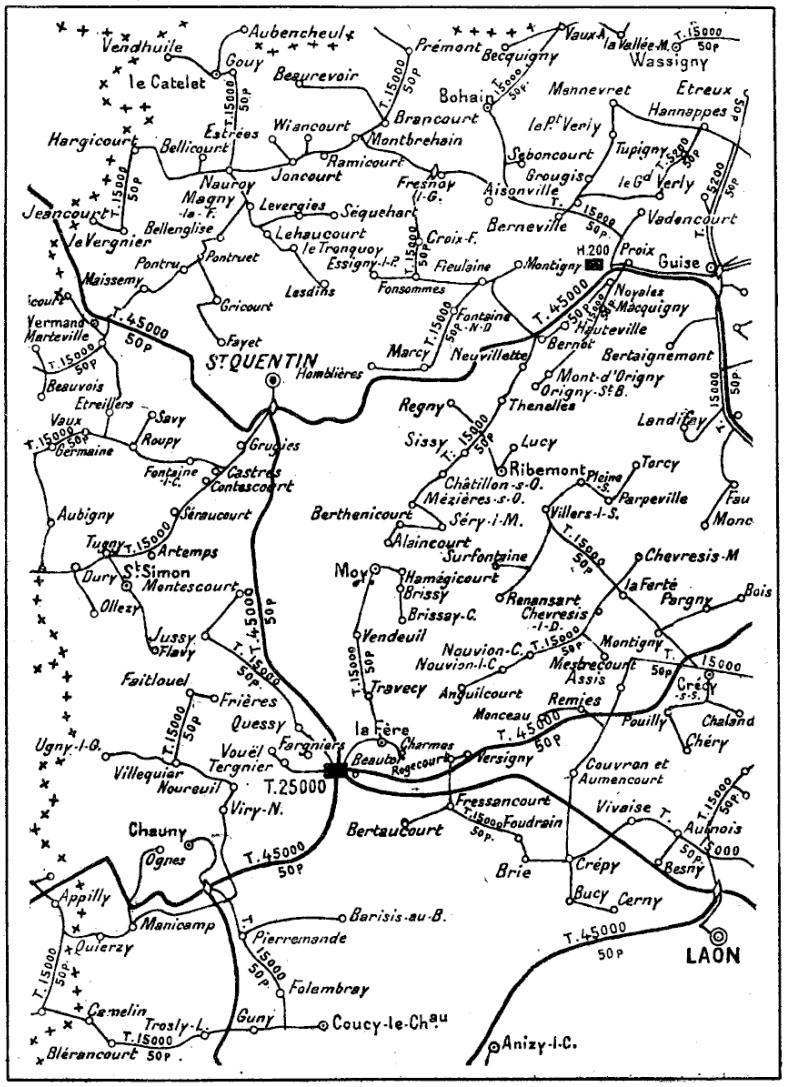



Fig. 1 — Reproduction, grandeur nature, de la carte au $\frac{1}{400\,000}$ des centrales et lignes électriques de la France.

*(Les centrales sont indiquées par un rectangle noir, les principaux postes et sous-stations par un losange. Sur le tracé des lignes sont indiquées la nature, la tension et la fréquence du courant).*

Emplacement et nom des communes électrifiées, celles-ci étant *seules indiquées à l'exclusion de toutes les autres* ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tracé des lignes électriques avec l'indication de la nature du courant, de sa tension et de sa fréquence;

Emplacement de toutes les usines électriques avec indication de leur puissance et de leur nature (hydrauliques, thermiques ou mixtes);

| Noms des communes | Nature et tension du courant distribué | Concessionnaire et, s'il y a lieu, fournisseur de courant |
|---|---|---|
| CRÈVECOEUR | Tr. 210/120 | Société d'Electricité de Caen: 35, Brd Bertrand, Caen. |
| DEAUVILLE | Tr. 115/200 | Société Normande de Gaz, d'Electricité et d'Eau, à Touques, près Trouville-sur-Mer. Fournisseur de courant: Société d'Electricité du Littoral Normand. |
| DEMOUVILLE | Tr. 210/120 | Société d'Electricité de Caen: 35, Brd Bertrand, Caen. |
| DIVES-sur-MER | Tr. 210 | Société d'Electricité du Littoral Normand, 10, rue Vézelay, Paris. |
| DOUVRES | Tr. 200/110 | Société Gaz et Eaux, 66, rue de la Chaussée d'Antin, Paris. Fournisseur de courant: Société d'Electricité de Caen: |
| DOZULÉ | C. 110 | M. Lagris, à Dozulé. |
| ÉTERVILLE | Tr. 210/120 | Société d'Electricité de Caen: 35, Brd Bertrand, Caen. |
| ÉTOUVY | C. 110 | M. Albert Adelé, La Graverie. |
| FALAISE | Tr. 200/110 | Société Force Motrice et Lumière, à Falaise. |
| | C. 110 | M. A. Delaunay, à Falaise. |

Fig. 2. — Reproduction, réduite aux $\frac{2}{3}$, d'une page du répertoire qui accompagne la carte départementale.

Emplacement des principaux postes de coupure ou de transformation.

Les indications de cours d'eau, de routes, de montagnes sont exclues de la carte afin de ne pas la surcharger et de lui laisser toute sa netteté, libre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au lecteur de la compléter à son gré par une carte géographique ordinaire lorsqu'il veut étudier certains détails.

Il restait à indiquer la nature et la tension du courant distribué dans les communes, ainsi que le nom des distributeurs et des fournisseurs de courant. Ce sont là des détails qui ne peuvent figurer sur la carte parce qu'ils l'auraient trop chargée, et qui, pourtant, présentent beaucoup d'utilité.

La difficulté a été tournée par la publication de *répertoires* annexés aux cartes, qui contiennent, département par département, la liste alphabétique des communes électrifiées avec, pour chacune d'elles, l'indication du courant et le nom et l'adresse du distributeur ou du fournisseur de courant.

Ces répertoires (fig. 2), simplement polycopiés, sont vendus avec ou sans la carte, suivant le désir du souscripteur.

V. — La documentation exceptionnellement précise et abondante qui a été réunie pour l'établissement et la mise à jour permanente des cartes et des répertoires ont permis d'établir en outre une série de renseignements des plus utiles et des plus intéressants qui n'avaient jamais pu être réunis jusqu'ici.

Lorsqu'on cherche la liste de tous les secteurs de France, les documents les plus abondants qu'on puisse trouver actuellement contiennent au maximum environ 500 noms, alors qu'il en existe 2.000.

Quand on cherche la liste de toutes les centrales de France, petites ou grandes, on en réunit péniblement 300 ou 400 d'après les renseignements qu'on peut se procurer; or, il en existe un peu plus de 1.800.

Nous pensons donc intéresser les lecteurs de la présente note en leur indiquant que le travail d'établissement des cartes et des répertoires a conduit aux statistiques suivantes :

1° Il existe en France environ 1.806 centrales, dont la puissance individuelle est comprise entre 1 et 400.000 kW et qui se répartissent comme suit :

| | |
|---|---|
| Puissance totale des centrales thermiques . . . . . | 4.500·000 kW |
| — — usines hydrauliques. . . . . | 1.600.000 kW |
| Total . . . . . | 6.100.000 kW |

(Dans les nombres ci-dessus, ne figurent que les centrales vendant au public l'énergie qu'elles produisent.)

2° Le nombre des sociétés ou personnes produisant et distribuant l'énergie électrique en France est, au 1er janvier 1930, d'environ 2.000.

3° Si nous appelons *degré d'électrification* le rapport entre le nombre de communes électrifiées d'un département et le nombre total des communes de ce département, nous pouvons indiquer qu'à l'heure actuelle 10 départements ont un degré d'électrification de 95 à 100 p. 100, ce qui veut dire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'ils sont entièrement électrifiés et que 34 départements ont un degré d'électrification compris entre 71 et 95 p. 100.

Il n'y a plus que deux départements dont le degré d'électrification soit inférieur à 15 p. 100; ce sont la Lozère et la Corse.

4° Sur 38.000 communes françaises, 26.000 sont déjà électrifiées, soit 68 p. 100, c'est-à-dire plus des deux tiers.

Actuellement l'électrification s'effectue au rythme d'environ 2.500 communes par an, ce qui montre que, dans 4 ou 5 ans, la totalité des communes françaises pourra jouir des bienfaits de l'électricité et pourra par conséquent retenir sur leur sol les agriculteurs que l'attrait de la ville et du cinéma arrache à leurs foyers [2].

(2) Voir la discussion qui a suivi cette communication dans le *Bulletin* de février 1930, p. 163.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA PHOTOSCOPIE ET LE PROCÉDÉ PHOTOSCOPIQUE

par M. ALBERT CRÉMIEUX, *agrégé de l'Université, docteur ès lettres.*

La photoscopie, application des procédés longuement étudiés et mis au point par M. R.-B. Goldschmidt, consiste dans la reproduction microphotographique de tous documents (textes imprimés, manuscrits, œuvres d'art, dessins, etc.) sur bandes pelliculaires de mêmes dimensions que les films cinématographiques (format normalisé). Ces documents sont ensuite agrandis par projection lumineuse à l'aide d'un petit appareil, ou photoscope, permettant la lecture individuelle horizontalement ou la lecture collective sur écran vertical. Ces documents peuvent également être reproduits sur papier à l'agrandissement désiré.

La photoscopie offre ainsi un nouveau procédé de reproduction et de lecture qui présente sur les procédés actuels (typographie, gravure, photographie sur verre, etc.) un certain nombre d'avantages : prix de revient extrêmement bas; — encombrement nul; — poids insignifiant; — conservation, transport et circulation faciles.

Ces avantages assurent à la photoscopie des applications multiples et offrent dans tous les domaines des perspectives nouvelles et variées.

Chaque image du film s'imprime sur une surface de $24 \times 18$ mm. Un mètre de film contient en moyenne 50 images. Les pellicules, après impression, sont enroulées sur elles-mêmes et conservées dans une boîte métallique de $40 \times 25$ mm. Une boîte avec 2 m de pellicule, soit 100 images, pèse 24 g.

Les procédés Goldschmidt donnent aux images microphotographiques une netteté et une finesse parfaites. Les négatifs sont obtenus par des appareils de prise de vue d'un type spécial. En partant de ces négatifs, un outillage approprié permet de tirer à grande vitesse les bandes pelliculaires positives.

Grâce aux petites dimensions de chaque image et à la rapidité d'enregistrement, le prix des bandes pelliculaires reste très bas, même lorsqu'elles sont tirées à un seul exemplaire et, à plus forte raison, lorsque le nombre d'exemplaires se multiplie. Le procédé photoscopique offre ainsi l'intérêt de pouvoir être utilisé à la fois pour les documents d'usage privé, à tirage unique ou limité, et pour les documents de diffusion beaucoup plus large.

(1) Communication faite par l'auteur en séance publique le 8 février 1930. Voir à la page 247 du présent numéro, le compte rendu de la discussion qui a suivi cet exposé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les bandes pelliculaires positives sont insérées dans un porte-vues et agrandies à l'aide d'un photoscope.

Le photoscope, de dimensions réduites, est un appareil qui sert indistinctement pour la lecture individuelle et pour la lecture collective. Il se compose d'une lampe, qui se branche sur tous les courants électriques, et d'un système optique très perfectionné. Monté sur un pied, placé sur le bureau, il permet la lecture individuelle à la dimension désirée, sur une simple feuille de papier blanc posée devant soi. Un simple mouvement imprimé à l'appareil, rendu mobile dans toutes les directions, lui assure la position convenable pour projeter l'image agrandie sur un écran vertical jusqu'à la dimension de 3,50 m sur 2,50 m (fig. 1). L'obscurité n'est pas indispensable à son fonctionnement; en plein jour, la lecture individuelle ou la projection à faible distance restent possibles.

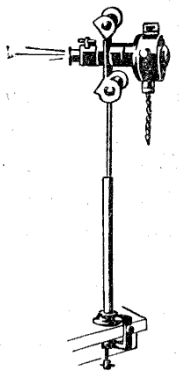


Fig. 1. — Le photoscope de projection.

Il existe plusieurs types de photoscope qui ne diffèrent essentiellement que par des détails d'exécution. Signalons le photoscope de lecture par réflexion sur un verre dépoli (fig. 2).

La description du procédé photoscopique et du photoscope permet d'en entrevoir aisément les applications multiples. Il ne semble pas exagéré d'affirmer que ces applications sont illimitées. La photoscopie trouve son usage tout indiqué : comme procédé de reproduction, chaque fois qu'il s'agit de reproduire et d'éditer des ouvrages, des documents, des modèles dont la publication par les autres procédés serait d'un prix prohibitif, parce que la photoscopie permet un prix d'établissement modique et une multiplication aisée; — comme procédé de conservation, chaque fois qu'il s'agit d'assurer la conservation de documents abondants, encombrants, périssables, parce que la photoscopie résout le problème de la place; — comme procédé de transcription, chaque fois qu'il s'agit de transcrire de nombreux documents, parce que la photoscopie opère en un temps très court, supprime toute chance d'erreur, fournit l'image de l'original, donne plusieurs exemplaires, s'il est utile.

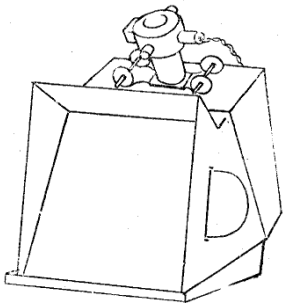


Fig. 2. — Le photoscope de lecture.

Nous ne pouvons indiquer ici que quelques-uns des emplois principaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La photoscopie apporte à l'édition un procédé nouveau de publication qui peut être appelé à prendre un développement considérable. Le *livre photoscopique* semble devoir s'imposer graduellement et ouvrir à l'édition des perspectives imprévues. Les applications appropriées doivent être déterminées par les avantages du procédé : vitesse d'exécution ; — prix très bas de premier établissement ; — suppression des stocks, les exemplaires pouvant n'être tirés qu'au fur et à mesure de la diffusion ; — possibilité de fournir sous un très petit volume des publications abondantes.

Un certain nombre d'éditeurs, en collaboration avec la photoscopie, sont déjà entrés dans cette voie. Les réalisations vont se multiplier rapidement. Nous citerons à titre d'exemple, dans le domaine médical, l'importante *Bibliothèque de films radiographiques* éditée par la Librairie Masson.

Le développement du livre photoscopique doit entraîner dans les grandes bibliothèques l'adjonction de ce rayon. Rapidement, toute bibliothèque de travail ou de recherches ne pourra se dispenser d'avoir sa salle de lecture photoscopique. Les bibliothèques et les archives trouveront d'autre part dans l'emploi de la photoscopie une source peu coûteuse de richesse et d'extension. Sans avoir besoin de se préoccuper de la question, angoissante pour elles, de la place et du local de conservation, elles pourront être à même d'accroître considérablement leurs fonds en faisant reproduire pour leurs lecteurs les ouvrages uniques appartenant à d'autres bibliothèques ; incunables, éditions princeps, fascicules épuisés, pièces rares, dispersés dans le monde entier, se retrouveront dans un même centre ; économie précieuse de temps et de dépenses, facilité de travail et d'étude.

La photoscopie apporte à l'enseignement, entendu dans son sens le plus large, un instrument nouveau et pratique, appelé à rendre dans toutes les branches d'études les services les plus éminents. La projection est considérée à bon droit comme l'auxiliaire indispensable d'un certain nombre de conférences ou de leçons, mais son emploi se trouvait limité jusqu'ici à la fois par l'obligation de mettre en œuvre une lanterne encombrante, d'un maniement difficile, et par le prix élevé des diapositifs sur verre. Ces obstacles disparaissent avec la photoscopie. En fournissant aux conférenciers et aux professeurs un appareil léger, transportable, permettant un déroulement continu des images, en diminuant dans des proportions considérables le prix de revient de chaque cliché, la photoscopie généralise l'usage de la projection.

Le photoscope est d'autre part l'instrument idéal du conférencier. Mobile, transportable à la main, il peut suivre tous les déplacements, avec la série

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des films nécessaires. Il ouvre à la conférence une ère nouvelle et féconde.

La photoscopie doit trouver d'importantes applications dans de nombreux services publics. Aux pratiques anciennes elle peut permettre de substituer une méthode plus rapide, plus sûre, moins dispendieuse : enregistrement et communication, par agrandissement sur papier, des brevets d'invention, des pièces d'état civil, des plans cadastraux; — conservation et examen des documents de police, empreintes, portraits, signalements; — reproduction d'actes notariés ou judiciaires, etc....

Appliquée aux besoins de l'industrie et du commerce, la photoscopie s'impose dans nombre de cas variés et fréquents. Les services qu'elle pourra rendre dépendront avant tout de l'ingéniosité déployée dans son utilisation. Il est bien peu de branches où, suivant les diverses organisations, il ne soit pratique de lui trouver un emploi habile et économique. Tous les métiers qui exigent une conservation d'archives abondantes (compagnies d'assurances, banques, bureaux comptables, etc.) auront avantageusement recours à elle pour résoudre la question si grave aujourd'hui, de la place disponible et pour mettre aisément les documents à l'abri de la destruction. Chaque fois qu'une communication lointaine de pièces et de dossiers est nécessaire (établissements à succursales, services d'exportation, etc.) la bande photoscopique, d'un transport aisé et peu coûteux, facilitera la correspondance et l'échange. Toutes les industries qui demandent le classement et l'examen des plans, graphiques, projets des bureaux d'études, toutes les techniques qui font appel au dessin, apprécieront la souplesse du photoscope, la commodité du décalque sur verre dépoli, la faculté d'agrandissements instantanés et variables. L'enregistrement des modèles (bijouterie, orfèvrerie, industrie du meuble, etc.), leur communication rapide, leur étude à la dimension désirée, seront obtenus par la photoscopie plus simplement et plus parfaitement que par les moyens actuels. Il est inutile, dans ce domaine immense, de prétendre fournir des indications complètes. A mesure que le procédé deviendra d'un usage plus courant, chacun, dans l'exercice professionnel, lui réservera la place exactement appropriée.

Grâce à l'appareil de déroulement automatique, la photoscopie s'offre comme un moyen pratique et nouveau pour toutes les formes de publicité. L'établissement peu coûteux des films donne la possibilité de multiplier les images et les annonces, en même temps que la simplicité de fonctionnement permet d'adapter le photoscope aux besoins les plus divers.

La photoscopie trouve enfin, jusque dans les besoins privés, un usage fréquent : enregistrement et conservation de correspondances particulières et précieuses, de papiers et de manuscrits personnels, d'épreuves photogra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

phiques. L'encombrant album peut être aisément remplacé par le film qui donne l'avantage de la légèreté et la possibilité d'agrandissements immédiats, à l'échelle souhaitée, de la projection.

Cette simple énumération permet d'entrevoir la multiplicité des applications de la photoscopie et la richesse insoupçonnée qu'elle peut apporter dans la plupart des branches de l'activité. Pour donner une idée plus concrète des avantages du procédé, nous pouvons fournir quelques indications de prix. Alors qu'un bon appareil de projection ordinaire coûte plusieurs milliers de francs, et qu'un diapositif sur verre revient de 5 à 10 fr, la photoscopie offre un appareil simplifié à 300 fr, un appareil normal à 750 fr; les bandes pelliculaires qu'elle édite et qui contiennent en moyenne une soixantaine d'images, sont vendues de 10 à 15 fr. Elle peut exécuter pour les besoins particuliers, à raison de 1 fr pour le premier positif et de 0,25 fr l'image pour les positifs suivants, la mise sur film de tout document ou de tout objet. Il y a là incontestablement un bouleversement radical des procédés de la lecture par projection dont les conséquences peuvent être considérables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES MOTEURS ANIMÉS CONSIDÉRÉS COMME MACHINES MOTRICES

par M. MAX RINGELMANN, *membre du Conseil.*

A la fin d'un précédent article, publié dans le *Bulletin* de janvier dernier (page 22), j'ai indiqué qu'il me restait encore à étudier, au point de vue des machines motrices, les questions relatives à la *circulation*, à la *respiration* et à l'*alimentation* des moteurs animés.

CIRCULATION. — Le cœur est une machine hydraulique remarquable et indispensable à l'économie de l'animal. Lavoisier avait déjà observé que des relations existent entre le travail fourni par un homme et la fréquence des mouvements *(battements)* du cœur et ceux de ses poumons. Corvisart (1751-1821), médecin de Napoléon Ier, avait constaté des relations entre les battements du cœur et la vitesse des chevaux et en avait déduit des règles applicables pour le choix des chevaux de l'armée.

On s'est plu à considérer le cœur comme le moteur de l'animal, ce qui est exact jusqu'à un certain point, en ce sens que l'individu meurt dès l'arrêt de fonctionnement de ce muscle. Si le cœur était le moteur, au point de vue mécanique, il réglerait les autres fonctions; or, si les mouvements du cœur réagissent sur tous les phénomènes vitaux, ils sont, à leur tour, modifiés par les conditions dans lesquelles se trouve l'individu.

Un homme couché a de 64 à 70 battements du cœur par minute; debout et au repos, ce nombre passe de 72 à 75; à 78 et 100 pendant une marche relativement lente à la vitesse d'environ 6 kilomètres à l'heure, pour atteindre jusqu'à 140 lors d'une course rapide.

Au repos, un cheval adulte présente de 32 à 38 battements du cœur par minute; il y en a environ, dans les mêmes conditions de repos, de 35 à 42 chez le bœuf, 45 à 48 chez l'âne et 25 à 32 chez le dromadaire.

Le nombre de battements du cœur par unité de temps diminue légèrement avec l'âge; il semble également diminuer chez les hommes ayant une alimentation végétale; par contre, il semble un peu plus élevé dans les pays chauds que sous les climats froids.

Le cœur refoule dans l'appareil circulatoire le sang artériel; à chaque contraction *(systole)* du ventricule gauche, la pression du sang dans l'aorte passe par un maximum; cette pression est évaluée par les physiologistes en millimètres de mercure, et il est facile de la traduire d'une façon plus compréhensible en grammes par centimètre carré; c'est ainsi, pour l'homme, que la pression artérielle dans l'aorte, à la sortie du cœur (ventricule gauche) atteint 170 à 180 g : cm² (1) pour des individus âgés de 10 à 20 ou 25 ans, 220 à 250 g : cm² pour ceux de 20-25 à 40 ans et 260 g : cm² pour les hommes de 50 ans; cette pression diminue ensuite avec l'âge. La pression du sang dans l'aorte d'un cheval très vigoureux s'élèverait à 202 g : cm², et même 270 g : cm² alors qu'elle ne serait que 190 et 170 g : cm² chez un cheval usé. Dans ce qui précède, il ne s'agit que de la pression maximum dans

(1) C'est-à-dire faisant équilibre à une colonne d'eau de 1,70 m à 1,80 m de hauteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les périodes de calme; lors des efforts, cette pression s'augmenterait de 20 à 40 g : cm².

Le ventricule gauche d'un cheval du poids de 450 kg présente une surface d'environ 450 cm²; avec une pression de 200 g : cm² dans l'aorte, la surface totale du ventricule supporterait momentanément, à chaque systole, une charge uniformément répartie de 90 kg.

La systole, diminuant le volume des ventricules en produisant une pression (dans la grande et dans la petite circulation) est brusque et est donnée par les fibres ventriculaires (la systole des oreillettes est plus faible que celle des ventricules). Le relâchement brusque des fibres du muscle produit la *diastole*, engendrant un volume, créant une dépression dans le système veineux; la section des veines est plus grande que celle des artères du même compartiment du corps (sauf celles de la petite circulation) et, dans l'unité de temps, le débit des veines caves est égal à celui de l'aorte.

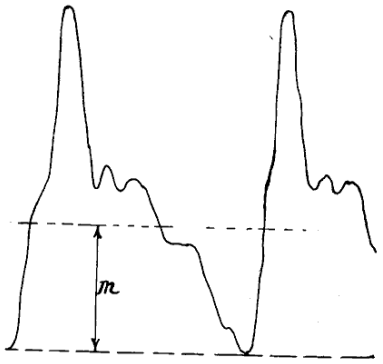



Fig 1. — Pression du sang dans l'aorte d'un cheval.

Le travail du cœur est incessant, mais il est relativement faible comme machine hydraulique. Pour un cheval, la *pression moyenne* dans l'aorte (*m*, fig. 1), déduite des graphiques de Chauveau, Lortet et Marey, représente 0,67 m de hauteur d'eau; en supposant qu'une contraction du ventricule gauche chasse 0,66 kg de sang, le travail mécanique utile (calculé en eau élevée) d'une contraction serait, en kilogrammètres, 0,44; à raison de 40 battements par minute, le travail mécanique utile par seconde du ventricule gauche d'un cheval ne serait que de 0,29 kgm.

Le même calcul pour l'homme, avec la même pression moyenne que ci-dessus (0,67 m d'eau), 180 g de sang envoyé (au maximum) dans l'aorte par battement, et 100 systoles par minute, donne 0,2 kgm : s.

Pour les deux exemples ci-dessus il faudrait ajouter le travail du ventricule droit (assurant la petite circulation) qui est beaucoup plus faible.

La vitesse de déplacement du sang dans l'aorte semble voisine de 0,40 m : s et se réduit à 0,0005 m : s dans les capillaires, pour augmenter ensuite dans le système veineux.

Le ventricule gauche d'un cheval du poids de 400 kg peut contenir 1 kg de sang, mais il ne se vide pas complètement à chaque systole et, au repos, n'envoie dans l'aorte que 0, 66 kg de sang artériel. Les 33 à 34 kg, au plus, de sang contenus dans le corps d'un cheval qui présente 35 battements par minute, passent ainsi en une minute et demie au plus et parcourent par heure 40 fois environ tout le réseau circulatoire.

En 24 heures, le cœur déplace un poids de sang compris entre 75 et 100 fois le poids de l'animal.

M. Jules Amar a donné dans le *Journal de Physiologie* (1914) ses observations suivantes sur des hommes :

*a*) L'homme se déplace sur un plan horizontal; parcours de 38 m.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Vitesse (m : s). | BATTEMENTS DU CŒUR PAR MINUTE | |
|---|---|---|
| | Nombre. | Augmentation relativement au repos. |
| — | — | — |
| 0 | 75 | — |
| 1,26 | 84 | 9 |
| 1,35 | 85 | 10 |
| 1,46 | 88 | 13 |
| 1,99 | 90 | 15 |
| 2,11 | 90 | 15 |

*b*) L'homme s'élève sur un plan incliné de 0, 115 m par mètre; parcours de 80 m :

| Vitesse (m : s). | Hauteur d'élévation par seconde (mm). | BATTEMENTS DU CŒUR PAR MINUTE | |
|---|---|---|---|
| | | Nombre. | Augmentation relativement au repos. |
| — | — | — | — |
| 0 | 0 | 70 | — |
| 2,00 | 230 | 96 | 26 |
| 2,42 | 278 | 106 | 36 |
| 2,66 | 306 | 112 | 42 |

Quand le nombre de systoles par minute augmente, il y a bien une augmentation de débit total du sang, mais il y a une diminution dans le volume refoulé par systole.

Pour l'homme, comme pour les animaux, à mesure que le travail extérieur augmente, le nombre des battements du cœur s'accroît dans l'unité de temps, et, par suite, le poids de sang manipulé par l'organe devant assurer continuellement l'alimentation des muscles en glycogène et l'enlèvement de l'acide carbonique produit.

Comme il en sera question plus loin, il doit exister une relation entre les battements du cœur, le nombre de mouvements respiratoires et ceux des membres dans le même temps.

RESPIRATION. — La respiration permet l'hématose du sang veineux; l'acte élimine l'acide carbonique du sang veineux et fournit au sang artériel l'oxygène nécessaire à la production de la chaleur et du travail; cet oxygène dans le sang, n'est pas à l'état de simple dissolution mais sous forme d'une combinaison très instable.

Le sang veineux (sang noir), qui renferme proportionnellement moins d'oxygène que le sang artériel et plus d'acide carbonique, n'a pas la faculté d'entretenir la vie; seul le sang artériel (sang rouge) a ce pouvoir. C'est en quelques secondes que le sang veineux devient artériel lors de son passage dans les poumons, pendant lequel un peu d'hydrogène du sang fournit, par combustion, l'eau éliminée par la transpiration pulmonaire.

Le travail développé par un muscle est toujours accompagné d'un dégagement d'acide carbonique; mais, en agissant, le muscle, comme tout mécanisme, s'use et cette usure se traduit par la production d'une certaine quantité d'urée (substance azotée) qu'entraîne le torrent circulatoire et que les reins se chargent d'éliminer du sang afin qu'il ne résulte pas un certain état pathologique du moteur.

Les mouvements alternatifs de la respiration varient en nombre d'un individu à un autre. Les moyennes de 300 observations faites en Belgique par Quetelet (vers 1869) seraient, pour l'homme (les mesures ont été certainement faites sur des individus au repos) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Age (ans). | NOMBRE DE MOUVEMENTS RESPIRATOIRES PAR MINUTE | | |
|---|---|---|---|
| | Minimum. | Maximum. | Moyen. |
| — | — | — | — |
| 15 à 20 | 16 | 24 | 20 |
| 20 à 25 | 14 | 24 | 18,7 |
| 25 à 30 | 15 | 21 | 16 |
| 30 à 50 | 11 | 23 | 18,1 |

Les jeunes bœufs font, au repos, de 18 à 20 inspirations par minute; les bœufs adultes de 15 à 18.

Au repos, un jeune cheval exécute de 10 à 12 mouvements respiratoires par minute, alors qu'un cheval adulte n'en effectue que 9 à 10.

Au repos, un homme qui présente 18 inspirations par minute en effectue 25 à 35 lorsqu'il travaille.

Au repos, un cheval qui fait 10 inspirations par minute, en donne 28 après une marche au pas sur quelques centaines de mètres, 52 après un trot de 5 minutes et 65 à la suite de 5 minutes de galop.

Toutes ces mesures ont été faites lors de l'arrêt du moteur; cependant, c'est après la cessation brusque de ses efforts, même de courte durée, que l'animal précipite ses mouvements respiratoires pendant un certain temps, par suite de la rupture de l'équilibre qu'il avait établi durant son action, car il s'agit d'éliminer le trop plein de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau du sang dont la masse constitue une sorte de volant : l'animal est essoufflé pendant 5 à 6 minutes après son arrêt, alors qu'il ne paraissait pas l'être pendant le travail.

Les mouvements respiratoires par minute augmentent certainement avec l'intensité des efforts musculaires développés; dans ce cas, le volume d'air qui traverse les poumons augmente par unité de temps, bien qu'il diminue un peu par inspiration, de sorte que le volume d'air n'est pas directement proportionnel au nombre des mouvements respiratoires.

L'augmentation du nombre des mouvements respiratoires accroît la ventilation pulmonaire de l'individu qui cherche, automatiquement, à éliminer le plus rapidement possible l'acide carbonique constituant un poison de l'économie dont l'intoxication produit la fatigue; dès que cette élimination subit un ralentissement, le moteur manifeste de l'oppression.

Ainsi, avec l'augmentation d'énergie fournie par le moteur, on constate un plus grand volume d'acide carbonique évacué dans l'unité de temps, et il faut faciliter cette expulsion en ne gênant pas les mouvements respiratoires, soit par des vêtements trop serrés chez l'homme, soit par de mauvais harnais du cheval, collier et surtout bricole de poitrail.

La proportion d'acide carbonique exhalé diminue avec l'élévation de la température; c'est probablement pour cette raison que les hommes dans les pays chauds fournissent moins d'énergie que dans nos pays tempérés; c'est à retenir pour l'emploi, comme moteurs, de l'homme et des animaux domestiques dans nos colonies.

Il semble que la température de 15 à 16° serait la plus avantageuse pour la production d'un travail avec le minimum de fatigue, et cette production s'abaisse souvent de moitié quand la température s'élève à 25 ou 30°.

La *fatigue* se constate dès que les mouvements respiratoires deviennent irréguliers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a mesuré la *capacité respiratoire maximum*, ou *extrême;* les 1 730 observations de Hutchinson sur l'homme montrent que le volume total d'air que peuvent contenir les poumons, qui est de 3,60 litres chez les individus âgés de 15 à 25 ans, s'abaisse à 3,47 litres chez ceux de 40 à 45 ans.

La *capacité respiratoire moyenne* n'est que de 10 à 21 p. 100 de la capacité extrême; la différence entre ces deux volumes représente la *réserve respiratoire* qui permet à l'individu de résister un certain temps à un travail excessif. Cette réserve est très grande chez les chevaux entraînés à une allure rapide.

Avec l'âge du moteur, la capacité extrême diminue alors que la capacité respiratoire moyenne augmente un peu.

Un homme adulte, au repos, effectue généralement de 15 à 18 mouvements respiratoires par minute déplaçant chacun dans les 400 $cm^3$ d'air, soit 360 à 432 litres par heure.

Au repos, la pression dans la trachée de l'homme est voisine de 40 mm d'eau à l'*expiration;* elle atteint 160 mm d'eau pendant la phonation ordinaire, et même jusqu'à 5 fois plus; la dépression lors de l'*inspiration* est de 50 à 60 mm d'eau.

Le poumon d'un cheval peut contenir 20 à 25 litres d'air (capacité extrême) alors qu'il n'en reçoit qu'un à deux litres par inspiration.

L'air expiré ne contient plus que 16 à 17 volumes d'oxygène p. 100 (au lieu de 21), mais sa teneur en acide carbonique augmente, représentant le résultat de la combustion d'un certain poids de carbone.

Selon Smith, un homme endormi dégage par minute 325 mg d'acide carbonique, 650 quand il est assis, 1.186 en marchant à l'allure de 3.218 m : h tout en portant 3,4 kg et 1.679 lorsqu'il se déplace à raison de 4.827 m : h avec la même charge de 3,4 kg. Le dégagement d'acide carbonique, dans le même temps, augmente ainsi dans le rapport de 1 à 5,1. Le poids d'acide carbonique expulsé par expiration diminue à mesure que le nombre des respirations augmente, mais le poids total d'acide carbonique rejeté par l'individu augmente dans l'unité de temps.

Au repos, un cheval dégage de 2,8 à 3,6 litres d'acide carbonique par minute et 6,26 litres après une course.

L'oxygène consommé (ou l'acide carbonique dégagé) dans l'unité de temps augmente avec l'énergie développée par le moteur animé; ces dosages (d'oxygène ou d'acide carbonique) ont permis, surtout à Chauveau, de déterminer l'énergie fournie par le moteur.

Voici une expérience citée par M. Jules Amar (*C. R.*, 28 oct. 1929, p. 709); il s'agissait d'un homme effectuant des mouvements de gymnastique suédoise :

| Par minute. | Au repos. | A l'exercice. |
|---|---|---|
| Ventilation (air passant par les poumons), (litres). . . . . | 10 | 25,5 |
| Nombre de mouvements respiratoires. . . . . | 22,5 | 26,0 |
| Oxygène pour 100 . . . . . | 3,40 | 4,50 |
| Acide carbonique, pour 100. . . . . | 2,70 | 3,90 |

Des mesures faites pendant un temps assez prolongé, sur l'homme, ont montré qu'à 100 volumes d'oxygène inspirés ne correspondent que 85 à 88 volumes d'acide carbonique expirés; le reste (10 à 12 d'oxygène) a donc du être absorbé par l'hydrogène pour constituer l'eau de la transpiration pulmonaire.

Au repos, un homme brûle de 9 à 10 g de carbone par heure. Un cheval, au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

repos, brûle une centaine de grammes de carbone par heure, 206 g après un quart d'heure d'exercice libre et sans charge et certainement plus en travail de traction.

Dans mes essais, des ouvriers agricoles très forts m'ont donné à la manivelle, pendant 5 minutes consécutives, des travaux pratiquement utilisables de 50 et 56 kgm : s avec 53 et 50 tours de manivelle par minute, ce qui suppose 26,5 et 25 mouvements respiratoires par minute.

Dans les mêmes conditions d'essais, d'autres ouvriers ruraux ne fournissant que 30 kgm : s (pendant 5 minutes consécutives) avec 43 tours de manivelle par minute, devaient avoir 21 à 22 mouvements respiratoires dans le même temps.

Il doit exister un rythme entre les nombres des battements du cœur et des mouvements respiratoires dans le même temps. Je n'ai pu trouver de chiffres sur ces constatations qui devraient être faites simultanément; tout ce qu'on sait c'est qu'en produisant du travail, le moteur présente plus de contractions du cœur et de mouvements respiratoires, car si le cœur envoie plus de sang veineux dans la petite circulation, il faut qu'il y ait plus de mouvements pulmonaires pour le transformer en sang artériel. J'ajoute que les mouvements respiratoires sont en harmonie avec les mouvements du squelette, et si cette concordance n'existe pas le moteur s'essouffle et se ruine rapidement.

ALIMENTATION. — *La consommation* du moteur est le côté économique de la question; elle permet, avec le prix des aliments, de chiffrer au moins une partie de la *dépense* qu'il exige.

La consommation est la quantité d'énergie qu'il faut préalablement fournir au moteur sous diverses formes.

Pour les moteurs inanimés quelconques d'une même puissance, c'est-à-dire développant par unité de temps (seconde) la même quantité de travail mécanique pratiquement utilisable (kilogrammètres), la comparaison économique de leur emploi est surtout influencée par leur consommation d'énergie; cette dernière dépend de l'anatomie et de la physiologie du moteur; un moteur bien conçu, bien construit et bien réglé, consomme deux et trois fois moins qu'un autre pour produire la même puissance. Sans vouloir dire que le rapport précédent soit le même, nous observons la même chose chez les moteurs animés lesquels, suivant les espèces, les races et les individus, doivent absorber des poids différents d'aliments pour produire les mêmes quantités de travail, de viande, de lait ou de laine. J'ajoute de suite que si la question de consommation est de mon ressort quand il s'agit de moteurs inanimés, elle n'est plus de ma compétence pour ce qui concerne les moteurs animés, et ce sont les physiologistes, les zootechniciens et les chimistes qui déterminent les diverses rations, dites d'entretien et de travail, qu'on doit fournir aux hommes et à nos animaux pour les maintenir en bon état de santé. Par contre, la mesure de la puissance des moteurs animés rentre bien dans l'ordre de mes travaux.

Les essais de longue durée qu'on pourrait effectuer sur les moteurs animés, consisteraient à faire travailler chaque animal pendant un mois au moins, à mesurer continuellement le travail mécanique fourni, à peser les aliments consommés et les déchets rejetés sous diverses formes (solide, liquide, vapeur ou gaz), enfin à noter les variations que subit le poids du moteur. On aurait ainsi, du même coup, et la puissance pratiquement fournie par le moteur et le prix de cette puissance d'après

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la consommation. Cette méthode scientifique fut appliquée partiellement dans les laboratoires spéciaux annexés aux grandes compagnies de transports (omnibus et petites voitures de Paris) et encore ne se pratiquait que sur un petit nombre de chevaux de leur effectif, dans un but tout à fait différent du nôtre; il ne s'agissait pas de mesurer la puissance des moteurs, mais de chercher les aliments qui pouvaient fournir le plus économiquement possible cette puissance. C'étaient des expériences d'alimentation comme celles qu'on a faites quelquefois sur les chevaux de cavalerie, d'artillerie, etc., pour déterminer la ration alimentaire de restitution capable d'assurer la production de l'énergie tout en maintenant les moteurs dans le même état.

En utilisant les recherches des physiologistes (dont les chiffres varient d'un expérimentateur à un autre) on peut examiner l'alimentation des moteurs animés de la même façon qu'on aurait à considérer l'alimentation en eau, en charbon ou en pétrole d'un moteur hydraulique, à vapeur ou à explosions.

De très nombreux expérimentateurs ont donné la composition des divers aliments et leur coefficient de digestibilité; ils ont pu indiquer des types de rations destinées soit à l'homme et aux animaux de travail, soit, suivant les espèces, aux animaux d'élevage ou d'engraissement, à ceux affectés à la production du lait, etc. Il suffit ici de me limiter à ces quelques lignes pour inciter ceux qui voudraient approfondir ces intéressantes questions à se reporter aux travaux des spécialistes.

Au point de vue mécanique, on peut retenir que les aliments, suivant leur composition et après leur transformation d'utilisation par l'organisme (digestion, absorption, répartition sous forme utilisable, ou emmagasinement) peuvent dégager par combinaison avec l'oxygène (fourni par le sang artériel) un certain nombre de calories; d'autre part nous savons qu'une grande calorie équivaut à 425 kgm.

Depuis les belles recherches de A. Chauveau, on admet que la consommation d'un litre d'oxygène (ramené à la température de 0° et à la pression de 1.000 millibares ou 760 mm de mercure) représente un dégagement de 4,6 grandes calories, ou de 1955 kgm [2]. Ces relations montrent qu'on a pu, par l'analyse des gaz expirés, déterminer, pour chaque expérience, les calories qui ont été dégagées et les comparer avec le travail mécanique effectué par le moteur animé.

Les aliments ingérés ne sont utilisés qu'en partie par le moteur animé : le *rendement*, comme pour toutes les machines, est plus petit que l'unité.

Dans tous les aliments, on trouve, en dehors de l'eau, ce qu'on appelle des principes immédiats :

*a*) des sels minéraux concourant surtout à la formation et à l'entretien du squelette;
*b*) des matières azotées, ou protéïques, ou protides (comme l'albumine, le gluten, etc.) destinées à la formation, à l'entretien et à la réparation du mécanisme, c'est-à-dire des os, des tissus et surtout des muscles;
*c*) des matières carbonées dépourvues d'azote (hydrate de carbone, comme l'amidon, la fécule, la graisse, les sucres, etc.) destinées à fournir par combustion les calories, c'est à-dire toute l'énergie nécessaire à la machine thermique que consittue le moteur animé.

(2) Il s'agit ici d'un chiffre théorique résultant de calculs : 1 litre d'oxygène pèse 1,43g; 1 g d'oxygène se combine avec 0,375 g de carbone pour former de l'acide carbonique; 1 litre d'oxygène est employé pour la combustion de 0,54 g de carbone en fournissant un litre d'acide carbonique. Selon qu'on prend le pouvoir calorifique du carbone égal à 8.000 Cal au kilogramme, 8.080 selon Fabre et Silbermann, 8.137,5 selon Berthelot, on voit qu'un litre d'oxygène peut respectivement dégager, 4,32 — 4,36 ou 4,39 Cal; je ne trouve pas l'explication du chiffre de 4,6 indiqué par Chauveau, a moins qu'il n'ait fait intervenir une petite quantité d'hydrogène du sang.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les matières carbonées sont transformées par l'organisme et accumulées par ce dernier à l'état de graisse dans des magasins diversement répartis dans le corps de l'individu. Le sucre (glycose) est la forme finale sous laquelle les principaux produits résultant de la nutrition sont consommés par les muscles, ce qui explique l'influence favorable de l'alimentation sucrée ou mélassée, laquelle augmente énormément l'énergie musculaire en diminuant la fatigue, même après des efforts importants, par suite de sa prompte utilisation avec le minimum de transformation; tandis que les autres matières carbonées subissent, dans le corps, des modifications préalables absorbant un certain nombre de calories que l'individu doit fournir.

Les calories dégagées par les aliments servent : à maintenir le corps à une température constante malgré un abaissement de la température extérieure; à chauffer l'air introduit dans les poumons; à vaporiser l'eau entraînée par les gaz de l'expiration et celle produite par la transpiration cutanée; à élever la température des aliments solides ou liquides ingérés; au travail du fonctionnement des organes internes et des mouvements exécutés par le moteur qui n'est en repos absolu que pendant son sommeil; enfin à la production du travail mécanique utilisable, qui entraîne à son tour une dépense supplémentaire de calories par l'accélération de la circulation, de la respiration et de la transpiration.

On voit que, si les végétaux sont des appareils de réduction, les animaux constituent des appareils d'oxydation : les végétaux accumulent l'énergie que les animaux dépensent; mais, pour maintenir le cycle, il faut l'intervention de la chaleur solaire : le soleil est bien le moteur universel.

La machine thermique, un peu compliquée, que représente le moteur animé, reçoit, à des périodes assez espacées, son combustible sous forme d'aliments. Le travail de la digestion élimine rapidement les déchets gazeux, liquides (urines) et solides (excréments) qui ne sont pas utilisables; ce qui est retenu passe, sous forme de chyle, dans l'organisme où il subit encore de nombreuses transformations pour qu'une partie soit mise en réserve dans divers magasins afin d'être utilisée ultérieurement pour la réparation et le fonctionnement propre de la machine, et dont le surplus est mis à la disposition de différentes productions (accroissement de poids, graisse, lait, laine, travail mécanique).

Les aliments, ou les calories, consommés par le moteur au repos sans qu'il manifeste une modification de poids constituent ce que les physiologistes appellent la *ration d'entretien;* pour nous, c'est la *consommation à vide* du moteur.

Pour se maintenir dans le même état (poids), lorsque le moteur travaille, sa ration doit augmenter avec l'intensité de ce travail; c'est pour nous la *consommation en charge* du moteur animé. Mais, par suite de la portion dite d'entretien constante pour un même individu, l'effet utile des aliments transformés en travail mécanique augmente plus rapidement que la ration supplémentaire.

Il convient de se reporter à une étude antérieure dans laquelle j'ai détaillé ma formule-type applicable à tous les moteurs et à toutes les machines, donnant les relations entre la consommation totale Y, la consommation à vide $a$, le coefficient d'utilisation $b$, la consommation spécifique $y$ et le rendement $k$.

Il me suffit de rappeler, pour le cas étudié ici, que la consommation Y est influencée par $a$ et par $x$; il est possible que la ration d'entretien $a$ varie avec les animaux de même espèce, comme la ration de travail varie avec l'assimilation $b$ des aliments et l'énergie $x$ à fournir (il en serait probablement de même si, au lieu de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'énergie musculaire, on demandait à l'animal de fournir de la viande, du lait ou de la laine). Enfin, avec des machines usées, mal réglées, présentant de nombreuses fuites ou pertes, comme avec de vieux animaux, le terme $a$ devient tellement élevé que le moteur n'est plus d'un emploi économique.

La consommation spécifique $y$, qui diminue avec l'énergie $x$ demandée au moteur, est influencée par la ration d'entretien $a$.

Pour obtenir le même travail d'animaux de même âge mais de races ou variétés différentes, il est probable qu'il faudra dépenser des quantités d'aliments Y variables avec ces races; d'ailleurs, on peut constater empiriquement, dans les fermes du Nord, que les bœufs de travail de certaine race consomment plus d'aliments que d'autres, tout en étant employés aux mêmes travaux.

Hervé Mangon nous citait, d'après des observations de longue durée, en comparaison avec le régime alimentaire, des chiffres relatifs à un ouvrier du canton de Vaud (Suisse), d'un ouvrier des fermes de Vaucluse, selon les relevés de Gasparin, d'un terrassier employé aux rudes travaux de construction du chemin de fer de Rouen, et les très nombreuses consommations annuelles d'ouvriers agricoles de divers départements étudiés en détail par F. Le Play, Inspecteur général des Mines (*Les ouvriers européens*, 1855).

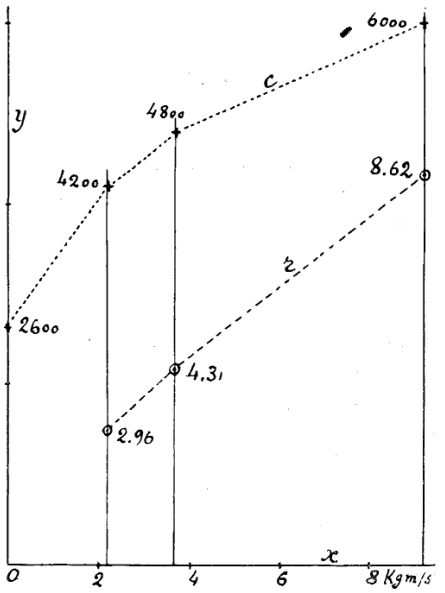



Fig. 2. — Représentation graphique des calories ($c$) fournies par les aliments et des rendements thermiques ($r$) pour diverses puissances ($x$) développées par l'homme.

De l'ensemble de ces documents, la ration alimentaire de 24 heures de l'homme ne travaillant pas représente 2.600 cal (consommation du moteur à vide).

Pour les ouvriers, on peut dresser le tableau ci-dessous (il s'agit d'hommes différents et non d'un même moteur travaillant dans diverses conditions).

| | TRAVAIL MÉCANIQUE JOURNALIER (KILOGRAMMÈTRES) en 400 minutes de travail. | TRAVAIL MÉCANIQUE JOURNALIER (KILOGRAMMÈTRES) moyenne par seconde. | en grandes calories. | Grandes calories totales que pourraient fournir les aliments consommés. | Rendement p. 100. |
|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — |
| Repos. . . . . | 0 | 0 | 0 | 2.600 | — |
| Travail faible. . . . . | 53.000 | 2,20 | 124,70 | 4.200 | 2,96 |
| Travail ordinaire. . . . . | 88.000 | 3,66 | 207,05 | 4.800 | 4,31 |
| Travail plus intense. . . . . | 220.000 | 9,16 | 517,64 | 6.000 | 8,62 |

Le rendement thermique global est donc faible et ne semble pas dépasser 10 p. 100 pour certains individus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce rendement thermique de l'homme est cependant comparable à celui des machines à vapeur : nos locomobiles de 8 ch ont un rendement thermique final de 4,5 p. 100, et une machine fixe de 100 ch présente un rendement voisin de 10 p. 100.

Le tableau précédent peut se représenter graphiquement par la figure 2, dans laquelle les calories $c$ des aliments consommés et les rendements p. 100, $r$, sont portés en ordonnées $y$, alors que la puissance en kilogrammètres : $s$, développée par l'homme est représentée sur l'axe des $x$.

Si l'on ne considère que les calories de la ration de travail données en supplément de celles de la ration d'entretien (par exemple 4200 — 2600 = 1600) on trouve les rendements suivants :

| | Travail mécanique journalier, en grandes calories. | Grandes calories dues au supplément de la ration d'entretien. | Rendement calculé sur le supplément de la ration d'entretien p. 100. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Travail faible . . . . . | 124,70 | 1.600 | 7.79 |
| Travail ordinaire. . . . . | 207,05 | 2.200 | 9,41 |
| Travail plus intense . . . . . | 517,64 | 3.400 | 15,22 |

Des auteurs récents donnent des chiffres plus élevés (environ le double de ceux ci-dessus), mais en se basant sur des essais de très courte durée, souvent d'une heure à peine, tandis que les précédents résultent d'observations très prolongées,

En tous cas, sans insister outre mesure sur les valeurs absolues des chiffres précédents, on voit que le rendement thermique de l'homme est relativement faible.

On voit également qu'il importe d'assurer à tous les moteurs animés une alimentation abondante et rationnelle, car le travail extérieur produit augmente proportionnellement plus rapidement que la consommation, et l'effet utile des aliments ingérés double au moins chez l'individu plus fortement nourri que chez celui qui est alimenté d'une façon parcimonieuse.

On voit aussi l'intérêt que présentent les recherches permettant d'estimer la valeur énergétique des aliments constituant les rations d'entretien et de travail des moteurs animés.

De nombreuses expériences ont été faites sur des chevaux travaillant au trot (omnibus et petites voitures) mais je ne crois pas qu'il y en ait eu sur les chevaux employés dans la culture, ni sur les bœufs et les vaches de travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# QUELQUES REMARQUES A PROPOS DU PROJET DE RÉFORME DE LA NOMENCLATURE DE CHIMIE ORGANIQUE

par M. VICTOR GRIGNARD.

M. Camille Matignon, membre de l'Institut, président de la Fédération nationale des Associations de Chimie de France, a fait parvenir à la Société d'Encouragement les remarques de M. Victor Grignard, en la priant de les insérer dans son *Bulletin* comme suite au projet de réforme de la nomenclature de chimie organique proposé par l'Union internationale de la Chimie (Voir le *Bulletin* de novembre 1929, p. 775 et p. 800 à 811.)

Au titre de membre de la délégation française aux Conférences annuelles de l'Union internationale de la Chimie, j'ai eu l'honneur de faire partie de la Commission de Réforme de la Nomenclature de Chimie organique, et, en cette qualité, j'ai eu l'occasion de formuler des objections ou des contre-propositions à l'avant-projet du Comité de Travail, puis au projet lui-même.

Ces remarques, dont je ne revendique nullement la paternité complète, ne sont, assez souvent, sans doute, et j'en suis fort heureux, que l'expression ou le commentaire d'idées déjà formulées par d'autres chimistes [1]; mais il n'en était pas moins utile, je crois, de les rassembler, de les coordonner, pour en permettre l'examen et la discussion au moment opportun. Elles ont paru, d'ailleurs, suffisamment dignes d'intérêt à la Commission réunie à Varsovie en 1927, pour que celle-ci m'ait fait l'honneur d'en demander l'impression à côté du Rapport du Comité de Travail [2].

Un certain nombre de ces propositions ont été adoptées et introduites dans le dernier Rapport du Comité de Travail, publié après la Conférence de La Haye en 1928, et que les grands périodiques chimiques viennent, à leur tour, de publier.

Il n'est pas douteux que ce rapport suscitera de nouvelles observations et il est très désirable que les savants qui voudront bien apporter, sous cette forme, leur contribution à la tâche considérable que s'est imposée le Comité de Travail et à laquelle je tiens à rendre hommage ici, envoient leurs propositions, le plus tôt possible, à l'une des adresses indiquées dans le préambule du Rapport. La Commission de La Haye a, en effet, demandé que le vote final sur ce rapport ait lieu à la prochaine Conférence, c'est-à-dire en sep-

(1) Voir en particulier le rapport présenté par M. BLAISE au nom de la Fédération nationale des Associations de Chimie de France, à la Conférence internationale de la Chimie, à Lyon, en 1922.

(2) Les chimistes qui s'intéressent particulièrement à ces questions de nomenclature trouveront ces documents réunis en une brochure publiée en 1928 par l'Union internationale de la Chimie, secrétariat général, M. Jean GÉRARD, 49, rue des Mathurins, Paris (8e).



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tembre 1930, à Liége. Il est indispensable, pour que la nouvelle nomenclature ne reste pas lettre morte, comme l'ancienne, qu'elle puisse s'appuyer sur l'autorité du plus grand nombre possible de savants qui prendront, par cela même, l'engagement tacite de l'enseigner et de la faire respecter autour d'eux.

Je n'ai pas l'intention, ne voulant pas abuser de l'hospitalité qui m'est offerte, de rééditer, ici, l'ensemble de mes remarques. Bon nombre d'entre elles ne portent que sur des points de détail et il ne sera pas trop tard de les discuter quand les grandes lignes de la réforme auront été bien arrêtées.

Il est deux points, cependant, d'un caractère fondamental sur lesquels la Commission de La Haye n'a pas pris une position suffisamment nette pour imposer une discipline; je demande la permission de les exposer ici, avec l'espoir que de nombreux chimistes de tous pays les discuteront et apporteront leur opinion autorisée à Liége, soit directement, soit par leurs délégués nationaux.

I. — *Le choix de la chaîne fondamentale.* — Ce choix est très important car il sert de base à la classification des corps dans chaque série. Le Congrès de Genève (1892) crut pouvoir tout subordonner à la chaîne carbonée de longueur maximum et ce fut certainement une erreur.

La règle fut appliquée sans difficulté dans le cas des hydrocarbures et des corps à fonction simple, mais il fallut la délaisser complètement pour les fonctions complexes car elle conduisait à des dénominations par trop incohérentes.

Ce qui donne, en effet, son caractère particulier à une molécule chimique, ce n'est, ni le nombre total des atomes de carbone, ni la longueur maxima de la chaîne, mais l'ensemble des groupements fonctionnels et leur position relative. Ce sont donc ces caractéristiques qui doivent, dans toute la mesure du possible, apparaître en vedette dans le nom de nomenclature (j'entends la nomenclature de répertoire, la seule intéressante pour la recherche bibliographique).

Si nous considérons, par exemple, les acides alcoyl-succiniques, ils doivent conserver ce caractère primordial d'acides succiniques, quelle que soit la longueur de l'alcoyle substituant et il est absurde qu'en passant des acides méthyl- et éthyl-butanedioïque aux homologues supérieurs, on soit obligé de prendre une nouvelle chaîne fondamentale ne contenant plus qu'une seule fonction acide.

Ce point de vue, généralement admis depuis longtemps, a été érigé par le Comité de Travail en Règle 18, qui s'applique aux chaînes contenant un ou plusieurs groupements fonctionnels. Malheureusement, la Règle 6, pour les hydrocarbures, reste ambiguë; elle pose, d'abord, le principe de la plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longue chaîne puis elle admet ensuite que « si cela donne un nom plus simple, on peut prendre, comme chaîne principale, celle qui représente le maximum de substitutions ». Le danger est évident, puisque nous pourrons avoir ainsi deux noms pour le même hydrocarbure, l'un qui découlerait de la règle stricte, l'autre qui serait lié, dans une certaine mesure, à la fantaisie de l'auteur ou au génie de sa langue.

Il est cependant possible, je crois, de faire rentrer tous les composés aliphatiques et beaucoup de composés cycliques dans une règle unique et simple.

Considérons une chaîne hydrocarburée linéaire et saturée, nous appellerons *anomalie*, d'une manière absolument générale, toute modification apportée à cette chaîne, soit par création de liaisons multiples, soit par substitution carbonée ou non. Nous pouvons dire alors :

*On choisira comme chaîne fondamentale celle qui contient le plus d'anomalies, en donnant la priorité:* 1° *aux groupements fonctionnels*; 2° *aux cycles;* 3° *aux ramifications hydrocarbonées*; 4° *aux nombres des atomes de carbone.*

Alors, en présence d'un hydrocarbure comme celui-ci :

$$\begin{matrix} CH^3–CH^2–CH^2–CH^2 \\ CH^3–CH–CH \\ \quad\quad\quad\quad\quad | \\ \quad\quad\quad\quad CH^3 \end{matrix} > CH–CH^2–CH^2–CH^2–CH^3$$

nous n'avons pas à hésiter entre un nonane (1 anomalie) et un octane (3 anomalies); la règle précédente (3°) nous conduit à :

diméthyl–2–3 butyl–4 actane

plus simple, en même temps, que

(diméthyl–$5_1$–$5_2$ propyl)–5 nonane.

Bien entendu, cette règle étant absolument générale, il convient de faire subir à chacun de ses paragraphes les aménagements qui seraient réclamés, de même, par des règles particulières.

C'est ainsi qu'il est indispensable d'établir, entre les groupements fonctionnels, un ordre de priorité, nécessité également, d'ailleurs, par d'autres considérations.

C'est là un classement assez délicat, en raison des exigences variées à satisfaire. Le Comité de Travail s'y est essayé dans la Règle 53; mais il semble qu'il y aurait avantage, comme je l'ai montré ailleurs (*loc. cit.*, p, 19), à modifier l'ordre adopté, en particulier à rapprocher la fonction ammonium de la fonction amine et la fonction cétone de la fonction aldéhyde.

L'ordre de priorité permettra de choisir, en cas d'ambiguïté, entre deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaînes possibles. Mais il se présente, ici, une question importante et qu'il faudrait discuter. Considérons, par exemple, le corps suivant :

$$HO.CH^2–CH^2–\underset{\displaystyle CHO}{\underset{|}{CH}}–CH^2–CHO$$

Devons-nous considérer la priorité de la fonction aldéhyde sur la fonction alcool comme absolue, c'est-à-dire prendre pour chaîne fondamentale celle qui contient les deux groupements aldéhyle ($C^4$), ou bien prendre la chaîne la plus longue ($C^5$) contenant encore deux fonctions, sans considération de priorité? Sans doute, faudrait-il examiner les diverses répercussions de ces deux alternatives. A première vue, il me semble préférable d'admettre la priorité absolue, parce qu'autrement nous serions conduits, par exemple, à considérer le dialdéhyde allyl-succinique, non comme un dérivé succinique, mais comme un hexénal (aldo).

En ce qui concerne les cycles, il est facile de constater que la règle proposée n'est nullement en contradiction avec la Règle 49 (§ 1), mais que, bien au contraire, elle la précise et l'éclaire. Si nous avons, par exemple, l'acide phénylsuccinique, la règle susdite conduirait volontiers à le considérer comme de l'acide phénylacétique substitué ; au contraire, avec la règle proposée, les groupements fonctionnels ayant la priorité, la chaîne fondamentale est, sans aucun doute, l'acide succinique.

Mais si le cycle porte plus d'une chaîne hydrocarbonée ou des groupements fonctionnels, il convient de le considérer comme l'enchaînement fondamental de la molécule et d'appliquer la Règle 49 (§ 2).

II. — *La fonction « acide »*. — C'est sur ce point que le Comité de Travail a le plus hardiment innové. Il a proposé (Règle 29) de ne plus compter le C de la fonction « acide » comme faisant partie de la chaîne fondamentale et de considérer le groupement « acide » comme un simple substituant. C'est, en effet, un procédé de dénomination que l'on rencontre assez fréquemment dans plusieurs littératures chimiques mais qui, s'il simplifie parfois l'expression, présente, à première vue, le très grave inconvénient de détruire la belle ordonnance établie dans la série aliphatique par le Congrès de Genève.

Cette proposition, que j'ai combattue dès le début, a été rejetée par la Commission de La Haye, par 19 voix contre 14 [3]. Le Comité de Travail a enregistré cette opposition, mais le rapport primitif n'a pas été modifié en conformité avec ce vote, c'est-à-dire que la question reste posée et qu'il convient, par suite, de l'examiner avec toute l'attention qu'elle mérite.

(3) Je puis indiquer aussi que M. le professeur Mario Betti, délégué italien au Comité de Travail, qui n'a pu assister à l'élaboration du projet de réforme, s'est déclaré opposé à la règle 29.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° La règle 29 (et la règle 32 qui en découle) détruit l'harmonieuse liaison établie par le Congrès de Genève entre les fonctions d'une même chaîne; par exemple : pentane donne pentanol, pentanal, pentanoïque, pentane-nitrile, pentanamine, tandis qu'avec la Règle 29 on aurait pentane, pentanol, pentanal, butane-carboxylique, butane-carbonitrile, pentanamine. La notion d'une chaîne commune, en $C^5$, dans tous ces corps, a disparu.

2° Une difficulté importante apparaît dans l'application de la Règle 18 (choix de la chaîne fondamentale).

Supposons, par exemple, que nous ayons les deux corps suivants :

$$CH^3–\underset{\underset{|}{CHO}}{CH}–\underset{\underset{|}{CHO}}{CH}–CH^2–CH^3 \rightarrow CH^3–\underset{\underset{|}{CO^2H}}{CH}–\underset{\underset{|}{CO^2H}}{CH}–CH^2–CH^3$$

Le premier a, sans ambiguïté, pour chaîne fondamentale le dialdéhyde succinique; c'est le diéthyl-2-3 butane-dial. Mais si nous oxydons, simplement, la fonction acide devenant un substituant, la chaîne fondamentale serait l'hexane et le diéthyl-2-3 butane dioïque de notre actuelle nomenclature deviendrait l'hexane 3-4 dicarboxylique. Toute analogie de constitution a disparu entre les deux corps.

Considérons encore une série d'homologues d'un acide bibasique comme l'acide glutarique. Nous aurons, d'après la Règle 29 :

propane dicarboxylique–1–3
méthyl–3 pentane dicarboxylique–2–4
éthyl –4 heptane dicarboaylique–3–5.

tandis qu'en conservant le principe de Genève, on a :

pentane dioïque
triméthyl–2–3–4 pentane dioïque
triéthyl –2–3–4 pentane dioïque.

L'homologie apparaît immédiatement ici, en même temps que la symétrie de la substitution. Avec la Règle 29, il est impossible de la soupçonner sans écrire les formules.

Mais il y a plus grave encore :

3° Considérons le pentane-nitrile. D'après la Règle 32, ce serait le butane-carbonitrile. Par hydrogénation ménagée, il donnera la butane-carbimine, puis la pentane-amine ; première incohérence, déjà signalée.

D'autre part, partons du pentanal. Par action de $NH^3$ et déshydratation, il donne un corps qui, par dérivation logique, doit être appelé pentane-aldimine ou pentanimine-1, identique à butane-carbimine. Ainsi donc, suivant que nous partons de la fonction aldéhyde ou de la fonction acide

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(nitrile), nous arrivons, pour la fonction imine et dans le même système de nomenclacure, à deux noms inconciliables.

Or, c'est précisément « butane carbimine » qui serait seul correct d'après la Règle 32; et il est inadmissible car il ne peut s'adapter aux cétimines, isomères des aldimines. Par exemple, l'imine de la diéthylcétone est, dans la nomenclature actuelle, la pentanimine-3; l'isomérie est évidente. Dans la nomenclature proposée, on ne peut même pas la dénommer correctement. Il faudrait la considérer comme un dérivé de substitution de l'éthane carbimine, mais comment indiquer la place de la substitution, puisque le groupement carbimine, considéré comme substituant, n'a pas de numéro. On n'a pas d'autre ressource que de l'appeler diéthyl-carbimine. Mais ce nom nous ramène, pour le produit d'hydrolyse, à diéthylcétone (et non à pentanone-3), c'est-à-dire à un autre système de nomenclature.

Dans une réponse à une objection (*loc. cit.*, page 25), le Comité de Travail déclare qu'il avait envisagé de considérer les autres fonctions primaires comme des substituants, mais qu'il s'est heurté à « l'obstacle de séparer complètement les alcools primaires des alcools secondaires et tertiaires ». L'obstacle est exactement le même, ici, et tout aussi absolu.

Les arguments que je viens de présenter sont, je pense, suffisamment formels pour entraîner la conviction et me dispenser d'examiner jusqu'au bout, comme je l'ai fait ailleurs (*loc. cit.*) les arguments du Comité de Travail.

Il en est un cependant qui est d'ordre général et sur lequel je dirai mon sentiment pour terminer.

Le Comité déclare que la Règle de Genève, pour la fonction acide, n'a pas trouvé d'application, ce qui sous-entend que la Règle 29 a été plus généralement employée.

Outre que cette double et tendancieuse affirmation me semble fort exagérée, j'estime qu'il ne s'agit pas, pour nous, de suivre la masse et de construire sur les erreurs de nos devanciers. L'œuvre du Congrès de Genève, tout incomplète qu'elle fut, était parfaitement cohérente et logique. Avant d'en détruire une partie, il faut être bien certain d'avoir mieux à mettre à la place. Qu'un certain nombre de maîtres n'aient pas voulu abandonner les habitudes acquises, en y mettant, peut-être même, un peu de parti pris, c'est possible. Et ils ont pu entraîner à leur suite beaucoup de jeunes. Cela ne prouve nullement, même s'ils paraissent être en majorité (ce qui n'est nullement prouvé), que leur nomenclature soit supérieure à l'autre. Ils ont pu l'employer avec un succès apparent parce qu'ils n'ont pas eu l'occasion de rencontrer des obstacles comme ceux que je viens de signaler, obstacles qui auraient sûrement attiré leur attention et qu'en tout cas, il est du rôle des réformateurs de prévoir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant à l'application, il ne faut nous faire aucune illusion ; la nouvelle nomenclature ne sera pas plus employée que l'ancienne si l'on n'y tient la main. Quand les détails auront été réglés et que l'accord sera suffisamment général, il conviendra d'établir l'obligation d'employer le nom de nomenclature ou de le placer au moins une fois, en évidence, pour tout corps nouveau ou peu connu, à côté du nom préféré par l'auteur. Nous ne pouvons, en effet, avoir la prétention d'empêcher l'usage des noms triviaux ou de ceux qui, en conservant une précision suffisante, évitent d'alourdir la rédaction.

Nous comprenons fort bien que les rédacteurs des grands périodiques chimiques ne puissent assumer le soin de faire eux-mêmes les corrections nécessaires, mais il pourrait être porté partout à la connaissance des auteurs que les mémoires ne seront pas acceptés à l'impression si la condition ci-dessus n'est pas remplie [4].

(4) Le rapport de M. Blaise à Lyon (1922) appuyait également sur cette nécessité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ŒUVRE AÉRODYNAMIQUE DE GUSTAVE EIFFEL[1]

par le lieutenant-colonel PAUL RENARD, *membre du Conseil de la Société d'Encouragement.*

Le nom de Gustave Eiffel a été rendu populaire dans le monde entier par la construction de la tour qui porte son nom. Cette tour a été le dernier et le plus sensationnel des ouvrages en charpente métallique construits par cet éminent ingénieur. Longtemps avant son érection, on savait, dans les milieux techniques ou scientifiques, qu'il avait construit de nombreux ponts, la plupart extrêmement remarquables. On pourrait en citer un grand nombre. Je me bornerai à mentionner le magnifique viaduc de Garabit, traversant la pittoresque vallée de la Truyère sur la ligne de Saint-Flour à Millau. Ses travaux en aérodynamique sont moins connus, mais ils sont loin d'être sans importance, et l'on peut dire sans exagération qu'ils ont contribué d'une façon notable aux progrès de la navigation aérienne.

*
* *

Le mot aérodynamique est de création assez récente. Cette science se propose d'étudier les phénomènes d'ordre mécanique auxquels donne lieu le mouvement d'un corps solide plongé dans un milieu gazeux, et, en particulier, dans l'air atmosphérique. Ces phénomènes ont été étudiés depuis longtemps sous le nom de *résistance de l'air.*

Ce dernier vocable n'était pas sans inconvénient; son seul énoncé semblait exprimer que l'air doit toujours être considéré comme une gêne, et que ses effets, en cas de déplacement d'un corps solide dans son sein, sont toujours nuisibles; en d'autres termes, que l'air s'oppose au déplacement des corps solides et qu'il doit toujours être envisagé comme un obstacle à vaincre.

Cet obstacle existe et il est inévitable. Si l'on étudie la résistance de l'air sous cet aspect unique, on ne peut faire qu'une chose au point de vue pratique, c'est s'ingénier à diminuer la valeur numérique de cet obstacle sans pouvoir songer à le supprimer complètement. Réduite à ce rôle, l'étude des sloi de la résistance de l'air aurait un intérêt pratique important; mais ce n'est pas en se bornant à envisager les choses de cette manière qu'on aurait pu réaliser le vol mécanique.

Indépendamment du rôle d'obstacle, l'air peut heureusement en jouer deux autres : il peut constituer le support qui permet aux aréonefs plus lourds que l'air de se maintenir à une altitude déterminée et même de s'élever à la

(1) Communication faite en séance publique par l'auteur le 3 juin 1929.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volonté du pilote. A ce même aéronef il fournit, en outre, le point d'appui grâce auquel leur hélice, ou tout autre propulseur, pourra leur imprimer une vitesse horizontale plus ou moins grande.

L'aérodynamique envisage donc la résistance de l'air sous ce triple point de vue : obstacle, support, point d'appui. Si cette résistance limite la vitesse que l'on peut imprimer aux navires aériens, c'est elle qui les empêche de descendre sur le sol et qui leur permet de parcourir les routes de l'atmosphère.

Ces considérations sur le triple rôle de la résistance de l'air en navigation aérienne ont toujours été pressenties par les ingénieurs, mais je crois qu'elles ont été formulées explicitement pour la première fois par Charles RENARD il y a une cinquantaine d'années.

*
* *

On a cherché à établir par le raisonnement pur les lois de la résistance de l'air. On a pensé qu'en connaissant cette résistance sur un élément de surface infiniment petit, on pouvait, par intégration, calculer cette résistance sur l'ensemble d'un corps de forme déterminée. Les tentatives de ce genre ont toujours échoué. Il est impossible, en effet, de considérer séparément au point de vue aérodynamique l'action de l'air sur des éléments de surface, car ces résistances élémentaires réagissent les unes sur les autres. Théoriquement, les calculs ne seraient pas insolubles, mais ils présentent une telle complication qu'on a renoncé à cette méthode et reconnu la nécessité de recourir à l'expérience.

NEWTON et EULER avaient abordé le problème et étaient arrivés à des conclusions toutes différentes sur un point de détail. Il s'agissait de savoir comment la résistance de l'air sur une surface plane exposée à un vent oblique variait en fonction de l'angle d'incidence, c'est-à-dire de l'angle entre la direction du courant d'air et la surface qui le recevait. D'après Newton, la composante normale à la surface de cette résistance variait comme le carré du sinus de l'angle d'incidence, tandis que, d'après Euler, elle variait comme le sinus simple. Ces deux grands esprits appuyaient leurs formules respectives d'arguments qu'ils considéraient l'un et l'autre comme irréfutables, et, pendant longtemps, ils eurent chacun leurs partisans. Vers la fin du XVIII[e] siècle, l'Académie des Sciences de France pensa, avec raison, que l'expérience seule pouvait les départager; elle en confia le soin à l'un de ses membres, dont la compétence ne pouvait être discutée, le physicien BORDA. Celui-ci se mit à l'œuvre et les résultats expérimentaux donnèrent raison à Euler contre Newton.

Personne aujourd'hui ne songe à contester la nécessité absolue de l'expérimentation en aérodynamique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Il y a de nombreuses façons d'étudier expérimentalement la résistance de l'air. Elle peuvent se partager en deux grandes catégories : les expériences synthétiques et les expériences analytiques.

Dans les premières, on cherche seulement à avoir les résultantes (force, et couple s'il y a lieu) des actions élémentaires exercées, sur un corps solide de forme quelconque, par l'air en mouvement.

Dans les méthodes analytiques, au contraire, on cherche à connaître les forces élémentaires dues à la résistance de l'air en différentes parties de la surface exposée au courant d'air. Au lieu d'en mesurer directement la force et le couple résultants, on peut les obtenir par une intégration des forces élémentaires, ce qui est, évidemment, plus laborieux. Par contre, on a l'avantage de connaître la répartition des efforts sur les différentes régions de la surface étudiée, ce qui est souvent très utile, et, parfois, indispensable.

Quelle que soit la méthode employée, on est d'accord, aujourd'hui, pour admettre le principe de la relativité. Cette expression, telle qu'on l'entend en aérodynamique, n'a aucun rapport avec les théories récentes d'Einstein et de ses émules. Elle veut simplement dire que, lorsqu'on étudie les lois de la résistance de l'air, le seul mouvement à considérer est le mouvement relatif entre l'air et le corps solide. Que le corps se déplace dans l'air immobile; qu'il soit au contraire, maintenu dans une position fixe et exposé à un courant d'air; ou bien encore que les deux mouvements soient combinés, les résultats sont les mêmes pour une même valeur et une même orientation de la vitesse relative de l'air par rapport au corps étudié.

Ce principe a été quelquefois contesté, certains expérimentateurs ayant obtenu des résultats différents suivant que le corps solide était fixe ou mobile. Ces différences tenaient à des causes d'erreur mal étudiées, et, aujourd'hui, le principe de la relativité n'est plus contesté.

Nous aurons l'occasion de parler plus tard des expériences analytiques. Pour le moment, nous indiquerons sommairement les principaux procédés qu'on peut employer pour réaliser les expériences synthétiques.

Le procédé qui paraît le plus simple consiste à laisser tomber librement dans l'air le corps que l'on veut expérimenter. Si la chute avait lieu dans le vide, elle prendrait un mouvement uniformément accéléré; mais, lorsque la chute a lieu dans un fluide, la résistance de celui-ci agit en sens inverse de la pesanteur, et, comme elle est sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse, elle croît rapidement, et il arrive un moment ou elle est égale au poids du corps. Lorsqu'il en est ainsi, ce corps est soumis à deux forces égales et directement opposées qui s'annulent; il prend donc une vitesse uni-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forme. Lorsque cette vitesse de régime est atteinte et qu'on a pu la mesurer, on sait que la résistance de l'air est égale au poids connu du corps expérimenté. On connaît, d'ailleurs, la surface de la maîtresse section (la plus grande section perpendiculaire à la vitesse relative). Dans la formule $F = KSV^2$ F est égale au poids du corps; S est connue; la vitesse est mesurée; on peut déterminer le coefficient K pour le corps de la forme essayée.

Ce procédé suppose implicitement que le corps est symétrique par rapport à la direction de la vitesse et que l'air est absolument calme. Si ces conditions sont remplies, on peut avoir confiance dans les résultats obtenus.

Cette méthode présente un inconvénient, c'est que la vitesse de régime n'est pas atteinte instantanément : auparavant, il y a une période de mise en train pendant laquelle la chute a lieu suivant un mouvement accéléré, mais à accélération décroissante. Théoriquement, la vitesse de régime n'est jamais atteinte; pratiquement, on l'obtient au bout d'un temps plus ou moins long. Ce temps est d'autant plus long que le rapport $\frac{P}{S}$ entre le poids et la maîtresse section est plus considérable et que la *finesse* du corps, c'est à-dire la facilité avec laquelle, grâce à sa forme, il pénètre dans l'air, est elle-même plus grande. Cette finesse varie en raison inverse du coefficient K cherché.

Il résulte de ceci que, si le corps a un poids faible, une grande surface et peu de finesse, la vitesse de régime est atteinte rapidement et par conséquent après une faible hauteur de chute préalable; par contre cette vitesse est faible. Or, en général, on ne dispose que de hauteurs de chutes restreintes; il est donc nécessaire que la vitesse de régime soit atteinte assez vite, ce qui ne permet des expériences qu'à des vitesses réduites. On admet que la résistance de l'air est proportionnelle au carré de la vitesse; mais il était impossible de vérifier cette loi par la méthode que je viens d'exposer.

Malgré cet inconvénient, cette méthode a donné de bons résultats, et, il y a quelques années, la Société d'Encouragement a récompensé des expériences exécutées de cette manière au Conservatoire des Arts et Métiers par l'abbé Le Dantec [2].

En aviation, on opère avec des vitesses considérables; il était donc intéressant de reprendre ces expériences avec des vitesses d'un ordre élevé. C'est ce qu'a pensé Gustave Eiffel.

Pour atteindre des vitesses de régime considérables, il faut disposer d'une grande hauteur de chute. Jusqu'à présent, on n'avait pas dépassé une dizaine de mètres. En utilisant sa tour, Eiffel disposait de 120 m de hauteur, distance de la seconde plate-forme au sol; mais, ici, on n'était pas en espace

(2) Voir le *Bulletin* de la Société d'Encouragement de juillet 1899, p. 946 et 1024, et de mars 1902, p. 449.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

clos comme au Conservatoire des Arts et Métiers. Gustave Eiffel s'est astreint à n'opérer que par un vent à peu près nul, ce qui le força à échelonner ses expériences.

Malgré la hauteur dont il disposait, il n'eût pu obtenir que des vitesses de régime insuffisantes; il crut préférable d'y renoncer et de faire ses mesures pendant la période de mise en train, c'est-à-dire lorsque le mouvement était encore accéléré. Pour obtenir des résultats admissibles, il était nécessaire de tenir compte des forces d'inertie, et, à cet effet, de mesurer l'accélération. Il y réussit au moyen d'un dispositif fort ingénieux, dont on peut trouver la description dans divers ouvrages, et dont les projections vous donneront une idée (projections de la tour Eiffel installée pour les expériences; diagrammes permettant de mesurer à chaque instant la valeur de la résistance de l'air, ainsi que la vitesse et l'accélération de la chute).

*
* *

Dans les méthodes que nous venons de décrire, le mouvement relatif était rectiligne et vertical. On peut également expérimenter avec un mouvement rectiligne horizontal. Cette méthode a été appliquée de deux manières différentes, suivant que le corps était en mouvement dans l'air calme, ou qu'il était immobile dans un courant d'air.

Dans le premier cas, le corps est fixé à un véhicule animé d'un mouvement de translation plus ou moins rapide. On a utilisé dans ce but des wagons plats de chemin de fer et des automobiles. On a également, dans certains laboratoires, et notamment à celui de Saint-Cyr, installé une voie ferrée sur laquelle circulait un wagon spécialement approprié à ces expériences. Les résultats obtenus ont été plus ou moins intéressants, et, parfois, en contradiction avec ceux qu'on obtenait par d'autres procédés. On avait cru pouvoir en conclure que le principe de la relativité était inadmissible. Mais un examen approfondi a montré que les discordances tenaient aux défauts inhérents à la méthode dite du véhicule.

Ces défauts sont au nombre de deux; l'un est commun à toutes les méthodes d'expérimentation en plein air. Il exige que les expériences aient lieu dans un calme absolu, ce qui est extrêmement rare; le moindre vent suffit à en fausser les résultats. L'autre défaut tient à ce qu'on appelle aujourd'hui les *interactions*, c'est à-dire l'influence qu'exercent les différentes parties des corps solides sur la résistance que l'air apporte au déplacement des corps voisins. Or, dans la méthode en question, il est très difficile de soustraire le corps expérimenté aux interactions provenant soit du véhicule, soit du sol lui-même, dont on ne peut toujours être assez éloigné. Aussi cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

méthode, dont Gustave Eiffel, d'ailleurs, n'avait jamais été partisan, est-elle à peu près complètement abandonnée aujourd'hui.

Ainsi que nous l'avons dit, l'autre méthode consiste à placer un corps solide dans un courant d'air dont on connaît la vitesse. Elle a été appliquée pour la première fois à la fin du XIX^e^ siècle par le colonel Charles RENARD. Dans un tube horizontal de 50 cm environ de diamètre, il produisait un courant d'air au moyen d'un ventilateur, et il plaçait dans ce tube des modèles réduits des corps dont il voulait connaître la résistance. Par des moyens divers, il mesurait la vitesse du courant. Cette méthode, à laquelle il donna le nom de *méthode du tunnel*, fut communiquée par lui au Congrès international d'Aéronautique de 1900.

Charles Renard ne l'avait appliquée qu'à petite échelle, ce qui exigeait une faible dépense d'énergie. En calculant la puissance nécessaire pour mettre l'air en mouvement dans un tunnel de grandes dimensions (plusieurs mètres de diamètre) on arrivait à des dépenses considérables. Quelques ingénieurs cherchèrent à les diminuer; je citerai parmi eux M. DRZEWIECKI; celui-ci proposa de faire décrire à l'air un circuit fermé de manière à mettre en mouvement la même masse d'air, ce qui permettait de diminuer dans de fortes proportions la puissance nécessaire.

Gustave Eiffel arriva à peu près au même résultat par un autre procédé, qui consistait à adapter, à la tubulure d'aspiration et à celle d'échappement de l'air en mouvement, des pavillons de formes spécialement étudiées qui, en imprimant graduellement à l'air la vitesse voulue et en lui permettant de même de revenir graduellement au repos, réduisaient dans une forte proportion la dépense d'énergie. En outre, afin d'éviter les remous et de donner à toutes les molécules d'air un mouvement autant que possible rectiligne et parallèle, il cloisonna sur une certaine longueur le cylindre parcouru par l'air.

Enfin, et ce fut son idée la plus originale, afin de faciliter les expériences, il interrompit le cylindre sur une longueur de plusieurs mètres en le remplaçant par une chambre d'expérience fermée en forme de parallélépipède rectangle, dont deux des parois verticales étaient parallèles et les deux autres perpendiculaires au courant d'air. Celui-ci arrivait ainsi dans la chambre d'expérience, qu'il traversait de part en part. On pouvait se demander s'il ne se déformerait pas en s'épanouissant dans la chambre, où il diminuerait sa vitesse qui deviendrait variable d'un point à un autre de la section en engendrant des remous, toutes choses qui rendraient les mesures impossibles. Il n'en fut rien. On constata qu'avec des vitesses suffisantes, le courant d'air traversait la chambre d'expérience sans s'y diffuser, et qu'à quelques centimètres de la paroi théorique du cylindre en mouvement, l'air de la chambre d'expérience restait calme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Grâce à cette innovation, les essais furent singulièrement facilités, car elle permettait à l'expérimentateur de voir constamment l'objet soumis aux essais et de se rendre compte des phénomènes.

Ajoutons que l'installation fut complétée par des moyens faciles de mesurer les composantes horizontales ou verticales de la résistance de l'air, ainsi que la vitesse du courant.

Eiffel installa d'abord une soufflerie de ce genre au Champ de Mars, dans le voisinage de la Tour. Il fit ensuite, dans un immeuble de la rue Boileau à Auteuil, une installation plus complète, qu'il mit libéralement à la disposition de tous les chercheurs.

Plusieurs souffleries du même genre furent construites en différents endroits. Nous citerons notamment celle de l'Institut aérodynamique de Saint-Cyr, celle du Service technique aéronautique de la Porte d'Issy, à Paris (15e)[3].

Grâce à cette installation, Gustave Eiffel a rendu à l'aviation naissante des services dont il est impossible d'évaluer la portée. Nous avons dit qu'il mettait son laboratoire à la disposition de tous les chercheurs. Ajoutons qu'à sa mort, il l'a légué au Ministère de l'Air, qui continue à l'utiliser de la même manière.

*
* *

On a pu étudier les résultats de la résistance de l'air au moyen d'appareils animés d'un mouvement circulaire; lorsque l'axe de rotation est vertical, on leur donne, en général, le nom de *manège*. Plusieurs savants en ont fait usage. L'éminent directeur de la Smithsonian Institution, le regretté professeur LANGLEY, a, par ce procédé, confirmé et précisé les lois de la résistance de l'air appliquées à des surfaces planes, obliques par rapport au mouvement relatif, et en a tiré des conséquences très intéressantes au point de vue des progrès de l'aviation.

Charles RENARD avait installé un manège à Chalais; enfin, un semblable appareil, de très grandes dimensions, avait été construit au Laboratoire aérodynamique de Saint-Cyr, fondé par Henry Deutsch de la Meurthe, et appartenant aujourd'hui au Ministère de l'Air.

Ce procédé a l'inconvénient de donner lieu à des forces centrifuges, dont il est difficile de déterminer exactement l'influence; aussi doit-on le considérer comme donnant des indications relatives permettant, par exemple, de déterminer le rapport entre la résistance que l'air oppose au mouvement

(3) Avant la démolition de l'enceinte fortifiée de Paris, l'adresse était rue Jeanne d'Arc, à Issy-les-Moulineaux, mais l'emplacement était le même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une sphère et celle qu'il oppose au mouvement d'un disque de même diamètre placé perpendiculairement à la direction de la vitesse relative. Malgré l'avantage que présente le manège de permettre de renouveler facilement les expériences, cet appareil est aujourd'hui peu employé en raison de l'inconvénient que je viens de signaler.

On a également construit des appareils à mouvement circulaire autour d'un axe horizontal. Ils présentent les mêmes commodités et les mêmes inconvénients que les manèges à axe vertical; il faut ajouter qu'il est pratiquement impossible de leur donner d'aussi grandes dimensions qu'aux manèges, et que, par conséquent, les effets de la force centrifuge sont plus importants à vitesse circonférentielle égale.

Charles RENARD, néanmoins, en a fait un usage excellent sous forme de balance dynamométrique. Dans cet appareil, la partie tournante, appelée *moulinet*, est placée, ainsi que son moteur électrique, sur un plateau horizontal porté par des couteaux de balance alignés parallèlement à l'axe de rotation. L'ensemble du moteur et de son moulinet peut, par suite, osciller autour d'un axe parallèle à celui du moulinet. Lorsque celui-ci se met en marche, par suite du phénomène mécanique bien connu de la réaction, l'ensemble tend à tourner en sens inverse de la rotation du moulinet. On limite ce mouvement à quelques degrés au moyen de butoirs. De plus, au plateau est fixé un fléau de balance, dont le bras de levier est connu, et qui porte suspendu un véritable plateau de balance dans lequel on peut placer des poids. On mesure ainsi, avec une grande exactitude, le couple de réaction égal au couple moteur; connaissant le bras de levier de la balance et la distance à l'axe de rotation du corps dont on veut mesurer la résistance, on obtient ainsi, par un calcul très simple, la valeur de celle-ci. Cet appareil a donné d'excellents résultats, mais n'a jamais été considéré par son auteur que comme susceptible de fournir des renseignements relatifs, ne permettant pas d'obtenir des chiffres absolus, en raison des effets mal connus de la force centrifuge.

*
* *

Revenons à l'œuvre aérodynamique de Gustave Eiffel. Dans ses expériences globales, il n'a employé que les mouvements rectilignes. Ses nombreuses expériences ont confirmé, pour les vitesses usuelles en aviation, les deux lois fondamentales antérieurement admises de proportionnalité de la résistance de l'air, d'une part, à la surface de la maîtresse section (section maxima perpendiculaire au mouvement relatif) et, d'autre part, au carré de la vitesse relative. Elles ont permis de déterminer avec une plus grande précision que leurs devancières le coefficient de proportionnalité variant avec la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surface pour un grand nombre de formes données, et, notamment, pour le *plan mince orthogonal* (perpendiculaire à la vitesse relative).

C'étaient déjà des résultats fort intéressants, mais l'emploi de la soufflerie a permis à Eiffel de faire de nombreux essais sur les différentes surfaces planes ou courbes attaquées obliquement par l'air, de déterminer la variation de la résistance, ou plutôt de ses composantes horizontales et verticales, avec l'inclinaison de la surface par rapport au courant d'air. Il a imaginé une représentation graphique, actuellement adoptée dans le monde entier, qui permet de tracer une courbe, appelée *polaire*, donnant les composantes de la résistance de l'air en fonction de cet angle appelé *angle d'attaque* ou *angle d'incidence*.

Après avoir utilisé la soufflerie pour connaître les variations de la résistance de l'air sur des ailes ou sur des parties détachées des avions, il a expérimenté ensuite sur des ensembles d'organes accouplés, par exemple sur les deux ailes du biplan et les pièces qui les réunissent, de manière à étudier l'influence, soit des pièces accessoires, soit des deux ailes l'une par rapport à l'autre. Cette influence, à laquelle on donne aujourd'hui le nom d'*interaction*, est impossible à déterminer par le calcul, et l'expérience seule a permis de la bien connaître. Les souffleries ont fourni un procédé merveilleux d'expérimentation.

En allant plus loin dans la même voie, on essaya des modèles d'avions complets à échelle réduite; ce fut là une source de précieux renseignements. On put, en outre, comparer les résultats des essais en soufflerie sur modèles réduits à ceux qu'on obtenait en vol sur appareils de vraie grandeur. On put en déduire les lois de similitude qui permirent, grâce aux essais de maquettes, de prévoir, à peu près à coup sûr, les qualités des avions réels. Aussi, depuis de nombreuses années, les constructeurs ont pris l'habitude, avant de réaliser un avion, d'en construire à échelle réduite un modèle aussi exact que possible, et de l'essayer, soit au Laboratoire Eiffel, soit au moyen de toute autre soufflerie. Cette façon de procéder a contribué, dans une proportion incalculable, aux progrès de l'aviation.

Une conséquence indirecte de cette habitude fut de constituer, au moyen de maquettes destinées aux essais, un véritable musée historique de l'aviation, dans lequel figurent tous les modèles qui ont été étudiés et qui le sont encore chaque jour. Un certain nombre de ces maquettes sont restées au Laboratoire d'Auteuil, d'autres font partie du Musée aéronautique de Chalais-Meudon.

Jusqu'ici, je n'ai parlé que des expériences synthétiques ayant pour but de connaître la force résultante, et, s'il y a lieu, le couple résultant de l'action de l'air en mouvement sur un corps solide. Il est très intéressant, notam-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment au point de vue de l'équilibre des aéroplanes, de connaître comment les forces élémentaires dues à la résistance de l'air sont réparties sur les différentes parties de l'appareil, et, notamment, sur les ailes sustentatrices et sur les organes de manœuvre (gouvernails de direction ou d'altitude). L'idée avait été émise depuis assez longtemps, et plusieurs expérimentateurs avaient installé, en différents points des surfaces à essayer, des orifices communiquant avec un manomètre sensible, et permettant d'avoir, au point où cet orifice était placé, la valeur de la pression due à la résistance de l'air.

Eiffel a généralisé cette méthode et a fait de très nombreuses expériences, grâce auxquelles il a pu, pour différentes formes d'ailes ou d'autres organes, tracer des courbes d'égales pressions permettant de se rendre compte de la répartition des efforts. En faisant varier l'incidence, on obtenait des courbes différentes. D'autre part, si l'on fait une coupe dans un plan normal à la surface, on peut, en portant en chaque point de la section des ordonnées proportionnelles à la pression due à la résistance de l'air, tracer des courbes faisant voir d'une manière saisissante la répartition des efforts. Ces expériences ont démontré péremptoirement un fait, que l'on soupçonnait et que les expériences globales ne pouvaient pas permettre de découvrir, qu'en certains points les pressions dues à la résistance de l'air sont négatives, et qu'en ces points celui-ci, au lieu d'avoir une tendance à chasser devant lui le corps solide expérimenté, exerce sur lui une aspiration qui peut atteindre des valeurs considérables.

On a ainsi reconnu que, pour un grand nombre de profils d'ailes, la dépression exercée sur la surface supérieure était plus grande que la pression subie par la surface inférieure : si bien que la sustentation d'un avion était souvent due plutôt à la dépression s'exerçant sur l'*extrados* (face supérieure) de l'aile qu'à la pression qui agit sur l'*intrados* (face inférieure).

Ces expériences ont permis de se rendre compte des conditions nécessaires pour assurer la stabilité des avions, en même temps que leur solidité. Elles ont ainsi largement contribué à améliorer la sécurité en vol.

*
* *

Gustave Eiffel a publié plusieurs volumes relatant ses expériences. L'un d'eux, relatif à la météorologie, a été présenté à la Société d'Encouragement, qui, le 30 janvier 1914, a attribué une médaille d'or à son auteur [4]. Un autre volume, rendant compte spécialement des expériences de la Tour Eiffel et des souffleries, est intitulé : *Recherches expérimentales de la résistance de l'air*. Il en a été publié 4 éditions. Un autre volume a pour titre : *La résis-*

(4) Voir le *Bulletin* de décembre 1913, p. 528 et de février 1914, p. 153



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*tance de l'air dans l'aviation.* Il a eu 3 éditions françaises et a été traduit en anglais et en allemand. Enfin, un dernier volume a été consacré aux résultats expérimentaux obtenus sur les hélices aériennes; c'est une étude comparative des différentes hélices et de leur adaptation aux aéronefs dont elles doivent assurer la propulsion. Dans le même ouvrage, une part importante a été consacrée aux hélices aériennes réceptrices, désignées fréquemment sous le nom de *moulinets*, destinées à recueillir la puissance motrice résultant du courant d'air qui les frappe. Ces hélices réceptrices peuvent être employées, sous le nom de roues éoliennes, pour utiliser la puissance du vent, ou, en aéronefs comme moteurs de servitude actionnés par le courant d'air relatif dû à la marche de l'appareil.

Ces moulinets étaient connus depuis longtemps, mais Eiffel en a, le premier, publié une étude expérimentale complète.

Cet ouvrage a été rédigé pendant les dernières années de la vie de l'illustre ingénieur, et je me souviens que, lorsqu'il m'en entretint, il me dit : « Ce sera mon chant du cygne ». En effet, il ne survécut que peu de temps à sa publication.

En résumé, en consacrant, pendant plusieurs années, son intelligence et ses ressources à des recherches expérimentales sur la résistance de l'air, notamment en mettant au point sous forme de souffleries la méthode ud tunnel, en variant les expériences tant synthétiques qu'analytiques, en préconisant les essais sur maquettes, en imaginant et en développant des méthodes graphiques parlant à l'esprit de tous et facilitant les calculs, en publiant le résultat de ses recherches et, surtout, en mettant libéralement son laboratoire à la disposition de tous les chercheurs, on peut affirmer, sans aucune exagération, que Gustave Eiffel a contribué d'une façon magistrale et considérable aux progrès de l'aviation. Il a droit à la reconnaissance de tous les adeptes de la conquête de l'air. Il a su s'entourer, d'ailleurs, de collaborateurs, très distingués parmi lesquels on doit citer MM. Lapresle et Margoulis, qui ont puissamment aidé Gustave Eiffel.

Au nom de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, je salue respectueusement les membres de sa famille qui ont bien voulu assister à cette séance, en leur déclarant que leur deuil est partagé par tous ceux qui s'intéressent à la navigation aérienne et ont foi en son avenir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 8 FÉVRIER 1930

Présidence de M. L. MANGIN, *président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. WATIER (Henry) (O. ✲, ⚜), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, conseiller d'État, directeur des Ports maritimes et des Voies navigables, 16, quai de la Mégisserie, Paris (1er), présenté par M. Lafosse (membre à vie);

M. FAVRE (Louis), Ingénieur agronome, licencié ès sciences, licencié en droit, professeur à l'École de Psychologie, 16, rue des Écoles, Paris (5e), présenté par M. le docteur Bordas.

MM. CH. DE FRÉMINVILLE et G. WERY, *secrétaires généraux*, présentent et analysent des ouvrages récemment entrés dans la Bibliohèque.

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*Comment on organise une affaire commerciale*, par P. SAVARY. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1929;

*La chaîne câblée et ses applications à l'industrie moderne.* (Don de la *Société anon. de la Chaîne câblée*, 113, boulevard Jean-Jaurès, Boulogne-sur-Seine (Seine), membre de la Société);

*Le travail à la chaîne commandée et les manutentions mécaniques* (Don de la *Société anon. de la Chaîne câblée*, membre de la Société).

Don du Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes, Paris (6e).

*Nouveau cours de comptabilité et d'organisation comptable*, par Maurice LUCAS. 1re partie : *Analyse, étude et organisation générales*; 2e partie : *Commerce*; 3e partie : *Industrie*; 4e partie : *Finances*. Thaon-les-Vosges, S. anon. de l'Imp. de Thaon, 1929;

*L'organe comptable.* Instrument de mesure, de contrôle et de signalisation. Puissant moyen administratif, par Maurice LUCAS. Thaon-les-Vosges, 1926;

*La production comptable.* Puissant moyen administratif. Atlas de modèles annexé à l'Organe comptable et au Cours de comptabilité et d'organisation comptable, par Maurice LUCAS. 2e éd. Thaon-les-Vosges;

*Manuel d'organisation du bureau* à l'usage des Écoles de commerce et du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

personnel des bureaux modernes, par Albert NAVARRE. Paris, Libr. Delagrave, 15, rue Soufflot, 1924;

*La technique des affaires* (Méthodes françaises et étrangères). III : *Les affaires et le personnel*, par L. CHAMBONNAUD. 2e éd. (1920). — IV : *Les affaires et l'art de les traiter*, par L. CHAMBONNAUD. 2e éd. (1926). — VI : *Les affaires et l'imprimé*, par Gustave BERNARD, L. CHAMBONNAUD, A. DE LA JAILLE, F. THIBAUDEAU (1920). — VII : *Les affaires et l'annonce*, par L. CHAMBONNAUD, Émile GAUTIER et F. THIBAUDEAU (1921). — VIII : *Les affaires et l'affiche*, par Paul DERMÉE et Eugène COURMONT (1922). — IX : *Les affaires et leur lancement*, par L. CHAMBONNAUD (1922). Paris, Dunod.

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Cinquante ans de travaux sur l'agriculture et sur l'horticulture 1877-1927*, par Pierre HOFFMANN et Jules DEBOFFE. (Blanchisserie et Teinturerie de Thaon, Paul Lederlin, administrateur-directeur). Paris, J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille (6e) (Don des Blanchisserie et teinturerie de Thaon, membre de la Société);

*Comment exploiter un domaine agricole*, par R. VUIGNER. 4e éd. (Encyclopédie agricole). I : *Aménagement du domaine*; II : *Exploitation du domaine*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1929, 1930;

*La taille de plein vent des fruitiers à noyau*, par Edmond RABATÉ. 2e éd. (Nouvelle Bibliothèque du cultivateur). Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 26, rue Jacob (6e);

*Rapports du Conseil d'Administration* de la SOCIÉTÉ DES FERMES FRANÇAISES DE TUNISIE. Exercices 1924, 1925, 1926, 1927, 1928. Tunis, 120, rue de Serbie (Don de M. Jules Saurin, directeur du Comité Bugeaud, de Tunis);

*Vingt-cinq ans de colonisation nord-africaine*. SOCIÉTÉ DES FERMES FRANÇAISES DE TUNISIE. Paris, Soc. d'Éd. géographiques, maritimes et coloniales, 184, boul. Saint-Germain (6e), 1925 (Don de M. Jules Saurin, directeur du Comité Bugeaud, de Tunis);

*La colonisation officielle de 1871 à 1895*. Édition du Comité Bugeaud (Tunis, 120, rue de Serbie). Paris, Soc. d'Éd. géogr., marit. et colon., 1928. (Don de M. Jules Saurin, directeur du Comité Bugeaud, de Tunis);

*Un carburant colonial économique. L'alcool d'agave*, par Victor BOYER (ex *Génie Civil*, 21 déc. 1929). Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (Don de l'auteur.)

M. PAUL SÉJOURNÉ, membre de l'Institut, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, directeur honoraire de la Construction de la Cie P.-L.-M., fait une communication sur *la ligne de chemin de fer de Casablanca à Marrakech et le transport des phosphates marocains*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette ligne a été inaugurée au début de novembre 1928. Sa longueur est de 245 km; de plus, elle comporte un embranchement de 83 km de longueur, entre Sidi el Aïdi, sur la ligne principale, et Kourigha, à travers le gisement de phosphate de cette région. La ligne principale est dirigée à peu près du Nord au Sud; elle traverse deux cours d'eau importants : l'oued Oum er Rébia, qui descend du moyen Atlas, et l'oued Tensift, qui draine le flanc Nord du Grand Atlas.

Le seul point délicat a été la traversée du premier de ces deux fleuves; cependant, les ponts sur ces fleuves ne présentent aucune particularité qui mérite d'être signalée.

Au delà de l'Oum er Rébia, la ligne traverse la plaine de Ben Guérir, puis, successivement : la petite chaîne des Djebilets, au col de Sidi ben Othman, la grande plaine du Haous, arrosée par le Tensift, et atteint l'oasis de Marrakech.

La ligne est à une seule voie, à écartement normal, avec des rayons minimum de 350 m et une rampe maxima de 15 mm : m qui est réduite de $\frac{800}{R}$ dans les courbes de rayon R.

Quand l'étude du tracé de la ligne fut commencée, en 1916, on n'avait pas encore découvert de phosphates au Maroc; l'importance de Marrakech, déjà alors ville de plus de 100.000 habitants, justifiait sa liaison au principal port du Maroc. Dans la suite, on s'est efforcé, avec la nouvelle ligne, de desservir les gisements de phosphates découverts en 1917. C'est pourquoi on construisit rapidement les 57 premiers kilomètres de la ligne puis les 83 km de l'embranchement de Kourigha, qui traverse le gisement dans sa plus grande dimension et met son point le plus éloigné de Casablanca à 140 km de ce port.

Dans le sens Kourigha-Casablanca, la ligne des phosphates a quelques contrepentes de 2 mm : m; tout le reste est en pente, de sorte que le phosphate descend, pour ainsi dire presque par la seule gravité, des centres d'exploitation au port. La ligne est à traction électrique : à la montée, les trains vides gravissent des rampes de 14 mm : m; à la descente, ils récupèrent une partie de l'énergie dépensée à la montée.

La présence du phosphate tricalcique au Maroc paraît avoir été signalée pour la première fois, par un ingénieur français, au Sud-Est de Marrakech. Quelque temps après, un cantinier, qui suivait les armées en opérations, ancien employé d'une exploitation de phosphates en Tunisie, et familiarisé avec l'aspect de la roche phosphatée, en ramassa quelques morceaux dans les déblais provenant de puits indigènes de la région d'El Boroudj; il attira ensuite définitivement l'attention sur ce minerai.

C'est pendant la guerre que, grâce à l'initiative du maréchal Lyautey, des ingénieurs mobilisés au Maroc, et spécialisés dans l'étude des phosphates, reconnurent méthodiquement les gisements.

Les premières recherches ont porté sur la région qui s'étend de l'oued Zem à l'Oum er Rébia. Elles révélèrent une richesse très grande tant comme teneur que comme tonnage.

Le Gouvernement chérifien a créé un office d'état qui fonctionne comme une société industrielle privée. Cet office a seul le droit de rechercher, d'exploiter et de vendre les phosphates au Maroc. Ses bénéfices sont versés au budget chérifien.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les gisements de phosphates marocains actuellement connus sont situés dans trois régions.

La première région, signalée plus haut et la seule exploitée pour le moment, est située au nord de l'Oum er Rébia; elle mesure 50 km de longueur.

La seconde région à peu près dirigée de l'Ouest à l'Est, s'étend du lac Zima à Tessaout, dans la plaine de Ben Guérir, sur une longueur de 75 km; sa largeur moyenne est de 15 km; elle est traversée vers son milieu par la voie ferrée de Casablanca à Marrakech. On étudie, pour la desservir, une ligne transversale, de Ben Guérir au port de Safi.

La troisième région est située au Sud-Ouest de Marrakech, au pied du Grand Atlas; elle est encore imparfaitement reconnue.

Tous les phosphates du Maroc sont situés au-dessus du Crétacé, à la base de l'Éocène. Les gisements comportent plusieurs couches d'épaisseur et de teneur différentes mais toutes exploitables parmi lesquelles une couche à la teneur de 75 p. 100 de $(PO^4)^2\ Ca^3$, la plus élevée des minerais connus. Les autres couches titrent, comme les meilleures d'Algérie et de Tunisie, 60 à 66 p. 100 de $(PO^4)^2\ Ca^3$. On évalue le tonnage existant du seul minerai à 75 p. 100, le seul qui soit exploité actuellement, à au moins 200 millions de tonnes; celui du minerai moins riche, à plusieurs milliards de tonnes. C'est là probablement le gisement de phosphates le plus important du monde; il est pratiquement inépuisable.

Le minerai à 75 p. 100 concurrence aisément les phosphates américains de la Floride sur le marché mondial. Le Maroc en tire un bénéfice net de 50 fr par tonne, soit, pour les 1.600.000 t extraites en 1929, plus de 80 millions de francs.

Voici comment se répartissent les exportations en 1929 :

| | |
|---|---|
| France | 248.000 t |
| Espagne | 288.000 t |
| Pays-Bas | 140.000 t |
| Danemark | 111.000 t |
| Allemagne | 123.000 t |
| Italie | 136.000 t |
| Autres pays d'Europe | 332.000 t |
| Australie, Afrique australe | 147.000 t |
| Autres pays non européens | 83.000 t |

L'exportation des phosphates a commencé le 1er septembre 1923. Voici quels ont été les tonnages transportés depuis cette époque.

| | 1923 (4 mois). | 1924 | 1925 | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| En tonnes . | 50.000 | 361.000 | 724.000 | 877.000 | 1.206.000 | 1.369.000 | 1.608.000 |

Les phosphates sont embarqués à Casablanca. En 1929, leur tonnage a représenté plus de la moitié du mouvement total (entrées et sorties, soit 3.000.000 t) de ce port. L'Office des Phosphates y a créé des installations très modernes pour y entreposer jusqu'à 80.000 t et pour embarquer jusqu'à 1.200 t à l'heure. Les Établissements Kuhlmann y ont installé une fabrique de superphosphates qui, en 1929, a traité 15.000 t de phosphate ayant fourni 25.000 t de superphosphate, dont 8.000 à 9.000 t ont été absorbées par le Maroc même. Ces établissements jouissent d'un traitement de faveur en ce qui concerne l'achat du phosphate.

E. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. MANGIN, *président*. — Je remercie très vivement M. Séjourné de son attachante communication et du voyage agréable qu'il vient de nous faire faire au Maroc en nous présentant des vues de ce pays.

M. ALBERT CRÉMIEUX, agrégé de l'Université, docteur ès lettres, fait une communication sur *la photoscopie et le procédé photoscopique*[1].

M. CH. FÉRY. — Quelles dispositions avez-vous prises pour empêcher l'échauffement du film et aussi, le cas échéant, son inflammation?

M. CRÉMIEUX. — L'appareil ne comporte pas d'écran calorifique; l'intensité du courant 2,6 A est telle que, quelle que soit la durée pendant laquelle une vue est immobilisée, il ne peut y avoir une élévation de température dangereuse pour le film qui, d'ailleurs, est ininflammable.

M. LE COL. RENARD. — Quel est le prix de l'appareil?

M. CRÉMIEUX. — 650 et 750 fr, selon ampérage et modèles, pour l'appareil de lecture ou de projection. L'appareil de prise n'est pas encore mis en vente, mais nous exécutons des films positifs au moyen de documents quelconques, au tarif de 1 fr par vue, pour le premier film positif, et de 0,25 fr pour les films positifs suivants.

M. E. LEMAIRE. — La durée des documents sur papier de chiffons ou de pâte de bois chimique est pratiquement indéfinie. Vos films sont très vraisemblablement en azotate ou en acétate de cellulose, donc sujets à une altération assez rapide sous la triple influence du temps, de la chaleur et de la lumière. Quelle est la durée de conservation de vos films positifs?

M. CRÉMIEUX. — Nous l'estimons à une vingtaine d'années. Comme le négatif est conservé et est beaucoup moins exposé aux causes d'altération que le positif, il peut toujours servir à exécuter un nouveau positif si une durée de conservation de 20 ans est jugée insuffisante.

M. SAUVAGE. — Vous avez dû employer un type spécial de lampe électrique pour vos appareils. Quel est-il?

M. CRÉMIEUX. — Oui; malheureusement, nous sommes tributaires des fabricants de lampes et, jusqu'à présent, aucun d'eux n'a réussi à construire une bonne lampe à bas voltage soit 30 V pour 2,6 A.

M. SAUVAGE. — Quelle est la durée de vie de ces lampes et quel en est le prix?

M. CRÉMIEUX — Elles vivent 40 à 45 heures. Leur prix est de 12 fr.

M. CH. FÉRY. — Votre canalisation, qui joue à la fois le rôle de résistance

(1) On trouvera le texte *in extenso* de cette communication dans le présent numéro du *Bulletin*. Voir p. 210.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et celui d'un redresseur de courant, absorbe certainement une grande fraction de l'énergie électrique, les deux tiers probablement. Ne vaudrait-il pas mieux effectuer la transformation auparavant et n'employer qu'un faible rhéostat pour le réglage?

M. CRÉMIEUX. — Théoriquement oui; pratiquement presque toujours non, car la transformation préalable exige un appareil et une manipulation de plus, et cela pour réaliser une économie d'énergie qui ne représente pas, au total, une grande somme d'argent.

M. MANGIN, *président*. — Je remercie très vivement M. Crémieux pour sa très intéressante communication. J'espère qu'il voudra bien nous en donner un texte en vue de son insertion dans notre *Bulletin*.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## SÉANCE PUBLIQUE DU 22 FÉVRIER 1930.

Présidence de M. LOUIS MANGIN *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. FOSS ERLING, diplômé de l'École polytechnique de Copenhague, ingénieur civil, 6, rue Pasteur, Saint-Cloud (Seine-et-Oise), présenté par M. Ringelmann;

M. DE VILMORIN (Roger), licencié ès sciences, 54, avenue Foch, Paris (16e), présenté par M. Henri Hitier et M. Georges Wery.

M. MANGIN *président*. — J'ai le regret de vous annoncer la mort de M. GEORGES MARIÉ qui était membre de notre Société depuis de nombreuses années.

Plusieurs fois lauréat de l'Académie des Sciences, lauréat de notre Société en 1924, et ancien ingénieur de division des Chemins de fer P.L.M., il s'était spécialisé dans l'étude de la stabilité du matériel de chemin de fer et des véhicules en général. Il était l'auteur d'un très important ouvrage relatif à ces questions.

Nous adressons notre sympathie émue à la famille de ce très regretté collègue.

M. MANGIN *président*. — J'ai le très grand plaisir de vous faire savoir que M. CHARLES FREMONT, un de nos collaborateurs les plus anciens, dont la réputation est mondiale, vient d'être enfin nommé chevalier de la Légion

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'honneur au titre du Ministère de la Marine. Il a été plusieurs fois lauréat de notre Société qui, en 1921 lui a décerné sa plus haute récompense, la grande médaille annuelle. On trouvera les titres principaux de M. Fremont dans le rapport que notre ancien président, M. Sauvage, a rédigé à ce propos (*Bulletin* de juin 1921, page 540).

J'ajouterai que, depuis, M. Fremont a continué à travailler et notre *Bulletin* a eu, à plusieurs reprises, la primeur de ses nouvelles recherches.

Vous savez que M. Fremont exécute ses recherches avec la préoccupation principale d'améliorer la qualité des métaux et des matériaux employés dans la construction, et cela en vue d'éviter les accidents.

Nous adressons nos très vives félicitations à M. Fremont.

MM. Ch. DE FRÉMINVILLE et GEORGES WERY, *secrétaires généraux*, présentent et analysent quelques ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque.

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*IV^e Congrès international de l'Organisation scientifique du Travail, Paris 1929. — Mémoires.* Paris, Commissariat général, 25, r. du Général Foy (8^e);

*La théorie de la relativité et la mécanique céleste*, par Jean CHAZY. Tome II. (Collection de physique mathématique, fascicule III). Paris, Gauthier-Villars et C^ie, 55, quai des Grands-Augustins (6^e), 1930;

SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'ÉCLAIRAGE. — Brochure n° 3 : *Unités et mesures photométriques.* Annexe n° 1 : *Le laboratoire de photométrie de la Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage.* Paris, 134, b. Hausmann;

*Questions de chemins de fer. Études commerciales.* Les tarifs de transport sur les grands réseaux de chemins de fer français depuis l'unification en 1919-1920, avec un appendice sur les transformations récentes de la tarification allemande, par Richard BLOCH (suite à l'édition de 1921). (Encyclopédie industrielle et commerciale). Paris, Librairie de l'Enseignement technique, L. Eyrolles, 3, rue Thénard (5^e), 1930;

*Essais de traction à chaud sur aciers (450°).* Rapport présenté en juin 1929 au Centre d'études du Bureau Veritas, par Jean GALIBOURG. Paris, Centre d'information du Nickel, 7 et 9, boulevard Haussmann (9^e);

*La photoscopie et le photoscope.* Paris, La Photoscopie, 61, rue Jouffroy (17^e);

*Les cartes industrielles de France :*

*Grande banlieue* (Seine-et-Oise, Seine-et-Marne) (1927);

*Nord et Pas-de-Calais.* Pl. I : Carte générale (1929); — III : Centres industriels Ouest (1929); IV : Centres industriels Est (1929);

*Alsace* (Haut-Rhin et Bas-Rhin). Pl. I : Carte générale (1929); — II : Principaux centres industriels (1929);

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Territoire de la Sarre* (1928);
*Lyon et le département du Rhône* (1928);
*Isère* (1927);
*Savoie* (1927);
*Rhône maritime.* Pl. I : Carte générale et centres industriels (1928); — II : Marseille et les principaux centres des Bouches-du-Rhône (1928);
*Rouen* (1928);
*Seine maritime.* Pl. III : Principaux centres (1929);
*Le port de Strasbourg et ses usagers.* 3e éd. (1930);
*Reims* (1928);
*Les gisements miniers français et limitrophes;*
*Les liaisons électriques de l'Est de la France* (1928).

Don de la Société de Documentation industrielle. (Paris, 35, rue Saint-Dominique (7e); Strasbourg, 24, rue du 22 novembre).

M. Wery présente les ouvrages suivants :

*Le climat de l'Indochine et les typhons de la Mer de Chine*, par E. Bruzon et P. Carton. Hanoï, Imp. d'Extrême-Orient, 1929 (Don de M. Georges Wery, secrétaire général de la Société);

*Le peuplement français en Tunisie*, par Jules Saurin. Paris, Aug. Challamel, 17, rue Jacob (6e), 1910 (Don de l'auteur);

*La coopération vinicole en France*, par Louis Tardy. Agen, Imp. Moderne, 43, rue Voltaire, 1929 (Don de l'auteur);

Ministère de l'Agriculture. — Caisse nationale de Crédit agricole. — *Rapport sur les opérations faites par la Caisse nationale de Crédit agricole pendant l'année 1928* en application de la loi du 2 août 1923 facilitant par des avances de l'État la distribution de l'énergie électrique dans les campagnes (ex *Journal officiel*, 29 décembre 1929). Paris, Imprimerie des Journaux officiels, 31, quai Voltaire (7e);

Ministère de l'Agriculture. — Caisse nationale de Crédit agricole. — *Rapport sur les opérations faites par les Caisses régionales de Crédit agricole mutuel pendant l'année 1928* et sur l'application de la loi du 5 août 1920 (ex *Journal officiel*, 29 décembre 1929). Paris.

M. Mangin, *président.* — M. André Grebel, que vous allez entendre, s'est spécialisé depuis longtemps dans les questions touchant l'industrie gazière et les carburants. Il a exécuté sur ces questions de nombreux travaux, que notre Société a eu le plaisir de récompenser en 1927 d'une médaille d'or.

Vous allez l'entendre aujourd'hui sur une question d'actualité qui se rattache à ses travaux antérieurs, celle du cognement des moteurs à explosion

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et des moyens d'éviter ce cognement par l'emploi de carburants non détonants ou de dispositifs appropriés.

M. André Grebel fait une communication sur *le cognement dans les moteurs à explosion et les carburants non détonants.*

Les chocs qui s'observent dans la marche des moteurs à explosion et même, mais plus rarement, des moteurs Diesel, sont insupportables pour celui qui est au voisinage du moteur; ils abrègent la vie du moteur et ils abaissent son rendement économique. Leur existence et leur fréquence dépendent des dispositions du moteur, de son allure, de son réglage, et surtout de la nature des carburants. La combustion, en effet, ne s'amorce pas et ne se développe pas toujours progressivement dans certaines conditions de température et de pression.

M. Grebel passe en revue les différentes causes qui peuvent produire le choc et montre comment varie l'intensité du choc avec ces causes.

Les carburants du commerce, non mélangés, se classent comme suit (aux taux de compression compris entre 4,5 et 7 pour les moteurs ordinaires) par ordre d'aptitude croissante au choc : le benzol, l'alcool éthylique anhydre, l'essence riche en produits aromatiques, l'essence de cracking, l'essence d'aviation, carburants qui peuvent être considérés comme non détonants ou « indétonants »; puis, aux taux compris entre 3 et 4,5, l'essence légère d'automobile, l'essence lourde d'automobile, les gas-oils et le pétrole, qui sont détonants.

Les antidétonants, qui viendraient en tête de la liste précédente si on veut s'attacher comme M. Grebel à un classement général des corps qu'on peut introduire dans un moteur, sont des corps tels qu'ajoutés en petite proportion (moins de 5 p. 100) aux carburants, ils provoquent une élévation de leur température d'allumage spontané d'au moins 50 degrés. Les plus connus de ces corps sont le *mothyl* (fer-carbonyle), l'*éthyle* (plomb-tétraéthyle) et l'aniline.

M. Grebel insiste sur la notion de température d'allumage spontané, indépendante de la nature et de la marche du moteur. C'est la température la plus basse à laquelle s'enflamme une goutte du carburant qu'on laisse tomber sur la surface d'une masse métallique chaude, La goutte entre en caléfaction; la masse métallique est chauffée à une température croissante ou décroissante en même temps que sa surface est balayée par un courant très lent d'air ou d'oxygène. Il faut que l'allumage, pour être considéré comme spontané, s'accompagne d'un bruit d'explosion perceptible pour l'oreille et dans un délai variant d'une fraction de seconde à plusieurs secondes.

*Grosso modo*, le classement des carburants par ordre décroissant de leur température d'allumage spontané est le même que leur classement par ordre décroissant des taux de compression qu'ils peuvent supporter sans provoquer de cognement dans un moteur pourvu de chambres de compression dont le volume peut être augmenté.

Les expériences de distillation fractionnée très poussée exécutées sur les carburants en usage ou préconisés, ont permis à M. Grebel de scinder, dans les produits commerciaux, des fractions très détonantes. Le mode de coupage actuel des pétroles en fonction de la température d'ébullition ou de la densité devrait donc être remplacé, au moins pour les carburants destinés à des moteurs à taux élevés de com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pression, par une séparation en fonction des qualités plus ou moins détonantes de ces fractions. A cet égard, on observe de très grandes différences dans la composition d'essences du commerce en apparence identiques ou presque; de même, la température d'allumage spontané de semblables essences n'est pas la moyenne des températures d'allumage spontané de leurs composants, compte tenu des proportions. C'est ainsi que le benzène joue une influence favorable beaucoup plus grande que l'influence défavorable des composés non aromatiques de queue dans une essence spéciale recommandée par une publicité intensive.

E. L.

M. Ch. Walckenaer. — Est-ce que les antidétonants ne sont pas tous très toxiques?

M. A. Grebel — Oui, du moins en ce qui concerne les composés organo-métalliques et les métaux carbonyles. Non seulement ils sont toxiques à l'état pur mais encore, même après leur transformation, dans les gaz d'échappement. La question du danger de leur emploi a fait l'objet de controverses mondiales. Les Américains défendent le plomb-tétraéthyle et les Allemands le fer-carbonyle.

A la solution « médicamenteuse » et antihygiénique qu'est l'addition d'un antidétonant, il faut préférer, à notre sens, celle des additions de carburants non détonants, comme l'alcool et surtout le benzol, aux essences détonantes. Et avant tout, il faut rechercher, dans les produits commerciaux, ceux qui ont des qualités propres non détonantes, ignorées en partie par leurs producteurs et leurs vendeurs.

M. E. Lemaire. — A quel état se trouvent les composés organo-métalliques lorsqu'ils sont sortis du moteur? S'il y a transformation parfaite et notamment combustion complète, avec le fer-carbonyle, on ne fait que jeter dans l'atmosphère une poussière inerte : des oxydes de fer; mais si c'est du plomb-tétraéthyle, cette poussière est constituée par des oxydes de plomb qui sont toxiques. Il se peut aussi qu'il y ait production d'oxyde de carbone.

M. A. Grebel. — Pour tâcher de diminuer la toxicité des produits de combustion du plomb-tétraéthyle, on lui ajoute précisément, dans l'*éthyle fluid*, du bromure d'éthyle, destiné à former avec le plomb du bromure de plomb volatil.

L'oxyde de carbone du fer-carbonyle est évidemment toxique s'il n'est pas brûlé à fond. L'oxyde rouge de fer qui se forme n'est pas très dangereux dans l'atmospbère, mais il l'est dans le moteur pour la conservation de celui-ci. Au bout de quelques heures de marche, même avec de très faibles additions de fer-carbonyle, la culasse, le fond du piston, la chapelle, les soupapes et les bougies sont couverts d'un dépôt rouge, abrasif. On observe des attaques des soupapes et de leurs sièges.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. MARTINOT-LAGARDE. — Comment mesure-t-on la température d'allumage spontané, avec quels appareils, et quel est le degré de précision de la méthode et des appareils?

M. A. GREBEL. — On chauffe régulièrement le creuset métallique et on détermine la température minima à laquelle s'enflamme, avec une petite explosion, la goutte qu'on y fait tomber. Dans l'appareil Moore-Krupp, le platine du creuset de Moore est remplacé par de l'acier inoxydable.

Le phénomène est une sorte de très fort agrandissement de celui que subissent les fines gouttelettes de carburant lorsqu'elles brûlent à l'intérieur du cylindre.

Quel que soit l'appareil employé, en suivant bien le mode opératoire, on obtient des chiffres comparables entre eux, presque aussi facilement qu'on détermine le point d'éclair des carburants non volatils; à 2 ou 3 degrés près.

M. MARTINOT-LAGARDE. — Ce que M. Grebel a dit au sujet de la qualification possible des essences suivant d'autres critères que le point d'ébullition et la densité est d'une extrême importance pour l'aviation. Pour l'établissement de nos cahiers des charges, il ne suffira pas d'ailleurs de définir la qualité non détonante, il faut aussi définir l'appareil et le mode opératoire qui permettent de la déterminer.

M. GREBEL. — On ne peut se fier aux résultats d'essais sur des moteurs et même sur des moteurs d'expérience comme ceux de Ricardo, Delco, etc.; ils ne sont jamais comparables à eux-mêmes; d'ailleurs, leur exécution est trop longue.

La mesure de la température d'allumage spontané est un critérium extrinsèque, mais précis et commode, facile, comme vous venez de le dire, à associer aux autres contrôles adoptés. Elle permettrait d'éliminer les carburants trop détonants, et dangereux pour les moteurs d'avions.

Il ne serait pas difficile de créer un appareil de recette français du même genre que ceux qui sont employés dans différents pays étrangers, à défaut d'un appareil « standard » mondial, qui n'existe pas encore.

M. le colonel JANVIER. — Comment peut-on savoir exactement s'il y a cognement ou non?

M. GREBEL. — On est obligé de s'en tenir à l'appréciation par l'oreille de la nature et l'intensité du cognement. C'est regrettable. Mais les modes d'évaluation physiques qu'on a pu proposer sont plus critiquables encore. Ainsi la mesure de Midgley, correspondant à la quantité d'hydrogène décomposé électrolytiquement de l'eau, et proportionnelle à la fréquence du rétablissement des contacts par un vibrateur commandé par les variations

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de pression dans le cylindre, mais sujet à des harmoniques amplificatrices, est-elle bien difficile à relier aux sensations auditives.

Il faut cependant dire que les oreilles exercées, non influencées par le parti pris commercial, sont assez souvent d'accord.

M. MANGIN, *président*. — Je remercie très vivement M. Grebel de sa très intéressante communication sur un sujet tellement important qu'on peut dire qu'il intéresse tout le monde.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## COMITÉ DES CONSTRUCTIONS ET DES BEAUX-ARTS

(EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 18 FÉVRIER 1930.)

### Oxydes de fer employés comme colorants des enduits de chaux ou de ciment.

par M. H. M. MAGNE, *membre du Conseil*.

Les oxydes de fer, dont les échantillons ont été fournis à la Société d'Encouragement par la Société pour l'Importation de Matières colorantes et de Produits chimiques, 49 *bis* avenue Hoche, Paris, offrent une grande diversité de tons.

La gamme des noirs est profonde, depuis le n° 306, de coloration chaude, jusqu'au n° 313, qui a un reflet bleu.

Les bruns présentent également une gamme variée, depuis le n° 660, analogue à la terre d'Ombre, le n° 640, qui est brun rouge, jusqu'au n° 610, qui se rapproche de la terre de Sienne naturelle.

C'est dans les rouges que la palette est la plus riche. Si les n$^{os}$ 20 et 30 se rapprochent d'une terre rouge, le n° 10 est brillant comme du vermillon, le n° 60 donne l'aspect d'une laque, le n° 80 est pourpre.

Le jaune n° 415 est plus brillant que l'ocre jaune.

Ils ont été essayés à mon laboratoire pour la peinture à fresque sur chaux grasse et sur ciment. Ils ont été employés dans les mêmes conditions que les terres, c'est-à-dire mélangés avec une faible quantité de chaux ou de ciment, suivant que le support, est un enduit de chaux ou un enduit de ciment, et passés sur le mortier frais. Ils se sont comportés comme les terres ordinaires.

Leur emploi paraît devoir donner une sécurité égale à celle qu'on obtient avec celles-ci, tout en offrant une variété et une richesse de tons supérieures.

---

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BIBLIOGRAPHIE

**Théorie mathématique de l'élasticité** par LÉON LECORNU, membre de l'Institut. Mémorial des Sciences mathématiques, fasc. XXXV. Une brochure (25 × 16 cm), 51 p. Gauthier-Villars et Cie, éd., 55, quai des Grands-Augustins, Paris, 1929.

M. Lecornu avait déjà traité la question de l'élasticité des corps solides au tome II de son *Cours de mécanique* à l'École polytechnique, publié en 1915. Il n'y développait que la théorie ayant pour point de départ l'hypothèse de la continuité de la matière, mais, sur les bases de cette hypothèse et de la loi expérimentale de Hooke, il donnait, pour le cas d'un solide isotrope, toute la suite des démonstrations, et il éclairait la solution générale par des exemples d'applications, comme il convient à un enseignement.

En 1918, dans un genre différent de littérature scientifique, il a discuté les diverses hypothèses et leurs conséquences essentielles, sans le secours d'aucune formule, dans son intéressant livre intitulé : *La mécanique, les idées et les faits.*

En 1928, il a donné au *Journal de Mathématiques pures et appliquées* un article « Sur la mécanique physique » où, après avoir rappelé en quelques lignes extraites du livre de M. Jean Perrin (« Les atomes ») les idées modernes sur la constitution de la matière, il met en évidence l'impossibilité de suivre dans toutes ses conséquences l'hypothèse, admise en mécanique analytique, de la rigidité absolue des liaisons, et montre comment se résolvent les paradoxes de ce genre.

Dans son nouveau mémoire, il reprend toute la question de l'élasticité des solides, en s'attachant à la fois à la comparaison des hypothèses et aux principes du calcul des solutions.

On peut aborder le problème de l'équilibre d'élasticité par deux méthodes distinctes, dont les points de départ diffèrent et dont les conclusions concordent en bonne partie, mais non complètement.

Dans l'une, qui est celle de la mécanique analytique de Lagrange, on part des propriétés physiques de la matière telles qu'elles apparaissent, d'après l'expérience, sur les échantillons de dimensions finies, et en particulier de la loi de proportionnalité des petites déformations aux efforts qui les produisent (loi de Hooke). On admet que, si l'on isole par la pensée au sein d'un corps homogène une petite partie telle que ses dimensions puissent être traitées comme infiniment petites, les mêmes propriétés subsistent dans cette petite partie et déterminent la manière dont elle obéit aux tensions provenant de la matière environnante, aux forces massiques et aux forces de liaison. C'est l'hypothèse dite de la continuité de la matière. Pour que tout se passe, au moins en première approximation, comme si elle était exacte il n'est aucunement nécessaire que la matière, dans sa constitution intime, soit réellement continue : il suffit que ses éléments constitutifs, les distances qui les séparent, les élongations des mouvements dont ils sont animés, etc. soient d'une extrême petitesse.

L'autre méthode est celle de la mécanique physique de Poisson. On suppose la matière constituée par une multitude de points matériels agissant les uns sur les autres, et l'idée première est que l'action mutuelle de deux quelconques de ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

points est une force attractive ou répulsive s'exerçant en ligne droite et en fonction seulement de la distance. C'est l'hypothèse dite des forces centrales. La fonction n'est pas connue, mais on admet, afin de retrouver la loi de Hooke, qu'elle a une dérivée de grandeur finie.

M. Lecornu donne d'abord un bref résumé de la première théorie (hypothèse de la continuité de la matière) et de son application au problème de l'équilibre d'élasticité d'un solide isotrope (équations de Lamé, etc). Toute la suite des idées s'y trouve, avec les formules essentielles, mais sans le détail des démonstrations. Puis, considérant le cas plus général d'un solide anisotrope, il discute la question du nombre des coefficients arbitraires qui entrent dans l'expression des tensions et du travail des forces. Il est ainsi amené à comparer les conséquences des deux théories. La seconde (hypothèse des forces centrales) aboutit, dans le cas de l'isotropie, à des équations analogues à celles de Lamé; toutefois, lorsque le corps isotrope possède un état naturel (c'est-à-dire un état dans lequel, en l'absence de forces massiques, toutes les tensions sont nulles), ce qui est le cas ordinaire, cette seconde théorie exige que les paramètres $\lambda$ et $\mu$ de Lamé soient égaux. Or, ces paramètres étant principalement caractéristiques, l'un de la résistance à la compression, l'autre de la résistance au glissement, leur égalité ne paraît guère admissible pour certains corps dont la déformation par glissement est particulièrement facile. C'est pourquoi l'hypothèse des forces centrales a été diversement modifiée ou complétée par Poincaré, Duhem, lord Kelvin, Voigt, en vue de faire disparaître cette contradiction.

Avant de quitter l'étude des corps d'étendue finie en tous sens, M. Lecornu ouvre un aperçu sur le domaine de la dynamique en indiquant les principes de solution applicables aux mouvements vibratoires des solides isotropes, à la propagation des ondes planes en milieu indéfini et à l'influence de la viscosité.

Cela fait, il s'occupe des corps minces (problème de Saint-Venant, travaux de MM. Cosserat), en s'étendant surtout sur les deux cas importants des tiges et des membranes.

Les effets thermiques, jusque-là laissés de côté, sont ensuite examinés. M. Lecornu en tient compte en faisant appel aux principes de la thermodynamique.

Enfin viennent les théories relatives aux déformations finies, tant cinématiques que dynamiques. L'auteur signale les applications qui en ont été faites à l'étude de la propagation des ondes dans les solides élastiques (Duhem, Hadamard) et des ondes de choc (Jouguet). Le dernier paragraphe est consacré aux phénomènes de flambement.

Le mémoire se termine par un aperçu historique d'un haut intérêt et est suivi d'un index bibliographique où la suite des noms d'auteurs, rangés par ordre chronologique, débute par Hooke et Mariotte, comprend entre autres Navier, Cauchy, Poisson, Lamé, Clapeyron, Boussinesq, Poincaré, Duhem, et se termine par Jouguet et Roy.

CH. WALCKENAER.

**Manuel pratique de l'émaillage sur métaux**, par Louis-Élie MILLENET (3e édition). Un vol. (12 × 19 cm), 130 p., fig. Dunod, éd. Paris 1929.

Ce manuel, écrit par un praticien de l'émaillerie, descendant lui-même d'une longue lignée d'émailleurs de Genève, présente un exposé très détaillé de la tech-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nique de l'émaillage sur or, argent, platine et cuivre au moyen d'émaux transparents, translucides ou opaques, en passant en revue les divers modes d'application de ces émaux : soit sur des surfaces lisses, soit sur des surfaces champlevées, soit sur des cloisonnés à fonds pleins ou ajourés, soit enfin sous forme de peinture sur des surfaces émaillées.

Cet ouvrage complète sur quelques points les traités déjà nombreux sur l'art de l'émail, tels que ceux d'Alfred Meyer, de Claudius Popelin et de H. H. Cuningham, mais ne les remplace pas au point de vue des côtés historiques et artistiques que M. L. E. Milleret ne traite pas dans son manuel, où manquent également, en général, les explications scientifiques des difficultés que révèle la pratique, difficultés que l'auteur connaît d'ailleurs et décrit fort bien, en indiquant, d'une façon toujours exacte, à notre avis, le moyen de les tourner ou de les vaincre. L'ouvrage de M. L. E. Milleret s'adresse donc surtout, comme son titre le rappelle, aux praticiens de l'émaillage qui le consulteront certainement avec fruit.

G. CHESNEAU.

**Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur**, par A. PÉRARD, Premier Adjoint du Bureau international des Poids et Mesures. Une brochure (25×16 cm), 34 p.

Dans cet opuscule de 34 pages, M. Pérard, après un court historique sur les unités de longueur successivement employées, fait ressortir la tendance qui consiste à appuyer la définition de l'unité de longueur sur le contrôle d'une grandeur physique permanente, précise et facile à reproduire en tous lieux, sans recours à aucun intermédiaire.

A l'heure actuelle, l'étalon qui définit l'unité de longueur est une règle en platine iridié matérialisant cette unité par la distance des axes de deux traits.

Après avoir montré comment on est arrivé à cet étalon, M. Pérard montre quelles sont les idées qui ont conduit successivement à rechercher l'emploi de matières cristallisées, ou tout au moins de règles à bouts cristallisés, puis la longueur d'onde d'une radiation lumineuse parfaitement définie.

Il fait ensuite une critique minutieuse de l'étalon actuel au point de vue de la permanence, de la précision et de la facilité de reproduction et de transport.

Passant aux étalons à bouts en quartz cristallisé, il montre qu'il n'y aurait pas d'avantage sérieux à les substituer au mètre actuel.

Enfin il aborde, avec beaucoup plus de détails, la définition de l'unité de longueur par une onde lumineuse.

Après une discussion sur le choix de la radiation étalon, discussion appuyée sur de nombreuses expériences personnelles, il entre dans la partie la plus minutieuse du sujet et analyse toutes les causes de variation :

présence de satellites de la radiation principale;

renversement spontané de la raie;

conditions intérieures de la lampe (température de la source, intensité et fréquence du courant d'illumination, champ électrique, champ magnétique etc...).

Indépendamment des causes d'erreur nettement systématiques, mais dont l'influence ne peut pas, comme celles qui précèdent, être exprimée par un chiffre, le



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

degré d'exactitude d'une mesure effectuée au moyen d'une longueur d'onde lumineuse dépend encore d'un certain nombre de facteurs qui, par leur imprécision propre, peuvent entraîner des erreurs appréciables sur le résultat final.

Parmi ces dernières figurent les conditions du milieu propagateur : pression, température, humidité et surtout composition en acide carbonique, conditions desquelles dépend la fixité de son indice.

Après cette analyse extrêmement minutieuse, l'auteur conclut comme suit :

1° la définition par un étalon de quartz est à rejeter;

2° la définition par une longueur d'onde lumineuse est à réserver;

3° en l'état présent, la définition par la règle de platine est à maintenir;

4° l'étalon naturel est encore du domaine de l'avenir.

Les travaux personnels et les conclusions sérieusement étayées de M. Pérard dénotent à la fois le souci passionné du progrès et la prudence de ne pas abandonner un étalon qui a fait et fait encore ses preuves, avant d'être sûr d'obtenir un étalon meilleur.

Ce travail fait le plus grand honneur à M. Pérard, dont il est d'ailleurs superflu de rappeler ici les qualités d'expérimentateur de haute classe.

M. GARNIER.

**Appareillage électrique haute tension; théorie; construction; applications**, par CHARLES BRESSON, ingénieur en chef des ateliers de Delle. Un vol. (25 × 16 cm), 460 p., 379 fig. 1930. Dunod, édit., 92, rue Bonaparte, Paris (6e).

L'appareillage d'interruption et de protection joue un rôle de premier plan dans le fonctionnement et la sécurité des stations modernes. C'est un sujet qui a fait l'objet de nombreuses études fragmentaires dans les revues diverses.

L'ouvrage de M. Bresson présente, dans cette branche capitale de l'électrotechnique appliquée, une vue d'ensemble où sont exposées la théorie, la construction, l'installation de l'appareillage pour les stations à haute tension à grande puissance.

Après avoir rappelé les conditions que l'on peut exiger du matériel et des installations, l'auteur étudie les problèmes posés par l'isolement, l'échauffement normal, les effets thermiques et électrodynamiques des grands courants, la rupture des circuits par l'intermédiaire d'un arc, les effets des surtensions.

Les principes et détails de construction des appareils de coupure et de protection (sectionneurs, disjoncteurs à huile, coupe-circuits, bobines de réactance, bobine de choc, parafoudre, etc..) sont largement développés. De nombreux renseignements sont donnés sur les installations les plus fréquentes à l'intérieur des bâtiments et à l'air libre.

Cet ouvrage, très remarquable en raison de la haute compétence de son auteur, comble, par son sujet d'actualité et la documentation qu'il renferme, une lacune dans la littérature électrotechnique et peut rendre de grands services aux étudiants, aux ingénieurs et techniciens.

Dans le premier chapitre sont énoncées les conditions à remplir par l'appareillage; les problèmes à résoudre sont ainsi posés et sont étudiés dans les chapitres suivants :

Le chapitre II traite la question de l'isolement, c'est-à-dire des propriétés des isolants employés en haute tension, d'après leur nature (isolants gazeux, liquides,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

solides), leurs dimensions, la forme des armatures; car il est indispensable de choisir ces isolants, de les associer, de déterminer leurs dimensions et la meilleure forme à donner aux armatures, pour résoudre économiquement les problèmes d'isolement. L'application en est faite aux principaux types d'isolateurs de traversée utilisés à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments.

Le chapitre III examine la question de l'échauffement des pièces conductrices sous le courant normal et donne de nombreux renseignements pour le calcul des dimensions des sections des surfaces de contact, en tenant compte de l'effet Skin en courant alternatif.

L'application de ces données est faite à l'appareillage de sectionnement.

Dans le chapitre IV c'est l'étude de la rupture d'un circuit par l'intermédiaire de l'arc. Après avoir rappelé les lois d'Ayrton et Steinmetz ainsi que leurs possibilités d'applications, l'auteur donne des lois empiriques sur les conditions d'existence de l'arc dans l'huile et développe en particulier la question importante des effets du soufflage électrodynamique sur la durée d'existence de l'arc.

Le chapitre V est concacré aux effets thermiques et électrodynamiques des surintensités qui jouent parfois un rôle plus important dans la construction de l'appareillage que les conditions de régime normal.

Le chapitre VI traite des appareils d'interruption, surtout du plus important d'entre eux, l'interrupteur dans l'huile.

En dehors des détails de construction des appareils, de leur mode de commande directe ou à distance, on trouve des résultats d'essais effectués sur les résistances de choc et une théorie sur les phénomènes thermodynamiques et mécaniques des gaz provenant de la rupture et le rôle des pots d'échappement.

L'installation de l'appareillage dans les centrales et les postes fait l'objet du chapitre VII où sont décrits les dispositions en cellules, en appareillage semi-blindé et blindé, les sous-stations et petits postes à air libre.

Après les chapitres précédents concernant l'appareillage de sectionnement et de protection, vient l'appareillage de protection.

Dans le chapitre VIII, c'est l'appareillage de protection contre les surintensités. Après un rappel des principes de calcul des courts-circuits dans les réseaux, les dispositifs de protection sont étudiés, les détails sont donnés, notamment sur les bobines de réactance dont l'application se développe de plus en plus, sur les relais et leur mode d'alimentation par les transformateurs de borne. Le choix et le rôle de l'interrupteur à huile pour la coupure des courts-circuits sont particulièrement examinés, ainsi qu'une originale méthode d'essais à la poudre, utilisée avant l'existence de stations d'essais à grande puissance.

Le dernier chapitre comprend une vue d'ensemble sur les systèmes de protection et de nombreuses formules sont données, en particulier pour le calcul des bobines de self.

JEAN CARPENTIER.

**Comptage de l'énergie électrique en courants alternatifs** par J. TARTINVILLE, Ingénieur des Arts et Manufactures, directeur de la Société d'Électricité du Littoral normand. Un vol. (25 × 16 cm), VII-154 p., 108 fig. 1930. Dunod, édit., 92, rue Bonaparte, Paris (6e).

L'importance des factures de vente d'énergie électrique a attiré l'attention des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distributeurs et de certains abonnés sur la précision des appareils, transformateurs et compteurs, qui servent à la mesure des quantités d'énergie électrique.

Jusqu'à ces dernières années, la précision de ces appareils de mesure était assez faible; elle diminuait encore après quelques années de fonctionnement. La somme des erreurs des différents postes de comptage d'un réseau de distribution, même petit, représentait en fin d'année de fortes sommes.

Les constructeurs de transformateurs et de compteurs à courant alternatif ont apporté à ces appareils de nombreux perfectionnements destinés à diminuer l'importance des erreurs commises et à rendre l'entretien de ces appareils plus facile.

Différentes sortes de tarification ont été adoptées pour rendre la vente de l'énergie électrique plus rationnelle. Des compteurs correspondants à ces différents tarifs (formule binome, énergie apparente, énergie complexe, tarifs multiples... etc.) ont été réalisés. Il permettent de vendre l'énergie à un prix tenant compte de tous les facteurs qui influent sur le prix de revient. Ces compteurs permettent en outre aux abonnés d'obtenir, par un emploi judicieux de l'énergie qu'ils consomment, la puissance électrique à un prix plus avantageux.

Malgré les progrès réalisés dans la construction des compteurs, il est cependant indispensable que les distributeurs ne laissent pas à l'abandon leurs postes de comptage. Avec le temps, divers facteurs tendent à fausser les indications des compteurs, aussi les secteurs trouveront un bénéfice certain en organisant un service régulier de contrôle et d'entretien de leurs compteurs.

L'ouvrage de M. J. Tartinville, qui comporte de nombreux graphiques, schémas, tableaux et photographies, se limite au comptage en courants alternatifs.

Les premiers chapitres apportent une documentation très complète sur les différents principes et montages utilisés pour la mesure de la puissance en courant mono et polyphasé ainsi que sur les différents compteurs en usage et sur les causes d'erreurs de ces appareils. La vérification et le réglage d'un compteur y sont indiqués en détail.

Les chapitres suivants sont consacrés aux transformateurs et réducteurs de tension et d'intensité. Ils indiquent les principes et montages utilisés en haute et basse tension et les montages de secours qui, en cas d'avarie d'un des transformateurs, permettent, provisoirement, une mesure aussi approchée que possible de l'énergie.

Un chapitre spécial étudie les différentes sortes de fraudes. Il indique les altérations possibles du comptage et les moyens de les éviter.

Le dernier chapitre indique en détail toutes les tarifications spéciales employées et décrit les divers modèles de compteurs correspondants.

Les distributeurs d'énergie électrique trouveront dans cet ouvrage tous les éléments nécessaires à leur service d'étalonnage : construction de tables d'étalonnage, organisation d'un service de contrôle et d'entretien, etc....

Le livre de M. Tartinville est un recueil documenté et très complet. Il est indispensable à tous ceux qui s'occupent d'installations électriques, de transport de force ou d'organisation de réseaux de distribution d'électricité. JEAN CARPENTIER.

**Le système de télégraphie Baudot et ses applications**, par P. MERCY, Inspecteur des Télégraphes. Un vol. (22 × 14 cm), IV + 640 p., 263 fig. 1929. Dunod, édit., 92, rue Bonaparte, Paris (6e).

Ce livre contient une description très détaillée du système télégraphique Baudot et de tous les perfectionnements qu'une longue expérience a permis d'y ajouter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le système télégraphique Baudot a pris, dès son apparition, vers 1875, une place prépondérante parmi tous les autres systèmes. Il a conservé cette prépondérance depuis cette époque et semble devoir la garder pendant longtemps encore; non seulement son usage s'est établi sur tout le réseau français, mais il a conquis le réseau européen et s'est étendu ensuite sur toutes les parties du monde.

Il doit son extension à son adaptation parfaite aux besoins de la télégraphie rapide à grand rendement, réalisée à l'origine par le génie de son auteur Baudot, mise en œuvre et complétée depuis par des collaborateurs dévoués qu'une attirance toute particulière a groupés autour de Baudot au début de sa carrière et dont le nombre s'est accru de ses élèves qui furent, en même temps, ses amis et ses admirateurs. M. Mercy appartient à cette pléiade et c'est là une des raisons qui donnent à son livre son caractère particulier d'exactitude et de fidélité.

Cet ouvrage est destiné surtout aux nouveaux venus dans la grande phalange des baudotistes qui cherchent à s'initier rapidement et complètement à la pratique du système, mais il est aussi un ouvrage documentaire bien exposé et clairement traité que sauront apprécier tout ceux qui s'intéressent à la télégraphie, en général, ou aux diverses applications de l'électricité.

Ayant été chargé, pendant de nombreuses années, de la surveillance technique des installations en service au Central télégraphique de Paris, en même temps que des cours aux élèves dirigeurs, M. Mercy a pu faire profiter son ouvrage de sa longue expérience.

Il a rassemblé, dans un chapitre préliminaire, sous forme de lexique ou d'aide-mémoire, quelques notions scientifiques les plus utiles à la bonne compréhension des phénomènes entrant en jeu dans le fonctionnement du système télégraphique.

L'ouvrage est ensuite divisé en trois parties.

La première comprend l'exposé des principes généraux du système Baudot et la description des différents appareils ou des organes qu'il met en œuvre.

La seconde partie fait connaître les réglages des appareils, les principaux dérangements qui peuvent survenir dans leur fonctionnement et indique les moyens de remédier à ces dérangements.

La troisième partie traite des types particuliers d'installations. Elle décrit les plus récents perfectionnements, soit en ce qui concerne les derniers modèles d'appareils, soit surtout en ce qui concerne les dernières méthodes d'application du système, telle que l'utilisation des câbles sous-marins et souterrains, l'usage des courants alternatifs à diverses fréquences, ainsi que l'application à la T. S. F. par les procédés Verdan.

L'ouvrage de M. Mercy sera apprécié non seulement des professionnels français et étrangers, mais tout particulièrement de ceux qui pratiquent la télégraphie dans les contrées lointaines où les difficultés d'exploitation sont souvent beaucoup plus grandes et où les véritables spécialistes sont plus rares.

JEAN CARPENTIER.

**Analyse dilatométrique des matériaux** par PIERRE CHEVENARD, Ingénieur civil des Mines, professeur à l'École nationale supérieure des Mines de Saint-Étienne. Un vol. ($28 \times 21$ cm) VIII + 80 pag., 28 fig., VI pl. Bibliographie. 1929. Dunod, édit., 92, rue Bonaparte, Paris (6e).

M. Chevenard, au cours des recherches qu'il poursuit depuis longtemps déjà

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux Aciéries d'Imphy de la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, sur les propriétés des métaux suivant leur composition ou les traitements thermiques auxquels ils ont été soumis, frappé des déductions qu'on pouvait tirer de la façon dont les matériaux se dilatent sous l'influence de la température, a imaginé et mis au point, pour mesurer ces dilatations, des appareils dont il donne la description, qu'il a été le premier à utiliser et qui lui ont permis de créer une nouvelle méthode de recherche extrêmement fructueuse. Nous extrayons de la préface de M. Ch. Ed. Guillaume l'appréciation qui suit sur les travaux de M. Chevenard.

« Les appareils de M. Chevenard utilisent des échantillons minuscules permettant d'étudier la dilatation de corps dont on ne possède que des quantités infimes; la petitesse des échantillons assure, de plus, l'égalisation rapide de la température, d'où possibilité d'opérer avec une vitesse relativement grande, donc avec un excellent rendement.

« On gagne des documents précieux à connaître par le menu la dilatation d'un corps déterminé. M. Chevenard le dit dans les premières pages de son travail : « La dilatabilité d'un agrégat est sensiblement égale à la moyenne arithmétique des dilatabilités des constituants, alors que les propriétés électriques et magnétiques obéissent à des lois bien plus compliquées. Les caractères dilatométriques propres à chaque élément de l'agrégat, c'est-à-dire la grandeur de sa dilatabilité et ses anomalies spécifiques, apparaissent donc sur le diagramme avec une intensité quasi-proportionnelle à la quantité du constituant considéré », et plus loin : « Cette quasi-indifférence de la méthode dilatométrique à l'égard des *actions secondaires* est peut-être le plus grand de ses avantages sur les autres méthodes. Une trace de fer suffit parfois à rendre paramagnétique un alliage diamagnétique. Le module élastique d'un fil d'or varie de plus de 15 p. 100 suivant les conditions du recuit consécutif au tréfilage. La résistivité, la dureté, le frottement interne, la résistance à la déformation visqueuse d'un métal, sont fortement altérés par la présence des impuretés. En dilatométrie, au contraire, les phénomènes secondaires ne risquent pas de masquer les faits essentiels. »

« Aussi, quelle magnifique moisson de résultats M. Chevenard n'a-t-il pas déjà récoltée! Ses notes et ses mémoires en font foi. Le plus étendu de ces derniers est celui qu'il a publié dans les « Travaux et mémoires du Bureau international des Poids et Mesures » sous le titre : *Recherches expérimentales sur les alliages de fer, de nickel et de chrome*. C'est là qu'il a donné ces admirables réseaux de dilatation des ferro-nickels, chromés ou non, représentant le détail de tous les changements de volume de ces alliages depuis 100° jusqu'à 900°, et qui forment la base de nos connaissances générales sur ces singulières combinaisons.

« Il a donné, de plus, le détail d'une méthode qui n'est peut-être pas nouvelle, mais qui n'a jamais été appliquée avec cette ampleur, celle des tangentes aux courbes de dilatation. Approchant de la courbe tracée par ses appareils, une règle parfaitement droite et dont la tranche est réfléchissante, il réussit à déterminer exactement en tous points, l'inclinaison de la tangente. La série des valeurs ainsi obtenues forme, à son tour, une courbe où les plus petites irrégularités apparaissent et font découvrir de minuscules transformations de l'alliage étudié.

« J'en ai dit assez pour recommander chaleureusement la lecture de cette plaquette à tous ceux qu'intéresse la métallurgie appliquée à la connaissance des alliages métalliques et des corps en général.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« D'ailleurs, la Société de Commentry, Fourchambault et Decazeville, guidée par les idées libérales dont elle a toujours fait preuve, a répandu largement les dilatomètres Chevenard, pour le plus grand bien des connaissances métallurgiques dans le monde entier. »

CH. ED. GUILLAUME.

**Les terres à prunier de l'Agenais et leurs besoins en éléments fertilisants,** par G, GUITTONNEAU, J. KEILLING, et Mlle M. BÉJAMBES. Travail de la Station de Microbiologie agricole de l'Institut des Recherches agronomiques. Extrait des *Annales de la Science agronomique* de mai-juin 1929. Une brochure (25 × 16 cm), 74 p., Imprimerie Berger-Levrault, 18, rue des Glacis, Nancy. 1929.

M. G. Guittonneau, directeur de la Station de Microbiologie de l'Institut des Recherches agronomiques, et ses collaborateurs, M. J. Keilling et Mlle M. Béjambes, ont écrit une brochure qui rend compte des remarquables recherches qu'ils ont menées à bien sur les causes de dépérissement des pruniers de l'Agenais.

Non seulement depuis quelques années les vergers sont attaqués par des maladies parasitaires mais, ce qu'il y a de plus grave, les jeunes arbres meurent prématurément.

Des expériences que les auteurs ont poursuivies pendant plus de 14 mois, tant sur le terrain qu'au laboratoire, il résulte que ce dépérissement tient à la pauvreté des terres en matière organique et en acide phosphorique.

Les auteurs sont arrivés à cette conclusion en combinant les résultats quelque peu grossiers de l'analyse physico-chimique des sols avec ceux, infiniment plus délicats, d'une ingénieuse méthode microbiologique. Il ne nous est malheureusement pas possible de décrire ici les travaux minutieux auxquels se sont livrés M. Guittonneau et ses collaborateurs.

C'est par l'application de fumures organiques et d'engrais phosphatés que l'on pourra donc rétablir la santé des vergers malades. Il est probable que la vigueur et la longévité des arbres redeviendront alors normales.

Les remarquables recherches de M. Guittonneau et de ses collaborateurs montrent une fois de plus les secours que la science rend à la production végétale. C'est grâce aux procédés à la fois ingénieux et élégants imaginés par M. Winogradsky, un savant russe qui s'est spécialisé dans l'étude microbiologique des sols, que M. Guittonneau et ses collaborateurs ont réalisé leurs très intéressantes expériences.

G. WERY.

**Annales de l'Institut national agronomique** (École normale supérieure de l'Agriculture), XXII, 1929. J.-B. Baillière et Librairie agricole de la Maison rustique, éd., Paris.

Le tome XXII des *Annales de l'Institut national agronomique* s'ouvre par l'excellente notice biographique que M. NOTTIN, Ingénieur agronome, professeur de technologie agricole à l'Institut agronomique a consacrée à son éminent maître et prédécesseur Léon Lindet, membre de l'Académie des Sciences, de l'Académie d'Agriculture et du Conseil de la Société d'Encouragement.

Depuis 1881, Léon Lindet appartenait au corps enseignant de l'I. A. Et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pendant près de 46 ans, il a prodigué à ses élèves toutes les forces de sa science et de son dévouement. Durant les 8 années d'une période difficile, de 1913 à 1921, il présida notre société avec une activité inlassable. Sa présidence a laissé une trace profonde dans notre histoire. Notre collègue, M. Henri Hitier, lui a rendu un émouvant hommage dans la belle notice que contient le *Bulletin* de novembre 1929.

A son tour, M. Nottin rappelle quels étaient le cœur et la bonté de l'homme, la haute intelligence et le labeur du savant. Appliquer sa conscience aux tâches qui lui étaient confiées, ce fut là, durant toute son existence, la règle à laquelle s'attacha notre très regretté collègue et ancien président. M. Lindet prêchait d'exemple, ajoute M. Nottin. Et il a bien mérité que l'on dît de lui, comme il le souhaitait : il a fait ce qu'il a dû et ce qu'il a pu.

Vient ensuite la biographie de Jean Dybowski, qui fut membre du Comité d'Agriculture de notre société et professeur à l'I. A. Elle est due à son ancien élève et successeur, M. Émile Prudhomme.

Jean Dybowski a rendu de signalés services à l'agriculture coloniale, par ses explorations, par la fondation du Jardin colonial de Nogent-sur-Marne, devenu l'Institut national d'Agronomie coloniale, et par l'enseignement qu'il a donné, pendant 25 ans, à l''Institut agronomique.

Le 14e Congrès international d'Agriculture s'est tenu à Bucarest du 7 au 10 juin 1929. L'un de ses membres les plus actifs, notre collègue, M. Henri Hitier a profité des documents qui ont été réunis à l'occasion de ce congrès et des excursions auxquelles il a donné lieu pour écrire une étude fort attachante qui figure dans les *Annales* sur *la situation agricole actuelle de la Roumanie.*

On sait qu'elle est dominée par les conséquences de la réforme agraire réalisée par la loi du 20 juillet 1917. Plus de 6 millions d'hectares ont été prélevés sur la grande propriété pour les petits cultivateurs. Chacun d'eux a reçu des lots variant de 3 à 5 ha. La grande propriété ne peut plus dépasser 500 ha. Cette réforme radicale, dans un pays où les grands propriétaires dominaient à un tel point que 0,64 p. 100 des propriétaires possédaient 50 p. 100 de la superficie cultivable du pays, s'est réalisée dans le calme le plus complet grâce au bon esprit du peuple roumain.

Malheureusement, les résultats, considérés du point de vue agricole, laissent à désirer. Les rendements et la qualité des récoltes sont sensiblement inférieurs à ce qu'ils étaient avant la guerre. Par toute une série de mesures administratives, le gouvernement roumain s'efforce de remédier à cet état de choses. M. H. Hitier craint, et nous partageons sa manière de voir, que cet étatisme ne joue un trop grand rôle dans les réformes projetées. Il estime que l'on doit compter davantage sur les admirables qualités d'endurance et d'intelligence du paysan roumain, en particulier de la femme roumaine, collaboratrice de son mari, et sur cette richesse qu'il n'a cessé d'admirer au cours de toutes ses excursions, cette belle et forte natalité, cette belle famille paysanne, qui, plus en Roumanie qu'ailleurs, est comme l'épine dorsale de la nation.

Signalons quelques observations intéressantes de M. Motoc, chimiste expert de l'Université de Bucarest, sur *la biologie du « Sordaria uvicola »* le champignon auquel est imputable la *sclériase*, nouvelle maladie des raisins récemment étudiée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par MM. P. VIALA et P. MARSAIS. Ce travail a été exécuté au laboratoire de viticulture de l'I. A.

Vient ensuite un intéressant rapport que M. DUFRÉNOY, Ingénieur agronome, docteur ès sciences, a rapporté de sa *mission d'études aux États-Unis*.

Il a vécu à l'Université de Cornell comme un étudiant, campé dans les forêts et les champs comme un colon, participé à l'activité de ces hommes qui partagent leur vie entre le laboratoire, les vergers et les bois, et réalisent ainsi la précieuse collaboration du praticien et du savant.

A un équilibre biologique où les forêts tenaient la plus grande place, les Américains en ont substitué un autre où dominent les plantes européennes. Des parasites autochtones et d'autres, malencontreusement importés, n'ont pas tardé à en compromettre l'existence.

Avec des moyens puissants et une énergie de tous les instants, les Américains perfectionnent les méthodes de culture et luttent passionnément contre les ennemis des récoltes. M. Dufrénoy donne de leurs efforts un récit captivant.

Le tome XXII des *Annales* se termine par le rapport que la princesse NHU MAY, d'Annam, a rapporté de la *mission d'études* qu'elle a remplie *en Algérie*.

La Princesse appartient à ce cercle de jeunes filles qui suivent depuis quelques années avec succès l'enseignement de l'I. A. Elle est sortie la première de sa promotion et a bénéficié, ainsi, d'une mission d'études. Elle l'a consacrée à l'étude de la mutualité et de la coopération agricoles en Algérie. Son rapport en consigne les résultats. C'est la prédominance de l'agriculture qui caractérise l'économie générale du prolongement de la mère-patrie en Afrique du Nord, Mlle Nhu May d'Annam trace un tableau complet du développement considérable qu'ont pris en Algérie les associations d'agriculteurs. Le pays est aujourd'hui couvert d'un réseau serré de caisses de crédit mutuel et d'assurances. Il est jalonné de coopératives qui se multiplient encore maintenant. Il est intéressant de remarquer que ce sont à vrai dire les lois métropolitaines, après quelques remaniements de détail, qui sont appliquées en Algérie. Elles ont été étendues aux associations africaines par des lois spéciales ou des décrets, généralement 4 ou 5 ans après leur promulgation en France même. Malgré ce retard, constatation remarquable, l'Algérie est souvent en avance sur la métropole. Elle a étendu les principes coopératifs à des formes très diverses de l'activité agricole; ses caves et ses distilleries coopératives sont aussi bien aménagées que les meilleures installations du Midi de la France. Elle possède depuis plusieurs années des docks à céréales, des docks à tabac, des coopératives de culture mécanique, de réparation du matériel, etc., qui ont fait leurs preuves. Dès 1907, elle organisait la forme mutuelle de la branche grêle qui a pris le plus remarquable essor.

La princesse Nhu May d'Annam analyse les raisons de l'heureuse situation des associations agricoles algériennes. Elle étudie successivement en détail : les mutuelles de crédit et d'assurances; les coopératives de production, de transformation et de vente. Son mémoire donne un tableau très complet et exact du mouvement mutualiste et coopératif en Algérie.

G. WERY.

**Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine**, par E. BRUZON ancien officier de vaisseau, chef du Service météorologique, directeur de l'Observa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toire central de l'Indochine, et P. CARTON, Ingénieur agronome et d'Agronomie coloniale, chef du Bureau de Climatologie et de Météorologie agricole à l'Observatoire central de l'Indochine. Un vol. (27 × 18 cm), 141 p., cartes, planches, graphiques. Imprimerie d'Extrême-Orient, Hanoï, 1929.

Les facteurs météoriques jouent un rôle considérable non seulement sur les conditions de l'agriculture de l'Indochine, mais encore sur la sécurité des navigateurs dans les mers qui baignent son littoral. Nous voulons parler des ravages qu'exercent les cyclones et les typhons.

Ce n'est que depuis l'année 1926 que l'on a pu entreprendre l'étude approfondie du climat de cette vaste région. En 1928, les services techniques de l'Agriculture étaient parvenus à établir 26 stations météorologiques, 60 stations climatologiques et 338 stations pluviométriques. C'est à M. Bruzon, ancien officier de vaisseau, chef du Service météorologique, directeur de l'Observatoire central de l'Indochine, et à son collaborateur M. Carton, Ingénieur agronome et d'Agronomie coloniale, chef du Bureau de Climatologie et de Météorologie agricole à l'Observatoire de l'Indochine, que l'on doit ces progrès.

Créé en 1902, sur la proposition de M. Capus, alors directeur de l'Agriculture et du Commerce, complété en 1926 par M. Yves Henry, Inspecteur général de l'Agriculture, de l'Élevage et des Forêts, ce service est destiné à prendre un grand développement.

C'est aussi à MM. Bruzon et Carton que nous sommes redevables du très bel ouvrage sur lequel nous attirons l'attention.

Il comprend deux parties distinctes : le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine.

Les premiers chapitres sont consacrés à la revue des variations de la température, de la pression atmosphérique, de la pluie, de l'évaporation et de l'insolation.

Les auteurs s'étendent particulièrement sur le régime des moussons.

Dans la seconde partie, ils étudient la formation, la fréquence et les trajectoires des typhons, et ils décrivent l'organisation du Service des Avertissements.

Les archives du Gouvernement général ont conservé un souvenir douloureux des grands typhons qui ont sévi sur le Tonkin en juin 1913 et, en mai 1914, sur le territoire de Hué, en Annam.

Grâce à la radiotélégraphie, qui le relie aux observatoires de la Chine, du Japon et des Philippines, le Service météorologique peut signaler aujourd'hui, aux navires et aux habitants des côtes, les typhons qui pénètrent ou se forment dans la mer de Chine et leurs trajectoires.

L'ouvrage est accompagné de nombreuses cartes, de graphiques et de très belles photographies représentant l'aspect des différentes formes de nuages.

G. WERY.

**Comment exploiter un domaine agricole**, tome I : **Aménagement du domaine,** 332 p.; — tome II : **Exploitation du domaine**, 358 p., 4e édition entièrement refondue (Encyclopédie agricole), par R. VUIGNER, Ingénieur agnonome, lauréat de l'Académie d'Agriculture. 2 vol. (18 × 12 cm). J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille, Paris, 1930.

Les données diverses qu'on trouve dans les quelque cent volumes de l'Ency-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

clopédie agricole devaient être reliées harmonieusement de manière que leur faisceau aboutît à l'exploitation rationnelle d'une propriété, placée dans des conditions déterminées. Ce sont les rouages délicats dont la mise en mouvement commande la gestion du domaine rural qu'il fallait décrire et monter, pour ainsi dire, pièce par pièce, devant le lecteur. Tâche difficile où l'auteur doit faire constamment appel à la théorie et à la pratique.

M. Raymond Vuigner, Ingénieur agronome, s'en est acquitté d'une façon remarquable; c'est qu'il unit, à la science du savant, l'art du praticien. Après avoir fait de brillantes études à l'Institut national agronomique, il a été pendant plusieurs années fermier en Normandie. Et l'on s'en aperçoit à chaque page de son ouvrage dont le titre répond exactement au but proposé. M. Raymond Vuigner y a mis le fruit de sa longue expérience. Cet excellent livre a eu beaucoup de succès puisqu'il est arrivé à sa 4e édition. Celle-ci comprend deux tomes.

Le premier est consacré au choix et à l'aménagement de la propriété. Comment entrer en sa possession? Quel mode d'exploitation choisir? Exploitation directe, métayage, fermage, régie?

Comment améliorer le sol et le fertiliser? Quelles sont les meilleures dispositions à adopter pour les bâtiments de ferme?

Établissement de la comptabilité, charges de l'exploitation, livres de comptes, produit brut, produit net.

Toutes ces questions sont traitées de main de maître.

Ensuite, il fallait discuter les spéculations végétales et animales qu'il convient d'entreprendre suivant telle ou telle circonstance économique, critiquer les assolements et les systèmes de culture, étudier, s'il est opportun de produire du lait, d'engraisser ou d'élever du bétail, d'annexer à la ferme une industrie agricole, comparer l'emploi des diverses sources d'énergie, passer en revue le matériel agricole. M. Vuigner n'a eu garde d'oublier le problème si important de la main-d'œuvre, du personnel de l'exploitation rurale. Et il ne pouvait conclure sans dire quelques mots de la crise qui sévit sur l'agriculture, et aussi des difficultés d'argent auxquelles, trop souvent, se heurte l'homme jeune qui, après avoir fréquenté une bonne école d'agriculture et fait des stages sérieux, désire venir à la terre.

G. WERY.

**Barrages conjugués et bassins de compensation**, par Georges LAPORTE, ancien élève de l'École polytechnique, directeur de l'Union hydro-électrique. Un volume (25 × 16 cm), de VII + 116 pages, 17 graphiques. Dunod, éditeur, 92, rue Bonaparte, Paris (6e), 1929.

M. Georges Laporte, directeur de l'Union hydro-électrique, a été amené à étudier la manière dont devraient être établis les trois barrages conjugués alimentant trois usines successives sur la Creuse, à Éguzon, la Roche-aux-Moines et la Roche-Bat-l'Aigue de manière à faire rendre à l'ensemble de ces ouvrages l'effet maximum.

Le cas de barrages et d'usines placés à la suite les uns des autres sur une même rivière se présente fréquemment; nous citerons, par exemple, la rivière de la Romanche en Savoie, qui alimente successivement cinq usines produisant de l'aluminium, du carbure de calcium ou divers produits chimiques ou métaux.

On conçoit que la hauteur des divers barrages, l'importance des quantités d'eau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

emmagasinées, la puissance de chacune des usines peuvent varier et qu'il y a un réel intérêt à examiner les diverses solutions de manière que les quantités d'électricité produites soient maxima et suivent le mieux possible les variations de la consommation.

Les calculs présentés par M. Laporte pour faire cette étude sont parfois assez complexes; mais il a, dans son volume, établi des graphiques faciles à étudier et qui peuvent rendre de réels services aux constructeurs qui auraient à étudier de semblables projets de barrages conjugués. Nous ne pouvons donc que leur recommander cet ouvrage, qui permettra de simplifier cette étude.

G. COLMET DAÂGE.

**Les services de l'entreprise. Leur aménagement, leur outillage, leur personnel.** Publication des cours et conférences professés pendant la Semaine d'Organisation commerciale 1928, par MM. G. WILBOIS; Ch.-B. THUMEN; M. PONTHIÈRE; J. CHEVALIER; Thérèse LEROY; L.-G. DELOGE; L. BARREAU; E. RACHINEL; J. BONHERBE; F. ELVINGER; lieut.-col. RIMAILHO; J. LETORT; M. RENARD; G. FAURE, sous la direction de Gaston RAVISSE. Un volume (23 × 14 cm), VI + 388 pages, fig. Librairie française de Documentation commerciale et industrielle, E. Langlois, éditeur, 186, faubourg Saint-Martin. Paris (X^e^), 1929.

Voici un ouvrage du plus grand intérêt pour les directeurs d'entreprises industrielles et commerciales.

Il comprend l'étude des services suivants : secrétariats, classement, documentation, personnel, achats, cotations, commandes, magasin, expédition, publicité, vente, préparation et contrôle techniques, contentieux, facturation, comptabilité.

La plupart des éléments de la vie d'une entreprise se trouvent ainsi étudiés successivement. Bien que rédigé par quinze personnes, l'ouvrage est homogène; les diverses parties en sont convenablement proportionnées, et le style lui-même, simple et direct, a une sorte d'uniformité très rare dans une œuvre ainsi composée.

Ayant comme but d'être utiles, les auteurs ont décrit les services dans leur fonctionnement pratique; les conseils abondent, toujours judicieux, conseils sur les défauts à éviter, conseils sur les méthodes à adopter. Tout cela de la façon la plus claire, la moins pédante, la plus pratique. On sent que tous les collaborateurs sont des spécialistes expérimentés; chaque page de l'ouvrage le montre.

Je citerai, en particulier, comme venant certainement de gens du métier les discussions sur les systèmes de rémunération du personnel, ouvriers et employés (page 101 et suivantes) et sur l'organisation des ventes, l'excellente étude de Mlle Leroy sur le service des achats; l'étude du service des transports, où M. Rachinel montre l'intérêt qu'a l'industriel à s'adresser à un entrepreneur de camionnage; la description d'un bon service de classement, par M. Ravisse, etc.

L'ouvrage comprend une remarquable étude du lieut.-col. Rimailho sur les services de préparation technique et de contrôle encadrant les ateliers. Cette étude est divisée en cinq parties :

Le bureau des études de conception, dit « bureau de dessin »;

Le bureau des études de fabrication (prévisions de qualité, de délais et de prix);

Le bureau des ordres de travail, dit « bureau de fabrication »;

Le lancement dans les ateliers;

Les contrôles de qualité, de prix et de délais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Intéressante aussi est l'étude des magasins avec le fonctionnement de l'inventaire permanent en quantités et valeurs.

Je m'excuse de ne pouvoir citer tout ce qui m'a intéressé dans le volume; aucune partie n'est sans valeur.

Je regrette seulement de ne pas trouver une étude sur l'organisation du service de finances et trésorerie. Une pareille étude eût été nécessaire pour compléter l'ouvrage. Tant d'entreprises, à notre époque, même bien dirigées, ont encore des services de ce genre défectueux! Des sociétés importantes n'ont pas de prévisions de trésorerie, ou n'ont que des prévisions mal reliées avec les autres services, mal informées sur les engagements pris par la direction. Dans tant d'entreprises aussi, le service commercial vend des marchandises payables à trois mois sans qu'un service compétent vérifie préalablement la valeur de la signature du client!

Il y a là une lacune que je voudrais voir réparée à la seconde édition qu'aura certainement cet ouvrage.

Sous cette réserve, nous avons ici un livre excellent, d'une grande utilité et je le recommande d'une façon toute particulière. ED. JULHIET.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHEQUE EN FÉVRIER 1930.

SAVARY (P.). — **Comment on organise une affaire commerciale.** In-8 (24 × 15) de 200 p. Paris, Dunod, 1929. **17794**

VUIGNER (R.). — **Comment exploiter un domaine agricole.** 4e éd. (*Encyclopédie agricole*). In-12 (19 × 12). t. I : *Aménagement du domaine,* de 332 p.; — t. II : *Exploitation du domaine,* de 358 p. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1929, 1930. **17795-6**

RABATÉ (EDMOND). — **La taille de plein vent des fruitiers à noyau.** 2e éd. (*Nouvelle bibliothèque du cultivateur*). In-12 (19 × 12), de 192 p., 60 fig. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique. **17797**

HOFFMANN (PIERRE) et DEBOFFE (JULES). — **Cinquante ans de travaux sur l'agriculture et sur l'horticulture, 1877-1927.** (Blanchisserie et Teinturerie de Thaon, Paul Lederlin, administrateur-directeur). In-4 (33 × 25) de 300 p., 41 pl. Paris, J.-B. Baillière et fils (*Don des Blanchisserie et Teinturerie de Thaon, membre de la Société*). **17798**

SOCIÉTÉ DES FERMES FRANÇAISES DE TUNISIE. — **Vingt-cinq ans de colonisation nord-africaine.** In-8 (23 × 14) de XXXIV + 385 p., I pl. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1925 (*Don de M. Jules Saurin*). **17799**

COMITÉ BUGEAUD (Tunis, 120, rue de Serbie). — **La colonisation officielle de 1871 à 1895.** In-8 (24 × 16) de XXXV + 250 p. Paris, Soc. d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1928. (*Don de M. Jules Saurin*). **17800**

BRUZON (E.) et CARTON (P.). — **Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine.** In-4 (27 × 18) de 141 p., LXXIX pl. Hanoï, Imp. d'Extrême-Orient, 1929 (*Don de M. Georges Wery, secretaire général de la Société*). **17801**

SAURIN (JULES). — **Le peuplement français en Tunisie.** In-12 (19 × 12) de VIII + 463 p. Paris, Aug. Challamel, 1910 (*Don de l'auteur*). **17802**

**IVe Congrès international de l'Organisation scientifique du Travail, Paris 1929.** — Mémoires. In-4 (27 × 22) 104 fascicules. Paris, Commissariat général, 25, rue du Général Foy (8e). **17803**

CHAZY (JEAN). — **La théorie de la relativité et la mécanique céleste.** Tome II. (*Collection de physique mathématique,* fascicule III). In-8 (25 × 16) de VII + 258 p. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930 **17804**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

**La chaîne câblée et ses applications à l'industrie moderne.** In-4 (27 × 21) de 34 p., fig. Société anon. de la Chaîne câblée, 113, boulevard Jean-Jaurès, Boulogne-sur-Seine (Seine). **Pièce 13567**

**Le travail à la chaîne commandée et les manutentions mécaniques.** In-8 (21 × 14) de 43 p., 14 fig. Paris, Soc. anon. de la Chaîne câblée. **Pièce 13568**

Société des Fermes françaises de Tunisie. — **Rapport du Conseil d'Administration. Exercices 1924**, 27 p.; **1925**, 31 p.; **1926,** 32 p.; **1927,** 31 p.; **1928**, 32 p. Tunis, 120, rue de Serbie (*Don de M. Jules Saurin*). **Pièces 13569-13573**

Boyer (Victor). — Un carburant colonial économique, **l'alcool d'agave** (ex *Génie Civil*, 21 déc. 1929). In-8 (24 × 15) de 35 p., 2 fig. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (*Don de l'auteur*). **Pièce 13574**

Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage. — Brochure n° **3 : Unités et mesures photométriques.** In-8 (21 × 13) de 51 p., 32 fig.; Annexe n° **1 : Le laboratoire de photométrie de la Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage,** 24 p., 13 fig. Paris, 134, boulevard Haussmann. **Pièce 13575**

Tardy (Louis). — **La coopération vinicole en France.** In-8 (25 × 16) de 32 p. Agen, Imp. Moderne, 43, rue Voltaire, 1929 (*Don de l'auteur*). **Pièce 13576**

Bloch (Richard). — **Questions de chemins de fer. Études commerciales. Les tarifs de transport sur les grands réseaux de chemins de fer français depuis l'unification en 1919-1920,** avec un appendice sur les transformations récentes de la tarification allemande (suite à l'édition de 1921). (*Encyclopédie industrielle et commerciale*). In-8 (25 × 16) de 65 p. Paris, Libr. de l'Enseignement technique, L. Eyrolles, 1930. **Pièce 13577**

Galibourg (Jean). — **Essais de traction à chaud sur aciers (450°).** Rapport présenté en juin 1929 au Centre d'études du Bureau Veritas. In-4 (32 × 25) de 17 p., 28 fig., II pl. Paris, Centre d'information du Nickel, 7 et 9, boulevard Haussmann (9e). **Pièce 13578**

**La photoscopie et le photoscope.** In-12 (19 × 12) de 16 p. Paris, La Photoscopie, 61, rue Jouffroy (17e). **Pièce 13579**

Ministère de l'Agriculture. — Caisse nationale de Crédit agricole. — **Rapport sur les opérations faites par la Caisse nationale de Crédit agricole pendant l'année 1928** en application de la loi du 2 août 1923 facilitant par des avances de l'État la distribution de l'énergie électrique dans les campagnes (ex *Journal officiel*, 29 déc. 1929). In-4 (31 × 23) de 12 p. Paris, Imp. des Journaux officiels, 31, quai Voltaire (7e). **Pièce 13580**

Ministère de l'Agriculture. — Caisse nationale de Crédit agricole. — **Rapport sur les opérations faites par les Caisses régionales de Crédit agricole mutuel pendant l'année 1928 et sur l'application de la loi du 5 août 1920** (ex *Journal officiel*, 29 déc. 1929). In-4 (31 × 23) de 40 p. Paris. **Pièce 13581**

Société de Documentation industrielle (Paris, 35, rue Saint-Dominique (7e); Strasbourg, 24, rue du 22 novembre). — **Les cartes industrielles de France.** (107 × 75 cm). **Grande banlieue** (Seine-et-Oise, Seine-et-Marne) 1927. **Pièce 13582**

**Nord et Pas-de-Calais.** Pl. I : *Carte générale* (1929); — Pl. III : *Centres industriels Ouest* (1929); — Pl. IV : *Centres industriels Est* (1929). **Pièces 13583-5**

**Alsace** (Haut-Rhin et Bas-Rhin). Pl. I : *Carte générale* (1929); — Pl. II : *Principaux centres industriels* (1929). **Pièces 13586-7**

**Territoire de la Sarre** (1928). **Pièce 13588**

**Lyon et le département du Rhône** (1928). **Pièce 13589**

**Isère** (1927). **Pièce 13590**

**Savoie** (1927). **Pièce 13591**

**Rhône maritime.** Pl. I : *Carte générale et centres industriels* (1928); — Pl. II : *Marseille et les principaux centres des Bouches-du-Rhône* (1928). **Pièces 13592-3**

**Rouen** (1928) **Pièce 13594**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Seine maritime** Pl. III : *Principaux centres* (1929). **Pièce 13595**
**Le port de Strasbourg et ses usagers.** 3e éd. (1930). **Pièce 13596**
**Reims** (1928). (65 × 50 cm). **Pièce 13597**
**Les gisements miniers français et limitrophes.** (150 × 110 cm). **Pièce 13598**
**Les liaisons électriques de l'Est de la France** (1928). (110 × 90 cm). **Pièce 13599**

***

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE (École normale supérieure de l'Agriculture). — **Annales.** Tome XXII. Paris, J.-B. Baillière et fils; Librairie agricole de la Maison rustique, 1929. **Pér. 20**

PRÉFECTURE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE. — DIRECTION DE L'HYGIÈNE, DU TRAVAIL ET DE LA PRÉVOYANCE SOCIALE. — **Annales des Services techniques d'Hygiène de la ville de Paris** publiées sous la direction du Préfet de la Seine. Tome X : *Comptes rendus des travaux en 1928.* Paris, Gauthier-Villars et Cie. **Pér. 188**

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts). — LABORATOIRE D'ESSAIS MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES. — **Rapport sur le fonctionnement pendant l'année 1928,** par J. LŒBNITZ. **Pér. 308**

SOCIÉTÉ D'ÉCONOMIE POLITIQUE. — **Bulletin.** Année **1929.** Paris, 108, boulevard Saint-Germain (6e). **Pér. 55**

SYNDICAT GÉNÉRAL DE LA CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE. — **Annuaire 1929.** Paris, 92, rue de Courcelles (8e). **Pér. 90**

**Annuaire Chaix.** — Les principales sociétés par actions. 39e année, **1930.** Paris, Imp. Chaix, 20, rue Bergère (9e). **Pér. 90**

SOCIÉTÉ AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE SAINT-ÉTIENNE. — **Annuaire 1930.** Saint-Étienne, 19, rue du Grand-Moulin. **Pér. 90**

**Almanach agricole d'Alsace et de Lorraine pour l'année 1930.** Strasbourg, Imp. alsacienne. **Pér. 92**

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES. — **Mémoires,** n° **18,** 1929 (vol. 3, n° 3) : *Sur les courbes binomiales,* par SOPHIE PICCARD, p. 65-110. Lausanne. **Pér. 209**

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. — **Selected Engineering Papers,** nos **67** : *The raising of Barton swing-aqueduct and the renewal of paths and rollers,* 15 p., 5 fig. — **68** : *Strainmeter tests of a railway-bridge,* 15 p., 4 fig., 1 pl. — **69** : *Islam weir Sutlej valley project,* 16 p., 3 fig., 1 pl. — **70** : *A remarkable artesian boring,* 14 p., 2 fig. — **71** : *Problems in the theory of river engineering,* 23 p., 8 fig. — **72** : *Littoral drift along the north-east coast of Kent, and the erosion of the Beltinge cliffs near Herne bay,* 11 p., 1 pl. — **73** : *Motor-converters versus rotary converters in power-and lighting-stations,* 21 p., 5 fig. — **74** : *Oscillations of pressure in pipe-lines during closure* 18 p., 7 fig. — **75** : *Experiments on an Archimedean screw,* 15 p., 9 fig. — **76** : *Scarborough valley bridge reconstruction,* 15 p., 1 pl. — **77** : *Letchworth waterworks; with particular reference to the sinking of boreholes and wells,* 12 p., 4 fig. — **78** : *The design of piles,* 16 p., 4 fig. — **79** : *Swing-bridges over the Weaver navigation, with some information about other movable bridges,* 9 p., 2 fig., 1 pl. — **80** : *Some deflection problems.* 24 p., 29 fig. — **81** : *South African railway-bridges : inspection and recalculation of existing bridges,* 30 p., 8 fig. — **82** : *Adjustements for temperature, camber and deflection, and procedure for setting out during erection of the steel arch bridge across the Reond Nullah at mile 59. 25 on the Kangra Valley railway, India,* 10 p., 6 fig. — **83** : *The effective width of a plate supported by a beam,* 30 p., 18 fig. — **84** : *The development of heating of buildings; and the advantages and disadvantages of various heating systems,* 16 p. — **85** : *Design of roadslabs and foundations,* 26 p., 9 fig. London, Great George Street Westminster, S, W. 1., 1929. **Pér. 189**

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. — **Institution lecture to students** (Session 1928-29) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*The development of the generation and distribution of electric power in the British Isles,* by ARCHIBALD PAGE, 22 p., 5 fig. London, 1929. **Pér. 189**

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — **Collected Researches.** Vol. XXI, **1929.** Teddington, Middlesex. **Pér. 62**

INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS. — **Transactions.** Vol LXXI, **1929.** London, 2, Adam Street, Adelphi Terrace, W. C. 2. **Pér. 222**

INSTITUTION OF ENGINEERS AND SHIPBUILDERS IN SCOTLAND. — **Transactions.** Vol. LXXII (session 1928-1929). Glasgow, 39, Elmbank Crescent. **Pér. 5**

AMERICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGICAL ENGINEERS. — **Transactions, 1929.** New York, N. Y., 29 West 39 th Street. **Pér. 201**

SMITHSONIAN INSTITUTION. — **Annual Report of the Board of Regents, 1928.** Washington. **Pér. 27**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Circular** n° **376** : *Thermal insulation of buildings.* 11 p., 2 fig. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Miscellaneous Publications,** n$^{os}$ **95** : *Protection of electrical circuits and equipment against lightning,* 107 p., 7 fig. **Bibliography**, p. 95-107. 1929. — **98** : *American national screw thread tables for shop use.* I : *Standard threads (Coarse and fine thread series),* 15 p., 2 fig. 1929. — **99** : *American national screw thread tables for shop use.* II : *Special threads,* 20 p., 2 fig. 1929. — **102** : *Annual report of Director of the Bureau of Standards to the Secretary of Commerce, 1929,* 51 p. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Simplified practice recommendation R75-29** : *Composition blackboard.* 2d ed., 10 p. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Elimination of waste. Simplified practice RXIII** : *A primer of simplified practice,* 58 p., 22 p. 1926. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Commercial Standard CS11-29** : *Regain of mercerized cotton yarns,* 10 p. 1929. — **CS13-30** : *Dress patterns,* 12 p. 1930. — **CS16-29** : *Wall paper,* 12 p., 1 fig. 1929. **Pér. 61**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. AVRIL 1930.

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

## LE PROBLÈME DU PEUPLEMENT DANS L'AFRIQUE DU NORD [1]

par M. JULES SAURIN, *directeur du Comité Bugeaud.*

M. ED. SAUVAGE, ancien président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, a présenté M. J. Saurin dans les termes suivants :

M. Saurin, qui dirige dans l'Afrique du Nord de très importantes exploitations agricoles, a bien voulu venir de Tunis pour nous parler de cette terre qui fait pour ainsi dire corps avec la France et n'est séparée de notre sol que par ce que l'Amérique pourrait appeler « le ruisseau de la Méditerranée », puisqu'elle traite l'Atlantique d'étang.

M. Saurin n'est pas venu pour nous parler seulement de ses entreprises agricoles, mais il nous exposera surtout comment doit se développer notre admirable empire du Nord de l'Afrique.

Dans les entreprises industrielles, on peut se placer à différents points de vue. Il y a d'abord l'intérêt même de l'entreprise; il faut qu'elle fonctionne d'une façon convenable, que sa production donne satisfaction; il faut qu'elle donne un bénéfice, côté terre à terre, diront quelques-uns, mais bien à tort. En effet, qu'est-ce qu'une entreprise qui ne donne pas de bénéfice? C'est une entreprise qui, au bout de peu d'années, s'éteindra d'elle-même. Une entreprise qui donne des pertes est nuisible, car elle consomme des matières, du travail humain et ce, pour obtenir des produits de valeur inférieure, ce qui est évidemment contraire à l'intérêt général. Mais outre cet intérêt immédiat, l'industriel peut se placer à un point de vue plus élevé, en considérant le rôle que l'industrie joue dans le pays. C'est à ce point de vue que se place M. Saurin, qui, depuis 42 ans, travaille dans l'Afrique du Nord. Il a toujours considéré les progrès de notre colonie; il attache une importance capitale à ce que les Français l'occupent et s'attachent au sol.

C'est l'homme attaché au sol qui est le véritable maître du pays; aussi M. Saurin s'est-il surtout occupé de chercher à implanter dans l'Afrique du Nord des paysans français; il a repris les idées et projets du maréchal Bugeaud; il a créé le Comité Bugeaud, qui attire dans notre Afrique du Nord les éléments qui consolideront d'une façon plus certaine notre empire.

La parole est à notre ami M. Saurin.

(1) Conférence faite par l'auteur au Conservatoire national des Arts et Métiers le 9 février 1930.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Conférence de M. Jules Saurin.

Mesdames, Messieurs,

Je vous prie de m'excuser si je ne vous fais pas une conférence; le mot est un peu trop prétentieux pour moi.

Je suis absorbé par les soucis et les préoccupations des affaires et je n'ai jamais eu le temps jusqu'ici d'écrire une conférence : j'ai pu seulement mettre quelques idées en ordre et je vais vous les développer.

On m'a donné, sur les affiches qui annonçaient cette conférence, le titre de « directeur de la Société des Fermes françaises de Tunisie ». A ce titre, je préfère de beaucoup celui, qui est aussi le mien, de « directeur du Comité Bugeaud ».

Vous savez que tous les efforts de Bugeaud tendirent à faire comprendre, au Gouvernement et à l'opinion de son pays, le sens véritable de la question de l'Afrique du Nord. A son exemple, nous avons entrepris, au Comité Bugeaud, d'éclairer l'opinion sur ce grave problème.

Si, dès 1845, nous avions suivi ses conseils, toute autre serait notre situation aujourd'hui. Nous aurions 4 à 5 millions d'Européens, soit français, soit francisés dans le pays. De plus, nous n'aurions pas, comme je vais vous le montrer tout à l'heure, d'inquiétudes à avoir; tandis que si nous continuons à nous désintéresser, comme nous le faisons, de ce qui se passe dans l'Afrique du Nord, le danger devient imminent pour nous en Tunisie et au Maroc. Alors que notre situation est rassurante en Algérie, où nous sommes environ 900.000 Européens sur 5 millions d'indigènes, au contraire, au Maroc et en Tunisie, il n'y a pas assez d'Européens par rapport au nombre d'indigènes. Il faut que les Français le sachent. Nous célébrons le centenaire de la prise de possession de l'Algérie; ce centenaire doit être une occasion pour nous, non seulement de nous louanger, mais aussi de nous critiquer, non seulement de voir ce qu'il y a de sage et de beau dans l'œuvre accomplie, mais de voir tout ce qu'il y a d'inachevé dans cette œuvre. C'est surtout dans cet esprit que nous devons célébrer le centenaire de la conquête algérienne. La grande lacune de notre politique est d'avoir renoncé, depuis 1900, à la colonisation officielle « paysanne », aussi bien en Algérie qu'en Tunisie et au Maroc, où, d'ailleurs, on n'en a jamais fait. On n'a jamais fait depuis 1904 que de la colonisation officielle « bourgeoise », puisque en 20 ans, on a créé à peine 100 lots de paysans par an, ce qui est par trop insuffisant.

Avant d'aborder le problème de l'Afrique du Nord, laissez-moi vous définir et vous décrire la donnée essentielle de ce problème : le pays.

L'Afrique du Nord couvre 75.000.000 ha. Je parle bien entendu de la superficie totale; il faudrait en exclure les montagnes, les collines arides et dénudées, etc. Là-bas, c'est la quantité d'eau de pluie reçue qui détermine principalement la valeur de la terre (car bien entendu, s'il tombe 750 mm d'eau sur des rochers, le rocher n'acquerrait de ce chef aucune valeur supplémentaire). Toutes celles de ces terres qui reçoivent 750 mm d'eau sont supérieures aux terres de France, toute la région du littoral en particulier qui peut rapporter 10.000 à 15.000 fr par an et par hectare, suivant le cours du vin, car c'est le vin qui est le principal revenu du cultivateur des terres les plus riches. Dans le reste du pays, là où la terre reçoit 400 mm d'eau, on cultive encore des céréales, des fourrages, dont la valeur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyenne correspond à ce que produisent les terres de France. Restent enfin 50 à 55 millions d'hectares qui reçoivent encore 200 mm d'eau. Ce pays-là, tout d'abord, je l'ai cru sans valeur, les céréales ne pouvant y pousser d'une façon normale; mais, lors de mes voyages dans ces régions, je m'aperçus qu'elles pouvaient être d'une grande valeur lorsqu'on y cultivait d'autres plantes, des plantes « chameaux » (et je fais du mot « chameau » un adjectif pour bien montrer la nature de ces cultures). C'est, par exemple, le cactus, ou figuier de Barbarie, qui supporte la sécheresse, car il n'évapore que très peu d'eau, grâce à l'espèce de toile cirée qui le recouvre comme une enveloppe. Le figuier de Barbarie est en effet une de ces plantes qui peuvent être cultivées là où les terres ne reçoivent que 200 mm d'eau, et il est extrêmement riche en sucre, et, par suite, en alcool. L'exemple de la forêt de Sfax, qui était considérée autrefois comme un pays sans valeur, a montré la richesse des terres qui ne reçoivent que 200 mm d'eau; on y a fait des plantations d'oliviers qui s'étendent sur plus de 100.000 ha. Ces terres valent de 4.000 à 8.000 fr l'hectare; c'est un prix moyen, supérieur à celui des bons pays de labour de France; leur inconvénient, c'est qu'il faut attendre de 10 à 15 ans avant de faire des cueillettes; une fois cette période écoulée, on trouve largement le moyen de regagner le temps perdu; finalement, on retire des produits récoltés un gain ou moins égal à celui qu'on tire du pays de France.

Cette Afrique du Nord, qui l'habite? Ce sont des indigènes, des Berbères, et non des Arabes comme on le croit généralement. Il n'y a que très peu d'Arabes dans l'Afrique du Nord; leur proportion s'y élève au maximum à 5 p. 100. La majorité des habitants est berbère; c'est la race autochtone, qui habite le pays depuis longtemps et qui cultive la terre; cette race est arabisée par la force, par les coutumes et par la langue, mais on trouve encore dans les régions montagneuses (Kabylie, Aurès) des groupes qui sont restés purs quant à la race. La plupart du temps, c'est la langue berbère qui est parlée dans les tribus, et ce n'est que vers l'âge de 15 à 20 ans, le jour où ils quittent le pays natal, que ces Berbères apprennent la langue arabe.

Quel est le climat de l'Afrique du Nord? C'est le climat des pays tempérés situés entre le 28e et le 35e degré de latitude Nord; il convient parfaitement à la race blanche. Les Européens s'y acclimatent et s'y développent très bien; les Siciliens, les Italiens et les gens du Midi de la France trouvent là un pays qui ressemble beaucoup au leur. Les pluies varient naturellement suivant les années et les régions, mais on peut dire qu'en général, elles ne tombent guère qu'entre les mois d'octobre et d'avril. Pendant les autres mois de l'année, le climat correspond à peu près à celui de la Provence; c'est donc bien, comme l'a dit tout à l'heure M. Sauvage, un pays étroitement uni à notre métropole, à peine éloigné de nous par le « petit ruisseau de la Méditerranée », et aujourd'hui, avec les moyens de transport rapides, principalement l'aviation, on ne peut même plus appeler colonie cette annexe si proche de la France.

Cependant, ce pays si semblable au nôtre n'est presque pas habité; le nombre de ses habitants s'élève à 13 millions, alors qu'il en pourrait nourrir largement 35. « Quelle fortune immense pour un pays comme le nôtre »! disait Bugeaud. Or, la France était un pays d'agriculteurs et l'est encore aujourd'hui; il y a là un pays que nous pouvons annexer. Quelle tâche!

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le meilleur parti à en tirer est d'y implanter notre race à tout jamais, et quelques-uns l'avaient compris : d'abord, Bugeaud, un homme tout à fait supérieur, réaliste par excellence, et à qui on n'a pas donné la place qu'il méritait dans notre histoire nationale. Puis, un autre, publiciste, Prévost-Paradol, un homme intelligent, éclairé, mais pas homme d'action et qui manqua de courage civique, puisqu'il s'est suicidé après la défaite de la France en 1871, alors que, lorsqu'on est battu, il faut se raidir et rester plus vigoureux que jamais pour réparer la défaite. Il avait compris à merveille ce qu'était l'Afrique du Nord. Il disait : « C'est la dernière ressource de notre grandeur. » Or il n'est pas nécessaire pour peupler un pays d'y envoyer beaucoup de colons, mais seulement un petit nombre s'ils sont de bonne qualité, comme au Canada où, en 250 ans à peine, 4.000 ménages de paysans sont devenus 4 millions. Cette époque est très proche de nous, puisque nous avons perdu le Canada en 1763; moi-même j'ai touché cette période : mon arrière-grand-père, qui m'a connu, naissait à ce moment-là; c'est presque une époque contemporaine; trois générations seulement nous en séparent, et qu'est-ce, dans l'histoire d'un peuple, que 200 ou 300 ans, surtout quand il s'agit de colonisation? Tout dépend de la qualité des émigrants; avec très peu de monde, il est possible de peupler un pays.

Aujourd'hui, dans le bas Canada, et ceci je puis vous en parler en connaissance de cause puisque je m'y trouvais il y a deux ans, les familles d'origine française ont conservé leur langue, leurs croyances, leurs coutumes. Non seulement elles les ont conservées, mais elles les ont imposées aux émigrants anglais. Je lisais dans le compte rendu du discours du doyen de Saint-Paul, la grande cathédrale de Londres, que les Français, encouragés par leurs prêtres, auront bientôt complètement chassé du bas Canada tous les éléments d'origine anglaise qui s'y trouvaient. On voit là, d'un côté l'Ontario, qui est anglais, de l'autre la province de Québec, qui est française; cette dernière s'étend et envahit peu à peu l'Ontario parce que si, dans l'Ontario, la proportion des naissances ne dépasse pas 18 p. 1.000, celle des paysans français de la région de Québec dépasse 36.

Dans tous les pays, et ceci est une vérité que l'histoire vérifie à chaque page, les races paysannes sont les seules qui persistent et qui arrivent à la domination du pays. C'est cette observation qui a décidé de toute ma vie.

Je me trouvais en 1895 à Salonique; j'avais alors 32 ans; j'avais déjà vécu 8 ans en Tunisie, où j'étais professeur, sans capitaux et sans possibilités d'action; j'attendais donc, avec beaucoup de patience et de calme, le moment où je pourrais mettre à exécution mon projet de travailler pour moi-même tout en travaillant pour mon pays, par l'introduction des paysans dans la colonie. J'avais l'avantage de pouvoir comprendre et parler le grec, car, dans ma jeunesse, je m'étais trouvé avec 3 étudiants grecs dans une pension de famille. Tout heureux de vérifier si je pouvais encore parler cette langue, je cherchai donc des paysans grecs à l'Est de Salonique. Eh bien, je vous dirai, dans cette langue populaire parfois si juste, « les bras m'en sont tombés ». Je trouvai là des Roumains, des Serbes, des Bulgares, mais pas de Grecs! Et pourtant Salonique était leur capitale, la ville d'Alexandre. C'est que les Grecs étaient restés « comme des grenouilles » autour de la Méditerranée; ce n'étaient pas des *paysans*, mais des marins, des soldats, des artistes, des commerçants. Et, bien que les Bulgares soient arrivés plus de 3.000 ans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

après eux, ce sont eux qui tiennent le pays; et ils tiennent le sol parce qu'ils le cultivent.

J'ai retrouvé le même phénomène dans tous mes voyages. Chez les Slovaques, qui se trouvent dans le Nord de l'ancienne Hongrie, les Allemands ont été chassés des campagnes, et ces pays, primitivement de culture allemande, sont devenus slovaques car, si l'on trouve encore des Allemands dans les villes, la terre appartient aux paysans slovaques; la natalité des paysans est double de celle des citadins, si bien qu'ils finissent peu à peu par les éliminer complètement, et voilà pourquoi les Slovaques sont devenus les maîtres du pays. En Pologne, le cas est identique, et c'est grâce aux 20 millions de paysans qui sont attachés à la terre, qu'ils ont rendu la liberté à leur pays. En Transylvanie, les Hongrois et les Allemands sont surtout dans les villes; ils y forment les trois quarts de la population, mais ce sont les Roumains qui sont devenus les maîtres politiques aujourd'hui parce que ce sont des paysans.

Je défie qui que ce soit de citer une exception à cette règle. *Dans tout pays tempéré, la domination politique appartient à celui qui détient le sol et qui le cultive.* Voilà pourquoi la domination du sol a une importance capitale pour nous dans l'Afrique du Nord.

En Tunisie, où l'on ne tenait pas compte de cette vérité, qui aurait dû pourtant sauter aux yeux, on a procédé à une colonisation officielle « bourgeoise ». Maintenant, on commence un peu à s'apercevoir qu'on s'est trompé, parce que nous avons laissé se constituer une classe de petits paysans siciliens en face desquels il n'y a aucune classe de petits paysans français. On s'imagine que, par assimilation, on palliera la chose; mais, pour assimiler les gens, il faut des éléments assimilateurs. Il y a en Tunisie 55.000 Français d'origine, 15.000 Français naturalisés. Comment veut-on qu'ils assimilent les 80.000 Italiens, les 50.000 Juifs, et aussi 1.800.000 indigènes? Leur tâche est au-dessus de leurs moyens; mais si on renforce les familles paysannes, alors, oui, l'assimilation sera possible, comme en Oranie, où le tiers des Européens sont des Français d'origine.

Il y a donc une nécessité absolue, si nous voulons garder le pays, à rassembler tous les moyens en notre pouvoir; je vous montrerai tout à l'heure que la chose est très possible. Il faut en Tunisie implanter des paysans français, boutures délicates, et les enraciner dans le sol. Devrions-nous les payer pendant 8 à 10 ans, devrions-nous avoir recours à des moyens extraordinaires, il nous faut. si nous voulons sauver l'œuvre déjà accomplie, que les gens cultivent ce sol, l'aiment et le défendent. Et puis, le jour où, chez soi, on a des paysans, on a réalisé une économie des moyens de défense : plus n'est besoin de tant de forces armées extérieures pour garder le pays : il se garde tout seul. Bugeaud, qui était à la fois un grand colonisateur et un militaire, reconnut le fait. Alors qu'il disposait dans le Nord de l'Afrique d'une armée de 100.000 hommes qui auraient pu être nécessaires en France, contre des adversaires toujours menaçants, il écrivait : « Ces soldats, je voudrais qu'ils ne me coûtent plus rien; une fois solidement établis, et quand vous les aurez enracinés dans le sol, le pays se gardera tout seul. S'il faut faire venir dans le pays des soldats de la mère patrie, on ne sait jamais ce qui se passera; tandis que si le pays se garde tout seul, vous êtes toujours en sécurité. » Or, cette nécessité est toujours actuelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Du temps de Bugeaud, on disposait de contingents considérables, la durée de service militaire était de sept ans. Avec nos contingents beaucoup plus faibles (et maintenant la durée du service n'est plus que d'une année) si nous ne mettons pas de paysans dans l'Afrique du Nord, nous sommes exposés à tout perdre, aussi bien en Tunisie qu'au Maroc. En 1925, un esprit attentif a pu discerner les sérieux indices du danger qui menaçait l'Est et l'Ouest de notre Afrique du Nord. Au Maroc, tout le Riff était soulevé : probablement 400.000 à 500.000 indigènes, et le reste du pays commençait à s'agiter fortement. Pourquoi le reste du pays s'agitait-il? Parce que nous n'avions pas donné à l'indigène l'impression que nous étions là à tout jamais. Il n'avait pas vu le paysan s'installer sur le sol; il n'avait pas vu de familles françaises s'installer dans le pays pour leur ôter l'espoir de nous « jeter à l'eau », ainsi que quelques indigènes nous le confient parfois dans un moment d'expansion.

En Tunisie, nous avons eu le soulèvement de Destour : tout le monde indigène ne pensait alors qu'à obtenir l'autonomie, comme en Égypte; mais le jour où les indigènes seront les maîtres du pays, les Français en seront chassés. D'abord, par devoir religieux, puisqu'ils sont musulmans et que le Coran les oblige à déclarer la « guerre sainte » dès qu'ils se croient assez forts; et il ne faut pas croire qu'ils puissent faire autrement : nous serions à leur place, nous en ferions autant. Mais, l'idée religieuse n'est pas seule cause de leur xénophobie; elle disparue, celle qui naîtrait alors serait pire. On le voit aujourd'hui chez les Turcs; dirigés par des incroyants, ils sont beaucoup plus hostiles aux Européens, et il devient difficile de rester dans leur pays.

Voilà donc le danger qui nous menace, nous, dans l'Afrique du Nord si nous ne comprenons pas la situation. Inutile surtout de se lamenter ou de se plaindre des indigènes; il faut prendre les choses telles qu'elles sont. Mais il faut s'entourer de précautions nécessaires et si, dans ce pays tempéré, nous n'implantons pas nos paysans, eh bien, nous ne resterons pas les maîtres du pays. Tant que nous n'aurons que les baïonnettes de la métropole, nous ne ferons pas de colonisation. Et nous verrons à la première occasion des soulèvements dangereux pour notre sécurité. La situation du Maroc en 1925 peut se renouveler demain si l'on ne profite pas des périodes tranquilles pour implanter des paysans qui tiendront la terre à tout jamais.

La condition de la femme indigène en Tunisie est misérable.

La femme est habillée d'une façon très primitive, simplement d'une cotonnade bleue, généralement attachée sur la poitrine par une agrafe. Elle n'a ni linge de corps, ni bas : elle ignore les principes les plus élémentaires de l'hygiène. Il y a auprès d'elles une œuvre d'humanité à accomplir pour leur relèvement, déjà entreprise par les sœurs blanches du cardinal Lavigerie; le Comité Bugeaud a fait paraître de nombreux tracts à ce sujet pour continuer l'œuvre ainsi commencée : il faut créer des ouvroirs-dispensaires, car, avant de donner une instruction générale aux fillettes, il faut leur enseigner les soins élémentaires de la propreté, leur apprendre à faire la cuisine, et surtout leur faire prendre l'habitude du travail régulier. Cela ne peut s'obtenir que par l'ouvroir; voilà pourquoi nous avons besoin de femmes européennes. Nous avons chez nous les éléments nécessaires au succès, puisque, du fait de la guerre, 800.000 femmes ne pourront pas se marier en France.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il nous suffirait de 20.000 femmes, dont le dévouement durerait deux à trois ans, encadrées par des ordres religieux qui les dirigeraient dans cette tâche.

C'est par la grande œuvre du relèvement social de la femme indigène qu'il faut commencer dans l'Afrique du Nord.

J'ai dit que la colonisation paysanne est indispensable si nous voulons garder le pays. J'estime que si nous voulons rapprocher de nous les indigènes, et avoir, au bout d'une ou deux générations, des hommes qui soient attachés au sol (et c'est le but que nous devons atteindre) la présence d'assez nombreux Européens est indispensable. En effet, il nous faut transformer les indigènes qui sont à un niveau de vie inférieur au nôtre, mais il ne faut pas que les paysans européens assimilateurs soient livrés à l'insécurité des personnes et des biens, comme on l'est dans les pays musulmans non gouvernés par des Européens.

Personne n'aime à travailler pour le voisin, et il est fort compréhensible que si l'on veut que les gens s'intéressent à un pays et y restent, il faut les protéger. Voilà pourquoi il est de première nécessité d'assurer aux établissements et aux fermes la sécurité à laquelle les habitants ont droit.

Et que faut-il pour la prospérité d'un pays? Il faut non seulement la sécurité des personnes et des biens mais aussi que les efforts soient tendus vers un même but : que les familles soient unies. C'est ce qui m'a le plus frappé en visitant la Turquie; je croyais me retrouver en Tunisie ou en Algérie. La famille y est sans cohésion, et cela à cause de la polygamie et du divorce. La polygamie est en régression, mais le danger du divorce demeure; le musulman divorce trop facilement : aussi la femme ne s'attache-t-elle pas à la maison où elle sait n'être qu'en passant. La femme chrétienne, au contraire, est chez elle pour toujours; elle s'identifie avec sa maison. Lebon, qui a écrit un livre sur la civilisation européenne et qui était un esprit très brillant, mais paradoxal, reproche à la civilisation chrétienne l'impossibilité pour la femme de garder son patrimoine; ce qu'il n'a pas vu, c'est que l'union de deux cœurs pour toujours était aussi celle de deux patrimoines, tandis que, dans l'union passagère, il n'y a pas union de patrimoines.

Ce qui fait la force des sociétés chrétiennes, c'est donc la sécurité des personnes et des biens et la permanence de la famille : aussi suis-je convaincu que si, demain, nous disparaissions de l'Afrique du Nord, ce serait une décadence générale.

C'est donc une absolue nécessité pour nous d'introduire des paysans français dans l'Afrique du Nord. Mais dans quelle proportion? Personnellement, j'ai évalué qu'il fallait un Européen pour 4 musulmans. La proportion de 1 à 3 (réalisée en Oranie, où il y a environ 400.000 Européens pour un million d'indigènes) vaut évidemment beaucoup mieux. Mais, si nous n'atteignons pas cette proportion de 1 à 4, notre influence ne se fera pas suffisamment sentir et nous aurons à craindre les insurrections et les révoltes, les actes de pillage d'un peuple encore presque barbare. C'est donc cette proportion qu'il faut chercher à atteindre.

D'autre part, ce qui rend la situation beaucoup plus dangereuse, c'est que les Européens ne sont pas partout homogènes : la Tunisie, par exemple, est une véritable colonie franco-italo-juive.

Un autre élément de gravité de la situation, particulièrement actuel celui-là, est le nationalisme qui vient de s'emparer de l'Italie. On n'a pas idée en France de la force et de l'étendue de ce mouvement, dirigé principalement contre notre pays. Il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suffit de lire les journaux italiens, qu'ils soient politiques, commerciaux ou humoristiques, pour s'en convaincre, et l'impulsion semble venir du chef. Il y a en Tripolitaine, à l'heure actuelle, un mouvement formidable de l'Italie puisant sa force dans la très grande natalité; il est probable que nous aurons avant 20 ans 200.000 Italiens en Tripolitaine. Ils sont déjà sur nos frontières.... Ils sont en Tunisie. Allons-nous renouveler la même erreur qu'au Canada? Quand 200.000 Italiens seront en Tripolitaine, si nous n'y avons pas de paysans français, ou d'Européens francophiles, la Tunisie cessera de nous appartenir car, à la première occasion favorable, les Italiens se précipiteront sur notre colonie, s'empareront du territoire, où, d'ailleurs, ils ont déjà implanté des familles de paysans.

Il est vrai que l'Administration appelle en Tunisie 100 colons par an; mais ce sont des colons bourgeois. Or le colon bourgeois ne s'attache pas au sol et n'a aucune force assimilatrice. Non que je veuille médire du colon bourgeois. Il joue un rôle des plus utiles; il est une des forces de la Tunisie; il forme même des cadres admirables de colonisation. Nous avons une élite de colons bourgeois et qui tiennent leur rang, mais ce sont des officiers sans troupes. Ces troupes nous pouvons les trouver.

On dit que la France se dépeuple et qu'elle n'a pas suffisamment de paysans pour elle-même. Évidemment, s'il nous fallait de 8.000 à 10.000 paysans français par an, nous ne les trouverions pas, mais n'oublions pas que nous avons déjà 200.000 paysans français en Algérie. Appliquons-nous d'abord à faciliter leur tâche, en leur donnant la sécurité; puis, ayons recours à une naturalisation rationnelle et prudente. Enfin, il y a encore en France des régions à natalité assez forte. Il suffirait de quelques milliers de paysans vigoureux, conservant leur force morale; en quatre générations, ils auront peuplé le pays. Qu'il vienne seulement de France chaque année quelques centaines de paysans, et un jour nous aurons en Tunisie plusieurs centaines de milliers de Français.

Il faut aussi que les colons bourgeois comprennent qu'ils ont intérêt à se doubler d'une famille paysanne venue de France, car, je le répète, il y a encore en France des régions à forte natalité : le Jura, le Finistère, la région de Nantes. Enfin, si les paysans de France ne suffisaient pas, il y a la Suisse; un seul pays comme le Valais pourrait fournir assez de paysans pour la moitié de l'Afrique du Nord; il y a la région de Fribourg, la Belgique, et enfin la Roumanie.

Nous avons donc tous les éléments nécessaires pour peupler. D'ailleurs, ce n'est pas immédiatement qu'il nous faut un million d'émigrants dans l'Afrique du Nord; elle est déjà très peuplée, et nous ne pourrions pas les recevoir tous en même temps; ce n'est que petit à petit.

Il nous faut une organisation qui coupe les terres en petits morceaux et qui les distribue. L'organisation actuelle ne les coupe qu'en grands lots, trop grands pour le paysan, ou en moyens lots, trop petits pour le bourgeois. Elle ne permet l'introduction que de quelques colons français. Or, ce n'est pas avec quelques centaines de colons que l'on encadrera le pays, ce n'est pas avec des colons « bourgeois » qui, comme les colons américains, sont des citadins, ne songeant qu'à gagner de l'argent, que le but sera atteint. Le vrai paysan, on le trouve dans *Maria Chapdelaine*; c'est celui qui s'attache à la terre, qui songe à élever sa famille; ce n'est pas un nomade, un homme qui s'en va; c'est un homme attaché pour toujours à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

glèbe, qui ne la quittera qu'à la dernière extrémité, qui ne la quittera jamais; qui gardera la terre d'Afrique à la France. En dehors de cela, il n'y a pas de salut.

* * *

Vous tous qui m'écoutez, que pouvez-vous faire? Vous pouvez beaucoup. Vous êtes ici au nombre de 500 à 600; chacun de vous, dans sa sphère, peut énormément. Qu'il se dise en quittant cette salle : « Ou bien ce monsieur est un rêveur, et autant en emporte le vent, ou bien il a dit vrai. » Eh bien, je ne suis pas un rêveur. J'habite l'Afrique depuis 42 ans; je ne suis pas uniquement un théoricien, un administrateur; je suis un réaliste : j'ai mis 36.000 hectares de terres en valeur, aussi bien en Algérie qu'en Tunisie. Suivant une bonne habitude, je suis resté dans les mêmes régions : la Tunisie et la région voisine de Constantine.

Or, je ne m'illusionne pas. Quand un orage s'annonce au loin, je sais qu'il va éclater; je ne cherche pas à m'enfuir; je fais face au danger : je ramasse mon manteau et m'apprête à le recevoir.

Eh bien, cet orage, nous devons tous nous assembler pour y faire face. Vous, faites ce qui est en votre pouvoir, répandez ces idées autour de vous, adhérez au Comité Bugeaud [1] (10 fr par an). Faites connaître cette œuvre à toute la France, et si vous ne pouvez pas payer la cotisation, écrivez-nous, nous vous enverrons les tracts, toute une série de petits bulletins, afin que cette réunion ne s'enfuie pas comme la fumée et le vent, afin que vous contribuiez à faire de notre Afrique du Nord une terre de France.

M. Sauvage prononce ensuite les paroles suivantes :

MESDAMES, MESSIEURS,

Si vous êtes venus aujourd'hui remplir cet amphithéâtre, malgré le beau soleil, c'est que vous savez que les conférences du Conservatoire des Arts et Métiers sont toujours intéressantes. Mais je ne doute pas que l'intérêt de ce que vous venez d'entendre n'ait de beaucoup dépassé votre attente. La conférence de M. Saurin a été d'un puissant intérêt : cela tient à la réunion en sa personne de qualités diverses; nous avons entendu un homme qui sait de quoi il parle, qui connaît à fond la question qu'il traite, qui ne s'est pas cantonné dans le pays dont il parle, qui a cherché des comparaisons, dans le temps et dans l'espace. Il a joint à sa grande expérience une idée générale très précise, très clairement exposée, avec tous les signes d'une certitude absolue. L'attention soutenue que vous avez prêtée aux paroles de M. Saurin a montré le vif intérêt que cette question a eu pour vous, et je crois pouvoir demander à ses auditeurs de le seconder; j'espère que son appel ne restera pas sans résultat.

Comme représentant du Directeur du Conservatoire, qui a eu le vif regret de ne pouvoir assister personnellement à cette conférence, je remets à M. Saurin une plaquette en souvenir du précieux concours qu'il a bien voulu donner à l'œuvre du Conservatoire.

(1) Siège social, 120, rue de Serbie, à Tunis.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## NORMALISATION INDUSTRIELLE

Dans sa séance du 28 février 1930, la Commission permanente de Standardisation (Ministère du Commerce) a homologué des normes présentées par le Comité de Normalisation de la Fédération de la Mécanique, après examen par l'Association française de Normalisation (AFNOR). Ces normes sont les suivantes :

C. N. M. 1, Profil du filet SI;
2, Jeux et tolérances de filetages;
3, Filetages;
4, Fraisures normales;
5 à 13, Boulons divers;
24 et 25, Goupilles;
26, Rivets;
27 à 35, 40, Vis diverses;
51, Centres d'usinage;
52 à 54, Forets à centrer;
61, Emmanchements cylindriques;
81, 83, 84, 85, Écrous divers;
91, 92, 93, Sens de manœuvre d'embrayage;
100, Rainures à T.

Certaines de ces normes ne sont que la transcription pure et simple, sous forme de tableaux faciles à consulter et à manier, des fascicules officiels précédemment établis par la Commission permanente de Standardisation (C. P. S.).

D'autres contiennent quelques additions ou modifications secondaires, qu'il a été reconnu nécessaire d'apporter aux fascicules de la C. P. S.

Enfin, certaines de ces normes se rapportent à des sujets qui n'ont pas été abordés par la C. P. S.

Dans la même séance, la C. P. S. a homologué des séries de normes présentées par l'Union des Syndicats de l'Électricité et le Comité électrotechnique français, et par le Bureau de Normalisation de l'Automobile.

On peut se procurer les normes du Comité de Normalisation de la Mécanique au siège de la Fédération de la Mécanique, 92, rue de Courcelles, Paris, 8e.

E. S.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES ROULEMENTS SUR HUILE

## Contribution à l'étude des coussinets des matériels roulants,

par M. HENRI BRILLIÉ, *Ingénieur en chef conseil à la Compagnie générale transatlantique.*

### 1re PARTIE.

LE COUSSINET. — De tous les *mécanismes*, celui qui est constitué par un arbre tournant à l'intérieur d'un coussinet est sans doute le plus ancien et le plus simple. Il semble que tout devrait avoir été dit à son sujet. Si simple qu'il soit, il a été l'objet de savants mémoires et de nombreuses recherches.

On ne peut dire néanmoins qu'il soit encore bien connu.

De tous les coussinets, le plus simple est celui dont le portage se fait suivant une direction constante. C'est le cas des paliers de transmission, des paliers de lignes d'arbre des navires, des coussinets de wagons et de voitures, etc. Ce coussinet, le plus simple de tous, est celui dont l'étude est la plus délicate.

C'est ce problème, du coussinet à charge de direction constante, que nous nous proposons, non pas de solutionner, mais simplement d'aborder, en examinant comment la théorie du film d'huile peut permettre d'établir quelques directives pour toutes dispositions à adopter, en vue d'assurer la formation et le maintien du film d'huile, c'est-à-dire en vue d'obtenir un bon roulement et un fonctionnement assuré.

Les différentes mesures qui ont été faites en laboratoire pour mesurer le coefficient de frottement des coussinets de paliers, ont généralement donné un chiffre voisin de 0,008.

On admet généralement que le frottement sur surfaces onctueuses peut descendre jusqu'à 0,01, et qu'au-dessous de ce chiffre, commence le frottement sur couche d'huile continue ou film d'huile séparant l'une de l'autre les deux surfaces métalliques. On serait donc, dans le cas ci-dessus, en présence de coussinets avec film d'huile.

ÉTUDE DU FILM D'HUILE. — L'étude du film d'huile dans les coussinets de paliers n'est qu'un cas particulier de l'étude générale du film d'huile dans les coussinets qui, elle-même, n'est qu'un cas particulier de l'étude du film d'huile entre deux surfaces métalliques, l'une fixe et l'autre mobile.

Pour éviter le report à nos études antérieures, nous rappellerons très brièvement les propriétés du film d'huile, en nous bornant à résumer les conclusions de la théorie, et en indiquant les documents divers dans lesquels il est possible de trouver des développements plus complets.

*Variations de pression.* — Quand une masse d'huile se trouve comprise entre une surface fixe et une surface mobile, on admet, et c'est le point de départ de toutes les théories du film, que la couche d'huile immédiatement en contact avec la surface fixe est fixe, et que la couche d'huile immédiatement en contact avec la surface mobile a même vitesse que cette surface.

Les couches d'huile intermédiaires ont des vitesses variables et les différences

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de vitesses entre les filets voisins développent dans la masse d'huile des différences de pression.

Nous désignerons, dans tout ce qui va suivre, par « variation de vitesse », l'augmentation de vitesse par unité de longueur dans le sens perpendiculaire au plan de propagation du mouvement.

Nous désignerons, d'autre part, par « variations de pression », l'augmentation de pression par unité de longueur, dans le sens de propagation du mouvement.

*Coefficient de viscosité* $\lambda$. — *Par définition même du coefficient de « viscosité »*, la variation de vitesse entre deux filets liquides parallèles développe une force d'entraînement ayant pour mesure le produit de la variation de vitesse par le « coefficient de viscosité $\lambda$ ».

*Équation d'équilibre.* — Si l'on considère un mouvement de propagation suivant des plans horizontaux et une couche d'huile comprise entre des filets inférieurs animés d'une vitesse plus grande et des filets supérieurs animés d'une vitesse moindre, il y aura effort d'entraînement de la part des filets inférieurs, cet effort ayant pour valeur le produit de $\lambda$ par la variation de vitesse pour les filets inférieurs de la masse d'huile considérée. Il y aura, d'autre part, effort de freinage de la part des filets supérieurs, cet effort ayant pour expression le produit de $\lambda$ par la variation de vitesse pour les filets supérieurs.

Il est facile de démontrer que l'on peut négliger le plus souvent l'inertie de la masse fluide, de telle sorte que, quand le régime est établi, on a simplement l'équilibre entre la variation de pression, d'une part, et la différence, d'autre part, entre l'effort d'entraînement et l'effort de freinage.

Cette différence n'est autre chose que la dérivée seconde de la courbe des vitesses, d'où l'équation différentielle très simple reliant la dérivée seconde de cette courbe à la variation de pression.

*Paraboles des vitesses.* — Pour une surface fixe et une surface mobile parallèles ou sensiblement parallèles, il n'y a pas d'autre force suivant une direction perpendiculaire aux surfaces, que les efforts de pression (en négligeant le poids de la couche d'huile); il en résulte immédiatement que, pour tous les points d'une même tranche transversale, la pression est constante; il en est de même pour la variation de pression; donc, la dérivée seconde de la courbe des vitesses est constante, ce qui revient à dire, que cette courbe est une parabole dont l'équation par rapport à ses axes, est donnée par la formule

$$y^2 = 2\beta w.$$

$w$ représentant la vitesse portée en abscisses et $\beta$ étant le paramètre.

La variation de pression s'exprime ainsi, suivant la formule extrêmement simple

[B] $$\frac{p}{dx} = \frac{\lambda}{\beta}.$$

*Résistances passives.* — La force de viscosité par unité de surface, le long de la surface mobile (valeur des résistances passives par unité de surface) est, d'autre part, en raison de la définition même du coefficient $\lambda$

[A] $$\tau = \lambda \frac{D}{\beta}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D étant la différence des ordonnées du point sur la surface mobile et du sommet de la parabole.

Toute la théorie des films d'huile peut se déduire des deux formules extrêmement simples [B] et [A] ci-dessus, tout problème relatif aux films d'huile étant ramené au problème entièrement géométrique de la détermination de β et de D pour les différents points du film.

CARACTÉRISTIQUES D'UN FILM. — Pour une tranche transversale quelconque, on connaît, pour la parabole des vitesses : le point sur la surface fixe (vitesse nulle); le point correspondant à la surface mobile ($u =$ vitesse de la surface).

La parabole est complètement déterminée si l'on connaît son débit; or, en raison du principe de continuité, le débit étant le même pour toutes les tranches transversales, si l'on suppose qu'il n'y a pas perte d'huile, *si d'autre part on admet que la largeur du film est constante*, les paraboles de toutes les tranches transversales seront connues si l'on connaît l'une d'elles.

Il y a deux tranches transversales particulièrement intéressantes pour l'étude d'un film.

*Tranche h'.* — D'une part la tranche transversale pour laquelle la parabole des vitesses se réduit à une droite, la dérivée seconde étant nulle : cette tranche correspond à un minimum ou à un maximum de pression; nous indiquerons sa hauteur dans tout le courant de notre étude par $h'$, la connaissance de cette hauteur $h'$ définissant toutes les paraboles des vitesses et par conséquent caractérisant le film dans son entier.

*Tranche* H'. — Une seconde tranche particulièrement intéressante est celle qui correspond à une courbe des vitesses parabolique dont le sommet est sur la surface fixe. Il est facile de voir que la hauteur H' de cette tranche est égale à 1,5 fois la hauteur $h'$.

*Ajutage.* — Si l'on considère le cas très fréquent de tranches transversales dont la hauteur va en diminuant dans le sens du mouvement, en amont de la tranche H', les paraboles de vitesses auront leur sommet en amont de la tranche considérée, c'est-à-dire que nous trouvons pour les diverses tranches une zone de vitesses négatives correspondant à des courants de sens contraire à celui de la vitesse d'entraînement, c'est-à-dire à des courants de retour.

La tranche transversale de hauteur H' mentionnée ci-dessus marque la fin des courants de retour; nous considérerons que cette tranche marque le commencement du film proprement dit, et nous réserverons le nom d' « ajutage » à la région en amont, caractérisée par l'existence de courants de retour.

*Équations fondamentales et courbes caractéristiques.* — Une étude purement géométrique montre qu'en remplaçant, dans les équations [B] et [A] ci-dessus, β et D par leur expression analytique, la direction des abscisses étant prise dans la direction du mouvement, $h$ étant la hauteur d'une tranche quelconque; $z$, le rapport $\frac{h}{h'}$; Z, le rapport $\frac{h}{H'}$, $u$ la vitesse circonférentielle de la soie, on a les *équations fondamentales* :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2\lambda u}{H'^2} B. \qquad (I)$$

$$\tau = \frac{2\lambda u}{H'} A. \qquad (II)$$

B et A sont des fonctions de $z$ ou de Z dont les valeurs sont données par les courbes ci-jointes. Ces courbes permettent de résoudre graphiquement tous les problèmes de film d'huile, à la seule condition que l'on connaisse les hauteurs $h'$ ou H', ou, ce qui revient au même, le débit du film.

Nous les appellerons *courbes caractéristiques* (fig. 1).

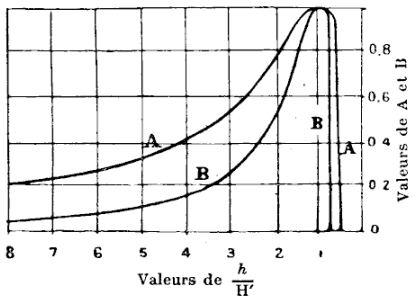



Fig. 1. — Courbes caractéristiques.

FILM A SURFACES PARALLÈLES. — Pour le film à surfaces parallèles, la hauteur $h$ est constante, B et A seront des constantes. Pour un film de largeur $l$ et de longueur $a$ dans le sens du mouvement, on aura, pour la valeur de la pression totale P, en intégrant l'équation fondamentale [I].

$$P = \frac{\lambda u}{H'^2} a^2 l B.$$

et pour les résistances passives totales, en intégrant l'équation fondamentale [II]

$$T = 2\frac{\lambda u}{H'} a l A.$$

d'où la valeur du coefficient de frottement

$$C = \frac{T}{P} = 2\frac{H'}{a}\frac{A}{B} = 2\sqrt{\frac{\lambda u}{\frac{P}{l}}}\frac{A}{\sqrt{B}}.$$

Les expressions B, A, $\frac{A}{\sqrt{B}}$, sont égales à l'unité si $h = H'$, c'est-à-dire si les courants de retour cessent à la dernière tranche aval de l'ajutage. Si les courants de retour cessent en amont de cette dernière tranche, les expressions B et A sont inférieures à l'unité ; les valeurs de $\frac{A}{\sqrt{B}}$ sont légèrement supérieures à l'unité.

FILM QUELCONQUE. — Pour un film quelconque, défini par exemple par le profil d'un coussinet et la valeur de la hauteur $h'$, on aura, en tous points en fonction de Z, les valeurs de $\frac{dp}{dx}$ et de $\tau$, de telle sorte que des intégrations (graphiques ou autres) permettront d'avoir toutes les caractéristiques du film.

COUSSINETS. — Le problème du film d'huile dans les coussinets se traite facilement par intégrations graphiques.

Nous avons étudié le problème dans trois cas distincts :

*Film total.* — Dans le cas du film total, l'intervalle entre la soie et le coussinet. sur le développement complet de la circonférence de la soie, est entièrement plein

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'huile. C'est en particulier le cas des articulations avec graissage sous pression ou par gravitation (turbines terrestres, turbines motrices des navires, directes ou à engrenages, moteurs électriques, etc.). Il convient de distinguer le cas du film fortement chargé qui se rencontre rarement dans la pratique, et le cas du film faiblement chargé qui correspond à la grande majorité des cas.

*Film partiel.* — Ce cas correspond au graissage rationnel, tel qu'il est actuellement réalisé sur les machines alternatives ordinaires d'un certain nombre de navires de la Compagnie générale transatlantique dont le graissage par pattes d'araignée (avec cocatrix ou mèches de graissage) a été remplacé par le dispositif à bassins d'huile. Le même dispositif est applicable aux locomotives.

Pour définir le problème du film partiel, il convient de définir la longueur de ce film suivant la circonférence de la soie, longueur qui est fonction du débit d'huile.

Nous avons considéré particulièrement le cas du film 1/2, correspondant au film s'étendant sur la moitié de la circonférence de la soie.

*Film élémentaire.* — Un autre cas, particulièrement intéressant, parce qu'il correspond au graissage des fusées d'essieux, est celui du film dont la longueur *utile* est inférieure à un arc de 30° environ, en raison de l'importance de la charge : le film est d'épaisseur faible en comparaison du jeu de la soie dans le coussinet et de ce fait, il se trouve réduit à une faible longueur.

Nous désignons ces films sous le nom de *films élémentaires.*

RÉSULTATS DES CALCULS. — Les résultats de nos calculs, pour les différents cas mentionnés ci-dessus, sont résumés par le tableau ci-joint.

*Notations.*

| | | |
|---|---|---|
| | P, pression totale sur le coussinet en kilogrammes | (kg). |
| | $l$, largeur du film dans le sens perpendiculaire au mouvement en centimètres. | (cm). |
| Films à surfaces parallèles. | $a$, longueur du film dans le sens du mouvement en centimètres | (cm). |
| | $\frac{P}{al} = p_s$ pression en kilogrammes par centimètre carré | (kg : cm²). |
| | H', épaisseur du film pour la tranche de fin des courants de retour (tranche aval de l'ajutage) en centièmes de millimètre | $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$. |
| | $h$, épaisseur du film à surfaces parallèles — | $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$. |
| Coussinets. | R, rayon du coussinet, en centimètres | (cm). |
| | $\frac{P}{2lR} = p_s$, pression sur la surface projetée du coussinet en kilogrammes par centimètre carré | (kg : cm²). |
| | $n$, épaisseur minimum du film en centièmes de millimètre | $\left(\frac{1}{100}\text{mm}\right)$. |
| | $m$, coefficient relatif au « jeu » défini par la relation ci-après. $r = \frac{m(\text{R})\,\text{mm}}{1.000}$ jeu sur le rayon de la soie dans le coussinet en millimètres. | |
| | $\frac{n}{m(\text{R})\,\text{cm}}$, rapport de l'épaisseur minimum du film au jeu. | |
| | $\lambda$, coefficient de viscosité (égal approximativement à 0,01 à 35°) | (kg, m, s). |
| | $u$, vitesse de la surface mobile en mètres par seconde | (m : s). |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | | FORMULE DONNANT L'ÉPAISSEUR DU FILM (MINIMUM DANS LE CAS DES COUSSINETS) | COEFFICIENTS DE FROTTEMENT |
|---|---|---|---|
| Films à surfaces parallèles. | Les courants de retour cessent à la tranche amont de la région à surfaces parallèles. . | $\frac{H'^2}{a^2} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{a}\,\frac{100}{p_s}$ | $0{,}02\sqrt{\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}}$ |
| | Cas général (les courants de retour cessent en amont de la tranche ci-dessus) . . . . . | $\frac{h^2}{a^2} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{a}\,\frac{100}{p_s}\,B$ | $0{,}02\sqrt{\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}}\,\frac{A}{\sqrt{B}}$ |
| Coussinets. | Film élémentaire (1) . . | $\frac{n}{mR} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{m^2R}\,\frac{125}{p_s}$ | $0{,}025\sqrt{\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}}$ |
| | Film partiel uniforme (4). | $\left(\frac{n_1}{2\alpha R}\right)^2 = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{2R}\,\frac{100}{p_s}\,B$ | $0{,}02\sqrt{\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}}\,\frac{A}{\sqrt{B}}$ |
| | Film $\frac{1}{2}$. . . . . | $\frac{n}{mR} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{m^2R}\,\frac{175}{p_s}$ | $0{,}003m$ |
| | Film total. Cas des fortes excentricités (2). | $\sqrt{\frac{n}{mR}} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{m^2R}\,\frac{440}{p_s}$ | $0{,}001m$ |
| | Film total. Cas des faibles excentricités (3). | $\frac{1}{1-\frac{n}{mR}} = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{m^2R}\,\frac{1.000}{p_s}$ | $\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}\,\frac{0{,}6}{m}$ |

(1) Condition $\frac{p_s}{u} > \frac{100\lambda}{m^2R} \times 3.125$, soit $\frac{n}{mR} < 0{,}04$.

(2) Condition $\frac{p_s}{u} > \frac{100\lambda}{m^2R} \times 400$.

(3) Condition $\frac{p_s}{u} < \frac{100\lambda}{m^2R} \times 400$.

(4) Pour les notations spéciales ($\alpha$), voir ci-après.

Il n'y a pas de limite *mathématique* pour les valeurs de $p_s$ et de $u$, les formules donnant dans tous les cas une épaisseur de film équilibrant la charge. Les limites *pratiques* correspondent à l'écrasement du métal ou au degré d'ajustage et de polissage des surfaces. Aussi a-t-on pu réaliser des films résistant à des pressions de 450 kg : cm².

### ROULEMENT SUR « ROULEAUX D'HUILE ».

Nous n'exposerons pas l'étude complète des coussinets à film total ou à film partiel qui a été donnée dans le mémoire présenté à l'Institution of Naval Architects en septembre 1929 et dont le *Génie civil* a donné le compte rendu dans ses numéros de décembre 1929.

Nous nous bornerons à indiquer le mode de fonctionnement des articulations ordinaires des machines avec les nouveaux dispositifs de graissage rationnel auxquels nous avons été conduits à la suite de nos études théoriques.

Des bassins-relais rendent possibles la formation et le maintien entre les surfaces de portage, soie et coussinet, d'une couche d'huile continue, qui enveloppe la soie suivant tout son développement circonférentiel. L'afflux d'huile doit naturellement être suffisant : ce sera en particulier le cas du graissage sous pression ou par gravitation; ce sera également le cas du graissage ordinaire par mèches ou cacatrix, si

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des dispositifs de réservoirs d'huile, convenablement disposés à l'intérieur du coussinet, combinés avec des dispositifs donnant, sur les bords, une étanchéité convenable, assurent le maintien de l'huile dans l'articulation.

Avec les vitesses circonférentielles et les charges ordinairement adoptées dans les machines, la soie est pratiquement concentrique au coussinet; l'intervalle entre les surfaces de portage correspond par suite au *jeu* sur le rayon.

Entre deux bassins voisins, le film d'huile, d'épaisseur sensiblement uniforme, est entraîné par le mouvement; les couches d'huile en contact avec la soie ont la même vitesse que cette soie; celles qui sont en contact avec la surface du coussinet ont une vitesse nulle; les couches intermédiaires ont des vitesses variables. Il en résulte dans la masse d'huile, du fait des phénomènes de viscosité, comme nous l'avons indiqué, des augmentations de pression qui donnent sur les surfaces de portage la pression totale équilibrant la charge.

Par le travers d'un bassin, les filets d'huile qui constituent le film ont sensiblement tous la même vitesse, égale à celle de la soie; ils ont une vitesse moyenne plus grande qu'entre bassins, par suite une épaisseur plus faible, le tiers environ.

L'huile des bassins ne se mêle pas à celle du film. Dans chacun des bassins on trouvera : dans le voisinage du film, et entraînés par le film, des courants de même sens, ou courants directs, qui donneront naissance à des « courants de retour », de sens contraire, plus éloignés, la limite entre les courants directs et les courants de retour étant au tiers environ de la hauteur du bassin à partir de la soie.

Plus près du coussinet, la vitesse des courants de retour augmente jusqu'aux deux tiers de la hauteur du bassin à partir de la soie, pour devenir nulle au contact du coussinet.

On a ainsi dans chaque bassin une série de filets animés de mouvements continus et réguliers en circuits fermés; l'ensemble constitue un véritable « rouleau d'huile », rouleau élastique sur lequel roule le film d'huile également élastique.

L'épaisseur du film, ainsi que celle des rouleaux d'huile, peut en effet varier sous l'effet des variations de la charge; la vitesse des filets augmente quand l'épaisseur diminue.

Dans le cas des butées avec bassins-relais radiaux, les phénomènes sont exactement les mêmes entre les collets de l'arbre et les colliers de la butée.

On conçoit que de telles conditions de fonctionnement correspondent à une douceur de roulement tout à fait exceptionnelle. D'autre part, les résistances passives, produites uniquement par des glissements de filets d'huile sur filets d'huile, deviennent négligeables (sauf dans les cas de très grandes vitesses circonférentielles). Le portage métal sur métal étant supprimé, l'usure devient nulle.

En assurant l'alimentation des bassins par un réservoir axial et en réduisant les fuites d'huile sur les bords par des cannelures d'arrêt, la même huile pourra assurer le maintien du film avec des pertes insignifiantes, et par suite avec une dépense d'huile réduite au minimum.

En réalisant d'une façon parfaite les conditions de fonctionnement indiquées ci-dessus, on aurait donc :

1° Augmentation de rendement. — Le roulement sur huile correspond dans la grande majorité des cas (avec des vitesses moyennes et avec les dispositifs spéciaux que nous préconisons) à des résistances passives négligeables;

2° Suppression de l'usure du métal. — Durée indéfinie des coussinets;



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Grande économie d'huile. — L'huile est entraînée dans le sens du mouvement de la soie, et les dispositions spéciales indiquées ci-dessus permettent d'éviter les projections par les bords.

## 2nde Partie.

ÉTUDE DES FILMS ÉLÉMENTAIRES. — *Films partiels.* — L'étude des films dans les coussinets nous a conduit à admettre que, dans le cas du film partiel, on peut considérer :

1° que la tranche d'épaisseur minimum se confond avec la tranche de hauteur $h'$ (tranche de pression maximum pour laquelle la parabole des vitesses se réduit à une droite);

2° que toute la partie du film qui est en aval de cette tranche d'épaisseur minimum peut être négligée, au point de vue des pressions et au point de vue des résistances passives;

3° que, en amont du point d'épaisseur minimum, on peut négliger la région du film pour laquelle la hauteur est plus de 13,5 fois la hauteur $h'$.

*Région efficace.* — Si la région « efficace » du film ainsi limitée ne dépasse pas un développement circonférentiel de 50° environ, en peut négliger l'obliquité des pressions par rapport au rayon OM (fig. 2) correspondant au point d'épaisseur minimum.

*Films élémentaires.* — Nous appellerons « films élémentaires » les films répondant à cette condition.

Nous verrons qu'il en est ainsi lorsque

$$\frac{p_s}{u} > \frac{(100\lambda)}{m^2 R} \times 3.125$$

qui équivaut à la condition

$$\frac{n}{mR} < 0{,}04.$$

Si la pression est très inférieure à la pression limite correspondant à l'égalité ci-dessus, l'épaisseur du film est très supérieure aux $\frac{4}{100}$ du jeu sur le rayon, et il peut alors se produire deux cas :

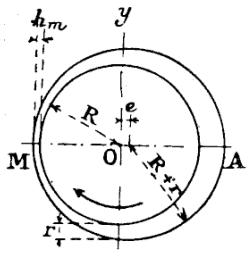



Fig. 2. — Épaisseurs du film.

*a*) Le développement de la surface de portage du coussinet et l'afflux d'huile sont suffisants pour que le film s'étende sur plus de 50° environ; on est alors dans le cas des films partiels, $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$, que nous avons étudiés;

*b*) L'afflux d'huile ou le tracé même du coussinet ne correspondent qu'à une surface de portage « effective » inférieure à 50° et on sera, dans des conditions voisines du « film partiel uniforme », que nous étudierons ci-après.

*Épaisseur du film.* — Soient :

R, le rayon de la soie en centimètres (cm)

$r = \frac{m}{1.000}(\mathrm{R})\,\mathrm{mm} = \frac{m}{100}(\mathrm{R})\,\mathrm{cm}$ = le jeu sur le rayon en millimètres (mm)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$n$, l'épaisseur minimum du film (tranche $h'$) en centièmes de millimètre $\left(\frac{1}{100}\text{ mm}\right)$

$\frac{h'}{r} = \frac{n}{m(\mathrm{R})cm}$ le rapport de l'épaisseur minimum du film au jeu sur le rayon (rapport).

Quand la soie est concentrique au coussinet, l'épaisseur du film est $r$ en tous les points.

Si la soie est déplacée de $(r - h_m)$ suivant un rayon OM de façon à donner en M une épaisseur $h_m$, l'épaisseur pour la tranche qui correspond à l'angle $\theta$ deviendra.

$$h = r - (r - h_m)\cos\theta$$

d'où, avec $$z = \frac{h}{h_m}$$

et $$\mathrm{K} = \frac{\frac{n}{m\mathrm{R}}}{1 - \frac{n}{m\mathrm{R}}}$$

la relation $$1 - \cos\theta = \mathrm{K}(z - 1).$$

Pour les valeurs de $\theta$ inférieures à 30°, nous avons, avec une approximation suffisante :

$$1 - \cos\theta = \frac{\theta^2}{2}$$

d'où

$$\theta = \sqrt{2\mathrm{K}(z-1)}.$$

Si $\theta_m$ est l'angle correspondant à $z = \frac{3}{2}$, c'est-à-dire à la fin des courants de retour,

$$\theta_m = \sqrt{\mathrm{K}}$$

nous pourrons alors représenter les différentes tranches du film par le rapport

$$\frac{\theta}{\theta_m} = \sqrt{2(z-1)}.$$

L'examen des courbes B et A, ci-dessus, montre que l'on peut limiter la tranche « efficace » du film à la tranche correspondant $z = 13{,}5$, soit à la valeur $\theta$ définie par

$$\frac{\theta}{\theta_m} = 5.$$

Notre hypothèse que la longueur du film est limitée à un arc de 30° peut ainsi s'écrire :

$$5\theta_m < \frac{1}{12}2\pi \quad \text{ou} \quad \theta_m < 0{,}10$$
$$\mathrm{K} < 0{,}01$$

et très approximativement

$$\frac{n}{m\mathrm{R}} < 0{,}01.$$

Les formules seraient encore approchées pour

$$5\theta_m < 60° \quad \theta_m < 0{,}20 \quad \mathrm{K} < 0{,}04 \quad \text{ou} \quad \frac{n}{m\mathrm{R}} < 0{,}04.$$

*Pressions.* — L'équation fondamentale

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2\lambda u}{\mathrm{H}'^2}\mathrm{B} \qquad \lambda = 0{,}01 \text{ (unités : kg, m, s).}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne avec les notations ci-dessus

$$dp = (100\,\lambda)\,u\,\frac{8\times 10^6}{9}\,\frac{(\mathrm{R})cm\,9m}{n^2}\,\mathrm{B}\,d\,\frac{9}{9m}.$$

L'intégration graphique, faite de $\frac{9}{9_m}=5$ à $\frac{9}{9_m}=0$, donne, en considérant les pressions par centimètre carré :

$$p_s = \frac{\mathrm{P}}{2\,(l)cm\,(\mathrm{R})cm} = (100\,\lambda)\,u\,\frac{125}{mn}\,\frac{1}{1-\frac{n}{m\mathrm{R}}}$$

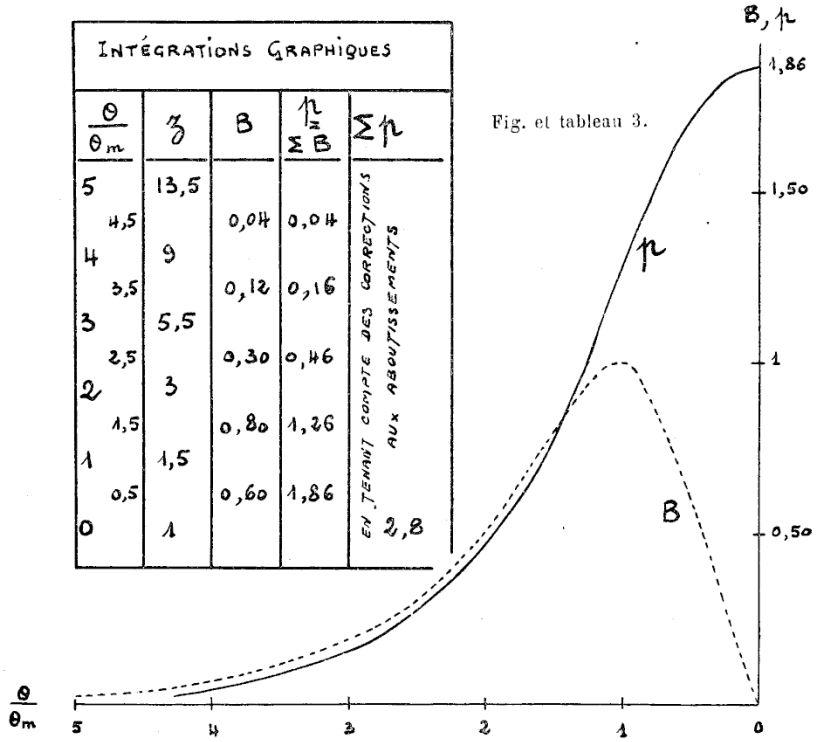



Fig. et tableau 3.

VARIATION DES VALEURS DE B ET DE ψ EN FONCTION DE $\frac{\theta}{\theta_m}$

En raison de la faible valeur de $\frac{n}{m\mathrm{R}}$, on pourra prendre

$$p_s = (100\,\lambda)\,u\,\frac{125}{m\,n}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on peut écrire

$$\frac{n}{m\mathrm{R}} = (100\,\lambda)\,u\,\frac{1}{m^2\mathrm{R}}\,\frac{125}{p_s}.$$

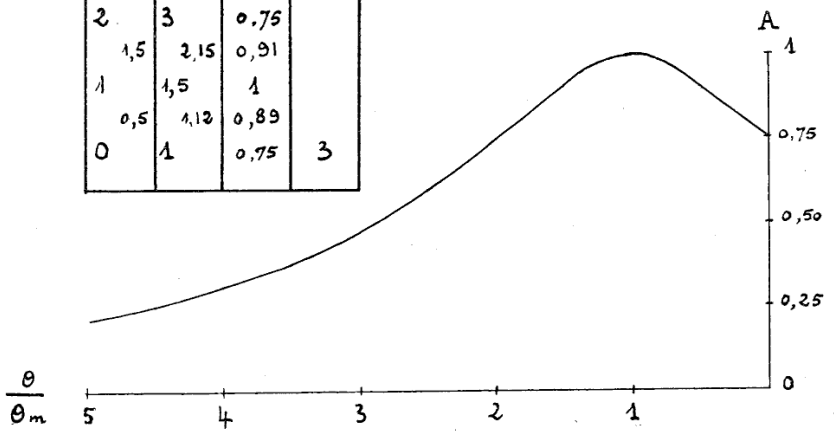
*Résistances passives.* — On a de même pour les résistances passives par unité de surface ($m^2$).

$$\tau = \frac{2\lambda u}{\mathrm{H}'^2}\,\mathrm{A};$$

INTÉGRATION GRAPHIQUE

| $\frac{\theta}{\theta_m}$ | $\mathcal{Z}$ | A | $\Sigma$A |
|---|---|---|---|
| 5 | 13,5 | | |
| 4,5 | 11,5 | 0,25 | |
| 4 | 9 | | |
| 3,5 | 7,12 | 0,38 | |
| 3 | 5,5 | | |
| 2,5 | 4,12 | 0,60 | |
| 2 | 3 | 0,75 | |
| 1,5 | 2,15 | 0,91 | |
| 1 | 1,5 | 1 | |
| 0,5 | 1,12 | 0,89 | |
| 0 | 1 | 0,75 | 3 |

Fig. et tableau 4.




VARIATIONS DES VALEURS DE A EN FONCTION DE $\frac{\theta}{\theta_m}$

soit par centimètre carré, avec les notations ci-dessus, par intégration graphique :

$$\frac{\mathrm{T}}{2\,(l)_{cm}(\mathrm{R})_{cm}} = (100\,\lambda)u\,\frac{0,2}{m\mathrm{R}}\sqrt{\frac{1}{\frac{n}{m\mathrm{R}}\left(1-\frac{n}{m\mathrm{R}}\right)}}.$$

*Coefficient de frottement.* — De ces valeurs de $\frac{\mathrm{P}}{2l\mathrm{R}}$ et $\frac{\mathrm{T}}{2l\mathrm{R}}$, on tire, pour la valeur $\mathrm{C}_f$ du coefficient de frottement :

$$\mathrm{C}_f = 0,025\sqrt{\frac{(100\,\lambda)u}{\frac{\mathrm{P}}{l}}}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COUSSINETS AVEC FILM D'ÉPAISSEUR SENSIBLEMENT CONSTANTE. — Lorsque l'épaisseur du film peut être considérée comme constante, suivant un arc de développement $\alpha$ de part et d'autre de la génératrice médiane, on se trouve dans des conditions analogues à celles du film entre surfaces parallèles.

Le film sera défini par la valeur, supposée constante, de la fonction de Z que nous avons représentée par B et l'on aura

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2\lambda u}{H'^2} B \qquad \text{(Unités : kg, m, s.)}$$

On en déduit, avec les notations ci-dessus, $n$ étant la hauteur H′ exprimée en centièmes de millimètre $\left(\frac{1}{100}\text{ mm}\right)$.

$$p_s = \frac{P}{2\,(l)cm\,(R)cm} = (100\lambda)\,u\,\frac{(2\alpha R)^2}{2R}\,\frac{1}{n_1^2} \times B \times 100$$

ou

$$\left(\frac{n_1}{2\alpha R}\right)^2 = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{2R}\,\frac{100}{p_s}\,B.$$

On a de même, pour les résistances passives :

$$\tau = \frac{2\lambda u}{H'} A$$

$$\frac{T}{2\,(l)cm\,(R)cm} = (100\lambda)\,u\,\frac{2\alpha R}{2R}\,\frac{2}{n_1}\,\frac{A}{10}.$$

D'où

$$C_f = 0{,}02\sqrt{\frac{(100\lambda)\,u}{\frac{P}{l}}}\,\frac{A}{\sqrt{B}}.$$

## 3me PARTIE.

COUSSINETS AVEC CHARGE DE DIRECTION CONSTANTE (FUSÉES D'ESSIEUX). — Nous nous proposons d'étudier plus particulièrement les coussinets avec charge de direction constante, tels que les coussinets des fusées d'essieux des wagons.

*Différents modes de tracé.* — La surface intérieure de ces coussinets (surface fixe du film) peut être établie de différentes façons :

*a*) Coussinets simples. — R étant le rayon de la soie, le coussinet peut être alésé au rayon $R + \frac{m}{1.000} R$, le portage se faisant, dans ces conditions, suivant une génératrice de la surface cylindrique du coussinet, et l'usure normale amenant peu à peu le portage à se faire suivant une « surface ajustée », produite par le fonctionnement même du coussinet et d'une étendue, dans le sens du mouvement, généralement réduite (1 ou 2 cm environ).

*b*) Coussinets ajustés. — Après avoir alésé le coussinet suivant une surface cylindrique de rayon $R + \frac{m}{1.000} R$, on peut roder le coussinet et l'ajuster sur la soie suivant une surface ayant un développement circonférentiel donné, 1, 2, 3 ou 4 cm par exemple de chaque côté de la génératrice médiane.

Le coussinet se trouve ainsi, dès sa mise en service, dans les conditions correspondant au cas précédent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*c*) Coussinets à double alésage. — Pour réaliser au sortir de la machine-outil, et sans avoir recours au « grattage », les conditions précédentes, on peut concevoir qu'après avoir alésé le coussinet suivant un rayon, $R + \frac{m_1}{1.000} R$, on le « creuse », par alésage, sur un arc de développement $\alpha$ de part et d'autre du plan de symétrie, suivant une surface cylindrique de rayon R.

On aurait ainsi le même résultat que dans le cas du coussinet ajusté, et vraisemblablement dans des conditions beaucoup plus économiques et plus précises.

En fait, il y aurait avantage, croyons-nous, à prendre comme rayon de second alésage, un rayon légèrement supérieur à R et égal à

$$R + \frac{m_0}{1.000} R, \qquad \text{avec} \qquad m_0 < m_1.$$

Nous appellerons ces coussinets : coussinets à double alésage.

Ces coussinets se rapprocheraient des conditions correspondant au cas du coussinet ajusté, mais pourraient être obtenus directement par usinage sur la machine-outil, sans intervention de la main de l'ouvrier, et être utilisés sans rodage préalable, opération toujours longue et coûteuse.

En fait, les trois tracés correspondent à trois cas particuliers du coussinet à double alésage :

Coussinet simple : $m_0 = m_1$ ou $\alpha = 0$.
Coussinet ajusté : $m_0 = 0$.

Coussinet à double alésage :

$$m_0 \neq 0 \qquad \text{et} \qquad m_0 < m_1.$$

*d*) Coussinets à alésage progressif. — En prenant pour $m$ une valeur relativement élevée (généralement pour les fusées d'essieux de wagons $m \neq 24$) [1] le but est de laisser à ces fusées, dans le coussinet, le jeu jugé nécessaire à un bon fonctionnement, et compatible avec les irrégularités du roulement (courbes, chocs, etc.).

Cette valeur ne peut être conservée dans les régions voisines du portage en raison de la nécessité de porter sur une surface et non sur une génératrice seulement.

En prenant pour $m$ une valeur suffisamment faible, dans la région centrale correspondant au portage, suffisamment élevée dans les régions latérales, et des valeurs progressivement croissantes en allant de la région centrale vers chacune des régions latérales, *l'axe d'alésage restant fixe*, on aurait un coussinet qui répondrait à tous les desiderata, qui serait d'une exécution facile, entièrement mécanique, avec une meilleure continuité pour la surface intérieure.

Nous appellerons ces coussinets : coussinets à alésage progressif.

Ils présenteraient l'avantage, sur les coussinets à double alésage, de pouvoir être exécutés sur la machine à aléser, d'une seule passe, sans déplacement du coussinet par rapport à l'axe d'alésage.

*Épaisseurs du film.* — L'épaisseur du film n'est, le plus souvent, que de quelques centièmes de millimètre. L'étude des épaisseurs du film dans ces conditions ne peut être faite graphiquement d'une façon pratique, en raison de l'impossibilité de trouver une échelle qui convienne à la représentation du coussinet ou de la soie d'une part, du film lui-même d'autre part.

(1) Par le signe $\neq$, nous indiquons « peu différent de ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut donc passer par l'analyse mathématique, et traduire les résultats de l'analyse, si l'on veut avoir une représentation graphique, par des tracés de films déformés, c'est-à-dire dans lesquels les échelles des longueurs et des hauteurs seront différentes.

Les trois premières solutions envisagées ci-dessus se ramènent toutes, en ce qui concerne l'étude de l'épaisseur du film, au cas général du coussinet à double alésage, ayant une épaisseur de film $h_a$ pour la tranche A qui, faisant avec OM l'angle $\alpha$, marque la séparation entre la région centrale de coefficient $m_0$ et la région latérale de coefficient $m_1$.

Soit $r$ la hauteur uniforme du film quand la soie et le coussinet sont concentriques; on aura en A une hauteur $h_a$, c'est-à-dire une diminution de hauteur $(r - h_a)$ pour un déplacement suivant OM égal à

$$\frac{r - h_a}{\cos\alpha},$$

donnant pour la tranche correspondant à l'angle $\theta$ une hauteur :

$$h = r - \frac{r - h_a}{\cos\alpha}\cos\theta$$
$$= h_a + (r - h_a)\left(1 - \frac{\cos\theta}{\cos\alpha}\right).$$

En notant que

$$r = \frac{m\mathrm{R}}{1\,000},$$

on aura, en exprimant toutes les hauteurs en centièmes de millimètre, R en centimètres, avec $h_a = n$

$$h = n + (m\mathrm{R} - n)\left(1 - \frac{\cos\theta}{\cos\alpha}\right).$$

Nous mettrons en évidence l'angle $(\theta - \alpha)$ en écrivant

$$h = n + (m\mathrm{R} - n)\left[\operatorname{tg}\alpha\sin(\theta - \alpha) + 1 - \cos(\theta - \alpha)\right]$$
$$= (m\mathrm{R} - n)\left[\frac{n}{m\mathrm{R} - n} + f(\alpha, \theta)\right].$$

On aura l'application de la formule en aval de A en faisant $m = m_0$, et en amont de A, en faisant $m = m_1$.

Nous appellerons $\mathrm{K}_0$ et $\mathrm{K}_1$ les rapports

$$\mathrm{K}_0 = \frac{n}{m_0\mathrm{R} - n} = \frac{\dfrac{n}{m_0\mathrm{R}}}{1 - \dfrac{n}{m_0\mathrm{R}}} \neq \frac{n}{m_0\mathrm{R}}$$

$$\mathrm{K}_1 = \frac{n}{m_1\mathrm{R} - n} = \frac{\dfrac{n}{m_1\mathrm{R}}}{1 - \dfrac{n}{m_1\mathrm{R}}} \neq \frac{n}{m_1\mathrm{R}}.$$

et nous établirons une fois pour toutes le tableau (fig. 5) à double entrée donnant, en fonction de $\theta$ et de $\alpha$ les valeurs de

$$f(\alpha, \theta) = \operatorname{tg}\alpha\sin(\theta - \alpha) + 1 - \cos(\theta - \alpha).$$

Ce tableau et la formule

$$h = (m\mathrm{R} - n)\left[\mathrm{K} + f(\alpha, \theta)\right]$$

permettent de résoudre facilement tout problème relatif aux conditions de fonctionnement du film d'huile élémentaire dans un coussinet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 5. — TABLEAU DES VALEURS DE $f(\alpha, \theta) = \lg\alpha \sin(\theta - \alpha) + 1 - \cos(\theta - \alpha)$.

| $\alpha =$ / $\theta =$ | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 0 | 0,0038 | 0,0152 | 0,0341 | 0,0603 | 0,0937 | 0,1339 | 0,1809 | 0,2340 | 0,2929 | 0,3572 | 0,4264 | 0,5000 |
| 5° | — 0,0038 | 0 | 0,0104 | 0,0304 | 0,0567 | 0,0902 | 0,1307 | 0,1776 | 0,2311 | 0,2902 | 0,3548 | 0,4242 | 0,4981 |
| 10° | — 0,0154 | — 0,0116 | 0 | 0,0192 | 0,0419 | 0,0797 | 0,1206 | 0,1682 | 0,2221 | 0,2820 | 0,3473 | 0,4176 | 0,4923 |
| 15° | — 0,0353 | — 0,0313 | — 0,0196 | 0 | 0,0272 | 0,0617 | 0,1035 | 0,1519 | 0,2070 | 0,2679 | 0,3346 | 0,4062 | 0,4824 |
| 20° | — 0,0642 | — 0,0601 | — 0,0480 | — 0,0279 | 0 | 0,0355 | 0,0784 | 0,1283 | 0,1848 | 0,2475 | 0,3159 | 0,3897 | 0,4680 |
| 25° | — 0,1034 | — 0,0992 | — 0,0866 | — 0,0658 | — 0,0368 | 0 | 0,0444 | 0,0962 | 0,1548 | 0,2198 | 0,2908 | 0,3670 | 0,4484 |
| 30° | — 0,1548 | — 0,1503 | — 0,1372 | — 0,1153 | — 0,0851 | — 0,0465 | 0 | 0,0541 | 0,1135 | 0,1835 | 0,2578 | 0,3377 | 0,4226 |
| 35° | — 0,2207 | — 0,2162 | — 0,2032 | — 0,1792 | — 0,1471 | — 0,1064 | — 0,0572 | 0 | 0,0648 | 0,1368 | 0,2153 | 0,2998 | 0,3896 |
| 40° | — 0,3034 | — 0,3004 | — 0,2857 | — 0,2609 | — 0,2267 | — 0,1831 | — 0,1305 | — 0,0693 | 0 | 0,0769 | 0,1609 | 0,2513 | 0,3473 |

COUSSINETS SIMPLES. — Les épaisseurs $h$ du film, en fonction de $\theta$ sont données, en centièmes de millimètre par :

$$h = (m\mathrm{R} - n)\,[\mathrm{K} + f(0, \theta)].$$

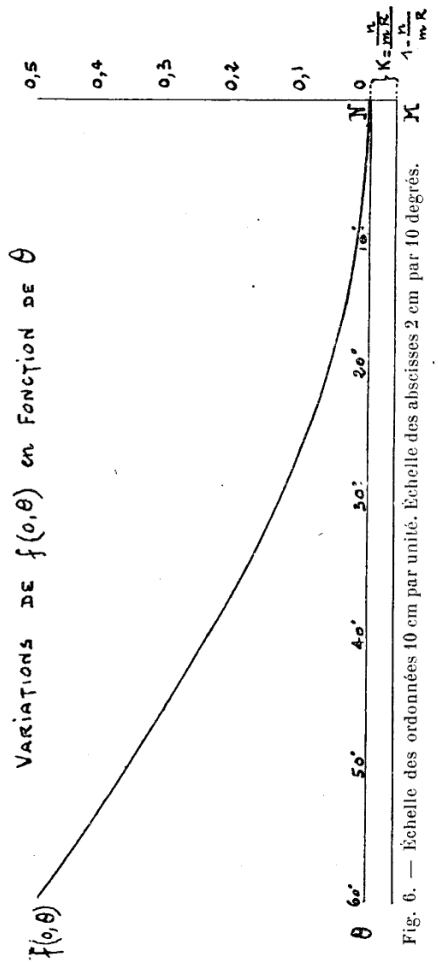



Fig. 6. — Échelle des ordonnées 10 cm par unité. Échelle des abscisses 2 cm par 10 degrés.

La courbe $f(0, \theta)$ représente, à partir de la parallèle M à l'axe des abscisses, les épaisseurs du film pour un coussinet simple, l'échelle des ordonnées correspondant à la hauteur MN pour $n$ centièmes de millimètre.

Portons en courbe, en fonction de $\theta$, à l'échelle de 10 cm par unité par exemple, les valeurs de

$$f(0, \theta).$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Traçons à la même échelle, pour une valeur donnée de $\frac{n}{m\mathrm{R}}$, la parallèlel à l'axe des $x$, distante, au-dessous de cet axe, de K; nous aurons, en prenant cette parallèle comme origine des coordonnées, la courbe représentant les valeurs de $h$; l'échelle correspondra à la hauteur K de la tranche pour $\theta = 0$, pour $n$ centièmes de millimètre.

Un tracé fait une fois pour toutes donnera ainsi la représentation graphique des épaisseurs des films pour tous les coussinets simples.

D'autre part, si nous nous donnons arbitrairement une valeur de $n$, épaisseur minimum du film en centièmes de millimètre, nous avons, avec les formules établies :

la valeur de $\frac{n}{m\mathrm{R}}$, rapport de l'épaisseur minimum au jeu sur le rayon;

la valeur de $\theta_m = \sqrt{\mathrm{K}} = \sqrt{\frac{\frac{n}{m\mathrm{R}}}{1 - \frac{n}{m\mathrm{R}}}}$, angle correspondant au maximum de

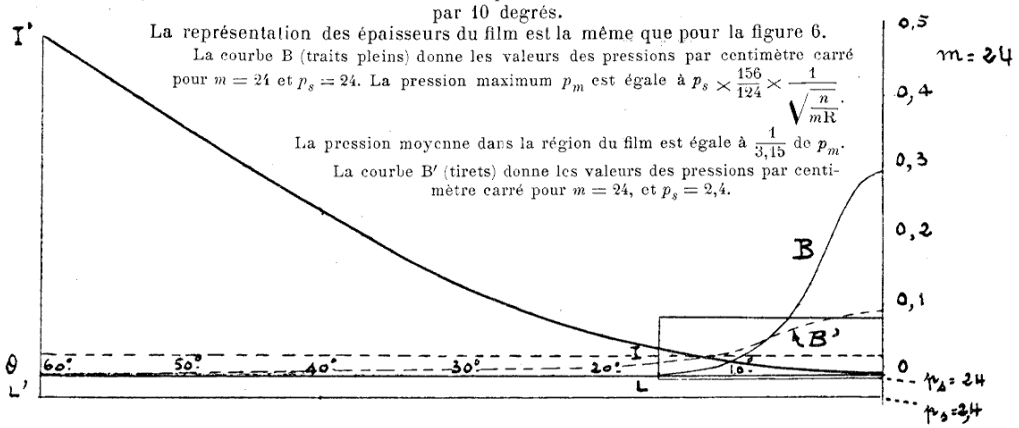
Fig. 7. — Échelle des ordonnées 10 cm par unité. Échelle des abscisses 2 cm par 10 degrés.

La représentation des épaisseurs du film est la même que pour la figure 6.

La courbe B (traits pleins) donne les valeurs des pressions par centimètre carré pour $m = 24$ et $p_s = 24$. La pression maximum $p_m$ est égale à $p_s \times \frac{156}{124} \times \frac{1}{\sqrt{\frac{n}{m\mathrm{R}}}}$.

La pression moyenne dans la région du film est égale à $\frac{1}{3,15}$ de $p_m$.

La courbe B′ (tirets) donne les valeurs des pressions par centimètre carré pour $m = 24$, et $p_s = 2,4$.




la variation de pression;

la valeur de $5\theta_m$, correspondant à la limite de la « région efficace » du film;

la hauteur 13,5 $n$, correspondant à cette tranche limite;

la valeur de la pression par centimètre carré ($p_s$) de la surface projetée et de la pression totale P par les formules :

$$\frac{n}{m\mathrm{R}} = (100\lambda)u\frac{1}{m^2\mathrm{R}}\frac{125}{p_s} \qquad \text{et} \qquad \mathrm{P} = p_s \times l \times 2\mathrm{R}.$$

Nous aurons d'autre part la valeur limite de $n$ correspondant aux films élémentaires par la relation

$$\frac{n}{m\mathrm{R}} < 0,04.$$

Nous prendrons comme exemple le cas des fusées de wagons :

| | | |
|---|---|---|
| Longueur de portage . . . . . | 22 | cm |
| Diamètre . . . . . | 13 | cm |
| Surface projetée . . . . . | 286 | cm² |
| Charge normale . . . . . | 6,8 | t |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pression correspondante . . . . . 24 kg : cm²
Valeur de $m$. . . . . 24
Vitesse $u$ pour 65 km : heure . . . . . 2,30 m : s

On déduit des formules :

Condition relative à l'application des formules du film élémentaire :

$$\frac{2.30}{24^2 \times 6{,}5} \times \frac{125}{0{,}04} < p_s \quad \text{et} \quad p_s > 1^k{,}92.$$

Valeur limite de $n$ $\quad n < 6{,}24.$
Valeur de $n$ pour $p_s = 24$ $\quad n = 0{,}50.$

Pour diverses valeurs de $n$ telles que 0,1 0,5 1 5,

nous trouvons :

*Roulement sur huile des coussinets simples.*

$100\lambda = 1 \quad u = 2{,}30 \quad m = 24 \quad R = 6{,}5.$

| VALEURS DE $n$ | $K = \frac{n}{mR} = \frac{n}{156}$. | $\theta_m = \sqrt{K}$. | $5\theta_m$ | | $h_l = 13{,}5n$. | $p_s$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,1 | 0,00064 | 0,0253 | 0,1265 | 7° | 1,35 | 120 kg : cm² |
| 0,5 | 0,0032 | 0,056 | 0,28 | 16° | 6,75 | 24 — |
| 1 | 0,0064 | 0,08 | 0,4 | 23° | 13,5 | 12 — |
| 5 | 0,032 | 0,18 | 0,9 | 52° | 67,5 | 2,4 — |

La représentation graphique du film est donnée par la figure 7 en traçant parallèlement à l'axe des $x$ les parallèles distantes de

pour

| 0,06 mm | 0,3 mm | 0,6 mm | 3 mm |
|---|---|---|---|
| $n = 0{,}1$ | $n = 0{,}5$ | $n = 1$ | $n = 5$. |

COUSSINETS AJUSTÉS ET COUSSINETS A DOUBLE ALÉSAGE. — Pour le coussinet à double alésage (ou pour le coussinet ajusté, qui n'en est qu'un cas particulier, $m_0 = 0$) le rayon d'alésage est égal à

$$R + \frac{m_0 R}{1.000}.$$

sur un arc $\alpha$, égal à 20° par exemple, de chaque côté de la génératrice médiane, et à

$$R + \frac{m_1 R}{1.000}.$$

au delà de cet arc.

Pour une hauteur $h_a = n$, exprimée en centièmes de millimètre, pour la tranche A correspondant à $\alpha = 20°$, nous aurons en amont de A, au delà de 20°, en centièmes de millimètre

$$h = (m_1 R - n)\,[K_1 + f(20°, \theta)]$$

avec

$$K_1 = \frac{\frac{n}{m_1 R}}{1 - \frac{n}{m_1 R}}.$$

Nous pouvons, comme ci-dessus, porter en courbe (fig. 8) en fonction de $\theta$, à l'échelle de 10 cm par unité :

$$y = f(20°, \theta).$$

Nous pouvons tracer, à la même échelle, pour une valeur donnée de $\frac{n}{m_1 R}$, la parallèle à l'axe des $x$, au-dessous de cet axe, distante de K. En prenant cette parallèle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme origine des ordonnées, nous aurons la courbe représentant en amont de A les valeurs de $h$; l'échelle correspond à la hauteur de la tranche en A pour $n$ centièmes de millimètre.

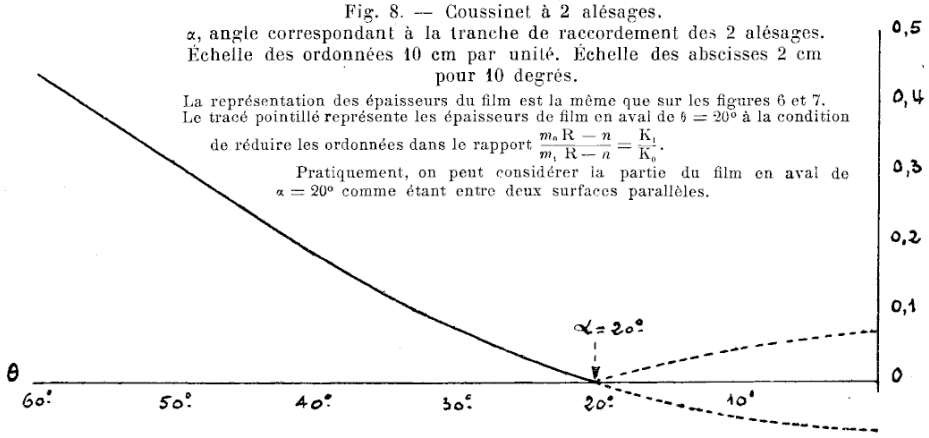
En aval de $m$A, nous avons :

$$h = (m_0 R - n)\,(K_0 + f(20°, \theta)).$$
$$= (m_1 R - n)\left[K_1 + \frac{m_0 R - n}{m_1 R - n} f(20°, \theta)\right].$$

Nous devrons donc réduire, pour la région centrale ($\theta < 20°$) les ordonnées de la courbe $f(20°, \theta)$ dans le rapport

$$\frac{m_0 R - n}{m_1 R - n} = \frac{K_1}{K_0},$$

Fig. 8. — Coussinet à 2 alésages.
$\alpha$, angle correspondant à la tranche de raccordement des 2 alésages. Échelle des ordonnées 10 cm par unité. Échelle des abscisses 2 cm pour 10 degrés.
La représentation des épaisseurs du film est la même que sur les figures 6 et 7. Le tracé pointillé représente les épaisseurs de film en aval de $\theta = 20°$ à la condition de réduire les ordonnées dans le rapport $\frac{m_0 R - n}{m_1 R - n} = \frac{K_1}{K_0}$.
Pratiquement, on peut considérer la partie du film en aval de $\alpha = 20°$ comme étant entre deux surfaces parallèles.




pour avoir comme ci-dessus la représentation graphique des épaisseurs, à partir de la même origine.

Pour $m_0 = 0$, le rapport de réduction sera

$$\frac{-n}{m_1 R - n} = -K_1.$$

Les valeurs de $f(\alpha, \theta)$ étant négatives pour $\theta < \alpha$, les hauteurs $h$ vont en croissant de $\theta = 20°$ à $\theta = 0°$

En raison des faibles valeurs de $f(20°, \theta)$ entre 20° et $\theta$, et de la faible valeur du rapport $\frac{n}{m_1 R}$, on pourra pratiquement considérer que dans toute la région centrale, on est dans le cas du film à surfaces parallèles.

Il en sera pratiquement de même pour le cas des coussinets à double alésage, avec les valeurs ordinairement choisies pour $m_0$.

D'autre part, les formules établies donnent

$$\left(\frac{n_1}{2\alpha R}\right)^2 = (100\lambda)\,u\,\frac{1}{2R}\,\frac{100}{p_s}\,B.$$

Pour les coussinets précédemment considérés :

$$100\lambda = 1 \qquad u = 2{,}30 \qquad 2R = 13,$$
$$\frac{n_1}{2\alpha R} = \frac{4{,}2}{\sqrt{p_s}} \qquad \text{en admettant } B = 1.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soit, avec

$$p_s = 24,$$

$$\frac{n_1}{2\alpha R} = 0{,}86.$$

Avec $2\alpha R = 4$ cm, nous aurons (fig. 9),

$$n_1 = 3{,}44 \quad \left(\text{en } \frac{1}{100} \text{ de mm}\right).$$

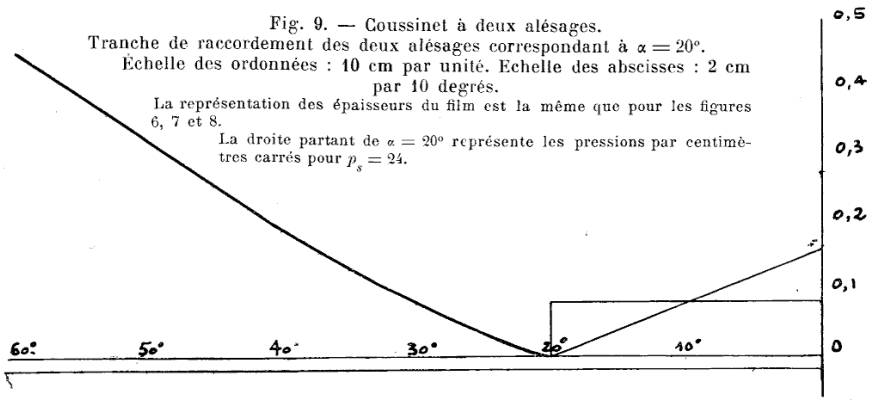



Fig. 9. — Coussinet à deux alésages.
Tranche de raccordement des deux alésages correspondant à $\alpha = 20°$.
Échelle des ordonnées : 10 cm par unité. Echelle des abscisses : 2 cm par 10 degrés.
La représentation des épaisseurs du film est la même que pour les figures 6, 7 et 8.
La droite partant de $\alpha = 20°$ représente les pressions par centimètres carrés pour $p_s = 24$.

Si nous considérons successivement les valeurs de $n$ égales à 1, 4, 5, 10, nous trouvons :

*Roulement sur huile des coussinets à double alésage.*

$100\lambda = 1$ $\quad u = 2{,}30$ $\quad R = 6{,}5$ $\quad \begin{matrix} m_0 \neq 0 \\ m_1 = 4 \end{matrix}$ $\quad 2\alpha R = 4\text{cm}$

| VALEURS DE $n_1$ | $\frac{n_1}{2\alpha R}$ | $\frac{4{,}2}{\frac{n_1}{2\alpha R}}$ | $p_s = \left(\frac{4{,}2}{\frac{n_1}{2\alpha R}}\right)^2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,25 | 16,8 | 284 |
| 4 | 1 | 4,2 | 17,6 |
| 5 | 1,25 | 3,4 | 11,6 |
| 10 | 2,5 | 1,68 | 2,84 |

Les épaisseurs du film $n_1$ varient proportionnellement :
à la racine carrée du coefficient de viscosité . . . . . $\lambda$
à la racine carrée de la vitesse . . . . . $u$
en raison inverse de la racine carrée du rayon . . . . . R
— de la racine carrée de la charge par centimètre carré. $p_s$

Nous avons négligé dans tout ce qui précède l'influence de la région formant « ajutage », en amont de A.

COUSSINET A ALÉSAGE PROGRESSIF. — Le coussinet à alésage progressif diffère essentiellement du coussinet à double alésage en ce que l'axe d'alésage est unique.

Nous considérerons pour ce coussinet trois régions :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la région centrale correspondant à $m = m_0$ et s'étendant de $M(\theta = 0°)$ à $A_0(\theta = \alpha_0)$ ; les deux régions intermédiaires, de $A(\alpha = \alpha_0)$ à $A_1(\alpha = \alpha_1)$, dans lesquelles $m$ croît progressivement de $m = m_0$ à $m = m_1$ ;

les régions latérales ($\alpha > \alpha_1$), avec $m = m_1$.

Les valeurs de $h$ pour la région centrale sont données par le tableau avec $\alpha = 0$, $h_0 = n$ étant égal à la hauteur considérée pour le film en M

$$h = n + (m_0 R - n) f(0, \theta).$$

Pour les régions latérales, nous n'avons qu'à augmenter de $(m_1 - m_0)\frac{R}{1.000}$ les valeurs données par la même formule.

Pour les régions intermédiaires, les épaisseurs dépendront de la loi suivant laquelle on aura fait varier $m$, entre les valeurs $m_0$ et $m_1$.

En négligeant, comme précédemment, l'influence de l'ajutage, c'est-à-dire des régions en amont de $A_0$, nous trouvons évidemment les mêmes formules que pour le coussinet à double alésage.

INFLUENCE DE L'AJUTAGE. — Nous avons négligé pour les films à surfaces parallèles étudiés ci-dessus, l'influence de l'« ajutage » qui précède le film proprement dit.

Nous aurons approximativement l'influence de cet ajutage en considérant d'une façon générale l'influence de l'ajutage constitué par un coin d'angle $\gamma$ précédant le film à surfaces parallèles.

Nous considérerons la portion de ce coin qui est en amont de la tranche de hauteur $H'$ et nous appellerons $n$ la hauteur en centièmes de millimètre de cette tranche.

La relation fondamentale

$$\frac{dp}{dx} = \frac{2\lambda u}{H'^2} B$$

donne avec les unités kilogramme, centimètre, seconde :

$$p = (100\lambda) u \frac{2}{n^2} \int B dx.$$

La fonction B est connue en fonction de $Z = \frac{h}{H'}$

$$B = \frac{3Z - 2}{Z^3}.$$

D'autre part, $h$ étant exprimé en centièmes de millimètre, $x$ en centimètres

$$\frac{h - h_0}{1.000} = x \operatorname{tg} \gamma \qquad dx = \frac{10^{-3}}{\operatorname{tg} \gamma} H' dZ.$$

D'où

$$p = (100\lambda) u \frac{2H' \times 10^{-3}}{n^2} \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma} \int B d\frac{h}{H'}.$$

Une première intégration donne la valeur de $p$ en chaque point, une seconde donne la pression cherchée $P_a$.

L'intégration pourra être limitée comme ci-dessus à la tranche de hauteur $h = 13{,}5\ h' = 9\ H'$

On trouve ainsi, pour la pression à la tranche amont du film

$$p_{H'} = (100\lambda) u \frac{2 \times 10^{-3}}{n} \frac{1}{\operatorname{tg} \gamma} 1{,}68$$

et pour la pression totale exercée sur la soie dans la région de l'ajutage

$$P_a = (100\lambda) u \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \gamma} \times 6{,}2.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Cas des coussinets à double alésage.* — Dans le cas du double alésage, les hauteurs du film en amont du point A de raccordement entre les deux surfaces sont données par

$$h = (m\mathrm{R} - n)\,(\mathrm{K} + \operatorname{tg}\alpha \sin(\theta - \alpha) + 1\cos(\theta - \alpha)).$$

En comptant les abscisses positivement dans la direction amont, nous avons

$$\operatorname{tg}\gamma = 10^{-3}\left(\frac{dh}{dx}\right)_{\theta=\alpha}$$
$$= m\left(1 - \frac{n}{m\mathrm{R}}\right)\operatorname{tg}\alpha \neq m\operatorname{tg}\alpha.$$

*Coussinets à alésage progressif.* — Dans le cas du coussinet à alésage progressif, nous pourrons prendre comme valeur moyenne de l'inclinaison du « coin », en amont de A

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{(m_1 - m_0)\mathrm{R}}{\mathrm{R}\,\alpha_1} = \frac{m_1 - m_0}{\alpha_1},$$

$\alpha_1$ étant la longueur en fonction du rayon de la région intermédiaire.

Il est facile de voir qu'en appliquant les formules ci-dessus, on a, par exemple, pour le cas du coussinet à double alésage, une pression totale

$$\mathrm{P} = (100\lambda)\,ul\left[\frac{6,4}{m^2\operatorname{tg}^2\alpha} + \frac{3,36}{mn} \times 2\mathrm{R} + \frac{100}{n^2}(2\alpha\mathrm{R})^2\right].$$

Pour $m = 24$, $\alpha = 20°$, on trouve

$$\mathrm{P} = (100\lambda)\,ul\left(0,084 + \frac{1,9}{n} + \frac{2.250}{n^2}\right).$$

Les deux premiers termes sont négligeables devant le troisième.

## CONCLUSIONS.

En résumé, de cette étude analytique du film d'huile dans les coussinets, résulte qu'au point de vue film, on peut répartir les coussinets en deux groupes principaux :

*a*) les coussinets simples, pour lesquels l'épaisseur du film va en décroissant progressivement jusqu'à la génératrice milieu de la surface cylindrique;

*b*) les coussinets ajustés, ou coussinets similaires, établis de telle sorte qu'un film à surfaces pratiquement parallèles peut se former suivant un développement de quelques centimètres de part et d'autre de la génératrice milieu.

Dans le premier cas, pour les dimensions normales des coussinets de wagons, l'épaisseur du film, proportionnelle au coefficient de viscosité $\lambda$, proportionnelle à la vitesse $u$, inversement proportionnelle à la charge par centimètre carré $p_s$, inversement proportionnelle au coefficient $m$ relatif au jeu, a pour ordre de grandeur $\frac{1}{200}$ mm dans les conditions normales correspondant à :

$\lambda = 0,01$ $\quad u = 2,30$ m (65 km : h) $\quad \mathrm{R} = 6,5$ cm
$p_s = 24$ kg : cm² (6,8 t sur les fusées) $m = 24$ (rayon d'alésage 65 mm + 1,5 mm).

La pression moyenne par centimètre carré de la *surface efficace* du film, correspondant à 16° (soit environ 18 mm) de part et d'autre de la génératrice médiane, est 3,6 fois la pression moyenne sur la surface projetée, et la pression par centimètre carré pour la génératrice supérieure du coussinet est environ 3,3 fois la pression moyenne sur la surface efficace, soit 12 fois la pression moyenne sur la surface projetée du coussinet. Pour une pression moyenne de 24 kg : cm² sur la surface projetée, on a donc théoriquement une pression de 288 kg : cm² sur cette génératrice.

Pour les coussinets ajustés ou similaires, l'épaisseur du film a pour ordre de gran-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deur, dans les mêmes conditions que ci-dessus, avec une surface ajustée de 4 cm de développement, $\frac{3}{100}$ mm, soit une épaisseur 6 fois plus grande que dans le cas précédent.

La pression moyenne par centimètre carré sur la surface ajustée est 3,25 fois la pression moyenne sur la surface projetée et la pression maximum par centimètre carré 6,5 fois la pression moyenne sur la surface projetée.

*
* *

Les *conclusions pratiques* de la théorie exposée sont différentes suivant que l'on se place au point de vue de la réalisation du meilleur coefficient possible de frottement, ou au point de vue de la plus grande sécurité possible de fonctionnement.

D'autre part, il y a lieu de noter que les conditions de fonctionnement ci-dessus correspondent au cas du film parfait. Il est probable que le plus souvent, en pratique, il y a frottement mixte avec portage onctueux suivant une certaine région; les phénomènes de viscosité interviennent pour soulager le coussinet, et réduire la pression dans la zone de portage onctueux.

Dans ces conditions, la qualité de l'huile et la nature du métal ont une importance de premier ordre.

En réservant les considérations relatives à la qualité de l'huile et à la nature du métal, il y a lieu d'examiner dans quelles limites la précision apportée pratiquement dans l'exécution des coussinets permet d'envisager l'existence de films de $\frac{1}{200}$ mm pour les coussinets simples, ou de $\frac{4}{100}$ mm pour les coussinets ajustés, et, dans ce dernier cas, comment peut varier l'épaisseur admissible pratiquement pour les films avec l'étendue de la surface ajustée.

On peut dès maintenant considérer comme acquises les conclusions ci-après :

Il y a pour les coussinets, sinon graissage sur film d'huile, du moins phénomènes combinés de graissage sur film d'huile et de graissage onctueux, comme le montrent, d'une part, la valeur trouvée pour le coefficient de frottement sur la machine de Noisy-le-Sec. (Expériences de la Compagnie des Chemins de Fer de l'Est), d'autre part l'amélioration constatée pour le coefficient de frottement par le simple fait d'un meilleur afflux d'huile.

En améliorant les conditions relatives au développement des pressions sous l'effet des phénomènes de viscosité, c'est-à-dire en se rapprochant le plus possible des conditions de fonctionnement du film d'huile, on réduit les résistances passives et on augmente la sécurité de fonctionnement.

Les questions relatives à la qualité de l'huile et à la nature du métal de frottement conservent une grande importance :

1° pour le fonctionnement en vitesse tant que la formation du film parfait n'est pas assurée;

2° pour le fonctionnement général, du fait des démarrages.

La précision de l'exécution des coussinets, et, par suite, le choix du mode d'exécution, ont une importance de premier ordre pour les résultats, aussi bien au point de vue de la réduction des résistances passives qu'au point de vue de la sécurité du fonctionnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ONDOSCOPE, APPAREIL PERMETTANT DE MONTRER EN PROJECTION L'ÉVOLUTION ET LES PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES ONDES [1]

par M. E. CHARRON, *professeur à l'Université catholique de Lille.*

L'ondoscope est un appareil ayant pour objet principal (mais non unique) de montrer, en projection, l'évolution des ondes liquides et tous les phénomènes corrélatifs : réflexion et réfraction sur des contours variés, interférences, diffraction.

On sait que ces phénomènes sont inhérents à la propagation des ondes de toutes espèces : ondes sonores ou ultra-sonores, ondes lumineuses, ondes de la T. S. F. On n'en a jamais autant produit ni autant parlé qu'à notre époque. Toutes ces espèces d'ondes, cependant si différentes, se propagent, se réfléchissent, se réfractent et se diffractent suivant des lois communes. On saisit immédiatement l'extrême importance de cette catégorie de phénomènes, aussi a-t-elle pris, dans les divers programmes d'enseignement, une place de plus en plus large. Malheureusement, l'étude en est assez abstraite et l'expérience directe ne vient pas habituellement à son aide puisque, en général, ces ondes ne sont pas visibles : on ne voit pas les ondes sonores, lumineuses, électriques. En particulier, dans les phénomènes précités : réflexion, réfraction, etc... relatifs à la lumière, toutes les expériences classiques montrent le trajet des rayons mais non pas les ondes : on ne peut donc suivre leur mouvement et leurs déformations pour vérifier la théorie.

Il n'y a que les rides à la surface des liquides que l'on puisse observer directement et c'est, par suite, à ce phénomène qu'il faut recourir pour illustrer expérimentalement les lois générales de l'évolution des ondes. Mais, s'il est très facile de voir la formation de ces rides à la surface de l'eau, dans un bassin quelconque, et aussi leur réflexion sur un bord rectiligne, il n'en va plus de même lorsqu'il s'agit de montrer, avec netteté, des phénomènes autrement délicats et complexes tels que réflexion sur des courbes variées, réfraction entre deux liquides non miscibles, formation d'une caustique, interférences entre deux sources synchrones avec production d'ondes stationnaires hyperboliques, diffraction, etc. On se heurte à toutes sortes de difficultés dont je signalerai, en passant, les principales dans l'exposé abrégé de la constitution et du fonctionnement de l'appareil.

(1) Communication et présentation de l'appareil faites par l'auteur en séance publique le 11 janvier 1930.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## DESCRIPTION DE L'ONDOSCOPE.

Cet appareil, construit par les Établissements Henry-Lepaute [2], est composé de plusieurs parties distinctes; la figure 1 donne une vue d'ensemble et la figure schématique 2 me servira à expliquer le fonctionnement.

*Cuve à liquide.* — Dans la plupart des expériences, on peut employer le mercure ou l'eau, mais le mercure donne généralement de meilleurs résultats. Pour la réfraction, il faut mercure et eau. La cuve à liquide, dont le

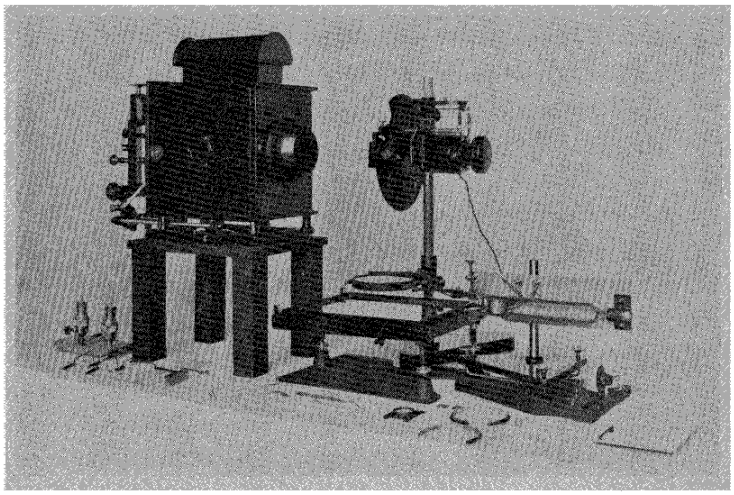


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'ondoscope E. Charron.

fond est constitué par une glace argentée, mesure intérieurement $22 \times 28$ cm; elle est extrêmement plate et nécessite à peine 250 cm$^3$ de liquide correspondant à une épaisseur inférieure à 4 mm.

Cette première cuve se trouve elle-même à l'intérieur d'un bassin en fer, à peine plus grand, formant entonnoir et soutenu par trois pieds à vis; on peut ainsi éviter les pertes de liquide et le transvaser facilement, et même, grâce à un dispositif très simple, il arrive que, en versant, dans le bassin extérieur, un mélange de mercure sale et d'eau, on recueille du mercure propre et sec.

*Diapason entretenu électriquement.* — Ce diapason D, d'une construction très soignée et d'une marche très régulière, fonctionne habituellement sous 2 V; on règle l'amplitude par un petit rhéostat fixé sur le socle avec un ampèremètre et un interrupteur. La branche inférieure est prolongée par

(2) 17 à 23, rue Desnouettes, Paris (15e).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une flèche munie de pointes ou lames interchangeables pour former les ondes liquides. Une autre flèche, non représentée sur la figure 2, est fixée à la branche supérieure pour l'équilibrage dynamique.

*Lampe à arc et dispositif optique pour projeter, sur un écran, l'image des ondes.* — La lampe à arc A, enfermée dans une lanterne, donne, au moyen du condenseur spécial C, une bonne image en A′ sur la face hypoténuse d'un prisme à réflexion totale $P_1$, qui renvoie le faisceau sur la lentille horizontale L rendant les rayons parallèles. Ce condenseur C est formé de 4 lentilles dont

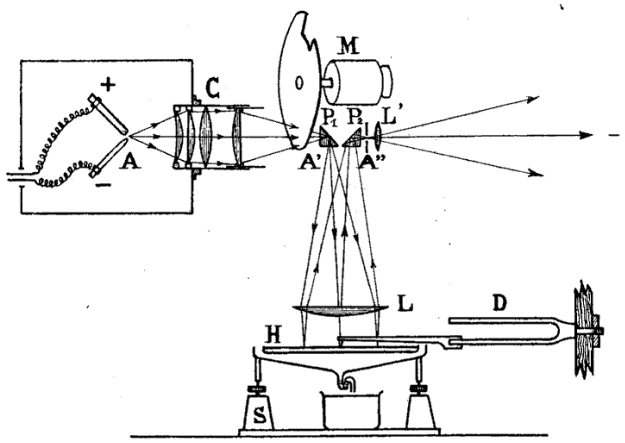



Fig. 2. — Schéma de l'ondoscope E. Charron.

les deux premières utilisent la propriété des points stigmatiques de la sphère, et dont la dernière peut se déplacer pour amener l'image A′ dans la position voulue sans modifier l'angle du faisceau qui doit avoir une valeur déterminée.

Le faisceau des rayons parallèles sortant de la lentille L est ensuite réfléchi vers le haut, soit par la surface du mercure, soit par l'argenture de la cuve lorsqu'elle contient de l'eau; ils passent à nouveau dans L, rencontrent le prisme $P_2$ et, en supposant le liquide immobile, concourenten A″. Là, ils traversent un diaphragme d'ouverture variable, puis la lentille de projection L′ et donnent, sur l'écran, une surface uniformément éclairée. Lorsqu'il y a des rides sur le liquide, toute portion inclinée dévie, par réflexion ou réfraction, la lumière de retour qui, par suite, ne traverse plus le diaphragme en A″, en sorte que la région conjuguée sur l'écran de projection se trouve sombre. Au contraire, toute portion horizontale H donne évidemment une image brillante. Ainsi, les côtés des ondes qui sont inclinés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

apparaissent en sombre sur l'écran, les sommets et les creux en brillant tout en se différenciant cependant. On voit qu'ici les ondes forment leur image par un mécanisme tout différent du cas habituel d'un objet lumineux ordinaire placé devant une lentille.

En réglant l'ouverture du diaphragme en A″, la méthode peut devenir extrêmement sensible et révéler, avec un relief saisissant, la moindre agitation du liquide.

Évidemment, on peut projeter à toutes distances.

*Dispositif stroboscopique.* — Il est peut-être utile de rappeler d'abord l'objet et le principe de la stroboscopie. Imaginons un corps animé d'un mouvement périodique rapide. Le cas le plus simple est celui d'un disque tournant à grande vitesse, par exemple à 100 tours par seconde. Si l'on a

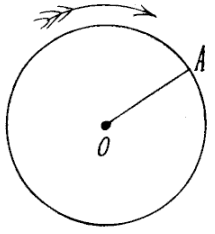



Fig. 3. — Le disque semble immobile.

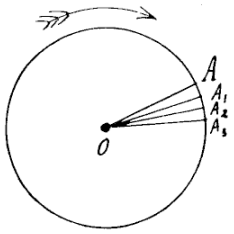



Fig. 4. — Le disque semble tourner lentement dans le sens réel.

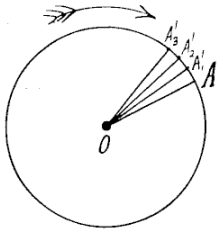



Fig. 5. — Le disque semble tourner lentement en sens inverse du sens réel.

tracé, sur ce disque, un rayon OA, ce rayon sera absolument invisible, l'œil ne pouvant suivre des mouvements aussi rapides. Mais supposons que ce disque, au lieu d'être éclairé par une lumière permanente ordinaire, soit illuminé par une série d'éclairs extrêmement brefs se succédant à intervalles réguliers à raison, précisément, de 100 par seconde. Chacun de ces éclairs montrera le disque et son rayon dans la même position OA (fig. 3) puisque celui-ci fait tout juste un tour entre deux éclairs. L'œil a donc l'impression d'un disque immobile, figé dans cette position.

Supposons maintenant que les éclairs se suivent à un intervalle très légèrement supérieur : il y en a, par exemple, 98 par seconde. Un premier éclair montre le disque en OA (fig. 4) ; l'éclair suivant le montre en $OA_1$, le disque ayant fait un peu plus d'un tour dans l'intervalle ; les autres éclairs le montreront successivement en $OA_2$, $OA_3$, etc. Le disque semble donc tourner lentement dans le sens réel. Son mouvement ne paraît d'ailleurs pas du tout saccadé et l'on peut établir aisément qu'il semble faire $100 - 98 = 2$ tours par seconde.

Si, au contraire, la fréquence des éclairs est un peu supérieure à 100, soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par exemple 102, un premier éclair faisant voir le disque en OA (fig. 5), le suivant le montre en $OA'_1$, car le disque n'a pas eu le temps de faire un tour entier; ensuite, on voit successivement le rayon en $OA'_2$, $OA'_3$, etc. : le disque paraît tourner lentement en sens inverse du mouvement réel, à la fréquence $102 - 100 = 2$.

On ne peut manquer de signaler, en passant, le grand intérêt des méthodes d'observation stroboscopique dans l'industrie, pour l'examen des pièces animées de mouvements périodiques rapides[3].

Mais ici, dans notre ondoscope, que vient faire la stroboscopie? Elle vient nous permettre de voir les ondes en marche car celles-ci doivent être produites à une fréquence supérieure à 10 par seconde en sorte que l'on ne pourrait les suivre sans cet artifice. Et pourquoi ne pas produire des ondes de fréquence bien plus faible : 2 ou 3 par seconde? Pour deux raisons d'ordres différents, dont voici la première. Il est utile que l'on voie simultanément, dans le champ de projection, un bon nombre d'ondes. Or, la portion du liquide projetée sur l'écran est nécessairement restreinte : elle mesure en fait 12 cm. La distance mutuelle des ondes, ou longueur d'onde, doit donc être inférieure au centimètre, et comme la vitesse de propagation de ces ondes varie entre 20 et 30 cms : suivant la nature du liquide, on voit que cela conduit à une fréquence de l'ordre de 30; elle est environ 40 dans cet appareil.

D'autre part, dans ces expériences, les divers trains d'ondes incidents ou réfléchis s'entrecroisent en produisant ce que l'on appelles des *ondes stationnaires* c'est-à-dire des régions fixes de la surface liquide où le mouvement est soit maximum, soit minimum. Ce sont les lignes décrites par les points d'intersection des ondes en marche. Ainsi, à l'intersection de deux crêtes d'ondes, le liquide est soulevé plus haut qu'ailleurs; ce point décrit une ligne d'agitation maxima. A l'intersection d'une crête avec un fond, le liquide reste à peu près immobile et ce point décrit une ligne d'agitation minima. Dans le cas très simple et classique de deux sources d'ondes circulaires synchrones, ces lignes constituent une famille d'hyperboles.

Or, lorsque les ondes évoluent ou semblent (grâce à la stroboscopie) évoluer lentement, l'œil ne voit pas ces lignes, car il ne saisit pas nettement, dans son ensemble, la trajectoire de ces points qui se déplacent tout doucement. Au contraire, quand, sur l'écran, la fréquence des ondes en marche est de l'ordre de 40, l'œil ne les voit plus; par contre, il saisit très nettement la trajectoire de leurs points d'intersection, c'est-à-dire les ondes stationnaires.

En résumé, en opérant par stroboscopie, on peut observer, au ralenti,

(3) Voir, à ce sujet, *La stroboscopie et ses applications en aéronautique*, par M. A. BERTRAND dans le *Bulletin* d'octobre 1928, p. 733.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le mouvement et les déformations des ondes en marche, mais on ne voit pas bien les ondes stationnaires; en opérant avec éclairage permanent, on ne voit plus le mouvement des ondes en marche qui est trop rapide, mais on voit très nettement les ondes stationnaires sous forme de lignes immobiles. Il est impossible de voir simultanément les deux phénomènes, donc la stroboscopie, dans ces expériences, n'est pas facultative : elle est nécessaire.

Le dispositif stroboscopique est ici très simple; il consiste en un petit moteur électrique universel M entraînant un disque échancré qui laisse passer périodiquement la lumière (fig. 2). Ce moteur est muni d'un régulateur à force centrifuge en sorte que sa vitesse est bien constante et qu'il faut de grandes variations de voltage pour la modifier. On peut cependant la faire varier de 3 tours par seconde environ au moyen d'un rhéostat, ce qui permet de modifier, et même de renverser le mouvement apparent. Il est suspendu à une sorte de petit chariot que l'on fait glisser pour passer instantanément de l'éclairage périodique à l'éclairage fixe, le disque ne coupant plus, dans ce dernier cas, le faisceau incident. La suspension élastique est combinée de telle sorte que le moteur ne communique pas de vibrations appréciables à son support et ne prenne pas lui-même un mouvement d'oscillation.

*Dispositifs spéciaux et accessoires divers.* — Par ailleurs, un bon nombre de dispositifs spéciaux sont nécessaires pour éviter divers défauts nuisant gravement à la pureté et à la netteté des projections. Il faut, en particulier, amortir les ondes réfléchies sur les bords de la cuve lesquelles, dans le cas du mercure, sont très vigoureuses et reviennent troubler le champ de projection. Il faut éviter aussi que la cuve à liquide soit ébranlée par le moteur stroboscopique, le diapason ou les vibrations accidentelles du sol, toutes causes capables de produire des ondes plus fortes que celles dont on veut suivre les évolutions. A cet effet, le moteur et son disque sont bien équilibrés et suspendus à des ressorts très souples; le diapason repose sur un support élastique et la cuve à liquide est placée sur un plateau suspendu par des ressorts à l'intérieur du bassin en fer formant entonnoir.

Enfin, l'appareil comporte de nombreux accessoires : un jeu de pointes et lames interchangeables que l'on adapte instantanément à la flèche du diapason pour produire des ondes circulaires, rectilignes ou courbes; il y a des profils rectilignes, circulaires, elliptiques, paraboliques et hyperboliques pour la réflexion ou la réfraction des ondes, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DESCRIPTION DES PRINCIPALES EXPÉRIENCES.

Maintenant que nous connaissons la constitution de l'appareil, voyons les expériences les plus caractéristiques qu'il permet de réaliser. Il est évident, d'ailleurs, que l'on peut en imaginer en effectuer beaucoup d'autres.

ONDES CIRCULAIRES DIRECTES OU RÉFLÉCHIES. — *Projection stroboscopique d'un système d'ondes circulaires.* — On adapte une petite pointe d'ivoire à l'extrémité de la flèche du diapason que l'on met en mouvement et qui produit une quarantaine d'ondes par seconde. En éclairage permanent, on ne voit rien, mais en éclairage stroboscopique, ces ondes apparaissent sur

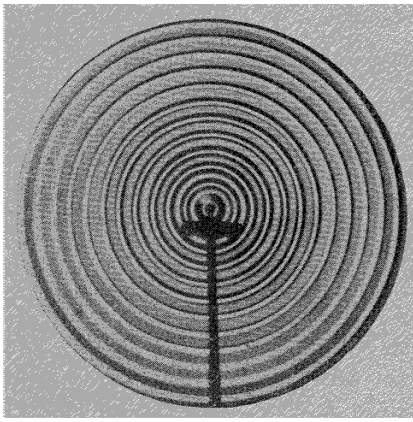


Fig. 6. — Ondes circulaires.

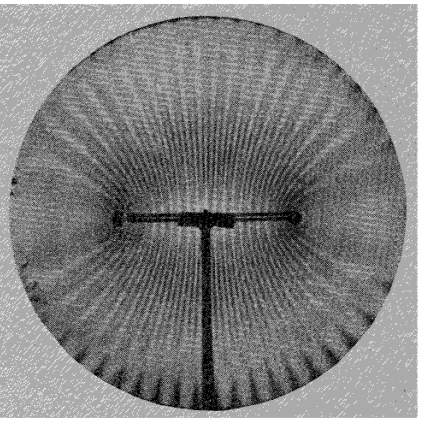


Fig. 7. — Ondes stationnaires produites par l'interférence de deux trains d'ondes circulaires synchrones.

l'écran très nettes et avec un relief vigoureux (fig. 6), malgré qu'en réalité ce relief soit insignifiant : une fraction de millimètre.

En réglant convenablement la vitesse du moteur stroboscopique, on les voit s'épanouir lentement ou bien rester immobiles, ou enfin se rétrécir et s'engloutir dans leur centre.

*Interférences de deux systèmes d'ondes circulaires issues de deux sources synchrones.* — Remplaçons donc le pointe unique par une double pointe produisant un double train d'ondes.

En éclairage permanent, on ne voit que les ondes stationnaires hyperboliques. Il y en a une vingtaine, très nettes, dans tout le champ de projection (fig. 7); elles proviennent, comme nous l'avons rappelé plus haut, de l'interférence des deux réseaux d'ondes circulaires.

En passant à l'éclairage stroboscopique, l'aspect change complètement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 8); on ne perçoit plus trace des hyperboles stationnaires mais on voit très nettement les deux systèmes d'ondes circulaires, précédemment invisibles; ces ondes se développent lentement et s'entrecroisent en formant des figures très régulières. On est étonné qu'un même phénomène puisse être vu sous deux aspects aussi différents. On peut encore remarquer que, lorsque ces hyperboles sont projetées sur l'écran, une photographie donnerait, suivant le temps de pose, la figure 7 (pose de l'ordre de la seconde) ou la figure 8 (instantané très rapide).

Nous reproduisons un certain nombre de photographies de ces divers

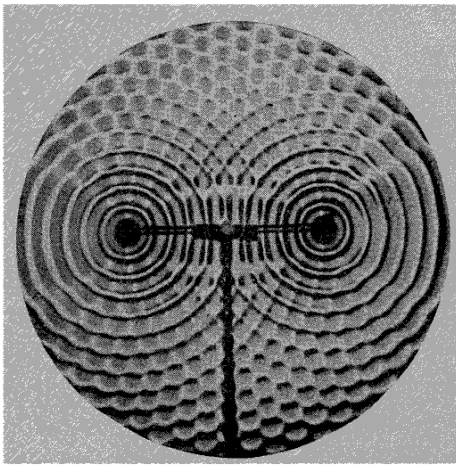


Fig. 8. — Ondes circulaires synchrones produites par deux sources ponctuelles.

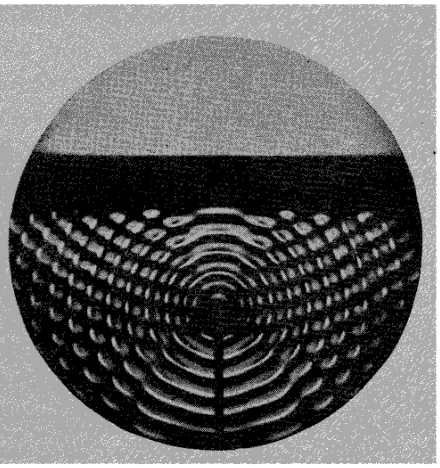


Fig. 9. — Ondes circulaires se réfléchissant sur une réglette.

phénomènes, mais le lecteur voudra bien se garder de croire qu'elles peuvent lui donner une idée exacte de ce que l'appareil projette sur l'écran. Tout d'abord ces photographies sont difficiles à bien réussir, leur reproduction par la photogravure perd beaucoup de netteté et de relief, mais fussent-elles parfaites qu'elles auraient toujours le défaut de rester inertes et que, par suite, elles ne pourraient donner aucune idée de la beauté de ces expériences dans lesquelles le mouvement des ondes constitue le principal attrait. Même, une secousse accidentelle de la cuve à liquide se traduisant aussitôt sur l'écran par de grandes ondes insolites augmente plutôt l'intérêt en prouvant que ces expériences ne sont pas truquées, que ce n'est pas un film de cinéma que l'on déroule, mais que c'est réellement un liquide sur lequel on opère.

*Réflexion, sur une ligne droite, d'un train d'ondes circulaires.* — Nous adaptons la pointe unique à la flèche du diapason et plaçons, dans le liquide, une réglette rectiligne qui repose sur le fond de la cuve et sur laquelle les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ondes circulaires viennent se réfléchir. La stroboscopie montre ces ondes réfléchies (fig. 9) qui semblent venir du symétrique de la pointe. Elles interfèrent évidemment avec les ondes incidentes en donnant des ondes stationnaires qui sont les mêmes hyperboles que dans le cas précédent (fig. 10) et que l'on voit très bien en lumière fixe.

Lorsqu'on rapproche progressivement la pointe de la réglette, ces hyperboles se replient comme des ailes et s'engloutissent du côté de la pointe. L'explication de ce phénomène est facile et peut donner lieu à un petit problème intéressant.

La réglette placée dans le liquide est très mince, d'une épaisseur de 2 mm environ et le lecteur peut s'étonner de la voir représentée sur les figures 9 et 10 par une barre très épaisse : cela provient de la courbure que prend, sous l'influence de la tension superficielle, la surface du mercure au voisinage de cette réglette, car toute portion non horizontale de la surface liquide se traduit en noir sur l'écran de projection comme je l'ai expliqué plus haut. Le même phénomène produit une large bande sombre autour des divers profils elliptique, hyperbolique, etc., dans les expériences qui suivent.

*Réflexion, sur un profil elliptique, des ondes issues d'un foyer.* — Lorsqu'on considère les rayons au lieu des ondes, comme c'est le cas habituel en optique, on sait que les rayons issus d'un foyer passent ensuite rigoureusement, après réflexion, par l'autre foyer. Les rayons étant toujours perpendiculaires aux ondes, il en résulte que les ondes circulaires issues du premier foyer donnent, après réflexion, de nouvelles ondes circulaires autour du second; elles vont se rétrécissant vers ce point et s'y engloutissent.

Nous plaçons donc, dans le liquide, au milieu du champ de projection, un profil elliptique soigneusement établi, et nous amenons la pointe au premier foyer en utilisant des repères gravés sur l'ellipse. La stroboscopie montre (fig. 11) les ondes incidentes et réfléchies, ces dernières bien circulaires autour du second foyer. Si l'on déplace, même légèrement, la pointe, les ondes réfléchies ne sont plus circulaires (fig. 12) et ne vont plus se concentrer en un point; c'est que, comme on dit en optique, il n'y a plus stigmatisme. Même chose si l'on remplace le profil elliptique par un profil circulaire (fig. 13) qui, sous une grande ouverture, n'est pas stigmatique.

ONDES RECTILIGNES. — *Réflexion, sur un profil parabolique, des ondes circulaires issues du foyer.* — Les rayons réfléchis sont parallèles entre eux, et par conséquent les ondes réfléchies sont rectilignes. Il est facile de démontrer que les ondes stationnaires provenant de l'interférence des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trains incident et réfléchi, et très visibles en lumière fixe, sont paraboliques.

PROPAGATION ET DIFFRACTION DES ONDES A TRAVERS UNE OUVERTURE. — Le phénomène est plus intéressant avec des ondes rectilignes; elles sont

Fig. 10. Fig. 11.

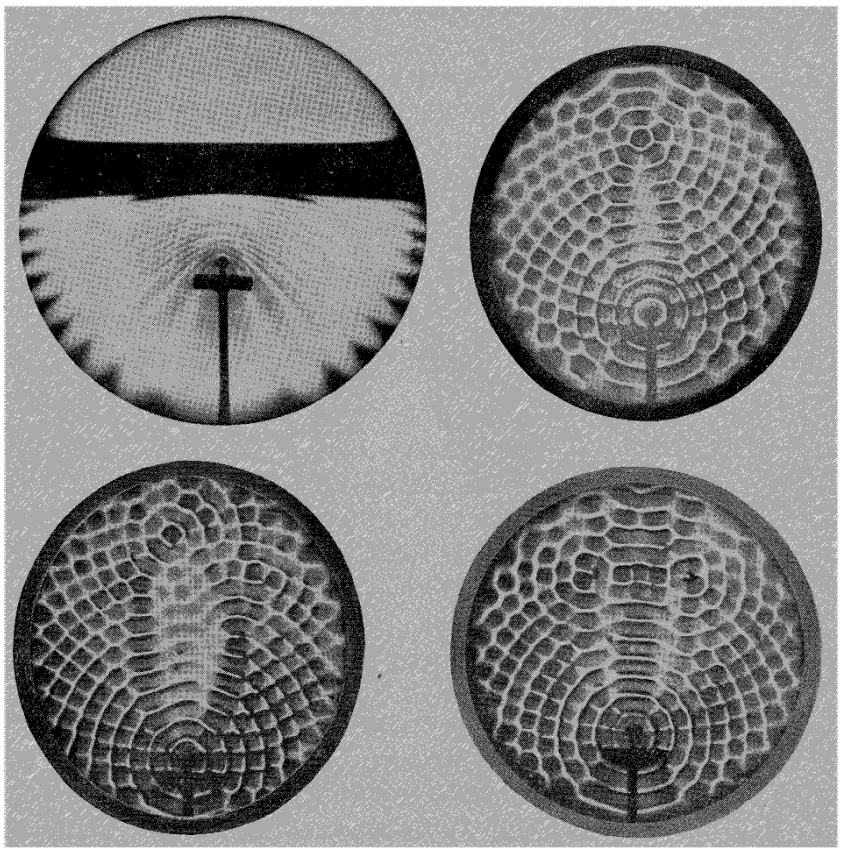


Fig. 12. Fig. 13.

Fig. 10. — Ondes stationnaires produites par l'interférence des trains d'ondes incident et réfléchi.
Fig. 11. — Réflexion, sur un profil elliptique, d'ondes circulaires issues d'un foyer.
Fig. 12. — La source des ondes incidentes n'étant plus au foyer, les ondes réfléchies ne sont plus circulaires.
Fig. 13. — Réflexion d'ondes circulaires sur un profil circulaire.

produites par une petite lame spéciale adaptée à la flèche du diapason; on la place tout au bas du champ de projection, et l'on voit, en stroboscopie, ces ondes horizontales, bien droites et équidistantes dans tout le champ,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se déplaçant régulièrement vers le haut. Elles correspondent à un faisceau de rayons parallèles verticaux. On place alors, dans la cuve à liquide, une petite réglette formant obstacle sur le trajet des ondes, et l'on voit que

Fig. 14. Fig. 15.

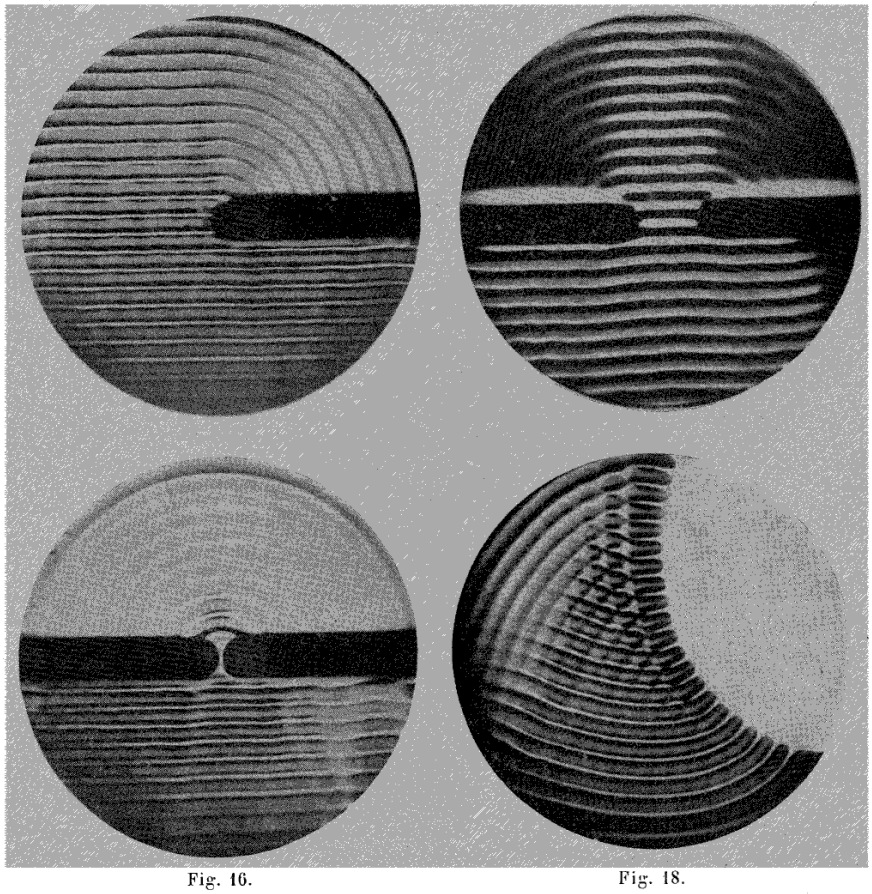


Fig. 16. Fig. 18.

Fig. 14. — Propagation et diffraction d'un train d'ondes rectilignes rencontrant une réglette.
Fig. 15. — Propagation et diffraction d'un train d'ondes rectilignes entre deux réglettes assez écartées.
Fig. 16. — Lorsque les réglettes sont très rapprochées, les ondes diffractées sont des demi-circonférences.
Fig. 18. — Forme des ondes en marche au voisinage d'une caustique.

celles-ci continuent leur chemin dans l'espace libre (fig. 14); elles sont limitées par la verticale passant par l'extrémité de la réglette : c'est la propagation rectiligne; cependant elles débordent largement de l'autre côté,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais sous forme d'ondes circulaires d'intensité beaucoup plus faible ayant pour centre l'extrémité de la réglette : c'est la *diffraction*.

On peut placer deux réglettes semblables laissant entre elles un intervalle libre; les ondes passent dans cet intervalle (fig. 15) et continuent verticalement leur chemin en restant rectilignes, mais il y a des deux côtés des ondes diffractées circulaires. Lorsque l'ouverture devient très étroite, les ondes qui passent prennent la forme de demi-circonférences (fig. 16) ayant leur centre en cette ouverture et non en la source.

Avec deux ouvertures de ce genre disposées côte à côte, on voit les deux trains d'ondes circulaires diffractées interférer pour donner des ondes stationnaires hyperboliques : c'est l'expérience classique d'Young.

On peut même, lors de ces expériences, constater, dans tous leurs détails, l'existence des ondes stationnaires correspondant aux franges de diffraction produites, sur la lumière, par une fente ou le bord d'un écran. C'est à cause de ces phénomènes que, sur la figure 15, les ondes diffractées ne sont pas régulièrement circulaires.

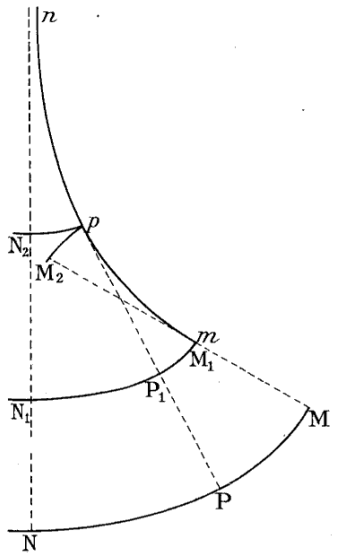



Fig. 17. — Schéma de la déformation caractéristique d'une onde au voisinage d'une caustique.

FORME DES ONDES EN MARCHE ET DES ONDES STATIONNAIRES AU VOISINAGE D'UNE CAUSTIQUE. — Les ondes sont produites par une lame courbe M P N dont la courbure décroît progressivement jusqu'à zéro d'une extrémité à l'autre; elles prennent évidemment la forme M P N de cette lame (fig. 17), et chaque région de l'onde se propage ensuite normalement à sa direction : il doit donc se former une caustique *m p n* qui est l'enveloppe des normales à l'onde. L'onde issue de la lame prend successivement la forme $M_1$ $P_1$ $N_1$ puis la forme $M_2$ *p* $N_2$ avec un point de rebroussement en *p* sur la caustique : c'est la forme caractéristique des ondes au voisinage d'une caustique.

Il est facile de se rendre compte de la genèse de cette forme. Soit P le point de l'onde initiale ayant pour centre de courbure *p*. Lorsque cette portion P de l'onde arrive en *p*, chacun des points de la portion P M a dépassé son centre de courbure, lequel est situé entre *p* et *m*, donc la position P $M_2$ qu'elle prend doit être une courbe présentant sa concavité du côté *m*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au contraire, aucun des points de la portion P N n'a encore atteint son centre de courbure qui est compris entre $p$ et $n$ (à l'infini) en sorte que $P N_2$ doit avoir sa concavité du côté $n$.

En $p$, sur la caustique, l'onde est donc double et par suite beaucoup plus forte; c'est ainsi que, en considérant les ondes au lieu des rayons, on arrive au même résultat : sur la caustique, le mouvement vibratoire est plus intense. Toutes ces particularités s'observent très bien en stroboscopie (fig. 18).

Il résulte de cette forme particulière que les branches des ondes successives ainsi repliées se coupent, et le lieu des points d'intersection constitue

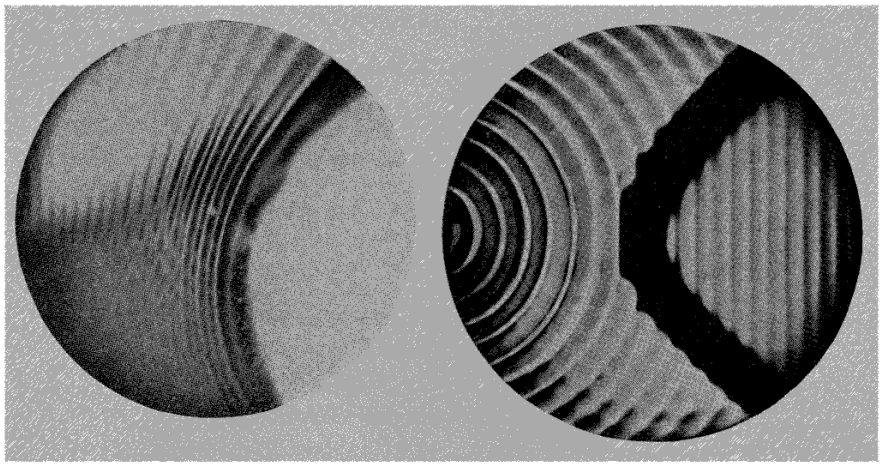


Fig. 19. — Ondes stationnaires au voisinage d'une caustique.

Fig. 21. — Réfraction et réflexion des ondes dans un dioptre eau-mercure.

les ondes stationnaires qui sont à peu près parallèles à la caustique et que l'on voit nettes et nombreuses en éclairage permanent (fig. 19).

On sait qu'en optique, il est très facile de voir ces franges, par exemple dans les caustiques que forment des gouttelettes d'eau sur une vitre.

RÉFRACTION. — *Réfraction des ondes passant du mercure dans l'eau* où elles vont plus vite, ou inversement. Nous disposons les deux liquides côte à côte en couche mince. La forme de leur région de séparation est déterminée par le rebord haut de 2 mm d'un petit profil métallique que l'on fixe instantanément au fond de la cuve, laquelle se trouve ainsi partagée en deux parties. On verse du mercure dans l'un des compartiments jusqu'à ce qu'il vienne s'appuyer régulièrement sur ce petit bord et épouser sa forme tout en s'élevant plus haut de 2 à 3 mm grâce à sa forte tension superficielle. Ensuite, on verse de l'eau dans l'autre compartiment, jusqu'au même niveau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le mercure. Les deux liquides se trouvent ainsi en contact direct sur une hauteur de 2 à 3 mm par-dessus le bord métallique. On obtient donc, de cette manière, des sortes de dioptres.

On peut, par exemple, utiliser un dioptre rectiligne et faire arriver des ondes rectilignes dans l'un des liquides, eau ou mercure : il y a réflexion et réfraction partielles, et les ondes réfractées ont changé de direction. On remarque très bien la variation de longueur d'onde d'un milieu à l'autre. Lorsque les ondes incidentes sont dans le mercure (où elles vont moins vite que dans l'eau), on observe nettement la réflexion totale quand la direction de propagation de ces ondes devient suffisamment voisine du dioptre rectiligne.

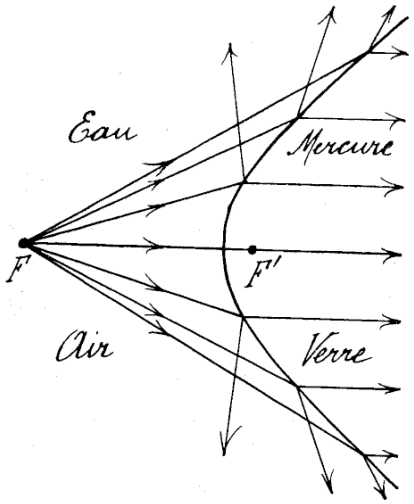



Fig. 20. — Marche des rayons réfractés et réfléchis dans un dioptre eau-mercure ou air-verre.

Une des expériences de réfraction les plus intéressantes consiste à *transformer des ondes circulaires dans l'eau en ondes rectilignes dans le mercure au moyen d'un dioptre hyperbolique ayant pour excentricité le rapport des vitesses des ondes dans ces deux liquides*, et qui, comme on sait, est rigoureusement stigmatique pour un foyer. En considérant les rayons (fig. 20), on dit que ceux qui émanent de ce foyer F, situé dans l'eau et qui sont naturellement divergents, deviennent parallèles dans le mercure où ils se propagent moins vite. C'est comme un dioptre en verre convexe et par suite convergent : le mercure joue le rôle du verre et l'eau celui de l'air. Par ailleurs, une partie des rayons se réfléchit et semble alors venir du foyer F'. La figure 21 montre les ondes incidentes circulaires de centre F et les ondes réfractées rectilignes ; les ondes réfléchies circulaires de centre F' sont à peine visibles. On remarque la diminution de longueur d'ondes entre l'eau et le mercure.

La ligne de séparation des deux liquides donne une large bande sombre pour la raison indiquée précédemment.

AUTRES EXPÉRIENCES DIVERSES. — Il est important de remarquer que, en dehors des ondes liquides, cet appareil peut être utilisé pour un grand nombre d'expériences toutes différentes. C'est d'abord un appareil de pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jection pour montrer des clichés, des schémas tracés sur verre, et, en général, des phénomènes localisés dans un plan horizontal, par exemple des expériences de tension superficielle à la surface d'un liquide, des spectres magnétiques d'aimants et de courants.

Le dispositif d'éclairage stroboscopique permet de montrer, en projection, et au ralenti, de nombreux phénomènes : ondes stationnaires sur un ressort, sur une corde, vibrations d'un diapason, marche d'un moteur.

Le diapason producteur d'ondes peut être utilisé séparément, soit pour l'inscription graphique de ses vibrations, soit pour l'entretien d'un ressort ou d'une corde vibrante, etc.

## UTILITÉ DE CET APPAREIL DANS L'ENSEIGNEMENT ET DANS L'INDUSTRIE.

Je suis persuadé que toutes les personnes compétentes ont immédiatement saisi l'intérêt considérable que présentent ces expériences dans l'enseignement, à tous les degrés : les phénomènes généraux relatifs à la propagation des ondes prennent une place de plus en plus grande dans les divers programmes, et cependant, malgré que leur étude soit abstraite, on ne fait pas ou presque pas d'expériences pour illustrer et faciliter la théorie. Aussi tous les professeurs et élèves qui ont vu ces expériences ont-ils toujours été très vivement intéressés.

Par contre, je me permettrai d'insister davantage sur les services que peut rendre cet appareil dans les industries en rapport avec des phénomènes de propagation d'ondes

Ainsi, dans les haut-parleurs, il est très important de savoir ce que deviennent la forme et l'intensité des ondes sonores à mesure qu'elles progressent dans le pavillon, et d'étudier l'influence du profil et des dimensions de celui-ci. Avec l'ondoscope, on peut opérer facilement sur des petits contours métalliques placés dans la cuve à liquide. Les phénomènes ne sont pas identiques, mais il y a une certaine similitude permettant, en tenant compte du rapport des dimensions, vitesses et fréquences, d'obtenir d'utiles renseignements.

Dans les diffuseurs, on sait que les sons graves sont mal rendus parce que les variations de pression relativement lentes que produit l'appareil pour les notes basses se comblent immédiatement de l'autre côté de la membrane vibrante en tournant autour des bords, au lieu de se propager au loin. On tâche d'éviter cet inconvénient au moyen d'un écran assez large entourant cette membrane vibrante. Voilà encore un phénomène que l'on pourrait calquer et étudier *de visu* avec l'ondoscope.

Pour l'acoustique des salles, il serait très utile d'étudier expérimentale-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment, sur de petits profils placés dans la cuve à liquide, la réflexion des ondes en marche et la formation des ondes stationnaires.

Dans les ports, la réflexion de la houle sur les murs de quai et les jetées produit, à certains endroits, des ondes stationnaires où le mouvement est si intense qu'il devient dangereux pour les bateaux et que l'on doit démolir des ouvrages importants pour l'éviter. Il est probable que des expériences faites avec l'ondoscope sur des modèles réduits des bassins et jetées auraient permis de se rendre compte du phénomène et d'étudier les dispositions permettant de le supprimer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 8 MARS 1930

Présidence d'honneur de M. Ernest Roume.

La séance est ouverte à 17 h.

Est présentée pour devenir membre de la Société et admise séance tenante :

la Manufacture française de Tapis et Couvertures, 5, boulevard Saint-Jean, Beauvais (Oise), présentée par MM. Dantzer et Lemaire (membre perpétuel).

MM. Ch. de Fréminville et Georges Wery, *secrétaires généraux*, présentent et analysent des ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque.

M. de Fréminville présente les ouvrages suivants :

*Conditions techniques* du Bureau Veritas *pour le matériel non destiné aux constructions navales*. III. Paris, Bureau Veritas, 31, rue Henri-Rochefort (17e). *(Don de M. L. Guillet, membre du Conseil d'Administration)*;

*Installations téléphoniques. Description et fonctionnement des appareils. Montage des postes d'abonnés et des postes centraux. Guide pratique à l'usage du personnel des Postes, Télégraphes et Téléphones et des monteurs électriciens, d'après l'ouvrage de J. Schils et C. Cornet*, par R. Parésy. 6e éd. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*Aide-mémoire du constructeur de chaudronnerie*, par L. Gendron. Paris, Dunod, 1930;

*La réglementation du travail dans l'industrie. Manuel pratique à l'usage des chefs d'industrie, directeurs, contremaîtres, chefs d'ateliers, par le Conseil social de l'Usine.* 1re partie : *Prescriptions générales*; 2e partie : *Durée du travail* (Bibliothèque de l'Usine). Paris, Éditions de « l'Usine », 15, rue Bleue (9e);

*Le calcul des prix de revient dans l'industrie*, par André Blandin. Paris, Ed. Langlois et Cie, 186, faubourg Saint-Martin (10e), 1930;

M. Wery présente les ouvrages suivants :

*Le Moniteur de la Papeterie française*. Années 1928 et 1929. *(Don de M. Arnould, membre du Conseil d'Administration);*

*Pour l'histoire de la science hellène. De Thalès à Empédocle*, par Paul Tan-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NERY. 2e éd., par A. DIÈS. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1930;

*Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment*, par Constantin TSOUNTAS. 2e éd. refondue et corrigée en collaboration avec Jean HENDRICK. Paris, Revue des Matériaux de Construction et de Travaux publics, 148, boul. Magenta, 1929.

M. E. ROUME, *président*. — M. Blondel que vous allez entendre, quoique jeune encore, a une carrière déjà bien remplie. Après avoir tout d'abord été professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, de 1921 à 1925, il est nommé : en 1925, chef du Service géologique de l'Indochine; en 1927, directeur par interim du Service des Mines de l'Indochine.

Au cours de l'exercice de ces diverses fonctions, M. Blondel s'est intéressé à tout ce qui se rattache à l'avenir des exploitations minières de nos colonies. En 1928, pour des travaux de géologie, il reçoit un prix de l'Académie des Sciences, puis il est nommé membre correspondant du Museum et membre associé de l'Académie des Sciences coloniales. Sur le chemin de France, en 1929, comme président de la Délégation indochinoise, il assiste au IVe Congrès scientifique du Pacifique à Batavia, en mai-juin; puis, en juillet-août, comme délégué de l'Indochine, il prend part au XVe Congrès géologique international qui se tient en Afrique du Sud; enfin, à son passage en Afrique équatoriale française et en Afrique occidentale française, il procède sur place à des enquêtes sur la situation minière de ces deux grandes colonies, à la demande de leurs gouverneurs généraux.

M. Blondel est donc bien qualifié pour nous parler de nos richesses minières coloniales.

M. F. BLONDEL, Ingénieur en chef des Mines, directeur *p. i.* du Service des Mines de l'Indochine, fait une communication sur *l'état actuel de l'industrie minière dans les colonies françaises*.

Le but de M. Blondel est de montrer ce qui, dans l'industrie minière coloniale, a déjà été fait, et ce n'est pas peu de chose — et ce qui reste à faire; il reste encore plus à faire qu'il n'a été fait. Ce dernier exposé fera l'objet d'une communication ultérieure.

Quelques-unes des mines coloniales françaises sont de très grandes entreprises dont la métropole pourrait être fière si elles se trouvaient sur son sol : la valeur annuelle de la production minière coloniale dépasse depuis plusieurs années 1 milliard de francs sur le carreau de la mine, et il existe quatre sociétés dont la production dépasse 100 millions. La production de la France est de 8 à 9 milliards, celle du monde de 350 milliards.

L'exploitation minière ne diffère pas essentiellement de ce qu'elle est dans les pays plus avancés. La seule différence c'est qu'il faut arriver aux mêmes résultats

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec des moyens plus limités, des ressources variées ne se trouvant pas à portée comme en Europe.

Près de 90 p. 100 de notre production coloniale proviennent de l'Afrique du Nord et de l'Indochine, c'est-à-dire d'un peu moins du tiers de notre domaine colonial. La Tunisie vient en tête (300 millions), surtout par ses phosphates, l'Algérie et l'Indochine ensuite (avec 250 millions), puis le Maroc avec ses phosphates (plus de 150 millions). Madagascar, dont la réputation minière est pourtant établie, n'atteint pas 60 millions, la Nouvelle-Calédonie 40 millions, et la Guyane 20 millions. Par contre, l'A. O. F. et l'A. E. F. qui, réunies, couvrent une superficie égale aux trois quarts de celle de l'Europe, ne donnent, ensemble, pas plus de 8 millions. C'est là surtout qu'il nous reste un grand effort à accomplir. La production minière des colonies françaises représente à peine 300 fr par kilomètre carré (si on excepte les territoires désertiques compris entre l'Afrique du Nord et le Soudan). La production de l'Empire britannique, Grande-Bretagne non comprise, atteint presque 600 fr par kilomètre carré.

L'élément essentiel de notre richesse minière coloniale est le phosphate. Sa production totale, dans l'ensemble des possessions françaises, représente plus de 400 millions de francs, soit 60 p. 100 de la production mondiale (États-Unis 30 p. 100). C'est la seule substance minérale pour laquelle nous soyons maîtres du marché mondial. C'est malheureusement un produit qui, en comparaison des autres produits minéraux, représente un volume et un poids élevés pour une assez faible valeur. Les réserves de la Tunisie et du Maroc sont considérables. Heureusement, elles sont à proximité de la métropole et des pays de l'Europe occidentale qui en sont les plus forts consommateurs. Non seulement nous possédons les gisements les plus étendus du monde, mais nous trouvons des phosphates dans toutes les parties de notre domaine colonial.

Les deux productions minérales les plus importantes ensuite sont le fer et le charbon, représentant, chacune, environ 200 millions. Pour le fer, c'est peu de chose à côté de la production métropolitaine qui vient la seconde dans le monde; elle est les deux tiers de celle des États-Unis et plus de quatre fois celle de la Grande-Bretagne qui vient aussitôt après nous. Notre minerai de fer colonial provient uniquement de l'Afrique du Nord, plus spécialement de l'Algérie.

Pour le charbon, la France métropolitaine n'arrive qu'au quatrième rang des producteurs mondiaux, après les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne; notre production est insuffisante pour nos besoins, et nous ne trouvons le complément qui nous est nécessaire dans aucune colonie facilement accessible; la seule dont la production houillère soit importante est le Tonkin, trop éloigné malheureusement pour que son charbon, presque uniquement de l'anthracite d'ailleurs, puisse venir jusqu'en France; mais ce charbon joue un rôle assez important sur le marché extrême-oriental.

Le plomb et le zinc viennent ensuite, avec 100 millions, provenant uniquement de l'Algérie, de la Tunisie et de l'Indochine.

Phosphate, fer, charbon, zinc et plomb représentent 90 p. 100 de la valeur totale de la production minière coloniale; aussi a-t-on dit avec quelque apparence de justesse que le reste n'était qu'un musée d'échantillons; cependant, nous sommes les seconds, peut-être les premiers, producteurs du monde de graphite cristallisé avec Madagascar; les seconds aussi pour le nickel et le chrome avec la Nouvelle-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Calédonie; enfin, la production de l'étain en Indochine, quoique encore assez faible, représente déjà un tonnage non négligeable.

Ce qui nous manque, c'est le pétrole surtout, puis le cuivre et enfin l'or. Si la Banque de France possède l'encaisse-or la plus grande (elle représente la production mondiale d'or pendant 4 ans) après celle des États-Unis, elle le doit bien plus à l'épargne française qu'à la production de notre empire colonial qui n'est guère de plus de 30 millions; celle de l'Empire britannique est les 7 dixièmes de la production mondiale (10 milliards).

M. Blondel présente des vues fixes et cinématographiques des quatre grandes compagnies suivantes :

La Compagnie des Phosphates de Gafsa (Tunisie), la plus importante des sociétés minières coloniales françaises; sa production dépasse 150 millions de francs. Elle ne date que de 35 ans;

La Compagnie de Mokta-el-Hadid, la plus ancienne de nos sociétés minières coloniales, fondée en 1865; en dehors de sa participation à des recherches en A. O. F. et en A. E. F., elle contrôle le tiers de la production du minerai de fer de l'Algérie et, par sa filiale, la Société du Djebel-Djerissa, les deux tiers de la production de minerai de fer de la Tunisie, au total, une production de plus de 100 millions;

Au Maroc, les phosphates sont exploités par une entreprise d'État, l'Office chérifien des Phosphates, créé en 1920, et qui, actuellement, produit pour plus de 150 millions.

En Indochine, la grosse affaire est la Société des Charbonnages du Tonkin, fondée en 1888, qui exploite un gisement reconnu déjà avant l'arrivée des Français. Sa production est de 1.500.000 t d'anthracite valant plus de 150 millions de francs.

E. L.

M. E. Roume, *président*. — Je remercie M. Blondel de l'exposé si clair qu'il vient de nous donner de l'état actuel de nos industries minières coloniales. La Société d'Encouragement entendra avec plus d'intérêt encore la seconde conférence qu'il nous promet, pour le 10 mai prochain, au sujet de l'avenir de ces industries.

La séance est levée à 18 h. 30 m.

---

## SÉANCE DU 22 MARS 1930

Présidence de M. L. Mangin, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

M. Mangin, *président*. — J'ai le très vif regret de vous annoncer la mort d'un de nos collègues du Conseil, M. A. Ch. Girard, qui était membre de notre Conseil depuis 1906, au titre du Comité d'Agriculture.

Au début de sa longue carrière, il orienta son activité sur la recherche de la valeur alimentaire des produits agricoles, notamment ceux qui servent à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la nourriture du bétail. Puis il s'appliqua à rechercher de nouveaux moyens d'augmenter le rendement des récoltes par un emploi judicieux de toutes les substances capables de fertiliser la terre. Il se préoccupa ensuite de trouver, dans les produits du sol délaissés et dans les déchets industriels, de nouvelles sources de richesse : utilisation de l'ajonc, « plante d'or des terrains primitifs » ; emploi du feuillage des arbres pour l'alimentation du bétail ; récupération des éléments azotés et minéraux des résidus des industries agricoles. A la fois théoricien et praticien, il a appliqué les résultats trouvés au laboratoire dans son vaste domaine de l'Escoire, en Dordogne, où il avait installé une ferme expérimentale.

Doué d'un talent d'exposition remarquable, M. Girard a longtemps professé à l'Institut national agronomique dont il avait été un des premiers élèves. Il était membre de l'Académie d'Agriculture, commandeur du Mérite agricole et de la Légion d'honneur.

Nous adressons notre sympathie émue à la famille de ce regretté collègue.

M. DE FRÉMINVILE, *secrétaire général*, présente et analyse les ouvrages suivants récemment entrés dans la Bibliothèque :

*Théorie mathématique de l'élasticité*, par LÉON LECORNU (Mémorial des sciences mathématiques, fascicule XXXV). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1929. (Don de l'auteur, membre du Conseil) ;

*Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de tir*, par M. GARNIER (ex *Mémorial de l'artillerie française*, 1929). Paris, Imp. nationale, 1929. (Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration) ;

*Traité complet de la filature du coton*, par J.-A. COLIN. Tome III : *Traité des métiers à filer et de la filature des déchets*. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930. (Don de l'auteur, membre de la Société) ;

*Les impuretés dans les métaux*. Leur action sur la structure et les propriétés des métaux, par Colin J. SMITHELLE. Traduit de l'anglais par A. SCHUBERT. Paris, Dunod, 1930 ;

*Le contrôle de la dureté des métaux dans l'industrie*, par P. ROUDIÉ. Paris, Dunod, 1930.

M. PAUL DUMANOIS, membre du Conseil de la Société d'Encouragement, directeur des Services techniques de l'Office national des Combustibles liquides, fait une communication sur *Le moteur Diesel et les moteurs à combustibles lourds*.

La caractéristique principale du moteur Diesel est d'être à allure lente et à faible puissance massique. Son perfectionnement a consisté surtout, jusqu'à présent, tout

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en lui conservant son allure, à améliorer son rendement. A cet égard, de grands progrès ont déjà été réalisés; ils se mesurent par l'étape franchie depuis 1893, date à laquelle Diesel en indiqua le principe; la puissance du premier moteur Diesel, construit en 1896, n'était en effet que de 15 ch, et celle du plus puissant moteur Diesel connu, celui qui est utilisé actuellement à la centrale électrique de Hambourg, est de 15.000 ch.

Les progrès les plus récents réalisés dans cette voie résultent de l'utilisation de la chaleur contenue dans les gaz d'échappement.

Une première solution est donnée par le moteur Still dans lequel la chaleur des gaz d'échappement sert à produire de la vapeur; le cylindre moteur est à 2 temps et à double effet : l'un est donné par le moteur, fonctionnant en Diesel, l'autre par celui-ci fonctionnant à la vapeur. On augmente ainsi le rendement de 6 à 7 p. 100; mais ce gain est compensé par la sujétion résultant de l'emploi de la vapeur.

Une seconde solution consiste à utiliser non seulement la chaleur des gaz d'échappement mais aussi leur force vive : on envoie ces gaz dans une turbine qui actionne un compresseur d'air. L'air comprimé : 1° assure le balayage des gaz brûlés restés dans l'espace mort; 2° est utilisé au remplissage du cylindre à une pression supérieure à la pression atmosphérique, ce qui permet d'injecter une quantité de combustible plus grande à chaque cylindrée; on augmente donc la puissance du moteur. C'est ainsi que, par l'emploi du turbo-compresseur Rateau, on a pu faire passer la puissance des moteurs de deux navires, de 3.300 ch à 4.300 et même, en surcharge, à 5.000 ch. Le poids du turbo-compresseur Rateau, d'ailleurs peu encombrant, est de 8 t; on arrive donc, par son emploi, à obtenir une augmentation de puissance de 30 p. 100 à raison de 8 kg de poids supplémentaire par cheval alors que, dans le moteur Diesel marin, on n'obtient le cheval que pour un poids de moteur d'au moins 50 kg.

Dans les deux cas précités, l'allure reste lente. On peut se poser un autre problème : faire fonctionner en Diesel un moteur à allure assez rapide pour lui faire atteindre une puissance massique comparable à celle du moteur à explosion ordinaire, consommant un combustible très volatil. Le moteur Diesel pourrait ainsi remplacer tous les autres, comme l'espérait son inventeur, avec cet avantage de consommer un carburant moins coûteux et ne présentant pas le danger d'incendie.

Mais le problème est complexe : pour sa résolution, il faut tenir compte de considérations mécaniques, physiques, chimiques et économiques. Si, cependant, on entre dans cette voie, on est conduit tout de suite à supprimer l'injection de combustible par l'air comprimé, et cela pour deux raisons principales : le compresseur d'air représente un poids important; l'injection, devenue très courte, ne peut plus être réglée convenablement par un dispositif à aiguille. Il faut employer la pulvérisation mécanique. En effet, dans le cycle Diesel ordinaire d'un moteur tournant à 180 t : min, par exemple, la durée de combustion correspond à 1/10 de tour, soit 1/30 seconde. Si le moteur doit tourner à 1.800 t : min, la durée de combustion sera de 1/300 sec, et on est amené à injecter une fraction du combustible avant le point mort de façon à réaliser un cycle comprenant : une première combustion à volume constant (1re phase) suivie d'une combustion à pression constante (seconde phase). Ce cycle mixte a été étudié par M. Sabathé et par M. Dumanois dès 1913.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue thermodynamique, pour faire varier la puissance, on a un meilleur rendement si on fait varier l'injection à la fin de la seconde phase plutôt qu'au commencement de la première.

Au point de vue mécanique, on rencontre les plus grandes difficultés à injecter le combustible pendant un temps extrêmement court, par exemple 1/300 sec. On travaille ici à des vitesses où l'ordre de grandeur de l'unité de temps à considérer est de 1/1.000 sec. Si on emploie une pompe refoulant directement, sa commande est extrêmement difficile : elle met en mouvement des organes dont l'accélération peut atteindre plusieurs centaines de fois celle de la pesanteur, d'où des chocs inadmissibles si le réglage n'est pas parfait. On peut, il est vrai, utiliser toute la course de la pompe de refoulement pour envoyer le combustible dans un accumulateur sous pression; celui-ci le refoulera plus facilement au moment voulu. Un dispositif de ce genre a été réalisé des 1910 par M. Dumanois, et plus récemment par les Établissements Sulzer.

Pour que la pulvérisation soit parfaite, il faut que la pression de refoulement soit très élevée, jusqu'à 400 kg : mm² dans certains moteurs; mais alors la diffusion du combustible dans l'air peut laisser à désirer si la pression à l'intérieur du cylindre n'est pas dans un certain rapport avec la pression d'injection. On a reconnu que, pour une certaine valeur critique de ce rapport, la diffusion n'a pas lieu du tout.

Il faut en outre que le combustible puisse brûler complètement dans le temps très court alloué à la combustion. Pour obtenir ce résultat, on a imaginé différents types de chambres de combustion; leur nombre même et leur variété prouvent qu'on n'a pas encore trouvé la forme la plus favorable, et que, en définitive, de tous les problèmes inhérents au moteur Diesel rapide, c'est celui de la combustion qui est le plus difficile à résoudre. Il ne faut pas trop s'en étonner : il a fallu plus de 30 ans pour mettre au point le moteur à explosion; peut-être faudra-t-il quelques années encore pour mettre au point le moteur à combustion à allure rapide.

L'analyse du phénomène de la combustion proprement dite, analyse très difficile, n'a donné jusqu'à présent qu'un résultat certain : c'est que le combustible ne brûle pas en bloc; autrement dit, on n'arrive à sa combustion complète en acide carbonique et en eau que par une suite d'oxydations successives au cours desquelles se forment des corps intermédiaires de plus en plus oxygénés, à températures d'inflammation différentes, et brûlant avec des caractères différents.

M. Chilovski a imaginé un dispositif qui tient compte de cette discontinuité de la combustion. En dehors du moteur, il utilise une boule chaude dans laquelle le combustible est vaporisé et oxydé partiellement; on n'y admet que 1/7 à 1/6 de la quantité d'air nécessaire à la combustion complète. Les produits gazeux ainsi obtenus, une fois refroidis, alimentent un moteur à explosion ordinaire. Comme ils ne sont pas détonants, on peut marcher à un taux de compression plus élevé qu'avec l'essence — jusqu'à plus de 7 —, donc améliorer le rendement. C'est vraisemblablement à des combustions intermédiaires incomplètes que sont dus les avantages de certains moteurs pourvus d'une chambre de précombustion.

La mise au point plus ou moins rapide d'un moteur Diesel à allure rapide, pouvant se substituer au moteur à explosion, dépend aussi de facteurs économiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Actuellement, en France, grâce aux nouvelles dispositions fiscales, le gaz oil, qui est généralement consommé dans les moteurs Diesel, est à assez bas prix pour que les consommateurs soient tentés d'employer un moteur ne possédant pas encore toutes les qualités du moteur à explosion, ne pouvant pas, par exemple, être mis entre toutes les mains. Il est bien évident cependant que si la substitution était complète, le prix du gaz oil monterait, et pour deux raisons : par le jeu de la loi de l'offre et de la demande; par suite des besoins du fisc, qui rattraperait certainement sur le gaz oil ce qu'il aurait perdu sur l'essence.

Nous sommes loin d'en être là. A l'heure actuelle, il ne circule guère que quelques dizaines de camions à moteur Diesel en Angleterre, quelques centaines en France, quelques milliers en Allemagne. Quant au moteur d'avion, des essais sont en cours dans ces trois pays sans qu'on puisse encore rien dire sur ce qu'ils donneront. D'ailleurs, il faudra mettre en service de nombreux moteurs d'automobiles ou d'avions pour provoquer une variation notable du prix du gaz oil : un cargo de 5.000 t de 1.400 ch en consomme 6 t par jour et un camion seulement 11 t par an en moyenne. L'influence de la mise en service de pareils moteurs sur des voitures est donc très faible.

La question intéresse vivement aussi les raffineurs de pétrole français, car le moteur Diesel, par suite de son taux de compression plus élevé, consomme moins qu'un moteur à essence; notre importation de pétrole brut pourrait diminuer d'au moins 20 p. 100. Or, depuis 1928, grâce au nouveau régime du raffinage en France, les raffineurs pourront produire du gaz oil; les raffineurs doivent donc se préoccuper dès maintenant des possibilités de développement du moteur à gaz oil qui sont susceptibles de réagir sur les modalités de raffinage du pétrole brut.

En France, le moteur Diesel n'a pu se développer que tardivement parce que, jusqu'en 1919, le gaz oil était frappé d'un droit de douane à son entrée en France, ce qui ne rendait pas l'emploi du moteur Diesel suffisamment avantageux sur celui de la machine à vapeur.

E. L.

M. Calingaert. — Est-ce que la détermination de la température d'inflammation des combustibles liquides à la pression atmosphérique permet de les classer en vue de leur usage dans les moteurs ?

M. P. Dumanois. — Cette détermination est utile pour classer des corps purs et les identifier car des traces très faibles d'impuretés suffisent pour faire varier notablement la température d'inflammation. Mais on ne peut rien en conclure en ce qui concerne l'utilisation dans un moteur parce que, d'abord le combustible réellement consommé est un mélange complexe, et très variable; ensuite parce qu'on ne peut rien conclure de cette donnée sur ce qui se passe à température et à pression élevées dans un moteur. MM. Tausz et Schulte, de Karlsruhe, ont montré très nettement que la pression a une influence considérable et qu'il n'y a pas de relation simple entre les températures d'inflammation à la pression atmosphérique et sous pression. Dans certain cas, l'addition d'une faible quantité de liquide très inflam-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mable abaisse beaucoup le point d'inflammation à la pression atmosphérique mais à peine la température d'inflammation sous pression; parfois même elle l'élève.

COLONEL P. RENARD. — Quelle est la définition du gaz oil?

M. P. DUMANOIS. — La seule définition exacte est celle-ci : on appelle gaz oil ce que les producteurs vendent sous ce nom. En effet, selon l'origine du pétrole brut, sa composition, les procédés de raffinage, les conditions du marché, le producteur fait passer dans les résidus de distillation tout ce qui permet de leur donner les caractéristiques exigées par le fisc pour être considérés comme gaz oil, ne pas payer de droit de douane le cas échéant, ou satisfaire aux conditions de certains cahiers des charges. La composition est donc extrêmement variable et deux gaz oils très différents peuvent satisfaire aux conditions d'un même cahier des charges.

M. RAFFET. — La densité peut-elle être une caractéristique?

M. P. DUMANOIS. — Non. Un exemple en est donné par le white spirit. Il suffit d'y laisser plus ou moins de produits de tête ou de queue pour que la fraction conservée ait la même densité sans posséder la même composition ni les mêmes propriétés.

M. RAFFET. — Comment alors s'assurer facilement qu'on vous a fourni deux produits identiques?

M. DUMANOIS. — Par les mêmes épreuves de recette, principalement par la courbe de distillation, et surtout par l'expérience.

M. MAILLARD. — Quelles sont les caractéristiques du moteur d'aviation Clerget fonctionnant en Diesel?

M. DUMANOIS. — Elles sont secrètes. Je puis dire cependant qu'il ne pèse que 1,9 kg par cheval.

M. MANGIN, *président*. — Je remercie M. Dumanois de sa communication si documentée et si pleine d'aperçus intéressants et nouveaux pour beaucoup d'entre nous. Je le prie de vouloir bien nous fournir prochainement le texte de cette communication en vue de son insertion dans notre *Bulletin*.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## COMITÉ D'AGRICULTURE

(EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 2 AVRIL 1930.)

### Essai d'exportation du blé français,

par M. LOUIS BRUNEHANT, *membre du Conseil.*

Depuis plusieurs années nous avons créé à Soissons des organismes destinés à grouper, à nettoyer et à rendre homogènes les lots de blé de nos associés, pour en rendre la vente et la répartition plus faciles; l'un de ces organisme possède un silo-magasin pouvant loger 20.000 q. Les acheteurs apprécient la livraison de lots importants, propres et homogènes, et, si rarement ils consentent à faire bénéficier un lot d'une prime appréciable, ils leur donnent la préférence, et jamais la livraison ne donne lieu à aucune difficulté.

Nous sommes du reste persuadés que si dans l'avenir nous pouvons cultiver des variétés de plus haute valeur boulangère, il sera possible d'obtenir des prix différents de ceux des blés médiocres ainsi que cela se pratique sur les grands marchés étrangers où certaines qualités obtiennent des primes fort importantes.

Organisés comme nous l'étions, nous nous sommes préoccupés, dès qu'il fut question de la loi votée le 1er décembre 1929, de rechercher les points où, à l'étranger, nous pouvions trouver des débouchés; les plus avantageux se trouvaient à Liverpool, mais notre éloignement de la mer aussi bien que la période très courte qui nous étaient impartie pour l'exportation nous ont obligés à chercher ailleurs.

Nous avons trouvé, à des distances différant peu l'une de l'autre : Anvers, Rotterdam, l'Allemagne et peut-être la Suisse. Définitivement, nous avons engagé les négociations surtout avec Anvers et Rotterdam; ces deux ports ont le grand avantage d'être reliés à notre région par des canaux très bien équipés.

Avec des péniches à moteurs, le transport est certes moins rapide que par chemin de fer mais pas dans des proportions prohibitives; il est très sensiblement moins cher, et cela d'autant plus que, dans le bateau, la marchandise est en vrac tandis qu'elle doit être en sacs pour être chargée en wagon.

Incidemment, il est bon de dire que l'on peut songer à la création de wagons étanches pouvant également recevoir les céréales en vrac. Il en existe aux États-Unis et au Canada. D'après les renseignements qui nous ont été donnés, les compagnies de chemins de fer consentiraient à entreprendre la construction de semblables wagons mais seulement pour le compte et aux frais des usagers; or le coût d'un wagon de ce genre serait actuellement de l'ordre de grandeur de 100.000 fr, et, pour bénéficier de tarifs favorables, il faudrait pouvoir former des trains complets d'au moins 500 t, soit 12 ou 13 wagons de 40 t; ces conditions peuvent actuellement être réalisées pour des transports de minerais, de combustibles, de fonte, etc., mais on ne peut les envisager pour de modestes sociétés comme les nôtres.

Pour en terminer avec la question du transport, il convient de dire qu'à l'heure actuelle, le prix d'un transport de blé par fer de Soissons à Strasbourg (400 km) est deux fois plus élevé que celui de Chicago ou Winnipeg (5.000 km) à Liverpool ou à Rotterdam.

Donc nos expéditions ont été faites en très grande partie par péniches de 250 à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

260 t, et à destination d'Anvers et de Rotterdam; ces ports sont des mieux outillés pour cet objet et nous n'avons eu qu'à nous louer de la correction des transactions.

La vérification du poids et de la qualité est effectuée par des peseurs jurés, au moyens de bascules automatiques, et les différences trouvées ont été insignifiantes; généralement, on a trouvé 50 à 80 kg en trop sur 250 ou 260 t.

Outre la pesée, un échantillon moyen est prélevé au cours du déchargement et il est analysé; à moins de stipulation contraire, le pourcentage de graines ou de matières étrangères ne doit pas dépasser 2 p. 100, le surplus devant être déduit de la facture. Voici les résultats de deux analyses.

*Comité des Céréales, à Rotterdam.*

Analyses-rapports.

1° Froment, 250.000 kg; — Fraction de bateau; — Expéditeur : Aisne agricole; — Destinataire : Meelforbrisek « de Heuters » V. H. de Costers et Compagnie.

| | |
|---|---|
| Froment | 99,82 p. 100 |
| Seigle | 0,00 — |
| Orge | 0,04 — |
| Corps nuls | 0,14 — |
| Total. | 100,00 |

Rotterdam, 13 mars 1930.

Prix de cette analyse 4,70 florins.

2° Froment, 245.000 kg; — Bateau : *Adolphine*; — Expéditeur : Aisne agricole.

| | |
|---|---|
| Froment | 97,31 p. 100 |
| Seigle | 0,00 — |
| Orge | 2,09 — |
| Corps nuls | 0,60 — |
| Total. | 100,00 |

Prix de cette analyse : 7,10 florins.

Tout ceci démontre que nous pourrions facilement trouver des marchés à l'étranger.

Reste à savoir si les prix obtenus nous permettent de tenter l'opération, et là, il faut répondre par la négative.

Lors de nos premières négociations, au commencement de décembre, il fut possible de vendre 105 fr le quintal rendu à Rotterdam, alors que les blés argentins valaient 120 fr. On justifiait cette différence en affirmant que la qualité boulangère de nos blés est médiocre.

Rapidement, du reste, les blés argentins subirent une baisse importante qui les fit tomber vers 105 fr et qui amena les nôtres vers 90 fr, cours qui s'est à peine maintenu jusqu'ici; si l'on déduit de ce prix les 8 ou 10 fr de frais de transport, d'assurances, de commissions et d'agios, pour aller de chez nous à Rotterdam, on voit que l'opération est désastreuse et ne peut être tentée que grâce à l'octroi de primes fort élevées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## COMITÉ DE COMMERCE

(EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 6 MARS 1930.)

### L'œuvre de l'Association cotonnière coloniale au cours de ces dernières années et la situation actuelle de la production cotonnière dans nos colonies,

par M. AUGUSTE CHEVALIER, *membre du Conseil.*

Fondée en 1904, l'Association cotonnière coloniale (A. C. C.) est analogue de la puissante Cotton Growing Association de Grande-Bretagne, et elle poursuit un programme à peu près semblable : amener les possessions tropicales et subtropicales à produire le coton brut pour le ravitaillement des industries métropolitaines.

A la suite de tâtonnements bien compréhensibles au début d'une œuvre de semblable envergure, mais dont l'intérêt national n'est apparu au grand public que dans ces dernières années, l'A. C. C. est arrivée progressivement à réaliser un programme des plus intéressants.

Avant la guerre, elle avait déjà installé quelques champs d'expériences, distribué des semences, créé quelques usines d'égrenage en Afrique occidentale, et encouragé les entreprises les plus méritantes en diverses autres colonies.

Son organisation a été remaniée en 1924. En principe, elle a renoncé à s'occuper des questions de culture et d'expérimentation, mais elle continue à distribuer des graines sélectionnées, et, dans son bulletin, elle suit les progrès qui s'accomplissent et les études qui se poursuivent.

En Afrique occidentale française, où elle déploie sa plus grande activité, elle a, d'accord avec M. le gouverneur général Carde, établi un plan d'action qui laisse à l'Administration le soin d'intensifier la culture chez les indigènes et d'améliorer celle-ci. L'A. C. C. se charge de la construction et de l'exploitation de nouvelles usines d'égrenage, du classement et du pressage du coton, afin de rendre marchande et exportable la fibre produite par les indigènes et achetée par le commerce.

Elle prélève pour ce travail une taxe de 700 fr par tonne de coton égrené produit.

L'A. C. C. a été ainsi amenée, de 1924 à 1927, à remanier et renforcer ses anciennes usines et à en créer de nouvelles, avec le concours des colonies intéressées et d'une subvention provenant de la liquidation des fonds du Consortium du Coton, de telle sorte qu'elle s'est trouvée à la tête de 16 stations d'égrenage au Soudan, en Haute-Volta, à la Côte d'Ivoire, au Dahomey, au Togo, et en Guinée.

La machinerie comporte dans l'ensemble : 20 moteurs représentant une force de 567 ch ; — 38 égreneuses réunissant 2.520 scies ; — 17 presses.

En outre, elle a procédé à Koutiala (Soudan français) à l'installation d'une ferme-école pourvue d'instruments aratoires et d'un matériel important qui ont été cédés ultérieurement à l'Administration prenant désormais à son compte toute la partie du programme agricole.

De son côté, le Gouvernement général de l'A. O. F. a créé dès 1924 un Service des Textiles chargé de l'étude de toutes les questions techniques et scientifiques [1]. Ce service travaille en liaison étroite avec l'Association cotonnière coloniale.

(1) Le Service des Textiles vient d'être remplacé par un Service général de la Production dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Revenons aux moyens d'action dont dispose actuellement l'A. C. C. Sa situation financière s'est considérablement améliorée depuis 1927 grâce à l'attribution du produit de la taxe spéciale d'importation de 1 fr par 100 kg créée par la loi du 31 mars 1927, que M. le Ministre des Colonies, sur la proposition de la Commission interministérielle, a bien voulu décider de lui accorder en totalité, marquant ainsi son entière confiance à l'A. C. C. Le produit de cette taxe a été, en 1928, de 3.124.654 fr et, en 1929, de 3.662.695 fr.

Au produit de cette taxe, s'ajoutent les cotisations de l'Association, les subventions diverses, les recettes d'égrenage.

La gestion des fonds est désormais assurée dans le cadre d'un budget annuel méthodiquement établi, basé sur des ressources stables dont l'emploi est soumis au contrôle de la Commission interministérielle de répartition de la taxe.

Les résultats obtenus par l'A. C. C. se sont beaucoup amplifiés depuis quelques années, comme le montre le tableau suivant :

*Quantités de coton égrené par l'Association cotonnière coloniale.*

| | | |
|---|---|---|
| 1924. . . . . | 210 t | de coton fibre. |
| 1925. . . . . | 691 | — — |
| 1926. . . . . | 1.155 | — — |
| 1927. . . . . | 765 | — — |
| 1928. . . . . | 1.088 | — — |
| 1929. . . . . | 1.471 | — — |

Quelques faits importants doivent être portés à l'actif de l'Association.

En 1924, son président, M. Waddington, s'est rendu en Afrique occidentale pour étudier sur place l'organisation à donner aux stations d'égrenage. En mai 1928, il est allé en Syrie mettre au point la même question.

Le directeur de l'Association, M. le gouverneur E. Hesling, est allé, de décembre 1928 à mars 1929, en Afrique occidentale pour inspecter les stations existantes et étudier sur place la question cotonnière. Il ne s'est pas contenté de visiter la Côte d'Ivoire, la Volta et le Soudan français : il est allé aussi dans la Nigeria britannique et il a rapporté de ce voyage des impressions très optimistes.

La production de la Nigeria pour 1929, d'après les prévisions, serait de 25.000 balles pour le Nord et 5.000 balles pour le Sud, soit 6.000 à 7.000 t.

Or, M. Belime, directeur du Service des Textiles de l'A. O. F., évaluait au même moment la production probable de notre grande colonie africaine à 25.000 balles soit 5.000 à 5.500 t. Le plafond de la production possible en Nigéria du Nord avec les procédés actuels est estimé par les Anglais à 10.000 t. C'est une quantité analogue que l'on espère obtenir de la culture indigène en Afrique occidentale française.

Les Anglais ont pris quelque avance sur nous en acclimatant une variété américaine, l'*Allen*, qui s'est substituée au cotonnier indigène. Cette variété vient d'être introduite aussi dans le Nord de notre Soudan et elle y réussit bien. Rien ne dit du reste que le cotonnier indigène de ces pays, le *Gossypium punctatum*, n'est pas améliorable.

Par contre, nous possédons une avance marquée pour l'utilisation agricole du

le siège est au Gouvernement général, à Dakar, et qui s'occupe d'intensifier la culture non seulement des textiles, mais aussi des oléagineux, des caféiers, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bétail, de la charrue, de la fumure, toutes choses inexistantes dans la Nigeria mais qui ont déjà donné des résultats satisfaisants dans nos stations expérimentales.

Passons rapidement en revue les résultats acquis et les expériences en cours dans les principaux pays où s'exerce l'action de l'A. C. C.

*Afrique occidentale française et Togo.* — Ainsi que je l'ai indiqué plus haut, l'A. C. C. a établi 16 stations d'égrenage au Soudan, en Haute-Volta, à la Côte d'Ivoire, au Dahomey, au Togo et en Guinée française. La machinerie comporte dans l'ensemble 20 moteurs représentant une force de 567 ch, 38 égreneuses, réunissant 2.520 scies et 17 presses.

Le Service des Textiles, dépendance de l'Administration, a ses laboratoires à Ségou. Il possède en outre deux fermes cotonnières, l'une à M' Pésoba (cercle de Koutiala), l'autre à Zamblara (cercle de Sikasso).

La colonie de la Haute-Volta possède trois fermes-écoles cotonnières. Au Dahomey, la production s'est peu améliorée. Il est urgent d'y créer des champs d'essai. Dans la colonie du Niger, on répand l'*Allen*, importé de Nigeria.

Le territoire sous mandat du Togo bénéficie encore des améliorations cotonnières qu'y avaient effectuées les Allemands avant la guerre. Actuellement, dans la station de Nuatja, le Service d'Agriculture poursuit la sélection du cotonnier et étudie les meilleures conditions de production en culture sèche.

Ces temps derniers, le Service des Textiles a pris également en gestion les plantations établies par la Compagnie de Culture cotonnière du Niger, à Diré, dans la région de Tombouctou. On sait que la démonstration a été faite que le Nord du Soudan pouvait produire par irrigation des cotons longue soie semblables au coton égyptien. Pour la culture du cotonnier en terrain sec, les essais se poursuivent sous la direction de M. E. Belime, assisté du Dr Forbes et de quelques spécialistes.

A la fin de l'année 1929, l'Association cotonnière coloniale a procédé à une réorganisation de son secteur de l'Afrique occidentale, afin de le mettre mieux en harmonie avec la situation présente ainsi qu'avec l'importance du programme dont elle poursuit l'exécution d'accord avec l'administration locale.

Ce secteur qui comprenait, antérieurement, deux postes d'agents généraux indépendants l'un de l'autre, l'un pour les colonies ou territoires côtiers de la Côte d'Ivoire, du Dahomey et du Togo, l'autre pour le Soudan, la Haute-Volta et la Haute-Guinée, est désormais placé sous une direction unique, les postes d'agents généraux ayant été supprimés, et toutes les stations et usines relevant directement du représentant de l'Association investi de tous les pouvoirs nécessaires, et auquel a été attribué le titre de directeur de l'Association cotonnière coloniale en A. O. F.

Provisoirement, les stations du Dahomey (Bohicon et Parakou), tout en pouvant être inspectées éventuellement par le Directeur en A. O. F., relèvent directement de la Direction générale à Paris pour leur exploitation et leur gestion.

*Maroc.* — Le Protectorat du Maroc ne produit encore que de faibles quantités de coton. L'A. C. C. y a entrepris une large propagande en vue d'intensifier cette culture. Elle a créé une usine d'égrenage à Casablanca, usine qui a produit l'an dernier 80 t de fibres de belle qualité.

Un ingénieur agronome expérimenté, M. Carle, y dirige l'Association cotonnière marocaine, filiale de l'Association de Paris. Des études et des essais d'amélio-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ration s'y poursuivent en collaboration avec les services techniques du Protectorat et en particulier avec l'actif et savant agronome M. E. Miège, chef du Service d'Expérimentation agricole. Les essais ont notamment démontré que la culture vivace du cotonnier par recépage des plants conservés 2, 3 ou 4 ans donnait de bons résultats. C'est la variété *Pima*, à longue soie, qui a actuellement la préférence des planteurs.

*Syrie.* — En Syrie, l'action de l'Association cotonnière est à ses débuts, mais les essais qu'elle vient d'accomplir font prévoir d'heureux résultats. Elle vient de créer et elle dirige un « Office du Coton » destiné à assurer en collaboration intime avec les services administratifs et techniques des États auxquels il prête son concours, la surveillance du choix et de l'emploi des graines de semence, le contrôle des cultures, le classement des cotons suivant un standard local établi par assimilation avec les standards internationaux, et l'apposition d'une estampille sur les balles de coton après égrenage. L'Association vient également d'installer des usines d'égrenage en plusieurs points.

Une usine vient d'être montée à Hamidieh dans le Sud de l'État des Alaouïtes.

Les contrats avec l'État de Syrie (Damas) ont été signés en décembre 1929. Ils prévoient l'installation, par l'A. C. C., de deux usines à Hama et à Hassas sur l'Oronte. Elles seront prêtes pour traiter la récolte de 1930, à partir du 1er octobre.

Sur l'initiative de l'Association, pour les essais de culture du coton en Syrie, de concert avec les services agricoles du Commissariat et de l'État des Alaouïtes, la variété *Lone Star* du Texas a été adoptée comme nouveau type de cotonnier syrien, genre américain. L'A. C. C. intervient de son côté en important des graines de *Lone Star* et en les distribuant dans les divers états de Syrie; 15 t de graines ont été distribuées par ses soins en 1929 et 53 t en 1930.

Le Banque de Syrie et du Grand Liban suit avec beaucoup d'intérêt ces essais qui ont déjà donné d'intéressants résultats pratiques; la récolte est nettement en progression.

*Nouvelle-Calédonie et Nouvelles-Hébrides.* — On sait que la Nouvelle-Calédonie et les Nouvelles-Hébrides exportent en France de très beau coton. Pour la première fois, l'A. C. C. va s'intéresser au développement de cette production en accordant une subvention de 150.000 fr à la Nouvelle-Calédonie.

*
* *

Actuellement, la production dans nos différentes colonies et pays à mandat français est la suivante (Exportations de 1929).

*Afrique du Nord.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Algérie | 1.650 | t de fibre | longue soie. |
| Maroc | 80 | — | — |
| Tunisie | 20 | — | — |

*Afrique occidentale française.*
(Principalement Soudan, Haute-Volta, Côte d'Ivoire, Dahomey.)

Exportation 1929. . . . . 4.045 t.

(La production réelle en A. O. F. est environ d'un tiers plus élevée; la différence étant tissée et filée sur place par les indigènes.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Afrique équatoriale française.*
(Principalement Oubangui-Chari.)

Environ . . . . . 100 t de fibres dont 70 t exportées par le Congo.
(Les indigènes produisent en outre d'assez fortes quantités de coton pour l'emploi familial.)

*Pays africains sous mandat français.*

Togo . . . . . 2.050 t de fibre.
Cameroun . . . . . 200 t environ.

*Syrie.*

Environ . . . . . 2.000 t.

*Nouvelles-Hébrides.*

Environ . . . . . 600 t.

*Nouvelle-Calédonie.*

Environ . . . . . 150 t.

*Madagascar.*

Environ . . . . . 50 t exportées.

*Indochine.*

(5.000 t de fibres consommées sur place.)

Au total, l'ensemble des colonies françaises et pays à mandat exportent annuellement vers la métropole environ 9.000 à 10.000 t de coton en fibre [2].

L'Indochine (Cambodge, Annam, Tonkin, etc.) en produit une quantité variant de 4.000 à 5.000 t, qui est utilisée sur place. La culture du cotonnier est en régression en Indochine, des cultures plus riches, et notamment celle du riz, prennent plus d'extension.

Par contre, en Algérie, au Maroc, en Afrique occidentale française, dans l'Oubangui-Chari, au Togo et en Syrie, la culture du cotonnier est en voie d'extension et l'Association cotonnière coloniale est pour une bonne part dans cette extension.

Un des plus intéressants résultats obtenus par l'A. C. C. depuis sa réorganisation, a été de montrer au public la complexité du problème cotonnier dans nos différentes colonies. Des progrès remarquables ont été accomplis depuis une dizaine d'années dans la culture du cotonnier dans nos diverses possessions et spécialement dans l'Afrique du Nord et dans l'Afrique occidentale; toutefois, ce serait une erreur de croire que l'on va arriver prochainement à une production massive. Le problème cotonnier colonial n'est pas plus résolu sous son aspect technique que sous son aspect commercial. Certes, on sait aujourd'hui que la plupart des colonies peuvent produire du coton, soit en culture européenne, soit en culture indigène. Toutefois il faut encore que cette culture soit rémunératrice et le colon, comme l'indigène, cultivera toujours la plante qui lui rapporte le plus sans se préoccuper des besoins de l'industrie nationale. D'où la nécessité de diminuer le prix de revient en

(2) Ce chiffre est approximatif. En 1928, les exportations de coton en fibre des colonies françaises [Indochine, 516 t, comprise, mais non compris l'Afrique du Nord et la Syrie] ont été de 6.169 t; il faut ajouter 515 t de coton non égrené provenant surtout du Cambodge et exporté en Chine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

transformant les procédés de culture, en ensemençant des variétés à plus haut rendement, en luttant contre les maladies et les parasites, en améliorant les moyens d'égrenage et de transport, bref en réduisant le plus possible les risques et les frais du cultivateur.

Les dirigeants actuels de l'Association cotonnière coloniale, l'honorable M. Waddington, son président, et le très actif directeur, M. le gouverneur Hesling, ont compris que l'œuvre à réaliser est une œuvre d'action, de patience, de recherches et de transformations constantes. Ils sont allés dans nos possessions cotonnières examiner les problèmes posés et en pleine liaison, d'une part avec l'Administration, d'autre part avec l'industrie du coton, ils ont pris les mesures qu'il fallait, employant au mieux les fonds dont ils disposent.

La France reçoit déjà de ses possessions environ 8.000 t de coton. C'est encore bien peu si l'on réfléchit que notre industrie en consomme 300.000 t, d'une valeur d'environ 4 milliards de francs. C'est pourtant un résultat très remarquable si l'on se rappelle qu'avant la guerre les colonies nous en fournissaient à peine quelques centaines de tonnes. On ne doit pas oublier enfin que la culture du cotonnier est une culture pleine d'aléas, aléas tenant aux conditions climatiques très variables suivant les années et les pays, aléas dépendant aussi des maladies auxquelles la plante est sujette. Ces facteurs font varier considérablement les cours d'une année à l'autre, ce qui décourage trop souvent le producteur, davantage intéressé par des cultures à rendement plus régulier. Aussi il est très heureux que l'action de l'Association cotonnière coloniale soit menée comme elle l'est, avec méthode et persévérance.

---

(EXTRAIT DU PROCÈS-VERBAL DE LA SÉANCE DU 3 AVRIL 1930.)

## Une association pour la stabilité de la monnaie,

par M. PAUL DE ROUSIERS, *membre du Conseil.*

Les bouleversements monétaires qui se sont produits au cours de ces dernières années ont attiré l'attention de certains économistes et de certains financiers sur les méfaits de l'instabilité. Ils se sont promis d'en combattre le retour, c'est-à-dire de « promouvoir la stabilisation du pouvoir d'achat de la monnaie ». Tel est le but de la *Stable Money Association* [1] fondée à New York en octobre 1928.

Personne ne peut contester l'utilité de ce but. L'instabilité ne prive pas seulement d'honnêtes travailleurs du fruit de leur épargne en risquant de réduire à néant la valeur des sommes qu'ils ont économisées à grand'peine; elle détruit l'efficacité de la prévoyance sous toutes ses formes, menace l'avenir de toutes les entreprises, jette à bas tous les calculs d'amortissements et de réserves; enfin, elle fausse brusquement tous les rapports pouvant s'exprimer en argent, ruine tantôt les créanciers, tantôt les débiteurs et favorise les spéculations les plus hasardeuses. L'instabilité de la monnaie crée dans l'ordre financier un trouble analogue à celui que produirait dans notre système métrique un étalon du mètre variable au gré des circonstances.

La Stable Money Association ne se présente pas comme étant en possession d'un remède pouvant nous garantir contre ce fléau. Créée par des professeurs, des banquiers, des financiers, elle n'ignore pas les difficultés de la lutte à entreprendre.

(1) The Stable Money Association, 104, Fifth Avenue, New York City.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elle se borne à l'entreprendre avec la volonté de la poursuivre. Elle se propose, comme l'indique l'avertissement placé en tête de son premier bulletin, « d'agir comme un organe d'éducation, en provoquant des recherches, en en publiant les résultats, en passant au crible de la critique les plans envisagés pour la stabilisation ».

Le président de cette association est M. Frédéric A. Delano. On remarque dans la liste des vice-présidents les noms de Nicholas Murray Butler, d'Arthur T. Hadley, d'Otto H. Kahn, d'Édouard Benès, d'Émile Moreau, de C. R. Ter Meulen, d'Alberto Pirelli, de Sir Josiah Stamp, de K. A. Wallenberg. Le mouvement, parti des États-Unis, s'étend donc à toute l'Europe. Il mérite d'être suivi avec attention.

## BIBLIOGRAPHIE

**Mécanique, électricité et constructions appliquées aux appareils de levage.** Tome II : **Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels**, 2e éd., par M. Louis Rousselet, ingénieur A. M. Un vol. (28×19), de VII + 752 p., 673 fig., XIII pl. Dunod, éd. 92, rue Bonaparte, Paris (6e), 1929.

Index : 621.86-7

M. Louis Rousselet a fait paraître l'an dernier une seconde édition du tome II de son important ouvrage sur les appareils de levage actuels. Cette nouvelle édition, revue, corrigée et augmentée, est divisée en onze parties où sont décrits et calculés les principaux organes des treuils, chariots, ponts et portiques roulants : moteurs à vapeur et moteurs électriques, engrenages, réducteurs de vitesse, freins de tous systèmes, accouplements, embrayages, limiteurs de force, vis sans fin, roulements à billes, chaînes, câbles, tambours, appareils de suspension des charges.

Des méthodes pratiques de calcul sont indiquées pour chaque élément et sont appliquées à l'étude d'appareils déjà construits dont le fonctionnement a été reconnu parfaitement satisfaisant. L'auteur détermine ainsi un grand nombre de coefficients et de constantes que tout ingénieur ayant à construire des engins de levage a le plus grand intérêt à connaître.

En particulier, les freins sont très complètement étudiés. Des indications précises sont données sur les coefficients de frottement qu'il convient d'adopter, sur les pressions qu'il ne faut pas dépasser, sur les dimensions générales à donner aux différentes pièces pour que les échauffements ne deviennent pas dangereux.

Après l'étude des organes constituant les appareils, M. Rousselet passe à l'examen des appareils proprement dits : moufles, palans à bras et électriques, bennes automatiques, chariots et mécanismes de translation des ponts ou portiques roulants. Il arrive ainsi à l'étude des ossatures métalliques ; tout d'abord sont exposées les méthodes générales du calcul des charpentes. Puis vient l'application de ces méthodes à l'établissement des ponts avec poutres en treillis, des portiques avec poutres en forme tubulaire et des chemins de roulement aériens. Le chapitre se complète par un aperçu sur les suspensions aériennes funiculaires, par le calcul d'un hall métallique et par des données sur les silos à charbon ou à minerai.

Les dernières parties du livre sont consacrées à l'étude d'importants engins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

établis par les principaux constructeurs français. Une série de plans représentant quelques-uns de ces appareils termine ce très complet et très intéressant ouvrage. D'ailleurs, de nombreuses pages sont illustrées par des dessins et croquis d'une exécution parfaite qui facilitent la lecture et la compréhension des calculs et des descriptions.

Étant donné le développement considérable que prend et que continuera à prendre l'industrie des engins de manutention, il est certain que le nouveau et très remarquable livre de M. Rousselet obtiendra le plus mérité des succès et rendra les plus grands services aux nombreux ingénieurs et industriels appelés à étudier ou à utiliser des appareils de levage.

M. POSTEL-VINAY.

**La transmission de la chaleur**, par M. TEN BOSCH, professeur à l'École supérieure technique fédérale de Zurich, traduit d'après la deuxième édition allemande, par P. L., Ingénieur des Arts et Manufactures. Un vol. (25 × 16 cm), de XII + 371 p., 169 fig., 1930, Dunod, éd., 92, rue Bonaparte, Paris (6e). Index : 536.2

Ainsi que l'indique l'auteur dans sa préface, il s'est proposé d'exposer l'état actuel de nos connaissances sur la transmission de la chaleur, pour guider, dans la conception et le calcul des projets, les constructeurs auxquels manquent le temps et l'occasion de poursuivre de nouveaux essais. Il commence par analyser les lois générales du rayonnement, de la conductibilité et des courants de convection. Il se sert habilement des principes de la similitude pour ramener le problème de la transmission calorifique entre deux corps à une relation générale dans laquelle se trouve réduit au minimum le nombre des données devant être demandées à l'expérience. La question est relativement simple quand il s'agit de deux solides en contact. Elle devient fort difficile quand on aborde la transmission de la chaleur entre un fluide et son enveloppe. La rugosité des parois, la pression du fluide, sa vitesse, son degré plus ou moins grand de turbulence sont autant de facteurs qu'il n'est pas permis de négliger. On parvient cependant, moyennant certaines hypothèses à établir des formules qui concordent assez bien avec les résultats expérimentaux.

Un chapitre spécial est consacré à la détermination des coefficients de transmission pour divers gaz tels que l'air, la vapeur d'eau, l'ammoniac, l'acide carbonique, etc., et pour des liquides comme l'eau bouillante et les huiles de graissage.

Viennent ensuite des chapitres concernant les applications aux chaudières, aux condenseurs, aux machines frigorifiques, au chauffage électrique.

Cet ouvrage, conçu dans un esprit à la fois scientifique et pratique, sera consulté avec fruit par tous ceux qui s'intéressent au problème industriel du chauffage.

LÉON LECORNU.

**Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de tir**, par MAURICE GARNIER, Ingénieur en chef de l'Artillerie navale. Une brochure (17 × 25 cm), 32 p., 4 fig. extraite du *Mémorial de l'Artillerie française*. 4e fasc., 1929, Imprimerie nationale. Index : 623.5 + 358.1

Les tables de tir doivent fournir à l'artilleur combattant deux séries de données :

*a*) Les éléments principaux (charge de poudre, orientation à donner au canon, évent), qui permettent d'atteindre le point donné, lorsque toutes les conditions du tir sont normales ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*b*) Les éléments secondaires, qui permettent d'apporter aux éléments principaux les corrections nécessaires, pour compenser l'effet des perturbations qui affectent le tir, au moment où on l'effectue.

Pour déterminer les uns et les autres, il faut évidemment s'adresser à l'expérience · c'est l'objet des tirs de polygone, base nécessaire de toute table de tir.

Mais c'est dans la manière d'exploiter ces tirs de polygone que se sont manifestées, sous toutes leurs formes, la science, la sagacité et l'ingéniosité des balisticiens.

Certains en ont demandé la solution à l'analyse pure, le problème à résoudre relevant en somme de la mécanique rationnelle.

Toutefois, ce problème est des plus difficiles, puisqu'il comporte à la fois le mouvement du centre de gravité et le mouvement du projectile autour de ce centre de gravité.

Or, ces deux mouvements ne sont pas indépendants, mais réagissent, au contraire, fortement l'un sur l'autre, de sorte qu'on ne peut pas les dissocier sans admettre la nécessité d'approximations plus ou moins plausibles.

De plus, toutes les données de ce problème sont loin de pouvoir être précisées, notamment celles qui concernent les forces réellement appliquées, en fonction de la vitesse relative du projectile dans l'air et de l'orientation de l'axe de figure par rapport à la tangente à la trajectoire du centre de gravité.

Devant les difficultés du problème, d'autres balisticiens se sont adressés exclusivement à l'expérience, et ils ont demandé directement aux tirs de polygone, sans aucune interprétation théorique, la valeur des éléments à insérer dans les tables de tir.

Ils déduisent simplement ces éléments des résultats mêmes du tir, et en les composant, soit par voie graphique, soit par des formules plus ou moins empiriques, ils en concluent les lois de variations de ces éléments en fonction de la portée, considérée comme argument.

Or, le raisonnement aussi bien que la pratique ont montré que la voie la plus féconde consistait en une alliance judicieuse des deux méthodes. C'est l'application de la méthode de Bacon. « Si les expériences ne sont pas dirigées par la théorie, elles sont aveugles. Si la théorie n'est pas soutenue par l'expérience, elle devient incertaine et trompeuse. »

Toutefois, comme on possède actuellement de meilleurs outils théoriques et des procédés expérimentaux perfectionnés, mis au point pendant la grande guerre et ayant la sanction d'une pratique particulièrement intense, on peut améliorer les conditions de raccord entre les deux points de vue.

L'*outil théorique* consiste dans les méthodes dites G. H. M., fruit d'une collaboration de guerre entre M. Garnier, Ingénieur de l'Artillerie navale, notre actuel collègue au Conseil de la Société d'Encouragement, et MM. Haag et Marcus, professeurs agrégés de mathématiques [1]. Ils comportent essentiellement :

(1) Ces méthodes ont été résumées dans un livre intitulé *Calcul des trajectoires par arcs successifs* publié par MM. Gauthier-Villars, sur commande du Service géographique de l'Armée, pour le compte des départements de la Guerre, de la Marine et de l'Aéronautique.

Elles ont été depuis adaptées aux conceptions et à l'emploi des dernières tables numériques relatives à la résistance de l'air et à la constitution réelle de l'atmosphère.

Ainsi adaptées, elles font l'objet d'un mémoire inséré au *Mémorial de l'Artillerie française* (premiers fascicules des années 1929 et 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*a*) Une étude du calcul des trajectoires par arcs successifs, constituant un perfectionnement sur celles qui étaient en usage avant guerre ;

*b*) Une étude nouvelle du calcul des altérations produites, sur une trajectoire, par des perturbations quelconques.

Les *procédés expérimentaux* consistent dans l'emploi, que nous avions nous-même préconisé et intensifié, des méthodes photographiques pour la mesure des coordonnées des points d'éclatement de projectiles, et cinématographiques pour l'enregistrement des durées de trajet.

Les uns et les autres ont fait l'objet d'une communication dans le *Bulletin* de notre Société [2].

En fait, M. Garnier, dans le travail dont nous rendons compte aujourd'hui, n'innove pas quant à l'idée d'exploiter les tirs de polygone. Toutefois, il pose bien en principe que l'appareil mathématique utilisé pour cette exploitation ne doit être considéré que comme un outil, l'expérience devant avoir le premier et le dernier mot.

Il montre alors comment on peut se servir de l'outil, qu'il a perfectionné, pour effectuer le raccord entre l'expérience et la théorie :

*a*) En ce qui concerne les éléments principaux du tir, problème déjà traité avant lui, quoique sous une forme différente ;

*b*) En ce qui concerne les éléments secondaires, problème nouveau dont la solution permet également d'asseoir sur l'expérience ce qu'on appelle communément les coefficients différentiels.

Mettant en œuvre les mêmes conceptions, et disposant par ailleurs d'une théorie pour la loi de combustion du pulvérin des fusées pyrotechniques, dans le tir fusant, M. Garnier montre, d'autre part, comment on peut raccorder le calcul et l'expérience dans la détermination des éléments principaux et secondaires qui concernent l'évent.

Toutes ces idées sont énoncées sous une forme extrêmement concise, donnant cependant l'essentiel du mode opératoire à suivre.

Le travail de M. Garnier montre les difficultés à surmonter, notamment dans la détermination des éléments secondaires, et indique quels sont les progrès à accomplir encore du côté de la balistique expérimentale pour permettre une exploitation complète de ce que donne la théorie.

J'estime qu'il peut être du plus grand intérêt de porter ce travail remarquable à la connaissance du plus grand nombre possible de lecteurs capables d'apporter quelque jour une collaboration utile à toutes ces recherches.

GUSTAVE LYON.

**Administration financière. Méthodes comptables et bilans**, par L. QUESNOT, Inspecteur général des Finances, professeur à l'École des Sciences politiques et à l'École des Hautes Études commerciales. 4e édition revue et augmentée. Un vol. (25 × 16 cm), VIII + 491 p. Dunod, édit. 92, rue Bonaparte. Paris, 1930. Index : 657 + 332

La quatrième édition de l'*Administration financière* vient de paraître. Issu des leçons professées à l'École des Sciences politiques et à l'École des hautes Études

(2) Voir *La balistique extérieure du tir aérien, Applications industrielles* (*Bulletin de la Société d'Encouragement* d'avril 1922, p. 327 à 380).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commerciales, le remarquable ouvrage de M. Quesnot expose les principes fondamentaux de la gestion d'une entreprise particulière. Il est divisé en sept livres :

Livre I. — Les méthodes en comptabilité.

Livre II. — Des comptes des entreprises d'échange et de transformation.

Livre III. — Création et engagement des ressources permanentes.

Livre IV. — Création et engagement des ressources temporaires.

Livre V. — Retraits et dégagements de ressources.

Livre VI. — De l'actif et des amortissements.

Livre VII. — Du bilan, du bénéfice et de la critique financière.

Avec raison M. Quesnot estime qu'il est nécessaire, dans un exposé général de la gestion d'une entreprise, de lier les points de vue administratif, financier, juridique et comptable. Les questions que font naître ces divers points de vue, exercent l'une sur l'autre des répercussions inévitables. Même dans une grande entreprise, ayant un état-major de spécialistes, le chef du contentieux doit connaître non seulement le droit et la jurisprudence, mais aussi les questions financières et comptables. Le chef de la comptabilité doit connaître les règles de la constitution et du fonctionnement des sociétés et le droit fiscal. Le directeur administratif ne peut ignorer ni la comptabilité ni les principes juridiques, ni la pratique des opérations de banque. Et dans les entreprises de moindre envergure, toutes les difficultés courantes d'ordre juridique, comptable, financier ou bancaire doivent être résolues par la même personne.

Envisageant un programme aussi vaste, M. Quesnot ne pouvait avoir en vue de former des spécialistes; mais son ouvrage est utile à ceux des spécialistes qui veulent relier leur service particulier aux autres services, et aux chefs d'entreprise qui désirent diriger leur maison dans toutes ses parties.

Parmi les pages les plus intéressantes, je citerai un chapitre traitant un sujet qui est à l'ordre du jour : l'établissement des bilans-or et les procédés de correction comptable en période d'instabilité monétaire.

Ouvrage de haute science et de grande utilité.

ED. JULHIET.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN MARS 1930.

PARÉSY (R.). — **Installations téléphoniques.** Description et fonctionnement des appareils. Montage des postes d'abonnés et des postes centraux. Guide pratique à l'usage du personnel des Postes, Télégraphes et Téléphones et des monteurs électriciens, d'après l'ouvrage de J. SCHILS et C. CORNET. 6e éd. In-8 (21 × 13) de VI + 411 p., 275 fig. Paris, Dunod, 1930. **17805**

GENDRON (L.). — **Aide-mémoire du constructeur de chaudronnerie.** In-8 (21 × 13) de IV + 226 p., 102 fig. Paris, Dunod, 1930. **17806**

**La réglementation du travail dans l'industrie.** Manuel pratique à l'usage des chefs d'industrie, directeurs, contremaîtres, chefs d'ateliers, par le Conseil social de « l'Usine ». In-8 (23 × 15). 1re partie : *Prescriptions générales*, VIII + 165 p.; 2e partie : *Durée du travail*, 153 p. (Bibliothèque de l'Usine). Paris, Éditions de *l'Usine*, 15, rue Bleue (9e). **17807-8**

BLANDIN (ANDRÉ). — **Le calcul des prix de revient dans l'industrie.** In-8 (21 × 13) de 162 p., 66 fig. Paris, Ed. Langlois et Cie, 1930. **17809**

TANNERY (PAUL). — **Pour l'histoire de la science hellène. De Thalès à Empédocle.** 2e éd. par A. DIÈS. In-8 (25 × 16) de XXIV + 435 p. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17810**

BUREAU VÉRITAS. — **Conditions techniques pour le matériel non destiné aux constructions navales.** III. In-8 (23 × 15) de 272 p. Paris, 31, rue Henri-Rochefort (17e). (*Don de M. L. Guillet, membre du Conseil d'Administration.*) **17811**

TSOUNTAS (CONSTANTIN). — **Guide pratique du chimiste dans l'industrie du ciment.** 2e éd. refondue et corrigée en collaboration avec JEAN HENDRICKX. In-8 (24 × 15) de 102 p., 18 fig. Paris, Revue des matériaux de construction et de travaux publics, 148, boul. Magenta, 1929. **17812**

COLIN (J.-A.). — **Traité complet de la filature du coton.** Tome III : **Traité des métiers à filer et de la filature des déchets.** In-8 (25 × 16) de 654 p., 318 fig. Paris, Dunod, 1930. (*Don de l'auteur, membre de la Société.*) **17813**

SMITHELLS (COLIN J.). — **Les impuretés dans les métaux. Leur action sur la structure et les propriétés des métaux.** Traduit de l'anglais par A. SCHUBERT. In-8 (25 × 16) de VIII + 197 p., 166 fig. Paris, Dunod, 1930. **17814**

ROUDIÉ (P.). — **Le contrôle de la dureté des métaux dans l'industrie.** In-8 (25 × 16) de VIII + 114 p., 6 fig. Paris, Dunod, 1930. **17815**

BUREAU DE NORMALISATION DE L'AUTOMOBILE (Chambre syndicale patronale des Fabricants d'Accessoires et de Pièces détachées, 18, rue de Tilsitt, Paris (17e). — **Feuilles de normes, BNA 64** (août 1929) : *Rondelles Grower. Dimensions, tolérances.* — **BNA 65** (sept. 1929) : *Dynamos. Bride réglable, 3 trous.* — **BNA 66** (oct. 1929) : *Écrous borgnes à calotte fixe.* — **BNA 67** (nov. 1929) : *Écrou à oreilles de 3 à 18 mm.* — **BNA 68** (nov. 1929) : *Plaques de nationalité. Lettres caractéristiques internationales.* — **BNA 69** (nov. 1929) : *Segments de pistons. Sens de coupe des segments à coupe oblique.* — **BNA 70** (nov. 1929) : *Serrures. Carrés d'entraînement.* — **BNA 71** (janv. 1930) : *Filetages à pas fins. Diamètres normaux, pas.* — **BNA 72** (janv. 1930) : *Carrés d'entraînement. Dimensions sur plats et longueurs.* — **BNA 73** (janv. 1930) : *Plaquette d'allumeur. Fixation et commande de l'allumeur.* — **BNA 74** (janv. 1930) : *Ressorts de suspension. Lames plates.* — **BNA 75** (janv. 1930) : *Vis à téton. Tête cylindrique réduite, sans tête.* — **BNA 76** (janv. 1930) : *Vis à téton. Tête carrée inscrite.* — **BNA-M6** (oct. 1929) : *Plaques d'identité pour cyclecars et motocyclettes.* — **BNA-M7** (déc. 1929) : *Moyeux de motocyclettes pour roues à moyeu détachable.* — **BNA-M8** (janv. 1930) : *Jantes (motocyclettes) pour pneus à tringles.* **17497**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

LECORNU (LÉON). — **Théorie mathématique de l'élasticité** (*Mémorial des sciences mathématiques*, fascicule XXXV). In-8 (25 × 17) de 51 p. **Bibliographie.** p. 49-51. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1929. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration.*) **Pièce 13600**

GARNIER (M.). — **Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de tir** (ex *Mémorial de l'artillerie française*, 1929). In-8 (25 × 17) p. 803-834. Paris, Imp. nationale, 1929. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration.*) **Pièce 13601**

*
* *

IRON AND STEEL INSTITUTE. — **Journal. 1929,** n° II. Vol. CXX. London, 28, Victoria Street, S. W. 1. **Pér. 157**

ROYAL INSTITUTION OF GREAT BRITAIN. — **Proceedings.** Vol. XXVI, part I, **1928-1929.** London, 21, Albemarle Street. **Pér. 258**

AUSTRALASIAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE. — **Report of the 19th Meeting, Hobart, 1928.** Sydney, N. S. W., 5, Elizabeth Street. **Pér. 51**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Circulars,** nos **377** : *Some properties of sponge rubber,* 8 p., 2 fig. — **379** : *Care and adjustment of folding testers of the Schopper type,* 7 p., 3 fig. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Miscellaneous Publications,** nos **89** : *Report of the National Screw Thread Commission* (revised, 1928), 261 p., 84 fig. — **97** : *Thermal properties of petroleum products,* 48 p. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Simplified practice recommendation, R88-29** : *Floor sweeps,* 9 p., 1 fig. 1929. **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Commercial Standards, C12-29** : *Domestic and industrial fuel oils,* 14 p. 1929. **Pér. 61**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Farmers' Bulletins** nos **602** (revised 1929) : *Production of clean milk,* 17 p., 10 fig. — **1343** (revised 1929) : *Culture of citrus fruits in the Gulf States,* 44 p., 14 fig. **Pér. 410**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Circular** n° **78** : *Condition of farmers in a white-farmer area of the cotton Piedmont, 1924-1926,* 47 p., 2 fig. 1929. **Pér. 410**

U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Technical Bulletins** nos **121** : *Methods of harvesting grain sorghums,* 35 p., 18 fig. — **128** : *Alteration of muscovite and biotite in the soil,* 32 p. — **130** : *The chestnut curculios,* 23 p., VI pl. 1929. **Pér. 410**

SMITHSONIAN INSTITUTION (Washington). — **Report of the United States National Museum, 1929.** **Pér. 27**

NEW YORK STATE DEPARTMENT OF LABOR. — **Workmen's compensation Law, 1929.** Albany. **Pér. 128**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. MAI 1930.

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

### ASSEMBLÉE GÉNÉRALE SOLENNELLE DU 3 AVRIL 1930

DISTRIBUTION DES RÉCOMPENSES DÉCERNÉES POUR L'ANNÉE 1929

Présidence de M. Louis Mangin, *président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Le fauteuil présidentiel est occupé par M. Louis Mangin, *président.* A ses côtés siègent M. Georges Wery, *secrétaire général*, et les membres du Conseil rapporteurs des comités techniques sur la proposition desquels les récompenses sont accordées.

ALLOCUTION DE M. L. MANGIN, *président.*

Appelé par la confiance de nos collègues à la présidence de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, je tiens à les remercier du grand honneur qu'ils m'ont fait. Le choix d'un naturaliste, membre de notre Comité d'Agriculture, à la tête d'une société essentiellement industrielle qui compte tant d'hommes éminents, savants ou praticiens, dans la mécanique, la chimie, l'industrie, démontre l'importance qu'ils accordent à l'influence des sciences naturelles dans l'évolution de l'agriculture et des industries qui s'y rattachent. C'est qu'en effet la connaissance du sol et des organismes qui s'y trouvent font du substratum où végètent les plantes, non plus la matière inerte sur laquelle s'exerçait la sagacité des chimistes mais une masse vivante, sans cesse en voie de transformations, qui est du domaine des naturalistes ; de même, les processus de la production végétale et animale réclament l'attention des physiologistes; enfin, la recherche des meilleures espèces par la sélection est le but des travaux des génétistes.

Par votre geste symbolique, qui dépasse ma modeste personne, vous avez voulu affirmer que l'agriculture, débarrassée de l'empirisme qui entravait son développement, est devenue une industrie où la plante, l'animal travaillent à plein rendement pour le plus grand bien de la métropole et de ses colonies.

En vous renouvelant mes remerciements, je m'efforcerai de mériter votre confiance dans la conduite des affaires de la Société.

Vous avez pu constater par le renouvellement du Bureau que nous avons perdu un précieux concours.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Henri HITIER qui a rempli les fonctions délicates de secrétaire général pendant près d'un quart de siècle avec un zèle et un dévouement auquels tous rendaient hommage, a résigné ses fonctions pour des raisons personnelles.

Nous regrettons bien vivement sa décision. Son activité sans cesse en éveil lui avait permis d'accomplir, pendant les années de guerre, une tâche énorme au cours desquelles, secondant M. Lindet et cumulant avec sa fonction celles de notre agent général mobilisé, il fit face à toutes les difficultés et permit à notre société de traverser sans aucun trouble cette mauvaise période.

M. Henri Hitier reste membre du Comité d'Agriculture et il a bien voulu nous promettre son concours pour maintenir les traditions auxquelles notre nouveau secrétaire général, M. Georges Wery, est si attaché. En remerciant M. H. Hitier de sa promesse, je salue son successeur M. Wery dont nous avons pu apprécier au Comité d'Agriculture la haute autorité et l'activité.

Réunissons-nous dans la pieuse pensée de donner un souvenir à ceux des membres de notre Conseil qui ont disparu. M. Jean Dybowski, M. Lindet, membres du Comité d'Agriculture, M. Charles Zetter, du Comité des Arts économiques, le comte Biver, de la Commission des Fonds; plus récemment, M. Auguste Rateau, du Comité des Arts mécaniques, M. Charles Girard, du Comité d'Agriculture, M. le général Sebert, du Comité des Arts économiques qu'il présidait depuis 1895, et qui était le doyen de notre Conseil où il était entré en 1876. Des notices ont été ou seront consacrées à ces membres dans notre *Bulletin*, mais je rappellerai que M. Lindet fut président de notre Société pendant huit ans, de 1913 à 1920, et que la durée exceptionnelle de sa présidence se justifiait par la haute valeur de l'homme et par les nécessités de la période douloureuse que nous traversions. Notre Société conservera le souvenir des services que Léon Lindet lui a rendus.

Nous avons versé ou engagé en 1929, sur les revenus de nos fondations, les sommes suivantes :

800 fr de secours répartis entre 3 personnes ;

1.005 fr pour prise de brevets et paiement de la première annuité, répartis entre deux personnes;

15.750 fr de subventions pour aider à l'étude de différentes questions techniques, répartis entre 5 personnes;

12.680 fr d'encouragements, récompenses, bourses à des élèves d'écoles professionnelles ou à des apprentis, etc.

3.500 fr pour aider à la publication, dans notre *Bulletin*, de mémoires de science industrielle.

Ces diverses allocations représentent un total de 33.735 fr, un peu supérieur aux revenus annuels de nos fondations, environ 30.000 fr. Nous avons pu faire ce sacrifice parce que nous disposions de quelques arrérages constitués pendant les années antérieures.

Mais ces arrérages diminuent et les revenus de nos fondations baissent en raison des impôts de plus en plus lourds qui frappent les titres de ces fondations. J'adresse un pressant appel à nos sociétaires pour provoquer de nouvelles donations et j'insiste auprès d'eux pour que les conditions de ces donations soient simples et laissent une grande liberté à la Société pour leur emploi.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Notre *Bulletin*, une des marques les plus importantes de l'activité de la Société, continue, malgré les difficultés sans cesse croissantes, à conserver sa belle tenue; ce n'est pas un mince mérite pour ceux qui en ont la charge de maintenir sa réputation européenne et même mondiale. Très précieux et très apprécié des membres qui ne peuvent assister à nos séances, car ils y trouvent le compte rendu de nos séances, on y trouve les mémoires sur les recherches subventionnées, savoir : *les recherches sur l'état vitreux*, par M. SAMSOEN; — *les anomalies du recuit après écrouissage du cuivre et des laitons*, par M. EUGÈNE; — *contribution à l'étude du séchage des argiles et des pâtes argileuses*, par MM. BODIN ET GAILLARD.

Outre ces mémoires, notre *Bulletin* renferme un grand nombre d'articles très variés qui s'adressent à des spécialistes, mais le plus souvent sont d'un caractère assez général pour être appréciés des lecteurs séduits par leur nouveauté.

Vous me permettrez d'examiner les plus importants de ces articles dans l'ordre chronologique de leur publication : *La foudre, explosion de l'éther*, par M. LARTIGUE; — *Le travail à la chaine*, par M. R. BELE; — *L'organisation des Services agricoles du P.-O. et du P.-L.-M.;* — *Le banc d'orfèvre du Musée de Cluny*, par M. FREMONT; — *La stabilisation automatique des avions*, par M. CONSTANTIN; — *Les nouveaux textiles et les nouveaux procédés de l'industrie textile*, par M. MICHOTTE; — *La gravure sur gemmes*, par M. SCHNEIDER; — *La machine frigorifique à vapeur d'eau Scam-Follain*, par M. SAUVAGE; — *Le traitement des résidus urbains par le procédé Beccari*, par M. J. BORDAS; — *L'organisation du travail à la S. T. C. R. P.*, par M. ROGNON; — *Manomètre différentiel à faible pression*, par MM. F. BORDAS et TOUPLAIN; — *La fabrication de farines d'aleurone*, par M. ANDRÉ; — *L'organisation d'une fabrication*, par M. DANTY-LAFRANCE; — *Le film parlant*, par M. L. GAUMONT; — *L'unification des filetages*, par M. J. PERNOLLET; et une série d'articles reproduisant le cycle des conférences que nous avons données sur *la formation professionnelle des apprentis*; — *Le cisaillement et le poinçonnage des métaux*, par M. FREMONT; — *La sécurité en mer*; — *Les nouveaux procédés d'éclairage au théâtre*, par M. MEYER; — *Progrès récents dans la soudure électrique*, par M. J. BRILLIÉ.

Quelques-uns de ces articles sont le texte amplifié et complété de conférences données en séance publique.

Vous vous réunirez à moi pour adresser nos bien vifs remerciements à nos secrétaires généraux et à M. LEMAIRE, notre agent général, pour l'œuvre importante qu'ils réalisent dans la publication du *Bulletin*.

Les *conférences* qui se succèdent régulièrement au cours de nos séances publiques attirent un public aussi nombreux que varié, qui prend une grande part à la discussion ouverte après chaque conférence et qui n'est pas le moindre attrait de nos réunions.

Quelques-unes de ces conférences ont fait l'objet d'une publication dans notre *Bulletin*; d'autres sont résumées avec beaucoup de clarté par M. LEMAIRE dans le compte rendu de nos séances et précédant le résumé des discussions auxquelles elles ont donné lieu. Voici l'indication de quelques-unes d'entre elles.

*Les redresseurs de courants alternatifs*, par M. A. SOULIER (séance du 26 janvier); — *La jonction géodésique directe de la Corse et du continent français*, par M. P. HELBRONNER (séance du 27 avril); — *La ligne de chemin de fer de Nice à Coni*, par M. P. SÉJOURNÉ (séance du 9 novembre); — *Comment un ouvrier français a vu l'organisation de l'usine américaine*, par M. H. DUBREUIL (séance du 23 novembre).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nos conférences sont fréquemment complétées par des *visites d'établissements*. C'est ainsi que :

Le 23 février, nous avons visité la Salle d'Exposition des *Anciens Établissements Clémançon et leur studio de démonstration*; nous y avons entendu M. MARCEL MEYER nous faire une communication sur les nouveaux procédés d'éclairage au théâtre;

Le 26 octobre, M. MAURICE SAUREL et M. HENRY MAISONNEUVE nous ont fait des communications sur *les méthodes modernes de démonstration des principes de l'éclairage rationnel* dans la nouvelle salle de démonstration de la Compagnie des Lampes, 29, rue de Lisbonne, à Paris.

Le texte de ces trois communications et le compte rendu de ces visites ont paru dans notre *Bulletin*. Je crois devoir rappeler que l'initiative de ces deux réunions touchant des questions d'éclairage est due à notre regretté collègue M. CHARLES ZETTER;

Le 31 mai, nous avons visité l'*École d'apprentis mécaniciens précisionnistes de la Fondation Jules Richard*, 21, rue Carducci, à Paris;

Le 6 juin, sous la direction de notre collègue du Conseil, M. ANDROUIN, nous avons visité l'*Atelier d'apprentissage de la Société des Moteurs Salmson*, 102, rue du Point-du-Jour, à Billancourt.

Ces deux visites se rattachent étroitement au cycle de conférences sur la formation professionnelle des apprentis que j'ai signalé précédemment et dont l'idée nous a été suggérée par M. CHARLES FREMONT. Notre *Bulletin* a publié le compte rendu de ces deux visites.

La *Bibliothèque* est enfin un de nos services les plus importants et les plus appréciés. Très riche et bien tenue, les lecteurs qui la fréquentent sont unanimes à louer son organisation qui permet de trouver rapidement toutes les indications précieuses sur les ouvrages ou périodiques qu'ils désirent consulter, et ainsi, elle contribue au bon renom de la Société.

Après vous avoir résumé la marche de la Société d'Encouragement, je dois insister auprès de vous sur l'insuffisance de notre recrutement puisque le nombre des nouveaux adhérents dépasse à peine celui des disparitions.

L'œuvre que nous poursuivons et que nous avons réussi à développer, grâce à des prodiges d'équilibre réalisés par notre Commission des Fonds, pourra difficilement être maintenue au milieu des difficultés financières sans cesse croissantes. Il nous faut recruter de nouveaux adhérents pour nous libérer des difficultés dans lesquelles la Société se débat depuis la guerre. C'est vous, mes chers collègues qui êtes les agents les plus actifs de la propagande destinée à augmenter notre nombre et je vous adresse un pressant appel.

J'adresse aussi cet appel à nos nouveaux lauréats qui, pour la plupart, ignoraient l'existence de la Société qui vient de les récompenser. Quelques-uns ont déjà devancé cet appel, comme vous le verrez au moment où la liste d'adhésions nouvelles vous sera présentée. Je les remercie bien vivement pour ce geste que nous voudrions voir se renouveler.

Avant de procéder à la distribution des récompenses je dois vous présenter les excuses de nos collègues rapporteurs retenus loin de nous par leurs fonctions ainsi que celles, bien plus nombreuses, de nos lauréats que la distance, l'âge, les diffi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cultés de voyage, empêchent de se présenter à nous. C'est le cas de vieux ouvriers ou contremaîtres que nous aurions été si heureux de complimenter.

Nous savons que plusieurs industriels, dont le vieux personnel est récompensé par nous, remplacent la réunion solennelle à laquelle ce personnel n'a pu assister par une cérémonie intime dans l'usine. Nous serions heureux d'apprendre que cette petite fête s'est généralisée.

M. Mangin donne la liste des personnes présentées pour devenir membres de la Société et qui sont admises séance tenante. Ce sont :

M. KAMMERER (Victor) (✲), Ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur, 8, rue de la Bourse, Mulhouse (Haut-Rhin), présenté par MM. Sauvage et Walckenaer;

M. NICOLAU (Pierre) (✲, ⁂, ❂), chef d'escadron d'artillerie, chef du Service de l'Atelier de Précision à la Section technique de l'Artillerie, 69, rue de Rennes, Paris (6e), présenté par M. Albert Portevin;

M. ROUX (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 42, avenue de Ceinture, Enghien (Seine-et-Oise), présenté par M. Léon Guillet;

M. PASTAC (Isaac), docteur ès sciences, ingénieur-chimiste, chef du Service chimique aux Établissements Truffaut, à Versailles, 90 *bis*, avenue de Paris, Versailles (Seine-et-Oise), présenté par MM. Mangin et Lemaire;

M. DUBREUIL (Hyacinthe), mécanicien, 30, rue des Villegranges, Les Lilas (Seine), présenté par MM. H. Le Chatelier et Gruner;

M. KAHN (Louis) (✲, ⁂), Ingénieur du Génie maritime, chef-adjoint du Cabinet du Ministre de l'Air, 1 *bis*, quai aux Fleurs, Paris (4e), présenté par le colonel Renard et M. Dumanois;

M. ALQUIER (Jules), directeur à l'Institut des Recherches agronomiques, secrétaire général de la Société d'Hygiène alimentaire, 16, rue de l'Estrapade, Paris (5e), présenté par MM. Mangin et Eugène Roux;

M. NOËL (Eugène), industriel, administrateur-délégué de la Société anonyme « Les Mosaïques Noël », 55, rue de Flandre, Paris (19e), présenté par MM. Magne et Lœbnitz;

M. SOUCHAY (Pierre), Ingénieur des Constructions méçaniques (École supérieure d'Aéronautique), ingénieur, 51, rue du Rocher, Paris (8e), présenté par M. Paul Dumanois;

M. REYMONDIN (Georges) (❂, ❂, O. ⁂), expert-comptable près la Cour d'Appel, breveté par l'État, président de la Compagnie des Experts-Comptables de Paris, vice-président de la Société de Comptabilité de France, 9, rue Jouvenet, Paris (16e), présenté par M. Julhiet.

La COMPAGNIE DES EXPERTS-COMPTABLES DE PARIS, 92, rue de Richelieu, Paris (2e), présentée par M. Julhiet;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Société de Comptabilité de France, 92, rue de Richelieu, Paris (2e), présentée par M. Julhiet;

Mme Randoin (Lucie) (♀), agrégé de l'Université, directeur du Laboratoire de Physiologie à l'Institut des Recherches agronomiques, directeur de Laboratoire à l'École des Hautes Études, 24, rue Pierre-Curie, Paris (5e), présentée par MM. E. Roux et L. Mangin;

M. Charles (Louis), Ingénieur du Conservatoire des Arts et Métiers, lauréat de la Société d'Encouragement, ingénieur-constructeur, 26, boulevard Rochechouart, Paris (18e), présenté par MM. Dumanois et Sauvage.

Ces nouveaux membres sont tous des lauréats d'aujourd'hui ou des groupements qu'ils nous ont amenés.

M. L. Mangin, *président*, et M. G. Wery, *secrétaire général*, proclament les noms et titres des lauréats récompensés pour l'année 1929; les membres du Conseil, rapporteurs, résument, en quelques mots, les travaux pour lesquels les lauréats sont récompensés.

---

## LISTE DES RÉCOMPENSES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT, ANNÉE 1929

### Grande médaille annuelle de la Société.

La Société d'Encouragement décerne chaque année, sur la proposition d'un des six comités techniques de son Conseil, une grande médaille 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.*

Cette grande médaille, à l'effigie de Thénard, est décernée par le Comité d'Agriculture, pour 1929, à M. Paul Marchal.

Rapport présenté par M. Louis Mangin, au nom du Comité d'Agriculture, sur les *travaux d'entomologie appliquée* de M. Paul Marchal.

M. Paul Marchal est membre de l'Institut, professeur à l'Institut national agronomique, directeur du Laboratoire central d'Entomologie à l'Institut des Recherches agronomiques. Il a exécuté ses premiers travaux sur la fonction rénale chez les invertébrés; ils l'ont amené à l'étude de l'embryogénie des insectes. Il a choisi des hyménoptères parasites qui pondent leurs œufs dans l'œuf d'une certaine mouche de prédateurs, cécydomies et autres. Il a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi découvert la *polyembryonie* ou *germinogonie,* caractérisée par la production de plusieurs centaines d'individus de même sexe aux dépens d'un œuf unique par la dissociation de celui-ci au début du développement.

Il a montré que ces œufs pondus évoluent dans certaines régions du corps de l'hôte avec une sorte de plasma germinatif et n'entravent pas sa croissance.

Ce résultat, d'une portée considérable au point de vue anatomique, est aussi important au point de vue pratique.

Dans ses études sur la reproduction et l'évolution des guêpes sociales, il a mis en lumière des faits nouveaux notamment la découverte de nombreuses ouvrières pondeuses quand la reine disparaît et a démontré que ce phénomène, qui peut s'étendre à la moitié de la population ouvrière, est dû à la disparition de la reine.

Mais les recherches les plus importantes de M. P. Marchal sont inaugurées par un mémoire sur l'*utilisation des insectes auxiliaires dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'agriculture.*

C'est alors qu'il s'occupe de réaliser l'acclimatation de l'*Ophius concolor*, hyménoptère nouveau découvert par lui en Tunisie, qui est un parasite de la mouche de l'olive, ce grand fléau de l'oléiculture.

C'est sous sa direction que furent accomplis les travaux nécessaires à l'acclimatation d'une coccinelle, le *Novius cardinalis*, destinée à combattre, avec un succès que l'expérience a consacré, l'*Icéria purchasi*, cochenille originaire d'Australie si redoutable pour les cultures méridionales et notamment l'oranger.

On lui doit aussi la découverte d'un hyménoptère, l'*Aphelinus Mali* susceptible de combattre le puceron du pommier.

Ces indications très sommaires suffisent à montrer que M. Marchal a tous les titres à la récompense que lui décerne la Société d'Encouragement.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* LOUIS MANGIN.

*
* *

**Prix Parmentier.**

Ce prix, qui est triennal et d'une valeur de 1.000 fr, a été fondé sur l'initiative de M. Aimé Girard, par les exposants de la classe 50 à l'Exposition universelle de Paris de 1889. Il est destiné à récompenser les *recherches scientifiques ou techniques susceptibles d'améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.* En 1929, il est partagé entre Mme LUCIE RANDOIN et M. JULES ALQUIER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rapport présenté par M. EUGÈNE ROUX, au nom du Comité d'Agriculture, sur les *travaux de* Mme LUCIE RANDOIN *sur la physiologie de la nutrition et sur les vitamines.*

Mme Lucie RANDOIN, agrégée de l'Université, docteur ès sciences, est directeur, depuis l'année 1922, du Laboratoire de Physiologie du Centre de Recherches sur l'Alimentation de l'Institut des Recherches agronomiques.

De 1909 à 1922, elle avait poursuivi de nombreux travaux relatifs à des questions de physiologie de la nutrition, en particulier aux vitamines.

A partir de 1922, tous ses efforts ont porté sur des problèmes concernant spécialement l'alimentation et les améliorations à apporter dans les pratiques et les industries alimentaires. Ces recherches de diverses natures, qui ont fait l'objet de 85 publications, ont amené Mme Randoin à envisager le problème de l'alimentation sous un aspect nouveau.

Elle a exprimé toutes ses idées, appuyées sur de nombreux documents expérimentaux, dans un ouvrage intitulé : *Les données et les inconnues du problème alimentaire.* Cet important ouvrage, de 850 pages, comprend deux tomes, dont l'un est intitulé *Le problème de l'alimentation*, et l'autre, *La question des vitamines.* Elle a exposé, en les condensant et en les critiquant, toutes les questions relatives à ce vaste sujet; elle a mis à leur place ses recherches personnelles et elle a essayé de tirer, des travaux indiqués dans la bibliographie considérable annexée à l'ouvrage, des conclusions aussi nettes et aussi pratiques que possible.

Elle a fait ressortir notamment que les conditions économiques actuelles tendent à favoriser la prédominance des *produits manipulés* dans les régimes alimentaires de l'homme et des animaux domestiques : *aliments purifiés*, *aliments concentrés*, pour en accroître la valeur nutritive sous un plus faible volume; *aliments stérilisés* pour en assurer la conservation.

On possède, dit-elle, bien des renseignements relatifs à l'influence de certains facteurs sur la valeur nutritive des aliments. On sait que, s'il s'agit d'aliments végétaux, il faut prendre en considération la constitution du terrain, l'influence des engrais, celle des procédés de culture, l'action des conditions extérieures : température, humidité, irradiation, ainsi que le degré de maturité du végétal au moment où il a été récolté.

On sait également que, s'il s'agit d'aliments d'origine animale, il importe de tenir compte de l'âge des animaux, de leur nourriture antérieure, de leurs conditions d'existence, etc.

Les autres principaux facteurs dont il importe de déterminer, dans tous les cas, l'influence — laquelle peut parfois être considérable — sont les suivants : les *traitements industriels* destinés à assurer la préparation ou la con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

servation des aliments ou des principes alimentaires, les *pratiques culinaires* qui sont en usage dans l'alimentation humaine.

L'étude des modifications provoquées par ces manipulations, jointe aux acquisitions nouvelles de la science de l'alimentation, conduit directement à la question si importante des *réformes indispensables, urgentes, à introduire dans la technique des industries alimentaires.*

Mme Randoin s'est occupée tout spécialement des recherches suivantes :

Influence de la stérilisation sur la valeur nutritive des aliments.

Influence de la fermentation sur la valeur nutritive des boissons.

Question des vitamines en matière d'expertise.

Alimentation des femelles laitières du point de vue spécial des vitamines du lait. Des moyens d'enseignement et de propagande pour réaliser cette alimentation.

Influence de la préparation des extraits de levure sur leur valeur nutritive.

Influence de l'hydrogénation sur les vitamines lipo-solubles.

Influence de la dessiccation sur la sensibilité des vitamines hydro-solubles B.

Influence de la cuisson à l'autoclave sur la valeur nutritive des aliments.

Influence de la purification sur la valeur nutritive des matières sucrées.

Alimentation rationnelle du porc.

Influence de la dessiccation, de l'écrémage et de la maternisation sur la valeur biologique des laits.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* EUGÈNE ROUX.

Rapport présenté par M. EUGÈNE ROUX, au nom du Comité d'Agriculture, sur les *travaux de* M. JULES ALQUIER *sur l'alimentation humaine et le rationnement du bétail.*

Les travaux et les publications scientifiques de M. Jules ALQUIER, dont l'énumération serait trop longue, montrent que leur auteur, dès sa sortie de l'Institut national agronomique, s'est spécialisé dans l'étude des questions d'ordre alimentaire envisagées sous leurs principaux aspects : physiologique, économique et social.

Après avoir appliqué théoriquement et pratiquement pendant 16 années, à l'alimentation d'une nombreuse cavalerie industrielle, la méthode scientifique des substitutions raisonnées, M. Alquier a reporté toute son activité sur la Société scientifique d'Hygiène alimentaire dont, en 1910, on lui a confié l'organisation.

Cette institution savante, chargée par une loi d'une véritable mission sociale, possède aujourd'hui, après 20 années d'efforts, un institut, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une part, est un centre de recherches et d'enseignement des sciences appliquées à l'alimentation humaine et au rationnement du bétail, et d'autre part, un foyer d'éducation populaire.

L'Institut scientifique d'Hygiène alimentaire possède des laboratoires en pleine activité où l'on poursuit des recherches pures et appliquées d'ordre alimentaire. On y enseigne notamment les principes scientifiques de la cuisine, et les moyens de résoudre pratiquement les problèmes alimentaires si angoissants de la vie courante. L'œuvre de la Société scientifique d'Hygiène alimentaire est complétée par la publication d'un bulletin mensuel fondé en 1910 par M. Alquier, qui en assume toujours la direction.

Pendant la guerre, M. Alquier a pu trouver un vaste champ d'utilisation des nombreuses données qu'il avait déjà réunies sur la composition et la valeur nutritive des aliments de l'homme et du bétail.

Aussi, la Commission scientifique interalliée du Ravitaillement, chargée de la répartition entre les Alliés des disponibilités alimentaires, lui a-t-elle confié la direction de son secrétariat général, où il a rendu des services très appréciés.

L'exposé de ces titres dénote chez M. Alquier la préoccupation constante de ne jamais séparer les enseignements de la science pure des règles et moyens d'application de l'expérience scientifique aux conditions de la pratique courante.

La Société d'Encouragement, en lui décernant le Prix Parmentier, récompense une vie consacrée à l'amélioration des pratiques agricoles et des industries alimentaires.

*Le Rapporteur,*
EUGÈNE ROUX.

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.*

*
* *

**Prix Elphège Baude.**

Le prix Elphège Baude, d'une valeur de 500 francs, est décerné tous les 5 ans à l'auteur des *perfectionnements les plus importants apportés au matériel et aux procédés du génie civil, des travaux publics et de l'architecture.* Il est décerné en 1929 à M. AUGUSTE PERRET.

Rapport présenté par M. Lucien BECHMANN, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur l'*œuvre architecturale* de M. AUGUSTE PERRET.

M. Auguste PERRET est un des grands pionniers de l'art français contemporain.

Il a, dans le domaine de l'architecture, magistralement ouvert une voie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nouvelle aux maîtres d'œuvres du monde entier. C'est de son influence que procède l'esthétique rationnelle, appropriée au matériau du siècle : le béton armé.

Après de très brillantes études à l'École des Beaux-Arts, M. Perret, familier dès sa jeunesse avec les chantiers, constructeur autant qu'artiste, sut pressentir et comprendre le rôle que le béton armé, jusqu'alors resté dans le domaine des ingénieurs, allait prendre dans celui des architectes.

Il comprit que rien ne sortirait de grand du matériau nouveau s'il restait soumis aux canons des grands styles qu'avaient créés le bois, la pierre et le fer. Il comprit que le style devait jaillir du matériau lui-même, étudié, assimilé, asservi par un artiste nourri mais non esclave des grandes œuvres du passé.

M. Auguste Perret, constructeur et architecte, édifia en 1902, sinon le premier immeuble dont le béton armé était la matière, du moins le premier immeuble dont le béton armé était l'*âme*. C'est son immeuble de la rue Franklin, la première maison à ossature rationnelle en béton armé, visible, avouée, logiquement proclamée.

Dans cette première œuvre, apparaît en puissance tout ce que M. Perret devait créer ensuite avec la collaboration de son frère, notamment :

Le garage de la rue de Ponthieu, en 1905;

Le Théâtre des Champs-Élysées en 1911-1913;

Les docks de Casablanca pendant la guerre;

Les églises du Raincy et de Montmagny en 1922 et 1925.

Chacun de ces bâtiments, qu'il soit purement utilitaire ou qu'il soit monumental, a apporté, à un programme magistralement traité, une conception, une esthétique nouvelles. Chacune de ces œuvres hardies a marqué, a été âprement discutée puis comprise et admirée. Chacune a été un germe fécond.

Si de nombreux artistes en France et à l'étranger ont suivi ces conceptions et s'en sont inspirés, on peut dire que c'est à un Français, à M. Auguste Perret, que revient l'honneur d'avoir su faire jaillir du matériau nouveau une beauté nouvelle.

La Société d'Encouragement se devait d'apporter son témoignage d'admiration à cet éminent artiste, à ce technicien remarquable, à ce précurseur dont la renommée a dépassé nos frontières.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* LUCIEN BECHMANN.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

**Prix Fourcade en faveur d'ouvriers de fabriques de produits chimiques.**

Les exposants de la classe 47 à l'Exposition universelle de Paris 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 est remis chaque année, en séance solennelle de la Société, au *simple ouvrier des exposants de la classe 47 ayant le plus grand nombre d'années consécutives de service dans la même maison.*

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale décerne pour l'année 1929 le prix Fourcade à M. Léopold, Théodore GUILLON, né à Paris le 10 mars 1856, et demeurant à Auxerre (Yonne).

Entré à la Société Parquin, Gauchery et Zogorowsky, fondateurs de la Société des Ocres de France, le 1er mars 1871, M. Guillon n'a cessé de lui appartenir, et il y est toujours employé comme simple ouvrier. Il compte aujourd'hui cinquante années consécutives d'excellents services.

C'est un ouvrier dévoué et consciencieux, d'une conduite et d'une moralité parfaites.

*Le Rapporteur*,
GEORGES WERY.

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.*

*
* *

**Médailles d'or.**

Rapport présenté par M. PAUL DUMANOIS, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les *travaux de* M. LOUIS KAHN, Ingénieur du Génie maritime, *sur la construction et la navigation aéronautiques.*

Le Président de l'Association technique maritime et aéronautique a adressé à notre Société une demande de récompense en faveur de M. Louis KAHN, Ingénieur du Génie maritime, à l'occasion des mémoires qu'il a présentés aux sessions de cette société en 1927, en 1928 et en 1929.

Le premier de ces mémoires est relatif aux bordés travaillant en construction navale et aéronautique. Dans ces deux cas, le problème de réduction du poids consacré à la résistance est vital.

M. L. Kahn a analysé d'une façon qu'on pourrait dire acérée, l'application au cas de l'aéronautique. Les conclusions qu'il en tire, en ce qui concerne l'utilisation des alliages légers dans le revêtement métallique des planeurs, présentent un intérêt particulier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le second mémoire, M. Kahn a étudié les cartes aériennes. Remarquant que la projection de Mercator utilisée en navigation maritime, si elle a l'avantage de conserver les angles, a par contre l'inconvénient de ne pas présenter la ligne droite comme route la plus courte; il montre que cet inconvénient peu grave pour les navires qui ont la possibilité de faire le point toutes les 12 ou 24 heures et, dans l'intervalle, de conserver un même cap, est au contraire rédhibitoire pour des engins qui ont une vitesse d'un ordre quintuple de celle des navires; il a été amené à une conception de carte aérienne découlant des possibilités mêmes de la navigation aérienne. Ce qu'il importe pour celle-ci, c'est la réalisation de cartes pour des itinéraires déterminés entre deux points très éloignés. M. Kahn considère le cylindre circonscrit au grand cercle passant par les points extrêmes. C'est le développement de ce cylindre qui constitue la carte. Pour avoir une solution conforme, il adopte, pour la loi de correspondance entre les points de la sphère et ceux du cylindre, la même loi que sur les planisphères. Il substitue ainsi aux cartes usuelles à canevas simple, composé de droites rectangulaires mais d'usage compliqué pour le navigateur aérien, un instrument commode et d'un usage immédiat.

Dans le troisième mémoire sur la propulsion normale dans les fluides, M. Kahn a effectué une synthèse particulièrement remarquable de l'esprit de l'ingénieur et de celui du biologue; il montre que les mouvements des oiseaux, aussi bien que ceux des poissons, se ramènent à un phénomène commun de reptation, et que, si nos connaissances des lois de propulsion des corps rigides sont assez avancées, elles sont au contraire minimes quant à la réalisation des corps souples; il montre ensuite que, mécaniquement, il est possible de réaliser le mouvement de battement d'ailes, et pour cela, il présente un avant-projet d'un appareil volant à 4 ailes battantes, susceptible de faire du vol plané en cas de panne du moteur.

Ces trois mémoires mettent nettement en évidence l'originalité et l'intérêt considérable des travaux de M. Kahn.

Le rapprochement qu'il effectue entre les phénomènes connus de la navigation maritime et la construction navale et ceux, beaucoup moins connus, de la navigation aérienne et la construction aéronautique, comporte des conceptions toutes nouvelles et qu'on peut croire fécondes.

Il est certains esprits qui voudraient voir les techniciens de l'État confinés dans un rôle de gratte-papier ne leur permettant ni originalité ni manifestation d'idées propres. A une époque où il y a déséquilibre entre les gens qui parlent et ceux qui créent, il serait profondément néfaste de freiner l'activité créatrice d'ingénieurs qui, par leur haute culture scientifique, sont susceptibles de produire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il me plaît d'ailleurs de rendre hommage à ce point de vue à la sagesse du département de la Marine qui a toujours encouragé les initiatives de ses techniciens et qui a permis l'épanouissement dans son sein de génies créateurs comme Dupuy de Lôme, Bertin et M. Laubeuf.

Le Comité des Arts mécaniques a donc été particulièrement heureux de donner satisfaction à la demande de l'éminent président de l'Association technique maritime et aéronautique et de proposer au Conseil de notre Société de décerner une médaille d'or à M. Louis Kahn, Ingénieur du Génie maritime.

*Le Rapporteur*,
PAUL DUMANOIS.

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.*

***

Rapport présenté par M. JEAN FIEUX au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les *travaux* de M. P. LAVARDE *se rapportant au perfectionnement de la locomotive à vapeur.*

Ancien Ingénieur du Génie maritime, M. P. LAVARDE est actuellement directeur de la Société d'Exploitation des procédés Dabeg. Il consacre toute son activité à différentes questions se rapportant à l'évolution technique de la locomotive à vapeur.

On pourrait croire qu'un tel domaine est plutôt stérile et que la locomotive à vapeur, déjà tant étudiée par plusieurs générations d'ingénieurs, a atteint dès maintenant un degré de perfectionnement qu'on ne peut guère dépasser. Mais il n'en est rien, et il faut reconnaître que, là aussi, il est possible de reculer encore les limites du progrès.

Toutes les compagnies de chemins de fer du monde s'efforcent, depuis quelques années surtout, à diminuer la consommation de combustible et à augmenter la puissance des locomotives à vapeur. C'est à la solution de ce double problème que M. Lavarde apporte une contribution importante en poursuivant les études et les essais de différents dispositifs qu'il faut adapter avec toute l'harmonie et l'économie nécessaires à certaines machines existantes, et dont l'application systématique semble devoir s'imposer à la locomotive puissante de demain.

Il s'agit d'abord d'un système de réchauffage de l'eau d'alimentation tout à fait original, comportant une pompe à eau chaude (avec réchauffeur d'eau par la vapeur d'échappement), actionnée *mécaniquement* par la locomotive, et se complétant par un réchauffeur à gaz de combustion ou économiseur. Ce dispositif permet de porter la température de l'eau d'alimentation à 150°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ, ce réchauffage étant obtenu *uniquement* au moyen de calories qui seraient autrement perdues. Il assure ainsi une augmentation très marquée du rendement de la chaudière-locomotive.

D'autre part, M. Lavarde s'occupe avec beaucoup d'optimisme de l'application aux locomotives à vapeur de la distribution par soupapes, déjà connue et généralisée depuis longtemps sur les machines fixes. Par cette distribution qui rend les compressions indépendantes des admissions, le cycle de travail de la vapeur dans les cylindres peut être grandement amélioré. D'ailleurs, l'utilisation de la vapeur à haute pression, c'est-à-dire à haute température, qui deviendra courante dans un avenir prochain, ne pourra guère s'accommoder de la distribution par tiroir, trop sujette aux fuites par dilatations.

Pour qui sait les difficultés que rencontre la marche du progrès technique dans le matériel des compagnies de chemins de fer, du fait des nécessités de l'exploitation, il y a un grand mérite à développer sur ce matériel l'application de dispositifs nouveaux, qui ne manquera pas d'avoir une répercussion heureuse sur l'économie nationale.

M. Lavarde a fait connaître ses études en France et à l'étranger par différentes communications, dont deux ont été réservées à la Société d'Encouragement : l'une concerne plus spécialement la pompe alimentaire Dabeg (voir le *Bulletin* de novembre 1928, p. 863), l'autre les économiseurs système Dabeg (voir le *Bulletin* de janvier 1930, p. 15).

Pour l'ensemble de ses travaux se rapportant au perfectionnement de la locomotive à vapeur, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, la Société d'Encouragement attribue une médaille d'or à M. P. Lavarde.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* JEAN FIEUX.

*
* *

Rapport présenté par M. PAUL DUMANOIS, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les *travaux de* M. GABRIEL VOISIN *concernant la construction automobile.*

M. Gabriel VOISIN est un des animateurs de l'industrie automobile française, dont l'effort au cours de ces dernières années paraît le plus digne d'être récompensé.

A l'heure où l'industrie automobile française doit se défendre contre une concurrence acharnée de l'industrie étrangère, notre société se doit d'encourager, dans toute la mesure de ses forces, ceux qui sont décidés à résister et à vaincre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que depuis plus de 30 ans, M. G. Voisin s'est consacré aux arts mécaniques, que l'aviation, alors en gestation, le tenta et qu'on lui doit des réalisations audacieuses et fertiles en solutions ingénieuses.

On n'a pas oublié les services rendus pendant la guerre, par les appareils d'observation et de bombardement sortis des ateliers de Voisin. La guerre finie, Voisin se consacra entièrement à la construction automobile.

Il a voué à la mécanique un véritable culte. Il se passionne pour les problèmes qu'elle pose et s'éprend de belles réalisations de moteurs comme un artiste d'une œuvre d'art.

En face de l'étranger, Gabriel Voisin s'est fait le champion de la construction automobile française. Il ne s'est pas borné à copier : il a perfectionné, il a innové. Il a voulu que la France, berceau de l'automobile, conservât le premier rang dans cette industrie sinon par la quantité, du moins par la qualité de ses fabrications et par l'ingéniosité des solutions adoptées.

Pour affirmer cette supériorité, Gabriel Voisin a désiré que, sur le palmarès des compétitions internationales, en face des principaux records du monde, figurent des noms français. Il a magnifiquement réussi.

Sur la piste de Montlhéry, en septembre 1929, il a mis en ligne une voiture, fruit d'un labeur de 4 années et pendant 12 jours et 12 nuits cette voiture a cueilli des lauriers, ramenant chaque jour un record à la France.

Aujourd'hui, sur 53 records du monde automobile, 36 appartiennent à Voisin.

L'entreprise d'une pareille tentative, en plus des hautes qualités d'énergie et de persévérance qu'elle exige de la part des chefs qui la mènent, nécessite des sacrifices financiers considérables pour des résultats toujours incertains, souvent décevants, mais rarement rémunérateurs. Que ceux qui ont accepté ce fardeau reçoivent au moins les encouragements qu'ils méritent!

Il est évident qu'en la circonstance, la maison Voisin retire un bénéfice moral incontestable de ses succès, mis à profit par les services de publicité; il n'empêche que le nom de Voisin s'efface derrière celui de Français et c'est à ce titre de représentant de notre industrie nationale que, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, la Société d'Encouragement lui décerne une médaille d'or.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* PAUL DUMANOIS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

* * *

Rapport présenté par M. Ch. Walckenaer, au nom du Comité des Arts mécaniques sur *l'ensemble des travaux de* M. Victor Kammerer *et* notamment *ceux relatifs aux appareils à vapeur.*

M. Victor Kammerer est l'ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur, la plus ancienne des associations de ce genre si l'on excepte celle de Manchester, et l'une des plus importantes. Ancien élève de l'École centrale des Arts et Manufactures (promotion 1893) et de l'École supérieure d'Électricité, il était ingénieur à la Société de l'Accumulateur Tudor lorsque, en 1899, Ernest Zuber, qui avait fondé l'Association alsacienne en 1867 et en était président, l'appela à en diriger le service électrique. L'ingénieur en chef de l'Association était alors Walther-Meunier; après la mort de celui-ci (1905) et celle d'Édouard Ludwig (1906), le poste fut confié à M. Kammerer. Voilà donc 30 ans qu'il consacre son activité à l'Association alsacienne et 23 ans qu'il la dirige.

Les associations de propriétaires d'appareils à vapeur se proposent un double objet : l'accroissement de la sécurité, mission d'utilité publique pour laquelle elles ont besoin d'avoir à leur tête des hommes d'un caractère ferme et d'une supériorité incontestée, et l'économie dans la production et l'utilisation de la chaleur, de la puissance mécanique et de l'énergie électrique, problème complexe qui exige une connaissance approfondie et une mise en œuvre judicieuse de toutes les ressources de la technique. Par son érudition, son sens des réalités et l'autorité personnelle dont il jouit à juste titre, M. Kammerer s'est montré un guide aussi sûr que zélé dans la poursuite de l'un et l'autre but.

Il a publié plus de 60 mémoires et articles, soit dans la presse technique et les bulletins de diverses sociétés industrielles, soit, surtout, dans les comptes rendus des congrès que tenaient, avant la guerre, les ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, et dans le bulletin périodique qui a, depuis 1920, pris la place de ces comptes rendus de congrès et dont il est un des principaux rédacteurs.

Citons en particulier ses études :

1° Dans le domaine de la production de la vapeur : sur l'utilité des essais au choc pour l'étude des tôles de chaudières (1909), sur l'achat des houilles d'après leur pouvoir calorifique (1910), sur certaines corrosions des générateurs de vapeur (1911), sur la transmission de chaleur dans les économiseurs (1912), sur l'état et les tendances de la construction des générateurs dans l'Est (1913), sur la transmission de chaleur dans les chaudières (1919),



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'emploi du bois comme combustible industriel (1920), sur la conservation des chaudières en chômage (1921), sur l'extraction des boues de chaudières (1922), sur les explosions de gaz dans les foyers et carneaux (1923), sur les essais de vaporisation (1923), sur la formation de criques dans les congés des fonds emboutis (1924), sur les accidents aux tubes-cheminées de certaines chaudières verticales (1924), sur la pression de rivetage des appareils à vapeur (1925), sur la combustion dans les foyers à grille mécanique (1925), sur 5 explosions causées en Allemagne par la rupture de fonds emboutis (1926), sur le danger de certains tampons (1927), sur le compte à tenir des températures dans le calcul des appareils à vapeur (1927), sur le calcul des assemblages à recouvrement (1927), sur les essais des tôles épaisses (1928), sur la construction et l'exploitation des générateurs de vapeur à pression et température élevées (1928), sur la formation des incrustations et le traitement interne des chaudières et sur les explosions d'économiseurs (1929);

2° Dans le domaine de l'utilisation de la vapeur : sur des résultats d'essais de machines et de turbines à contre-pression et dérivation de vapeur (1911), sur les essais de lubrifiants (1912), sur l'influence de la surchauffe (1913), sur la comptabilité des calories dans les usines à vapeur (1922), sur les dérangements des condenseurs (1925), sur la sécurité des assemblages de tuyauteries de vapeur (1928);

3° Dans le domaine de l'électricité : sur les dangers du courant électrique et les moyens de les éviter (1904 et 1923), sur la sécurité des installations électriques (1928).

Il suffit de cette énumération pour montrer avec quel souci de l'intérêt public et quelle opportunité M. Kammerer approfondit toutes les questions techniques qu'il rencontre et apporte sa contribution à la solution ou à la mise au point de chacune d'elles.

M. Kammerer prend part assidûment, malgré la distance qui sépare Mulhouse de Paris, aux travaux de la Commission centrale des Machines à vapeur, au Ministère des Travaux publics. Il fait également partie de la Commission interministérielle d'Utilisation du Combustible, à laquelle il a donné, en 1921, deux remarquables rapports, l'un sur la production, l'autre sur l'utilisation de la vapeur, qui ont été publiés au *Journal Officiel* (nos des 20 février et 21 décembre 1921) et qui, reproduits par les principaux organes de la presse technique et notamment par notre *Bulletin*, ont diffusé d'une manière très utile des idées avec lesquelles on était encore assez peu familiarisé.

A l'époque actuelle où la vapeur est produite et utilisée dans des appareils d'une puissance individuelle de plus en plus considérable, où les pres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sions et les températures mises en œuvre atteignent des valeurs que l'on aurait considérées comme utopiques il y a peu d'années, où l'énergie électrique ne cesse d'étendre ses applications et où ses conditions d'emploi sont en certains cas de plus en plus hardies, un esprit comme celui de M. Kammerer, épris de progrès, attentif à toutes les possibilités de l'avenir, mais précis, réaliste et soucieux de la sécurité, a une valeur sociale et industrielle de premier ordre.

Le Comité des Arts mécaniques a pensé que l'ensemble des travaux de cet ingénieur devait être récompensé et encouragé et a proposé au Conseil de notre Société de lui attribuer une médaille d'or. Cette proposition a été approuvée.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* CH. WALCKENAER.

*
* *

Rapport présenté par M. CH. WALCKENAER, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur l'*ensemble des travaux de* M. CHARLES ROSZAK.

Né en 1882, sorti de l'École centrale des Arts et Manufactures en 1903 l'un des premiers de sa promotion, attaché à la Société française Babcock et Wilcox d'abord comme dessinateur, puis deux ans après comme chef du bureau des études et sous-directeur des ateliers de construction de La Courneuve, puis trois ans plus tard comme directeur de la succursale de Nancy, M. Charles ROSZAK interrompit sa carrière d'ingénieur, pendant la durée de la guerre, pour servir aux armées comme officier d'artillerie. Parti lieutenant, il termina la campagne comme chef d'escadron, commandant de 4 groupes, chevalier de la Légion d'honneur, titulaire de 5 citations dont 3 à l'ordre de l'armée, décoré de la couronne d'Italie et de la croix de guerre italienne. Reprenant aussitôt le travail du temps de paix, nommé en 1919 directeur général des ateliers de La Courneuve, il eut tôt fait de les transformer, d'en perfectionner l'outillage, d'en tripler la production. Il devenait en 1924 administrateur et ingénieur-conseil de cette société, en 1927 administrateur-délégué. Nous le trouvons, à dater de la même époque, vice-président du Syndicat des Industries mécaniques de France, vice-président du Comité central de Culture mécanique, président de la 5e Section de la Société des Ingénieurs civils de France. Voilà, à grands traits, pour la carrière industrielle.

Mais ce n'est pas à cette carrière, si brillamment et si vite parcourue, que se sont bornés les services de M. Roszak.

Travailleur inlassable, il avait à un degré éminent le don de la parole et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'enseignement, le goût des idées claires et des démonstrations irréfutables.

A partir de 1920, chargé du cours de physique industrielle à l'École centrale, il a été un professeur justement réputé, préparant la jeunesse, qu'il aimait, à comprendre et à utiliser les acquisitions les plus récentes de la science dans le domaine de la chaleur et de l'énergétique.

Il a publié de nombreuses études. En 1923, il donnait à la Société des Ingénieurs civils de France, au sujet du préchauffage de l'air de la combustion, un travail qui lui valut un prix de cette Société, et publiait dans la revue *Chaleur et Industrie*, dont il était administrateur, un mémoire sur les propriétés physiques de la vapeur d'eau d'après les récents travaux allemands et américains. A partir de cette époque, la plupart des mémoires qu'il a fait paraître sont signés en commun par lui et par son neveu M. Marcel Véron : citons, en 1924, une étude sur le rayonnement de la chaleur; en 1925, des études sur la construction des chaudières aux États-Unis, sur l'effet de film et l'influence des vibrations pour la transmission de la chaleur par convection, sur la conductibilité calorifique; en 1926, un mémoire magistral présenté à la Société des Ingénieurs civils sur la *production industrielle et l'utilisation mécanique de la vapeur d'eau à haute pression*, ouvrage qui obtint le prix Mallet en 1927; en 1928, une autre communication à la même Société sur les lois de la transmission de la chaleur et leur influence sur la conception des chaudières modernes, etc.

Deux volumes, rassemblant des études variées et formant cependant des ensembles rationnels, ont été publiés en 1925 et 1928, sous les titres respectifs d'*Études sur la chaleur* et de *Nouvelles Études sur la chaleur*, ce dernier avec la collaboration de M. Véron et une préface de M. Léon Guillet.

Lors de deux Congrès du Chauffage industriel, tenus en 1923 et en 1928 au Conservatoire national des Arts et Métiers, M. Roszak, qui était l'un des vice-présidents de ces congrès, y apporta des communications de haute valeur et prit part aux discussions avec autant d'opportunité que d'ardeur.

Il a fait, en diverses occasions, profiter de son talent de conférencier, non seulement nos sociétés industrielles françaises (Société industrielle de l'Est, Association des Industriels du Nord de la France), mais encore plusieurs universités ou associations étrangères (Université catholique de Namur, Université technique de Barcelone, Association des Ingénieurs luxembourgeois).

Ajoutons, enfin, qu'à côté de l'homme de science, il y avait l'homme de cœur. Dans sa pensée et dans sa vie, M. Roszak faisait une large part aux œuvres sociales et aux œuvres de bonté. Il recevait chez lui, à la campagne, une colonie de vacances. Président de l'Adoption française, il a noblement prêché d'exemple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Et, par surcroît, il était artiste. Il était fervent des sports. Aucune activité louable, aucun progrès humain ne lui était étranger.

Sa mort, inopinément survenue le 27 juin dernier, a profondément ému ses collaborateurs, ses élèves et ses amis.

Sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, la Société d'Encouragement a attribué une médaille d'or à M. Charles Roszak pour récompenser l'ensemble des travaux de ce technicien éminent, prématurément enlevé à la science et à l'industrie.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* CH. WALCKENAER.

*
* *

Rapport présenté par M. M.-J. ANDROUIN, au nom du Comité des Arts mécaniques, sur les *appareils protecteurs des mains* imaginés par M. GEORGES BOUILLET *pour les machines à travailler le bois.*

Invitée à signaler à la Société d'Encouragement les dispositifs appelés à rendre le plus de services dans la protection des ouvriers contre les organes de machines en marche, l'Association des Industriels de France contre les Accidents de Travail lui a fait connaître les importants travaux de M. Georges BOUILLET sur les dispositifs de sécurité pour machines à travailler le bois.

A la Société de Mécanique de Clichy, M. Bouillet est chargé de la conduite de plusieurs ateliers dont un où l'on travaille le bois.

Les machines-outils pour le travail du bois sont réputées plus dangereuses que celles qui servent au travail des métaux. C'est pourquoi M. Bouillet, dans ses préoccupations relatives à la sécurité des opérateurs, a porté principalement son attention sur les premières, notamment la toupie et la dégauchisseuse.

Les systèmes propres à augmenter la sécurité des opérateurs de ces machines ont déjà fait l'objet de nombreuses études, presque tous les appareils de sécurité construits jusqu'à présent ont plus ou moins certains inconvénients qui font souvent hésiter à les employer, soit qu'ils gênent l'opérateur ou qu'ils lui fassent perdre du temps, ou qu'ils limitent les possibilités de la machine au point de vue de la variété des travaux qu'on y peut exécuter.

Les études effectuées par M. Bouillet en vue d'obtenir la plus grande sécurité possible et de limiter au minimum les inconvénients précités l'ont conduit à créer un certain nombre d'appareils vraiment efficaces dont les deux principaux, décrits ci-après, s'adaptent respectivement à la toupie et à la dégauchisseuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Appareil protecteur pour toupie*[1]. — Dans cet appareil, la protection de l'opérateur est assurée par un volet placé devant la partie active de la toupie.

Ce volet est formé d'un certain nombre de lames très légères pouvant se relever indépendamment les unes des autres autour d'un axe qui leur est commun.

La disposition des volets est telle que l'opérateur, poussant une pièce de bois vers l'espace balayé par l'outil, ne puisse pas approcher sa main de la région dangereuse sans en être averti par le contact de la première lame du volet; il en résulte que l'opérateur saisit la pièce de bois de telle manière que ses mains passent devant le volet, et peut ainsi la pousser sans aucun danger.

Lorsque la pièce de bois ainsi poussée arrive vers la fin de sa course utile, les lames du volet, qui s'étaient relevées successivement pour lui livrer passage, s'abaissent dans le même ordre.

Il en résulte que les mains de l'opérateur se trouvent toujours en dehors de la zone dangereuse, et cela sans autre condition que d'éviter de les engager sous les lames du volet.

L'appareil est applicable à toute toupie quelle qu'elle soit, sans autre changement que l'addition du volet à lames multiples et de son support.

Pour certains travaux, il n'est pas possible de conserver l'appareil de sécurité ainsi décrit, mais cela est exceptionnel.

Dans presque tous les cas, même s'il est fait usage d'un presseur, l'appareil est applicable moyennant un simple réglage de position que l'on peut effectuer en quelques secondes.

*Appareil protecteur pour dégauchisseuse.* — Cet appareil est partie intégrante de la table avant de la machine, c'est-à-dire de celle sur laquelle s'appuie la partie du bois qui n'a pas encore été touchée par les outils.

L'application à une dégauchisseuse existante exige donc en général la reconstruction, tout au moins partielle, de cette table, la table arrière restant sans changement.

La protection des mains de l'opérateur est assurée par des lames de faible largeur placées côte à côte sur toute la largeur utile de la machine.

Chacune des lames est en arc de cercle et peut se mouvoir autour d'un axe coïncidant avec celui de l'arbre porte-outil.

Avec chacune des lames engrène un secteur denté faisant corps avec un balancier à contrepoids et disposé de telle manière que l'abaissement du dit

(1). On trouvera une description de cet appareil, accompagnée de figures, dans le *Bulletin mensuel de l'Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail*, de septembre 1926, p. 139 à 141. Dans le numéro de novembre 1928, de ce même périodique, on trouvera p. 170 une figure de l'appareil protecteur pour dégauchisseuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

secteur ait pour effet de faire rentrer les lames dans l'épaisseur de la table et par conséquent de découvrir la partie correspondante des outils.

A chaque balancier est articulée une touche crénelée. Un ressort tend à maintenir cette touche en saillie par rapport au plan de la table mais lui permet de s'abaisser au niveau de ce plan.

Lorsque l'on présente une pièce de bois sur la machine, cette pièce s'appuie sur toutes les touches crénelées correspondant à sa largeur; dans ces conditions, son avancement provoque la rotation des balanciers et par conséquent l'éclipse des lames protectrices, lesquelles livrent passage au bois à partir du moment où l'extrémité de celui-ci se trouve à proximité immédiate de l'espace balayé par les outils.

Il est à remarquer que celles des lames protectrices qui se trouvent en dehors de la largeur de la pièce de bois restent immobiles et continuent à recouvrir les outils.

Ceux-ci ne sont donc découverts que dans le minimum de temps et seulement dans la partie de la largeur de la machine qui est effectivement utilisée.

La manipulation de la machine en travail est exactement la même que si l'appareil n'existait pas.

Pour régler ou changer les fers, il suffit, la machine étant arrêtée, de maintenir les contrepoids relevés au moyen d'un dispositif approprié, ce qui a pour effet de découvrir les fers; ceux-ci deviennent alors aussi facilement accessibles que si le dispositif protecteur n'existait pas.

Au cours de la visite des ateliers de la Société de Mécanique de Clichy, où sont employés les appareils de M. Bouillet, nous avons pu constater que ces appareils atteignaient leur but, sans apporter au travail aucune gêne appréciable.

Nous avons pu constater aussi que, d'une manière générale, l'auteur apporte les plus grands soins à la recherche de la sécurité des opérateurs dans tous les travaux dont il est chargé.

Pour les deux dispositifs qui viennent d'être décrits, M. Bouillet a déjà obtenu le prix Périssé, la plus haute récompense décernée par l'Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail.

Sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, la Société d'Encouragement décerne une médaille d'or à M. Georges Bouillet.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* M. J. ANDROUIN.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. LÉON GUILLET, au nom du Comité des Arts chimiques sur les *recherches de* M. ALBERT ROUX *pour l'étude des alliages métalliques aux rayons X.*

M. Albert ROUX, Ingénieur des Arts et Manufactures, préparateur du Cours de Métallurgie et de Travail des Métaux du Conservatoire national des Arts et Métiers, chef adjoint de travaux pratiques à l'École centrale des Arts et Manufactures, a présenté à la Société d'Encouragement une étude très remarquable, qui a paru dans le *Bulletin* d'octobre 1927, p. 663, sur l'application des rayons X à l'étude des alliages métalliques. Cette étude avait d'ailleurs été subventionnée par la Société.

Le but de ce travail était la réalisation d'une installation de rayons X en vue de leur application à l'étude de la structure cristalline des métaux et alliages, la recherche des défauts internes étant laissée de côté. Le mémoire décrit, avec beaucoup de détails, l'installation réalisée au laboratoire de métallurgie du Conservatoire national des Arts et Métiers : les appareils utilisés sont de manipulation aisée et cette installation peut être considérée comme un type industriel.

Elle permet d'obtenir : soit les spectres selon la méthode des poudres ou du cristal tournant, donc de déterminer le réseau cristallin des métaux ou alliages; soit la méthode de Lane, extrêmement intéressante pour la mise en évidence des déformations mécaniques.

Les différentes opérations nécessaires pour la mise au point des appareils sont décrites dans le mémoire qui donne les résultats obtenus dans la détermination des réseaux cristallins du cuivre, de l'aluminium et d'un cuproaluminium.

Depuis la publication de ce mémoire d'autres recherches ont été réalisées avec cette installation par MM. Cournot et Roux et ont fait l'objet de communications à l'Académie des Sciences.

Sur la proposition du Comité des Arts chimiques, la Société d'Encouragement attribue à M. Roux une médaille d'or.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* LÉON GUILLET.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. HENRY LE CHATELIER, au nom du Comité des Arts chimiques, sur les *recherches* de M. MICHEL SAMSOEN *sur l'état vitreux.*

M. Michel SAMSOEN a fait de très importantes études sur les verres et en a donné un intéressant résumé dans notre *Bulletin* de mars 1929, p. 185. Pendant longtemps, on avait cru que les corps amorphes, comme les verres, voyaient leurs propriétés se modifier d'une façon continue avec la température, sans présenter aucune anomalie spéciale. Tout récemment, quelques savants étrangers, notamment Lebedief, signalèrent une anomalie dans la chaleur spécifique du verre aux environs de 580°. On reconnut bientôt à la même température une anomalie des propriétés optiques. Cette particularité fut attribuée à l'anomalie bien connue du quartz, qui se produit exactement à la même température. Cette explication était peu satisfaisante, car, dans les verres, la silice est certainement à l'état amorphe et non à l'état de quartz.

M. Samsoen reprit l'étude de ce phénomène au moyen de mesures de dilatation. Il reconnut que tous les corps amorphes présentaient la même particularité, aussi bien les verres boraciques que les verres siliceux, aussi bien les matières organiques, comme la glycérine, que les sels métalliques, comme le chlorure de zinc, le chlorure ferrique et l'hyposulfite de sodium que l'on peut maintenir à l'état amorphe par un refroidissement assez brusque à partir de l'état fondu. Les températures de cette transformation varient suivant les corps, de plus de 1.000 degrés, inférieure à 0° pour la glycérine et supérieure à 1.000° pour la silice vitreuse. C'est donc une propriété tout à fait générale de la matière, qui s'observe dans tous les corps pour un degré de viscosité sensiblement le même.

Il y a là un progrès considérable réalisé dans notre connaissance du monde matériel. La Société d'Encouragement accorde une médaille d'or à M. Samsoen pour ses travaux.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* HENRY LE CHATELIER.

*
* *

Rapport présenté par M. ALBERT PORTEVIN, au nom du Comité des Arts chimiques, sur les *travaux* du capitaine P. NICOLAU *sur la détermination des propriétés mécaniques des matériaux.*

Nul n'ignore le rôle joué par les fabrications de l'Artillerie française dans les progrès de la métallurgie d'une part, et de la métrologie d'autre part.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'interchangeabilité des pièces en mécanique, dont on fait grand état à l'heure actuelle, et dont les Américains parlent beaucoup, a été, il y a longtemps, réalisée complètement par l'Artillerie française grâce à des études et appareils de la Section technique de l'Artillerie.

Dans cet organisme central, le rôle métrologique est dévolu au Service de l'Atelier de Précision qui, déjà avant la guerre, était un modèle du genre; par contre, le Laboratoire d'Essais mécaniques des Matériaux, rattaché à ce service, était resté stationnaire depuis nombre d'années. Il appartenait à son chef actuel, le capitaine P. Nicolau, de replacer le laboratoire d'études des matériaux au niveau des organismes similaires, tout en maintenant au premier rang le Laboratoire de Métrologie.

Il a créé dans ce but un laboratoire d'essais physiques et physico-chimiques qui faisait défaut, tout en complétant les essais mécaniques par l'installation des procédés modernes et des machines ou dispositifs récents.

Mais, loin de se limiter à un rôle de réorganisateur, le capitaine Nicolau fait progresser, par ses études personnelles et des réalisations originales, les méthodes et appareils d'essais, ainsi que nos connaissances concernant les matériaux métallurgiques.

Nous pouvons donc grouper ses principaux travaux de la manière suivante :

*Appareils d'essais.* — Il a imaginé et réalisé : une balance d'induction de haute sensibilité, utilisée pour l'analyse thermo-magnétique; un dispositif pour l'essai de traction par choc des chaînes de bicyclettes, ainsi qu'un chronographe balistique constituant la première application des relais amplificateurs thermoioniques à la chronographie balistique.

La recherche de meilleures méthodes de contrôle du recuit des étuis de cartouches l'a conduit à l'emploi d'un appareil à très petites billes sous faible charge, réalisé par notre collègue M. Guillery.

*Utilisation des nouvelles méthodes d'essai.* — A côté d'études sur le tarage des machines de traction au moyen d'éprouvettes et sur l'essai de traction du laiton à cartouches, le capitaine Nicolau a soumis à une expérimentation minutieuse diverses méthodes plus récentes en vue d'en définir la précision et les conditions d'utilisation; c'est ainsi qu'il a étudié l'emploi du pendule Herbert pour la mesure de la dureté, les essais d'usure de Jannin, les nouvelles méthodes d'essais des fontes, le contrôle thermoélectrique des aciers, l'emploi du bichlorure de mercure pour les étuis de cartouches, etc.

*Propriétés des matériaux.* — Les problèmes techniques posés par l'Artillerie et l'examen des méthodes d'essai ont amené le capitaine Nicolau à étudier les propriétés, traitements et usages de divers matériaux métalliques; études où l'on note des constatations très intéressantes dont certaines n'étaient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas encore connues ou signalées. Citons, parmi ces études, celles relatives à l'influence de la trempe et du revenu sur la force thermoélectrique de quelques aciers, à l'état structural des ceintures de projectiles, à l'influence de la teneur en étain sur les caractéristiques mécaniques des bronzes et, enfin, un important travail sur l'écrouissage et le recuit du cuivre et du laiton à cartouches l'a conduit à la découverte d'une anomalie nouvelle de recuit de ces alliages, anomalie qui a fait ensuite l'objet d'un travail de M. Félix Eugène, subventionné par la Société d'Encouragement et qui a paru dans son *Bulletin* de mai 1929, p. 361.

Enfin, le capitaine Nicolau intervient actuellement avec autorité et persévérance, sinon avec succès, pour soutenir le point de vue français dans les discussions internationales concernant la température d'emploi des étalons de mesure industriels (voir le *Bulletin* de décembre 1928, p. 924); il représente d'ailleurs le Ministre de la Guerre au Comité de Normalisation de la Fédération des Syndicats de la Mécanique.

Les travaux du capitaine Nicolau, exécutés depuis la guerre, ont été publiés en majeure partie dans le *Mémorial de l'Artillerie française*, la *Revue de Métallurgie*, les *Bulletins de l'Association française pour l'Essai des Matériaux*, les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Tout récemment, le Capitaine Nicolau a donné, dans le *Bulletin* de février 1930, p. 117, de la Société d'Encouragement, un mémoire d'ensemble sur quelques progrès récents dans les méthodes de contrôle des produits métallurgiques.

Dès 1922, le Ministre de la Guerre félicitait par lettre le capitaine Nicolau pour les travaux scientifiques qu'il avait faits à cette époque; il appartient à la Société d'Encouragement de reconnaître, non seulement la valeur scientifique, le nombre et la qualité de ces travaux, mais aussi leur caractère pratique, leur utilité sanctionnée par la mise en application et l'œuvre accomplie à l'Atelier de Précision de la Section technique de l'Artillerie, et c'est pour ces diverses raisons que, sur la proposition du Comité des Arts chimiques, elle décerne une médaille d'or au capitaine Nicolau pour l'ensemble de ses travaux.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* ALBERT PORTEVIN.

*
* *

Rapport présenté par le lieutenant-colonel PAUL RENARD, au nom du Comité des Arts économiques, sur les progrès réalisés par M. ANDRÉ LAURET dans la *construction des carburateurs*.

Pour l'année 1929, la Société française de Navigation aérienne propose d'attribuer la médaille de la Société d'Encouragement à M. André LAURET,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

directeur technique de la Société des Carburateurs Zénith. M. Lauret s'est spécialisé, depuis plus de 20 ans, dans la question des carburateurs des moteurs à explosion en général, et des moteurs d'aviation en particulier. En 1906, il a présenté un mémoire à l'Académie des Sciences à ce sujet. Il était, à cette époque, ingénieur à la Société des Automobiles Hotchkiss et collaborait à la rédaction de *La vie automobile*, où il traitait spécialement les questions de carburation. En 1910, il entra à la Société des Carburateurs Zénith, qui venait d'être fondée, et, en 1912, il créait un type spécial pour l'aviation, type appliqué à des moteurs de différentes marques.

Réformé avant la guerre, il fut appelé au service armé en décembre 1914, mais il est resté mobilisé à l'usine Zénith pour continuer à travailler à l'étude de la construction des carburateurs. A cette époque, les avions, pour des raisons militaires, étaient appelés à monter de plus en plus haut, et les carburateurs généralement en service fonctionnaient mal aux altitudes élevées. A l'instigation du regretté colonel Dorand, M. Lauret étudia et réalisa des correcteurs d'altitude qui assuraient un meilleur fonctionnement des moteurs dans les hautes régions. Il essaya lui-même ses carburateurs dans de nombreux vols.

Il fut attaché, sous la direction du colonel Martinot-Lagarde, au Laboratoire installé au Lautaret, en vue de l'essai au banc des moteurs destinés aux altitudes élevées. Entre temps, il appliquait ses carburateurs au fonctionnement des moteurs de tanks.

Depuis la fin de la guerre, M. Lauret n'a cessé de continuer ses travaux, dont il a rendu compte, en 1927, au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences. Récemment, il a créé, pour la Société Zénith, de nouveaux laboratoires dans lesquels on peut essayer des moteurs dans une atmosphère raréfiée, correspondant à une altitude de 12.000 m. Actuellement, cette installation est unique au monde.

En résumé, M. Lauret, par ses études techniques expérimentales, par la réalisation et la mise en service des carburateurs destinés aux régions élevées de l'atmosphère, a fait faire à l'aviation des progrès considérables; aussi le Comité des Arts économiques a-t-il proposé à la Société d'Encouragement de ratifier la désignation de M. Lauret par la Société française de Navigation aérienne.

Le Ministère de l'Air joint à cette médaille une récompense en argent de 5.000 francs.

Je ne puis terminer ce rapport sans adresser un hommage à la mémoire de notre éminent collègue, M. Auguste Rateau, de l'Académie des Sciences, président, depuis plusieurs années, de la Société française de Navigation aérienne à laquelle il avait donné une impulsion tout à fait remarquable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Son invention du turbo-compresseur, permettant de faire fonctionner, dans d'excellentes conditions, les moteurs d'aviation à des altitudes très élevées, est un événement capital en aviation, dont les conséquences ne pourront manquer de se développer dans l'avenir.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* Lieutenant-colonel P. RENARD.

*
* *

Rapport présenté par M. LOUIS MANGIN, au nom du Comité d'Agriculture sur les *travaux de pathologie végétale* de M. ÉTIENNE FOEX.

M. Étienne FOEX, directeur de la Station centrale de Pathologie végétale, lauréat de l'Institut, a consacré ses travaux à l'étude des parasites végétaux tant au point de vue scientifique qu'au point de vue pratique.

Les Erysiphacées, groupe des Oïdium ou blancs, ont été étudiés au point de vue des conditions d'hivernation ou de persistance pendant la sécheresse; l'étude des Rouilles, poursuivie dans des régions diverses, a fait connaître l'évolution des trois espèces qui attaquent le blé : le *Puccinia glumarum*, le *P. triticina* et le *P. graminis*, et leur importance relative dans les ravages qu'elles causent. La question du Piétin, si importante au point de vue agricole, a fait l'objet de recherches portant sur les deux parasites qui interviennent dans ses manifestations.

La pomme de terre présente depuis quelques années, de graves maladies qui risquent d'en compromettre la culture. C'est d'abord la maladie de la dégénérescence d'origine discutée. MM. Foex et Ducomet ont montré que la théorie de Quanjer sur l'origine bactérienne de cette maladie était fondée et ils ont pu préconiser les méthodes de sélection destinées à éliminer les plants atteints de dégénérescence. En 1925, l'apparition de la maladie verruqueuse en Alsace a causé de graves craintes aux cultivateurs; là encore MM. Foex et Ducomet ont fourni d'importantes constatations.

A ces travaux fondamentaux, il faut ajouter les recherches sur des parasites variés qui causent les maladies les plus diverses : maladies de l'épinard, du pommier, des iris, de l'orge, etc., qui complètent l'œuvre de M. Foex et montrent qu'il est digne de recevoir la médaille d'or que lui décerne la Société d'Encouragement.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* LOUIS MANGIN.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. LOUIS MANGIN, au nom du Comité d'Agriculture, sur les *travaux de* M. ISAAC PASTAC, et notamment sur l'*emploi de matières colorantes comme produits anticryptogamiques*.

M. Isaac Pastac, né en Russie, y a fait ses études classiques et préparé une thèse; puis il a fréquenté les laboratoires de Prague, de Brno, avant de venir travailler en France chez M. Moureu.

Il a publié nombre de travaux en chimie organique. Nous pouvons citer : le mémoire publié avec le professeur Vésely, de Brno, sur la préparation des stilbènes polynitrés qui fut simplifiée de manière à exécuter les réactions à la température ordinaire; la détermination des poids moléculaires par une méthode microcryoscopique simple et nouvelle; la réactivité des radicaux dans le noyau aromatique nitré, l'étude des anti-oxygènes, en collaboration avec MM. Moureu et Dufraisse.

On sait que le problème de l'orientation des radicaux dans le noyau benzénique présente une importance fondamentale pour la synthèse des substances aromatiques; on n'avait jusqu'alors songé qu'à l'introduction des noyaux acides, M. Pastac a montré que les radicaux basiques pouvaient intervenir.

Très au courant de la chimie des colorants, il a pensé qu'on pourrait les employer dans la lutte contre les maladies cryptogamiques des plantes et ses premières recherches, entreprises avec M. G. Truffaut, ont déjà été couronnées de succès.

Étant donné l'importance pratique de ces dernières recherches, le Comité d'Agriculture a proposé au Conseil, qui l'a approuvé, de décerner une médaille d'or à M. Isaac Pastac.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* LOUIS MANGIN.

*
* *

Rapport présenté par M. VIALA, au nom du Comité d'Agriculture, sur les recherches de M. G. GUITTONNEAU sur la *maladie de carence des pruniers de l'Agenais*.

Les travaux de M. G. GUITTONNEAU ouvrent une voie nouvelle en agriculture et en pathologie végétale. Si les maladies de carence, le rachitisme et le gigantisme, les déformations anatomiques ou physiologiques, par défaut ou irrégularité de nutrition, sont plus ou moins bien connues dans leurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

causes pour l'espèce animale, il n'en est pas de même pour les végétaux. C'est certainement la première fois que des faits précis sont scientifiquement apportés et que la cause d'une maladie de plante est démontrée comme due à l'absence ou à l'épuisement dans le sol d'un élément nutritif, en l'espèce l'acide phosphorique. Il a fallu plusieurs années d'études analytiques minutieuses, de nombreuses comparaisons culturales et de patientes recherches de laboratoire pour affirmer et confirmer cette conclusion sur la cause du dépérissement général, depuis quelques années, des pruniers dans l'Agenais, où le pruneau d'Agen, jadis si prospère et si lucratif, est menacé de disparition, par mortalité prématurée, sans aucune cause parasitaire. Les accidents dus aux maladies parasitaires sont, en effet, faciles à déterminer, et ils ne jouent qu'un rôle insignifiant dans la mort des arbres, si généralisée dans le Lot-et-Garonne.

La vraie cause est d'ordre physiologique et, ainsi que l'a démontré M. Guittonneau, elle est due à une carence de nutrition. De minutieuses et nombreuses analyses comparatives, faites dans les terres de diverses formations géologiques, avaient permis, dans les vergers dépérissants, dans ceux atteints de mortalité absolue, aussi bien que dans les cultures de pruniers vigoureux et productifs, de prévoir vaguement, par les différences de composition en éléments essentiels, le manque de proportions en ces éléments dans les terres ravagées.

Mais c'est surtout la méthode bactériologique, due à Winogradsky, qui a permis à M. Guittonneau et à ses préparateurs, M. J. Keilling et Mlle Béjambes, de préciser, d'une façon positive et scientifique, les facteurs qui tendent à limiter la fertilité des terres de l'Agenais pour la culture du prunier et sont cause de sa mortalité non parasitaire dans ces sols. Ce travail, consciencieux et fort original, précise aussi la voie nouvelle pour l'étude de la fertilité des terres au point de vue agrologique pour les diverses cultures.

Les nombreuses cultures comparées sur plaques de l'*Azotobacter* ont démontré aux jeunes chercheurs que celui-ci ne se développait activement que dans les milieux où l'acide phosphorique (phosphates divers) était présent et associé à une partie d'éléments organiques.

Les terres où la mortalité des pruniers était constante, mises en plaques de culture et ensemencées par l'*Azotobacter*, ne donnaient aucun développement de la bactérie ; par contre, les plaques de culture préparées avec les sols à belle végétation et fructification de pruniers avaient une frondaison d'*Azotobacter* aussi intense que les plaques témoins additionnées d'acide phosphorique. Et les analyses chimiques de ces sols divers confirmaient les résultats de l'analyse microbiologique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rôle prédominant, pour le prunier, de l'acide phosphorique est nettement mis en évidence par ce beau et consciencieux travail. La conclusion pratique s'impose donc pour la pruniculture et ouvre la voie à des études analogues pour d'autres plantes et d'autres corps nécessaires à leur alimentation.

L'importance et la nouveauté des recherches et des résultats trouvés par M. G. Guittonneau justifient l'attribution par la Société d'Encouragement de la médaille d'or que le Comité d'Agriculture a demandée pour lui.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* PIERRE VIALA.

*
* *

Rapport présenté par M. A. MESNAGER, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur les *procédés de cimentation du terrain et des maçonneries* imaginés par M. A. FRANÇOIS.

Sous l'appellation très générale de *cimentation*, on désigne un procédé qui a pour but d'assécher ou de consolider des terrains, en y faisant pénétrer un lait de ciment plus ou moins dense. Après expulsion de l'eau en excès sur celle nécessaire à la prise du ciment, on obtient un remplissage compact, imperméable, dont la dureté croît avec le temps.

Le système de cimentation appliqué tout d'abord à des travaux miniers, conduisit à l'emploi des injections de ciment pour combattre les infiltrations d'eau dans des travaux de génie civil.

Mais il y avait de nombreuses difficultés techniques et matérielles à surmonter, à réaliser une grande vitesse et une haute pression d'injection, pour parvenir à traverser les régions aquifères rencontrées par les puits de mines et les assécher. Ces problèmes ont été résolus par M. A. FRANÇOIS, par ses procédés d'injection à haute pression, réalisés par des pompes qui permettent d'atteindre couramment des pressions de 150 et même dans certains cas 280 kg : cm².

Ces hautes pressions sont nécessaires :

1° Pour équilibrer les pressions statiques dues aux hauteurs piézométriques qui atteignent parfois 1,7 kg par 10 m, quand il s'agit d'eau chargée de corps étrangers ou de sables boulants;

2° Pour assurer la pénétration du ciment dans les fissures des roches;

3° Pour assurer l'obturation de ces dernières, en réalisant le contact entre les parois et le ciment après sa prise.

Toutefois, à l'expérience, on se rendit compte que la cimentation seule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pouvait, dans certains cas, ne pas donner les résultats parfaits qu'on était en droit d'en espérer, malgré l'emploi des pompes à haute pression. Il arrivait en effet que, dans certaines fissures plus ou moins propres, le ciment faisait prise difficilement. C'est alors que M. A. François imagina et mit au point le traitement de ces terrains par la *silicatisation*. Cette opération consiste en injections, dans les roches à traiter, de produits chimiques appropriés (en général du silicate de soude et du sulfate d'alumine) en proportions déterminées, qui permettent au ciment l'accès des fissures les plus fermées et, dans une certaine mesure, des pores de la roche.

Ce sont ces deux procédés qui furent perfectionnés et mis au point définitivement par la Société des Procédés de Cimentation François.

La cimentation combinée à la silicatisation sous haute pression a permis de traiter des roches, telles que le new red sandstone, les grès et conglomérats bigarrés et vosgiens, qui, jusqu'alors, n'avaient pu être étanchés par la cimentation seule.

*Puits de mine.* — Les procédés François emploient de nombreux et courts sondages faits dans l'intérieur même du puits, et qui sont tous traités par des injections à haute pression. L'on forme ainsi rapidement et sûrement le massif étanche qui donnera à la colonne du puits la résistance voulue pour résister aux divers mouvements des terrains, pressions, etc.

Ces méthodes ont facilité en Angleterre la mise en exploitation du bassin du Yorkshire où, de 1912 à 1929, plus de 16 puits ont été foncés à travers le new red sandstone (extrêmement aquifère) sans aucun risque, ou accident.

En France, cette méthode de cimentation fut employée au fonçage du puits Reumaux, des Mines de Sarre et Moselle, et à la réfection du puits Freyming de la même Société, qui, foncés par congélation, n'avaient pu résister aux pressions considérables des masses d'eau qui s'étaient accumulées derrière le cuvelage.

Concurremment aux fonçages des puits, les procédés de cimentation François ont été employés pour les réfections de cuvelages et de revêtements défectueux. En 1918, après la destruction des mines du Nord et du Pas-de-Calais par les troupes allemandes, lors de leur retraite, la Société des Houillères sinistrées eut recours à la Société des Procédés de Cimentation François pour faciliter ses travaux de dénoyage et de réparation des cuvelages détruits, notamment pour six puits des Mines de Lens, et deux puits des Mines de Courrières.

*Cuvelages François.* — Pour compléter les travaux de consolidation des terrains dans lesquels les puits de mine sont foncés, il était nécessaire de donner à ces puits un revêtement susceptible de résister aux pressions considérables des terrains.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un complément tout indiqué de ces fonçages de puits se trouve dans l'emploi de revêtements et cuvelages en béton armé faits en tenant compte des résistances à opposer aux hautes pressions.

C'est à ce but que répondent les cuvelages monolithes en béton armé, inventés et mis au point par les Procédés de Cimentation François. Ces cuvelages sont soumis à une injection de ciment à haute pression (2 à 3 fois la pression statique) pour les parachever, les souder au terrain, et compléter l'étanchéité de la roche. Soudé ainsi au sol par cette injection de parachèvement, le fût du puits creusé participe à la résistance, au glissement et au cisaillement, qui se produisent parfois à la suite de l'exploitation assurant ainsi une plus longue vie au muraillement.

*Travaux de génie civil.* — Dans les travaux de génie civil, la cimentation à haute pression, telle qu'elle est appliquée par les Procédés de Cimentation François, trouva son application dans le traitement des assises et ancrages de barrages, des fondations de chambres de machines, de chaudières, de monuments publics, de constructions de tunnels et de chemins de fers souterrains, etc.

*Cimentation des barrages.* — Par suite de l'augmentation de hauteur croissante des barrages, il est devenu de plus en plus difficile d'empêcher l'eau de fuir par les fissures du sol.

Par des injections appropriées dans le corps du terrain, il est possible d'arriver à supprimer totalement ces pertes. On empêche par ce même procédé les fuites à travers la masse des barrages anciens.

Comme application on peut citer l'asséchement du barrage de Fully, en Suisse, dont les pertes ont été réduites de 45 litres par seconde à 3 litres par seconde; l'asséchement du barrage de Champagney qui, avant l'application de ces procédés, n'avait jamais pu être mis en charge, les pertes étant égales, sinon supérieures au débit de la rivière chargée d'alimenter le lac créé par ce barrage; la cimentation des assises et ancrages des barrages de l'Oued-Fodda, du Ghrib, de Charon (Algérie).

Ces procédés ont été adoptés pour la consolidation des assises et des piliers de la cathédrale Saint-Paul à Londres et du pont de Waterloo de cette même ville, ainsi que de la cathédrale Saint-Michel (XII$^{e}$ siècle) à Brantham. Lorsque, récemment, le gouvernement italien envisagea de pallier à l'inclinaison de plus en plus prononcée que prenait la tour penchée de Pise, en consolidant les terrains sur lesquels elle a été fondée, ce fut à ces mêmes procédés qu'il fit appel pour que, par des injections convenables, le sol alluvionnaire sur lequel repose cette tour fût consolidé définitivement.

Le Comité des Constructions et des Beaux-Arts a été d'avis d'attribuer une médaille d'or à l'inventeur et la médaille de vermeil à titre de collabo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rateur à la Société française des Procédés de Cimentation François qui les répand en France.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* A. MESNAGER.

*
* *

Rapport présenté par M. MARCEL MAGNE, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur l'*œuvre de décoration mobilière et architecturale* de M. ERIC BAGGE.

M. Eric BAGGE, né à Antony en 1890, architecte diplômé par le Gouvernement, s'était de bonne heure distingué par ses travaux qui lui valurent une bourse de voyage de l'État.

Il eut, en 1925, l'occasion de donner sa mesure, dans des pavillons, dans des ensembles mobiliers et surtout dans la présentation de la classe de la bijouterie, qu'il obtint au concours et qui révélait une conception à la fois traditionnelle et moderne de la décoration architecturale.

Dans ses installations de magasins, dans les modèles d'ameublements, de tissus et de tapis, de papiers peints, de broderies qu'il a fournis depuis lors à plusieurs de nos plus importantes maisons industrielles, il a fait preuve d'autant d'ingéniosité que de mesure et de goût.

Professeur à l'École nationale supérieure des Arts décoratifs, directeur artistique de l'École professionnelle de la Chambre syndicale de la Bijouterie et de l'Orfèvrerie, il exerce une excellente influence sur la jeune génération d'artistes et d'artisans.

La Société d'Encouragement décerne à M. Eric Bagge une médaille d'or pour l'ensemble de son œuvre décorative.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* MARCEL MAGNE.

*
* *

Rapport présenté par MM. MAURICE LACOIN et HYACINTHE SERVONNET, au nom du Comité de Commerce, sur *diverses œuvres d'enseignement.*

En 1927 et 1928, le Comité de Commerce a proposé un certain nombre de récompenses en faveur d'œuvres d'apprentissage proprement dit de Paris et de province; en 1929, ses propositions ont été faites en faveur d'œuvres d'enseignement ménager. Cette année, son choix s'est porté sur des œuvres d'enseignement général ou professionnel s'occupant spécialement, soit de l'enfance malheureuse, soit de l'enfance placée dans des conditions défavo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rables au point de vue des possibilités d'instruction. Dans la première catégorie, rentrent des œuvres qui soignent et instruisent des enfants infirmes, aveugles, orphelins; dans la seconde, celles qui s'occupent des enfants des forains, des enfants élèves des écoles de danse de l'Opéra. Le Comité de Commerce a retenu en outre une œuvre qui s'intéresse aux illettrés, et une autre qui donne l'enseignement professionnel à de jeunes apprenties parisiennes.

Le Comité de Commerce reste ainsi fidèle à une tradition qu'il croit bonne; il s'efforce d'encourager toutes les belles et généreuses initiatives qui se manifestent pour le développement de l'enseignement général, professionnel et ménager dans tous les milieux, certain de contribuer ainsi au progrès intellectuel et moral de la jeunesse ouvrière et, par conséquent, d'aider à l'atténuation de la crise d'apprentissage dont notre pays continue à souffrir.

ORPHELINAT DES CUIRS ET PEAUX DE FRANCE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT, 26, rue Vavin, Paris (6e) (Médaille d'or). — L'importante corporation des cuirs et peaux de France, prévoyant dès 1915 les lourdes misères qui allaient résulter de la grande guerre, s'est préoccupée de venir en aide aux orphelins dont les pères, les mères ou les soutiens appartenaient à la corporation. Elle a créé à cet effet l'ORPHELINAT DES CUIRS ET PEAUX DE FRANCE qui, sous l'intelligente et énergique impulsion de son président-fondateur, M. LEVEN, a pris rapidement un développement considérable.

Reconnue d'utilité publique en 1921, l'œuvre, disent les statuts, « s'occupe de toutes les infortunes sans distinction de culte, ni d'opinion; elle respecte toujours, en ce qui concerne le placement et l'éducation des enfants, les désirs librement exprimés par les familles sans indiquer aucune préférence qui lui soit personnelle ». Son action s'étend sur tout le territoire français, les colonies et les pays de protectorat. Elle subvient aux besoins des orphelins en assurant leur instruction, leur placement en apprentissage, leur surveillance morale. Les enfants restent dans leurs familles, mais l'Orphelinat les soutient, favorise l'instruction supérieure des sujets particulièrement doués.

L'œuvre compte actuellement 700 pupilles de moins de 16 ans qui sont régulièrement suivis; en outre, de nombreux pupilles de plus de 16 ans continuent à être soutenus et aidés, spécialement en ce qui concerne leur instruction, leur placement; ils reçoivent assistance en cas de maladie. Un nombre important d'ascendants, frappés par la maladie ou l'adversité, sont également secourus.

Un vestiaire parfaitement organisé distribue d'importants secours en vêtements, chaussures, lingerie, etc. Des consultations médicales régulières ont lieu à Paris, à Saint-Denis, en province.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'Orphelinat vient également en aide aux pupilles sous les drapeaux. Il constitue des dots aux jeunes filles par l'intermédiaire de l'œuvre LE MUGUET DE FRANCE.

Le budget annuel, contrôlé par une commission composée d'ouvriers, atteint 280.000 fr.

Il s'agit, en résumé, d'une œuvre très importante, d'une haute portée sociale, admirablement organisée et dirigée. La Société d'Encouragement se doit d'en reconnaître le grand mérite; elle décerne en conséquence une médaille d'or à l'Orphelinat des Cuirs et Peaux de France.

ASILE DES JEUNES GARÇONS INFIRMES ET PAUVRES DES FRÈRES DE SAINT-JEAN-DE-DIEU, 223, rue Lecourbe, Paris (15e) (Médaille d'or). — Tout le monde connaît la belle maison de santé des frères de Saint-Jean-de-Dieu. Ce n'est pas ce remarquable établissement qui retient aujourd'hui notre attention, mais l'œuvre annexe, fondée, en 1858, par ces mêmes religieux : l'ASILE DES JEUNES GARÇONS INFIRMES ET PAUVRES, 223, rue Lecourbe, œuvre admirable qui recueille, console, instruit, soigne et parfois guérit, l'enfance pauvre et impotente.

Dirigé avec une abnégation et un dévouement sans bornes par le R. P. DENIS, l'asile de la rue Lecourbe abrite actuellement 300 enfants et jeunes gens de 5 à 20 ans, atteints des infirmités les plus affligeantes et les plus douloureuses : aveugles, paralytiques, amputés, rachitiques, brûlés, pieds bots, déviés de la colonne vertébrale, etc. L'Asile comporte à la fois : un hôpital pour les soins à donner à ces malheureux; une école primaire pour assurer leur instruction générale; une école professionnelle pour leur enseigner un métier compatible avec leur infirmité. L'école primaire s'adresse aussi bien aux arriérés qu'aux enfants normaux; une classe prépare avec succès au certificat d'études primaires. Les professeurs sont, pour la plupart, des mutilés gardés depuis leur enfance à l'asile.

Dans les ateliers, les enfants sont initiés aux métiers ci-après : confection et raccommodage de vêtements, cordonnerie, reliure, copie en caractères Braille de livres de musique ou de lecture.

Les aveugles sont initiés à la musique; on leur enseigne l'orgue ou le piano.

Le R. P. Denis envisage la création d'un atelier de bijouterie.

Les Frères s'emploient avec une patience inlassable à pourvoir les enfants de moyens d'existence leur permettant de se suffire après leur sortie de l'école. Ils soignent avec un dévouement vraiment admirable ces pauvres infirmes dont quelques-uns sont presque complètement paralysés.

Grâce à ces soins prodigués avec tant de douceur et de bonté, beaucoup

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'enfants peuvent quitter l'asile lorsqu'ils ont retrouvé des forces suffisantes et lorsqu'ils sont en possession d'un métier avec lequel ils pourront faire face victorieusement aux nécessités de la vie. Ainsi le dévouement des Frères de Saint-Jean-de-Dieu arrive-t-il à ce magnifique résultat de faire de bons ouvriers de jeunes gens que leurs infirmités auraient condamnés à une existence misérable et peut-être à la mendicité.

La Société d'Encouragement reconnaît le mérite exceptionnel de l'œuvre de pitié et de dévouement créée par les Frères de Saint-Jean-de-Dieu; elle décerne une médaille d'or à l'Asile des jeunes Garçons infirmes et pauvres de la rue Lecourbe.

ŒUVRE DES SŒURS AVEUGLES DE SAINT-PAUL POUR JEUNES FILLES AVEUGLES, 88, rue Denfert-Rochereau, Paris (14e) (Médaille d'or). — C'est encore une œuvre de pitié et de dévouement, comme celle des Frères de Saint-Jean-de-Dieu, que la Société d'Encouragement est heureuse de mettre à l'honneur aujourd'hui. Fondée en 1853 par les SŒURS AVEUGLES DE SAINT-PAUL, l'asile de la rue Denfert-Rochereau abrite et occupe 120 jeunes filles ou dames aveugles.

Les enfants sont admises à partir de l'âge de 4 ans; un simple fait témoignera de l'excellence des méthodes employées : lors de la visite de l'envoyé de la Société d'Encouragement, une petite fille aveugle de 4 à 5 ans vint lui raconter qu'elle commençait à lire en Braille des histoires amusantes et lui récita avec beaucoup de charme un petit poème!

L'Asile initie les jeunes aveugles aux professions suivantes : la musique, qui est la passion favorite de beaucoup d'aveugles, le sens de l'ouïe ayant souvent chez eux une finesse remarquable; les jeunes filles bien douées deviennent d'excellentes pianistes, organistes, violonistes; — la brosserie, pour les enfants et jeunes filles qui n'ont pas de dispositions pour la musique; — le tricot, la reliure, l'imprimerie Braille sur presse Marinoni. L'atelier de tricot a été le premier organisé, et c'est encore celui qui occupe le plus de monde.

Les cours d'enseignement général et d'enseignement pratique sont donnés dans deux classes par des sœurs aveugles assistées d'une sœur clairvoyante; les meilleures élèves sont poussées jusqu'au brevet élémentaire.

Les aveugles musiciennes arrivent généralement à trouver une situation en dehors de l'asile; mais le plus souvent les autres aveugles restent toute leur vie à l'asile. Elles gagnent leur subsistance par la fabrication d'objets divers : brosses, ouvrages tricotés, bas, chaussettes, qui sont vendus par l'œuvre.

Il n'est pas besoin d'insister sur le dévouement et l'abnégation dont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doivent faire preuve les Sœurs de Saint-Paul, aveugles elle-mêmes, pour faire vivre et prospérer une œuvre de cette importance. La Société d'Encouragement en reconnaît le très grand mérite, et décerne une médaille d'or à l'Œuvre des jeunes Filles aveugles de la rue Denfert-Rochereau.

ÉCOLE RACHEL : ÉCOLE PROFESSIONNELLE DE GARÇONS PUPILLES DE LA NATION, 97, rue de l'Ouest à Paris (14e) et SECTION FÉMININE DES ÉCOLES D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE GRATUITES, 8, rue Quinault à Paris (15e) (Médaille d'or). — L'École professionnelle Rachel, fondée en 1906 par M. Léonard ROSENTHAL, se transforma en 1915 en école de rééducation des mutilés de la guerre. De 1915 à 1920, près de 1.500 blessés y furent rééduqués, et purent ainsi se créer une nouvelle situation compatible avec leur mutilation. A partir de 1920, l'École a ouvert ses portes aux pupilles de la nation, et aussi, depuis quelque temps, à d'autres enfants dont la situation des parents a été compromise par la guerre et ses suites.

Sous la direction éclairée de Mme CAMERINO, 120 élèves reçoivent un enseignement professionnel complet dans trois sections : ajustage, confection de matrices de forge, confection d'outils de découpage. Des cours de dessin, de technologie, de mathématiques, de français, des conférences morales, des cours d'hygiène, des leçons de gymnastique, complètent très heureusement l'enseignement mécanique proprement dit qui est sous le contrôle et la direction d'un chef d'atelier de l'École nationale des Arts et Métiers de Paris. Un comité de perfectionnement, présidé par M. LABBÉ, directeur général de l'Enseignement technique, veille à l'amélioration de l'outillage, à la bonne orientation des études. Pendant les vacances, les enfants qui le désirent sont admis gratuitement au Camp de vacances des Mesnuls, à Montfort l'Amaury, dirigé par le commandant FABRE. Grâce à l'ordre et à la méthode qui règnent dans cette remarquable organisation, les résultats obtenus sont extrêmement satisfaisants. A leur sortie de l'École Rachel, les jeunes gens sont très recherchés par les industriels, particulièrement dans les spécialités de matriçage et de découpage, dans lesquelles le recrutement de la main-d'œuvre habile est encore très difficile.

La Section féminine des Écoles Rachel s'est donné pour but de diriger les jeunes filles à la recherche d'une situation vers les métiers qui leur sont le plus accessibles, qui peuvent leur assurer un salaire vraiment rémunérateur. Fondée en 1916 par M. Léonard ROSENTHAL, dirigée avec autorité et compétence par Mme Adolphe ROSENTHAL, cette section a reçu plus de 2.000 élèves, jeunes filles ou femmes, parmi lesquelles de nombreuses veuves de guerre et des pupilles de la nation.

Les principaux métiers actuellement enseignés sont les suivants : bobi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nage électrique de précision pour appareils de T. S. F., téléphones, et très petits moteurs; ouvrières en gilets, culottes; ouvrières en parapluies et ombrelles; polissage en bijouterie; gravure de musique; retouche photographique; chimie industrielle (formation d'aides-chimistes très appréciées dans l'industrie).

A cet enseignement technique spécialisé s'ajoutent des cours généraux de technologie et de français. Enfin, un cours complet d'enseignement ménager, doté d'une magnifique installation modèle, donne à toutes les élèves sans exception une solide éducation ménagère et familiale.

La Société d'Encouragement reconnaît la haute valeur de cette belle organisation et décerne aux Écoles Rachel une médaille d'or.

COURS D'ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL DONNÉS AUX ÉLÈVES DANSEURS ET DANSEUSES DU THÉATRE NATIONAL DE L'OPÉRA SOUS LA DIRECTION DE MADAME CAILLÉ, DIRECTRICE DE L'ÉCOLE COMMUNALE DE FILLES, 13, rue de la Ville-l'Évêque, Paris (8e) (Médaille de vermeil). — Trop longtemps l'instruction générale des enfants et jeunes gens des écoles de danse de notre grand théâtre national fut complètement délaissée, leur instruction professionnelle étant seule l'objet des préoccupations de l'Administration. Et cependant, il était évident qu'au point de vue de l'éducation, de la bonne tenue, de la moralité, il y avait grand intérêt à ne pas négliger de meubler ces jeunes intelligences souvent bien douées. C'est ce qu'a compris il y a dix ans environ une femme de cœur, Mme CAILLÉ, directrice d'une école communale de filles du quartier de l'Opéra, qui, avec un dévouement inlassable, surmontant toutes les difficultés, a réussi à mettre sur pied une remarquable organisation d'enseignement général en faveur des élèves des écoles de danse. M. ROUCHÉ, directeur de l'Opéra, s'est vite rendu compte du très grand intérêt de l'œuvre; il la soutient fortement, lui accorde toutes les facilités en ce qui concerne les heures d'enseignement, fait coïncider les vacances des écoles de danse avec celles des écoles dirigées par Mme Caillé.

Les élèves sont répartis en deux groupes : les grandes jeunes filles à l'École de la rue de la Ville-l'Évêque (29 élèves au 1er octobre 1929); — les fillettes et les garçons dans une classe de la rue Astorg (26 élèves au 1er octobre 1929, dont 15 garçons).

Les classes ont lieu le matin de 8 h. 30 m. à 11 h. 30 m. Le déjeuner est donné ensuite dans les cantines scolaires.

Les résultats obtenus ont dépassé toutes les espérances. Un seul fait en dira plus long que tous les discours : l'an dernier, le n° 1, garçons, au certificat d'études dans le 8e arrondissement, était un jeune danseur; le n° 1, filles, était une jeune danseuse! Plusieurs élèves poursuivent des études plus éle-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vées : deux jeunes danseuses préparent le brevet élémentaire aux cours complémentaires de la rue Molière; d'autres abordent des études secondaires au Lycée Racine; une danseuse, ancienne élève de Mme Caillé, prépare le baccalauréat.

On constate, en outre, les plus heureux effets sur la tenue et l'éducation des jeunes élèves. La discipline laissait beaucoup à désirer autrefois, nous a dit M. Tisserand, régisseur de la danse, alors que, maintenant, règnent l'ordre, la politesse, le goût à l'étude.

Enfin, il n'est pas inutile de souligner que, grâce à ce solide enseignement général, les jeunes filles et jeunes gens qui se voient forcés d'abandonner pour un motif quelconque la carrière chorégraphique sont convenablement armés pour se diriger vers une autre branche.

La Société d'Encouragement reconnaît le haut mérite de cette initiative si intéressante; elle décerne une médaille de vermeil à Mme Caillé, directrice d'école communale.

ASSOCIATION FÉMININE POUR L'ÉTUDE ET L'ACTION SOCIALES, 56, rue du Docteur-Blanche, Paris (16e). SECTION D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL POUR LES JEUNES OUVRIÈRES (Médaille de vermeil). — L'Association féminine pour l'Étude et l'Action sociales a créé dans son sein, en 1920, une Section d'Enseignement professionnel dans le but d'assurer aux jeunes filles apprenties des diverses professions l'enseignement complémentaire général et technique prévu par la loi Astier.

Un comité directeur tripartite travaille méthodiquement à l'organisation des cours et en poursuit le développement. Il se compose de membres de l'Association féminine pour l'Étude et l'Action sociales, de représentants du monde patronal et de déléguées des syndicats féminins. Grâce à cette collaboration active de personnalités parfaitement compétentes, la Section d'Enseignement professionnel a pris en 20 ans une extension remarquable; elle atteint maintenant un nombre considérable de jeunes apprenties : un millier à Paris et 3.000 en province; les brillants succès obtenus par les élèves dans les concours et expositions organisés, soit par les chambres syndicales, soit par le Sous-Secrétariat de l'Enseignement technique, témoignent éloquemment du dévouement du corps professoral et de la perfection des méthodes mises en œuvre.

Dans la région parisienne, les deux centres les plus importants sont : celui de Levallois où sont instruites les jeunes manutentionnaires en parfumerie, et celui du 2nd arrondissement, 35, boulevard des Capucines, qui vient d'être inauguré et qui va recevoir 800 apprenties des grandes maisons de couture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est important de souligner la haute portée morale et sociale de l'œuvre. Les professeurs, qui sont des dames ou jeunes filles des classes aisées, ou des professionnelles, exercent sur les jeunes apprenties une action éducative extrêmement efficace. Citons ces lignes d'un appel au dévouement lancé par l'Association féminine pour l'Aide et l'Action sociales en faveur des jeunes Apprenties : « Le rapprochement social qui s'opère par le contact entre professeurs et élèves est précieux. Il fait l'apaisement dans ces jeunes âmes d'ouvrières souvent obscurcies, aigries parfois. Et quant aux jeunes filles des classes aisées, il leur montre dans la vie ouvrière des mérites, des souffrances, des vertus, qui sont un enseignement et un stimulant pour les privilégiées de cette vie. »

Ajoutons que l'Association a créé une école normale sociale qui réunit chaque mois les professeurs, assure leur documentation sociale et leur formation pédagogique.

Une initiative aussi intéressante et aussi féconde ne pouvait manquer de retenir l'attention de la Société d'Encouragement qui est heureuse de la récompenser en décernant une médaille de vermeil à la Section d'Enseignement professionnel de l'Association féminine pour l'Étude et l'Action sociales.

ÉCOLE PRIMAIRE FORAINE DE PARIS, Siège social : 89, boulevard de Picpus, Paris (12e) (Médaille d'argent). — Fondée en 1908, administrée par une société composée de forains, dirigée par une femme de très grand cœur, Mme NICOLAS, l'*École primaire foraine de Paris* s'est donné pour but d'assurer l'instruction primaire des enfants des forains, malgré les grandes difficultés qui résultent du caractère plus ou moins nomade de leur existence.

L'école est installée dans deux voitures qui accompagnent le principal groupement forain dans tous ses déplacements à Paris et en banlieue, l'une pour les petits enfants, l'autre pour les plus grands. L'école est mixte; les cours ont lieu l'après-midi seulement, en raison de l'heure tardive à laquelle se couchent généralement les enfants.

C'est une tâche bien délicate qu'a assumée Mme Nicolas assistée d'une seule maîtresse, et les débuts furent pénibles. La dévouée directrice se heurte souvent, il faut bien le dire, au mauvais vouloir de certains parents, et elle ne peut s'appuyer sur aucune sanction sérieuse; il ne peut en effet être question de sanction légale, et toute sanction prise par la directrice elle-même risque le plus souvent d'amener l'interruption de la fréquentation scolaire. Et cependant, Mme Nicolas est très aimée de tout son petit monde qu'elle conduit d'ailleurs avec beaucoup de fermeté et d'autorité.

Nous ne pouvons mieux faire, pour montrer le caractère de l'œuvre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réalisée par Mme Nicolas et l'importance des résultats obtenus, que de citer un extrait d'un rapport d'assemblée générale : « Il faut, dit ce rapport, uue longue expérience du milieu forain pour comprendre l'effort de patience nécessaire pour donner l'instruction à des enfants dans des conditions aussi spéciales; la discipline, qui s'impose et s'exerce facilement dans les milieux ordinaires de la vie, devient ici presque inapplicable, et malgré cela, les résultats obtenus dépassent toute espérance. Que de générations de forains et de foraines ont passé depuis 20 ans par l'École foraine sous la direction de Mme Nicolas qui a su se faire aimer de toute la corporation. »

La Société d'Encouragement est heureuse de récompenser par une médaille d'argent le zèle et le dévouement de Mme Nicolas.

ÉCOLE DE TRAVAIL DE LA SOCIÉTÉ DE PATRONACE DES APPRENTIS ET OUVRIERS ISRAÉLITES DE PARIS, 4 *bis*, rue des Rosiers, Paris (4e) (Médaille d'argent). — Plusieurs œuvres parisiennes favorisent très heureusement l'apprentissage en assurant pour une modique rétribution, et souvent gratuitement, le logement, la nourriture, un enseignement général, à de jeunes garçons de familles nécessiteuses placés comme apprentis dans des ateliers de la région de Paris. La Société d'Encouragement a récompensé deux d'entre elles en 1927 : la Société des Amis de l'Enfance, œuvre catholique, et l'Association protestante de Patronage des Apprentis.

Une œuvre similaire, fondée en 1852, l'École de Travail de la rue des Rosiers, dirigée actuellement avec grand talent par M. Félix MEYER, poursuit le même but en faveur des apprentis et ouvriers israélites de Paris. L'École de Travail place elle-même les jeunes apprentis chez des patrons. après un examen d'orientation professionnelle qui permet un choix judicieux de la profession. Elle fournit gratuitement aux enfants pendant trois années, le gîte, la nourriture, l'habillement; elle leur donne en outre, dans des cours du soir parfaitement organisés, une instruction générale complète et une forte éducation morale. Les exercices sportifs sont également en honneur. Le but de l'école, disent les statuts de la Société, est en effet de former non seulement des ouvriers habiles, mais aussi de bons Français; elle poursuit une tâche d'intérêt national.

La société suit tout particulièrement l'enfant chez son patron, et d'ailleurs les industriels eux-mêmes, appréciant l'excellente formation intellectuelle et morale donnée à l'École de travail, se font un devoir de veiller de très près aux progrès du jeune apprenti.

L'effectif moyen de l'école est de 70 élèves.

Les résultats de cette heureuse collaboration entre la société et les patrons, sont tout à fait remarquables. A la fin de leur apprentissage, tous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les jeunes gens se placent facilement comme ouvriers à des salaires très rémunérateurs; beaucoup deviennent contremaîtres; en 1925, 76 anciens élèves étaient devenus patrons.

La Société d'Encouragement, qui se rend compte de l'importance vitale pour notre pays du développement de l'apprentissage, décerne une médaille d'argent à l'École de Travail de la Société de Patronage des Apprentis et Ouvriers israélites de Paris.

LIGUE POUR L'INSTRUCTION DES ILLETTRÉS, Siège social, 83, avenue Foch, Paris (16e) (Médaille de bronze). — La Ligue pour l'Instruction des Illettrés a été fondée en 1927 par un groupe de personnalités justement émues du nombre encore considérable des illettrés en France et à l'étranger. Pour porter remède à cette situation si regrettable, elle a chargé son secrétaire général, M. Elie Mossé, directeur de l'École supérieure Colbert, de l'organisation de cours spéciaux qui, en 30 ou 40 leçons d'une heure et demie, apprennent aux illettrés à lire et à écrire couramment. La ligue s'est également mise en rapport avec tous les groupements similaires français et étrangers de manière à déterminer et mettre en application les meilleures méthodes d'enseignement rapide.

Elle compte étendre son action à tous les départements et même à l'étranger afin de poursuivre avec la plus grande énergie, en faveur de la civilisation humaine, la lutte contre l'ignorance.

Actuellement des cours existent à Paris (avenue Simon-Bolivar, rue Didot, rue Lecomte), à Montreuil, à Nanterre, à Puteaux.

De nouveaux cours vont être organisés à Asnières, Courbevoie, Vitry. A Montreuil et à Nanterre, les cours pour illettrés français vont être complétés par des cours pour illettrés étrangers : Italiens, Polonais, Tchécoslovaques, Espagnols, Africains du Nord.

Les cours de la rue Lecomte à Paris s'adressent spécialement aux Nord-Africains; ils ont été inaugurés au début de 1929, à la mosquée, par Si-Kaddour-Ben-Ghabrit, ministre plénipotentiaire honoraire.

La Société d'Encouragement, reconnaissant la valeur des réalisations déjà effectuées et les perspectives de développement certain de cette belle œuvre, décerne une médaille de bronze à la Ligue pour l'Instruction des Illettrés.

*Les Rapporteurs,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* M. LACOIN et H. SERVONNET.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. GEORGES HARDY, au nom du Comité de Commerce, sur le *relèvement des métiers d'art indigènes en Indochine.*

Au cours des années précédentes, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a réservé un lot important de récompenses aux fonctionnaires, européens et indigènes, dont la compétence et le dévouement ont permis de régénérer, en un temps relativement court et dans des conditions souvent méritoires, les industries traditionnelles de l'Afrique du Nord (Maroc, Tunisie, Algérie). Elle a voulu montrer par là l'intérêt qu'elle attachait à des œuvres qui honorent tout particulièrement notre politique coloniale et qui, en plus d'une évidente utilité artistique et économique, sont d'une haute portée sociale et morale.

Si nous nous efforçons, en effet, d'introduire dans nos colonies le progrès sous toutes ses formes, nous nous soucions également de respecter dans toute la mesure du possible la personnalité des sociétés dont nous avons assumé la tutelle; nous sommes de plus en plus enclins à penser qu'il serait à la fois barbare et imprudent de faire table rase du passé, de vouloir tout transformer d'un coup, d'imposer, du jour au lendemain, aux populations indigènes nos conceptions et nos formes de sensibilité. Au demeurant, il y a, dans les institutions et les traditions de ces populations, maint élément qui mérite par lui-même d'être précieusement conservé ou restauré, et c'est tout spécialement le cas de ces arts indigènes, qui, presque partout dans nos colonies, attestent un vif sentiment esthétique et dont les productions sont intimement liées à la moralité générale du milieu.

Aussi, notre Société a-t-elle estimé qu'il y avait lieu d'étendre ses encouragements à toutes celles de nos colonies qui auraient tenté en ce sens un effort intéressant, et c'est ainsi qu'elle a été amenée à s'occuper de l'Indochine, où l'art traditionnel, grâce à la hauteur de vues du Gouvernement général et à l'action d'un personnel enseignant et technique de premier ordre, manifeste en ce moment une renaissance du meilleur aloi.

Parmi les agents de cette renaissance, 11 ont paru, pour cette année, particulièrement dignes d'être récompensés. En conséquence, sur la proposition du Comité de Commerce, la Société d'Encouragement a décidé d'accorder les récompenses suivantes :

1° Une médaille d'or à M. Hierholtz (Gustave-Adolphe) et à M. Silice (Auguste-Léopold, dit André).

M. HIERHOLTZ est directeur de l'École des Arts appliqués de Hanoï. Il a dix ans et demi de services. Ancien élève de Rodin, il s'est fait remarquer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par de nombreux travaux et a obtenu dans les expositions plusieurs récompenses. Il a donné une vive impulsion à l'établissement qu'il dirige et qui compte aujourd'hui 360 élèves indigènes. Il est de ceux qui ont le plus activement et le plus heureusement contribué au développement des arts annamites.

M. SILICE, lui, dirige l'École des Arts cambodgiens depuis 1920. Sa conscience professionnelle est au-dessus de tout éloge; ses initiatives ne se comptent plus; son désintéressement est exceptionnel. A sa profonde connaissance technique des arts locaux, qui lui a permis d'établir solidement la réputation et l'influence de son école, il ajoute, — mérite tout particulièrement appréciable — un sens de l'indigène et des qualités de rayonnement discret, qui lui valent, dans les milieux cambodgiens, une rare autorité, fondée sur la confiance et l'affection.

2° Une médaille de vermeil à M. Besson (Jules-Gustave), à M. Balick (Robert-Émile) et à M. Nguyen-Duc-Thuc.

M. BESSON est Inspecteur des Écoles d'Art de la Cochinchine. Artiste, il est renommé pour la sûreté de son goût et la solidité de son métier. Professeur, il a obtenu des résultats très remarquables de ses propres élèves à Gia-dinh. Administrateur, il a de ses devoirs une haute conscience, il s'impose sans effort par sa supériorité, et on lui doit d'avoir très heureusement redressé certaines erreurs d'orientation dans les écoles d'art de la Cochinchine.

M. BALICK est directeur de l'École d'Art de Bien-hoa (Section de fonderie). Artiste d'une grande valeur, professeur actif et avisé, il a fortement développé l'École d'Art de Bien-hoa. Sous sa direction, les élèves de la section de fonderie, dont il est plus particulièrement chargé, ont produit des œuvres parfaites de goût et d'exécution.

M. NGUYEN-DUC-THUC est un excellent artiste indigène qui enseigne depuis 1906, avec une réelle maîtrise et un inlassable dévouement, le dessin et le modelage à l'École des Arts appliqués de Hanoï. Il est, pour cette école, un précieux collaborateur, et sa participation aux expositions a toujours été remarquée.

3° Une médaille d'argent à Mme Balick (Mariette-Marthe-Fernande), à M. Delafosse (Louis-Auguste), à Mme Carizey (Madeleine), à M. Fontana (Joseph) et à M. Huyn-Dinh-Tuu (Gaston).

Mme BALICK est chargée de la section de céramique à l'École d'Art de Bien-hoa. Ses dons de professeur et ses qualités de goût sont également appréciés, et les envois de ses élèves à la Foire de Saïgon ont obtenu le plus vif succès.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. DELAFOSSE est, en même temps qu'un excellent artisan, un maître admirablement consciencieux et dévoué. Sous sa direction, les élèves de l'École d'art de Thu-dau-mot (ébénisterie, incrustation, marqueterie) ont amélioré très sensiblement leur technique, et leurs travaux sont aujourd'hui renommés.

Mme CARIZEY, qui a organisé et dirigé depuis 1923 les ateliers de gravure et de composition décorative de l'École des Arts appliqués de Hanoï, dispense un enseignement fécond et obtient de ses élèves indigènes des résultats tout à fait brillants. Son beau talent de graveur sur bois mérite, par ailleurs, de retenir l'attention.

M. FONTANA s'est consacré, depuis sa venue à Vien-tiane (Laos), en février 1921, à l'essor et à la rénovation des arts indigènes. Il a créé, à l'École professionnelle de Vien-tiane, un petit musée où sont exposées les reproductions en bronze des bouddhas des principales pagodes, les céramiques et les émaux de style laotien. Il a formé de nombreux artisans et puissamment contribué à l'amélioration des techniques indigènes.

M. HUYN-DINH-TUU est affecté depuis 1913 à l'École de dessin et de gravure de Gia-dinh, qu'il a même dirigée de 1913 à 1927. Il a formé plus de 200 dessinateurs, employés aujourd'hui comme maîtres de dessin ou comme dessinateurs industriels. Il est, en même temps qu'un technicien éprouvé, un professeur sûr de son métier.

4° Une médaille de bronze à M. Nguyen-Huu-Lam.

M. NGUYEN-HUU-LAM est un agent d'élite, un technicien excellent, qui exerce depuis huit ans avec succès les fonctions de contremaître fondeur d'art à l'École des Arts appliqués de Hanoï.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* GEORGES HARDY.

* * *

Rapport présenté par M. GEORGES RISLER, au nom du Comité de Commerce sur *l'œuvre de la Protection du Nourrisson*, directrice Mme Jacob, 56, rue Raynouard, Paris (16e).

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a toujours témoigné un réel intérêt aux œuvres sociales. Parmi celles-ci, y en a-t-il une plus urgente et s'imposant d'une manière plus impérative que d'arracher à la mort les milliers d'enfants qui, avant d'avoir achevé leur première année, succombent faute de soins éclairés?

Comme pour toutes les œuvres sociales, ne sont-ce pas des industriels qui, au sein de leurs entreprises, se sont préoccupés, les premiers, de cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

question si angoissante au point de vue de l'avenir démographique de notre pays. N'est-ce pas dans leurs établissements qu'ont été fondées les premières crèches et les premières garderies d'enfants?

Plus de 40.000 enfants pourraient être sauvés chaque année si nous disposions de l'armement médico-social nécessaire. La preuve en est fournie par les résultats remarquables obtenus par une œuvre que nous ne saurions trop encourager; nous voulons parler de la Protection du Nourrisson.

Le but de cette association est de lutter contre la mortalité excessive et évitable des enfants du premier âge.

Fondée en 1920 par Mme Émile Halphen, qui en est actuellement encore la présidente, cette œuvre possède aujourd'hui 7 dispensaires en plein rendement, dirigés avec une intelligence, une science et un dévouement admirable et prodigieusement désintéressé, par Mme Georges Jacob. Une filiale autonome qui a été créée à Issy-les-Moulineaux, est entretenue avec une rare compétence par Mme Gaston Gradis.

Les autres dispensaires sont établis également dans des localités de la banlieue parisienne, à Romainville, Bagnolet, Montreuil, Dugny, Cachan et Gennevilliers.

Depuis sa création, l'œuvre a donné des soins à 5.916 nourrissons, ce qui représente un total de 62.428 consultations, à 1.102 femmes enceintes, qui ont profité de 2.595 consultations prénatales, et à 32.637 consultations données au dispensaire sans compter 36.137 visites faites à domicile.

Sur 2.568 enfants suivis en 1927, il n'a été enregistré que 45 décès, ce qui donne une mortalité de 1,75 p. 100. Or, dans les diverses localités où fonctionnent les dispensaires de l'œuvre, cette mortalité s'élevait il y a quelques années encore, de 28 à 42 p. 100. Pour la France entière, elle est de 9,70 p. 100, ce qui représente une proportion de décès plus de 5 fois supérieure à celle de la Protection du Nourrisson.

Comme il est mort en 1928 en France 68.150 enfants de 0 à 1 an, il est aisé de voir que, comme nous le disions plus haut, c'est plus de 40.000 enfants qui pourraient être sauvés chaque année.

Il y a là une œuvre remarquable dont on ne saurait trop encourager le bienfaisant développement.

Dans la lutte engagée contre les causes de mort prématurée qui frappent si douloureusement notre pays, le concours que des initiatives de ce genre sont en mesure d'apporter est d'une importance primordiale.

Le Comité de Commerce, reconnaissant l'importance des services rendus par la Protection du Nourrisson, a demandé une médaille d'or pour cette œuvre.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* GEORGES RISLER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. GEORGES RISLER au nom du Comité de Commerce sur l'ÉCOLE DES SURINTENDANTES DE FRANCE, 19, rue Dareau, Paris (14e).

Parmi les institutions de progrès social que la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale se fait, chaque année, un devoir d'encourager, il a semblé qu'une place toute spéciale méritait d'être donnée à l'œuvre admirable que poursuit l'École des Surintendantes de France. Aucune institution n'a de rapports plus étroits avec l'industrie; aucune n'est davantage mêlée à la vie ouvrière au sein des ateliers.

Le but de cette école est de préparer des jeunes femmes douées de l'esprit social aux fonctions délicates de surintendantes d'usine dont le rôle complexe et multiple consiste à assurer le service social à l'intérieur des entreprises.

La surintendante a pour tâche essentielle de veiller au bien-être du personnel; ses attributions portent à la fois sur le recrutement des ouvrières dans quelques cas, et en toutes circonstances, sur tout ce qui peut contribuer à l'amélioration matérielle et morale du sort des travailleurs dans leurs occupations, leur vie familiale, leurs loisirs, leurs maladies, etc.

La surintendante assume, dans les établissements industriels où elle est employée, la direction des œuvres sociales de l'usine, se tient en relations avec celles du dehors et visite les familles des travailleurs. Au moyen d'un système de fiches, elle suit l'ouvrier ou l'ouvrière au cours de son passage à l'usine; s'enquiert des causes de ses absences, de ses mutations, les mentionne et lui vient en aide dans toute la mesure de ses moyens.

Dans les entreprises occupant un personnel féminin, elle veille tout particulièrement au bien-être des femmes enceintes, vérifie si le travail qui leur est confié n'est pas trop pénible en raison de leur état, facilite aux mères l'allaitement au sein par l'organisation de chambres d'allaitement ou l'installation de crèches.

Elle suit les enfants occupés à l'usine, renseigne les parents sur leur état de santé et les aide à leur donner les soins prescrits par le médecin.

On conçoit aisément que, pour une tâche aussi délicate, il faille non seulement une intelligence avertie et des qualités morales de premier ordre, mais aussi un sens psychologique très développé, de la mesure, du tact, de l'équité et aussi une formation appropriée. La bonté, à elle seule, ne saurait suffire; elle risquerait, dans certains cas, d'être mauvaise conseillère et d'aggraver le mal au lieu de le guérir. Il faut donc à la future surintendante une préparation professionnelle.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'École, fondée en 1917 à l'instigation de Mme BRUNSCHWIGG et d'un comité de dames qui l'assistait assume précisément la tâche de cette préparation.

Le programme des cours comporte un enseignement théorique sur le droit, l'hygiène sociale et l'hygiène industrielle, l'économie sociale ainsi que des stages pratiques qui ont lieu dans les services des hôpitaux, aux dispensaires antituberculeux, aux usines, etc.

A l'heure actuelle, une centaine de surintendantes formées par l'École sont en fonction soit dans des établissements dépendant de l'État comme l'Arsenal de Puteaux, la Cartoucherie de Vincennes, etc., soit dans de grandes compagnies privées comme la Compagnie Générale d'Électricité, la Compagnie générale des Métaux, dans les ateliers des compagnies de chemins de fer, etc.

Partout leurs services sont unanimement appréciés. La direction de ces établissements se trouve ainsi déchargée de soucis importants, ce qui laisse une plus grande liberté d'esprit aux chefs pour la marche de chaque entreprise. Cette division du travail et des responsabilités est conforme aux principes d'une rationalisation bien comprise. L'agent principal de la production n'est plus ainsi comme autrefois abandonné à lui-même ou simplement négligé. Dans un pays comme le nôtre, appauvri par la guerre, ne disposant que d'une main-d'œuvre insuffisante, ces préoccupations ont une importance toute particulière. Le mérite de l'École des Surintendantes est précisément de l'avoir compris. Elle a comblé ainsi une importante lacune.

Sous la direction éclairée et vigilante de Mme Georges JACOB, qui en a été pendant six ans la grande animatrice, puis de Mlle GEOFFROY, l'actuelle directrice, l'École n'a cessé de se développer et d'accroître le nombre des précieuses auxiliaires qu'elle fournit au service social dans l'industrie.

La Société d'Encouragement reconnaît d'aussi éminents services en attribuant une médaille d'or à l'École des Surintendantes de France.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* GEORGES RISLER.

*
* *

Une médaille d'or est décernée sur la proposition du Comité de Commerce à M. H. DUBREUIL pour *l'enquête qu'il a faite dans les usines des États-Unis* (Voir dans le *Bulletin* de décembre 1929, p. 875, le compte rendu de la communication faite en séance publique le 23 novembre 1929, par M. H. DUBREUIL, intitulée *Comment un ouvrier français a vu l'organisation de l'usine américaine*. Voir aussi dans le *Bulletin* de janvier 1930, p. 82, le compte rendu, rédigé par M. Ed. GRUNER, de l'ouvrage de M. H. DUBREUIL intitulé *Standards*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

**Médailles de vermeil.**

Rapport présenté par M. Paul DUMANOIS, sur le *moteur* « *Puissance* » de M. LOUIS CHARLES.

Le problème de l'utilisation directe du gas oil dans les moteurs à combustion interne à faible puissance et à grande vitesse est un de ceux qui sont actuellement à l'ordre du jour.

De tous côtés, des recherches et des résultats sont obtenus en vue de permettre l'utilisation d'un combustible qui a, par rapport à l'essence, l'avantage d'une sécurité infiniment plus grande auquel s'ajoute le bénéfice d'éviter les pertes par évaporation.

Dans le *Bulletin* de notre société (juin 1929, p. 449), M. Ed. Sauvage a donné une description du moteur « Puissance » qui apporte une solution pour le moteur de faible puissance.

Nous ne doutons pas d'ailleurs que cette solution soit perfectible, et la Société d'Encouragement a estimé qu'il importe de récompenser et d'encourager l'initiative et l'effort effectués, en décernant une médaille de vermeil à M. Charles, réalisateur de ce moteur.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* PAUL DUMANOIS.

*
* *

Rapport présenté par M. Ch. DE FRÉMINVILLE, au nom du Comité des Arts mécaniques sur les ouvrages de M. CAMILLE ROURE concernant les *machines-outils*.

M. Camille Roure, Ingénieur des Arts et Manufactures, lauréat de la Société industrielle du Nord de la France, a écrit plusieurs ouvrages sur les machines-outils à travailler les métaux et le bois et sur l'outillage des fabrications mécaniques. Nous en avons donné un compte rendu dans le *Bulletin* de janvier 1930, p. 78.

L'œuvre de M. Camille Roure constitue un effort important et présente un certain caractère d'originalité dans le domaine de l'enseignement. Pour cette raison, sur la proposition du Comité des Arts mécaniques, notre Société lui décerne une médaille de vermeil.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* C. DE FRÉMINVILLE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. J. Lœbnitz, au nom du Comité des Arts chimiques, sur les recherches de MM. V. Bodin et P. Gaillard sur la *dessiccation des argiles et des pâtes argileuses*.

MM. V. Bodin, Ingénieur des Arts et Manufactures, et M. P. Gaillard, Ingénieur diplômé de l'École supérieure de Céramique, nous ont remis un mémoire intitulé : *Contribution à l'étude du séchage des argiles et des pâtes argileuses* que le Comité des Arts chimiques a retenu et qui a été publié dans le *Bulletin* de juin 1929, p. 453.

Les matières argileuses donnent lieu à des phénomènes d'une très grande variété. L'analyse chimique et l'examen physique ne suffisent pas pour définir les propriétés d'une argile. De nombreux éléments entrent en jeu dans la fabrication des produits argileux, en plus de tout ce qui découle de la matière elle-même.

Ces variables ne permettent pas, dans l'état actuel, de tracer une définition ou formule scientifique. Les expériences ramenées dans la pratique sont indispensables.

MM. Bodin et Gaillard n'ont pas négligé les renseignements que peut fournir avec quelque certitude la science pure, mais ensuite, l'étude proprement dite qu'ils entreprenaient, a été poursuivie en vue de relever des résultats d'expériences se rapprochant le plus possible des situations rencontrées dans la pratique.

Ils ont ainsi adopté une bonne méthode et les données qu'ils ont pu réunir permettent de tirer des enseignements pour la production.

Ce travail peut être considéré comme un début pour l'examen des phénomènes variés et complexes que l'on constate dans la disparition de l'humidité des argiles.

La Société d'Encouragement a réuni autrefois, sous le titre de *Contribution à l'étude des argiles*, des études diverses qu'elle a publiées et, parmi lesquelles celles si intéressantes qui furent poursuivies sous la direction de Georges Vogt. Nous devons espérer qu'après quelques années d'intervalle, une nouvelle série de travaux sur la céramique pourra être patronnée à nouveau par notre Société.

La Société d'Encouragement, reconnaissant l'intérêt des travaux de MM. Bodin et Gaillard, leur décerne à chacun une médaille de vermeil.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* J. Lœbnitz.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

***

Une médaille de vermeil est décernée à M. René Toussaint pour son *photocolorimètre* (voir le rapport présenté par M. Ch. Féry, au nom du Comité des Arts économiques, au sujet de cet appareil, dans le *Bulletin* de juillet-août-septembre 1929, p. 521).

***

Rapport présenté par le général G.-A. Ferrié, au nom du Comité des Arts économiques sur les *amplificateurs réalisés par* M. Pierre David *en vue de la radiodiffusion*.

M. Pierre David est ancien élève de l'École polytechnique, docteur ès sciences, ingénieur au Laboratoire national de Radioélectricité. Après avoir collaboré avec le commandant Mesny à l'établissement des premiers postes à ondes très courtes dont on envisage aujourd'hui l'utilisation pour certaines liaisons particulières (établissement de communications radiotéléphoniques entre la France et la Corse par exemple), M. David s'est occupé de la réalisation d'amplificateurs spéciaux pour la radiodiffusion.

M. David s'est surtout attaché à la création d'appareils sans distorsion, c'est-à-dire susceptibles de reproduire fidèlement la parole et la musique. Il a étudié les conditions de détection nécessaires pour arriver à ce résultat ainsi que la réalisation des transformateurs à utiliser dans ces appareils.

Les résultats de ces études ont fait l'objet de publications dans diverses revues techniques; ils servent de guide aujourd'hui à tous les constructeurs.

Amené par la question de sélectivité à étudier les filtres électriques, M. David a publié en 1926, sur ce sujet, à la librairie Gauthier-Villars, un ouvrage qui est actuellement ce que nous possédons de plus complet sur ce sujet.

La Société d'Encouragement décerne à M. Pierre David une médaille de vermeil pour l'ensemble de ses travaux sur la radiodiffusion.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* G.-A. FERRIÉ.

***

Rapport présenté par le général G.-A. Ferrié, au nom du Comité des Arts économiques, sur l'*appareil à mesurer les fréquences en usage dans la radiodiffusion* réalisé par M. Bernard Decaux.

M. Bernard Decaux est ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École supérieure d'Électricité; il est ingénieur au Laboratoire national de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Radioélectricité. Chargé dans cet établissement de la mesure des fréquences, il a réalisé, pour leur détermination en valeur absolue, un appareil qui est sur certains points supérieur aux appareils similaires de l'étranger.

Grâce aux travaux de M. Decaux, le Laboratoire national d'Électricité est en état de mesurer les fréquences avec une précision répondant aux *desiderata* exprimés par les différentes commissions internationales qui se sont occupées de la radiodiffusion et dont la réalisation était considérée par ces commissions comme nécessaire au développement de cette nouvelle branche de l'industrie.

La Société d'Encouragement décerne à M. Bernard Decaux une médaille de vermeil pour son appareil de mesure des fréquences employées en radiodiffusion.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* G.-A. FERRIÉ.

*
* *

Rapport présenté par M. M. MAGNE, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur les travaux de *décoration architecturale* de M. ALBERT BINQUET.

M. Albert BINQUET, né en 1879, fut un des meilleurs élèves de l'École des Beaux-Arts de la Ville de Bordeaux, dont la municipalité le pensionna, pendant trois ans, pour terminer ses études de sculpture à l'École nationale des Arts décoratifs.

Peu d'artistes ont compris, aussi bien que lui, que la sculpture ne saurait avoir de plus haute mission que sa collaboration avec l'architecture.

Les travaux qu'il a exécutés, notamment pour les églises reconstruites dans les régions dévastées, témoignent d'une noble inspiration et d'une grande probité de métier.

Dans plusieurs circonstances, la modicité des crédits l'a incité à utiliser comme matière le ciment moulé, et la nécessité technique du moulage, comme aussi le grain de la matière, l'ont conduit à des formes synthétiques que ne renieraient pas nos anciens tailleurs d'images.

Il a ainsi montré que des besoins et des moyens d'expression actuels ne sont pas incompatibles avec une conception traditionnelle d'un art essentiellement national.

La Société d'Encouragement décerne une médaille de vermeil à M. Albert BINQUET.

*Le Rapporteur*,

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* MARCEL MAGNE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Rapport présenté par M. M. MAGNE, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts, sur les *parquets décoratifs* imaginés par M. E. NOËL.

M. E. NOËL, qui dirigeait une importante maison de carrelages et de mosaïque, avait commencé, avant la guerre de 1914, à utiliser de petites lamelles de bois, coupées en carrés ou en rectangles, assemblées dans un ciment magnésien pour composer des parquets sans joints, offrant un aspect décoratif nouveau.

L'Exposition internationale des Arts décoratifs et industriels modernes lui donna, en 1925, l'occasion de présenter différentes applications de ce procédé; le jury international consacra son succès en lui décernant un grand prix.

Posés directement sur béton de ciment, sans interposition de lambourdes, ces parquets permettent une récupération de hauteur d'étage appréciable, tout en supprimant tout refuge aux poussières, aux insectes et aux rongeurs.

D'autre part, la palette très variée des bois coloniaux utilisés, leur chaude coloration, leur chatoiement à la lumière, ont permis à plusieurs architectes de talent d'en tirer récemment des effets intéressants, non seulement pour des parquets, mais aussi pour des lambris.

La Société d'Encouragement décerne une médaille de vermeil à M. E. Noël.

*Le Rapporteur*,
MARCEL MAGNE.

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.*

*
* *

Une médaille de vermeil est décernée à la SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES PROCÉDÉS DE CIMENTATION FRANÇOIS pour la *mise en application* du procédé François.

(Voir le rapport de M. MESNAGER, à la page 376.)

*
* *

Une médaille de vermeil est décernée :

1° AUX COURS D'ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL DONNÉS AUX ÉLÈVES DANSEUSES ET DANSEURS DU THÉATRE NATIONAL DE L'OPÉRA;

2° à Mme CAILLÉ, directrice de ces cours;

3° à l'ASSOCIATION FÉMININE POUR L'ÉTUDE ET L'ACTION SOCIALES,

pour leur *œuvre d'enseignement général ou professionnel.*

(Voir le rapport de MM. LACOIN et H. SERVONNET, p. 379.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Une médaille de vermeil est décernée à :

M. J.-G. BESSON;

M. R.-E. BALICK;

M. NGUYEN-DUC-THUC,

pour leur *collaboration à la conservation ou au relèvement des arts indigènes en Indochine française.*

(Voir le rapport de M. GEORGES HARDY, p. 389.)

*
* *

**Médailles d'argent.**

Une médaille d'argent est décernée à :

M. ROBERT DANTZER et à

M. ALFRED RENOUARD,

pour leur ouvrage intitulé : *Étude sur l'industrie de l'effilochage des chiffons de laine, coton, lin, etc.*

(Voir le compte rendu de cet ouvrage, donné par M. CH. DE FRÉMINVILLE dans le *Bulletin* de mai 1929, p. 438.)

*
* *

Rapport présenté par M. PAUL DUMANOIS, au nom du Comité des Arts mécaniques sur les *recherches sur le moteur Diesel* de M. PIERRE SOUCHAY.

M. Pierre SOUCHAY est sorti premier de la Section de Mécanique de École supérieure de Construction mécanique et aéronautique. A la suite d'un stage qu'il a effectué aux usines Sulzer à Winterthur, il a fait une étude sur l'injection des combustibles dans les moteurs Diesel, particulièrement bien documentée et renfermant de nombreuses observations intéressantes.

Ce travail révèle chez ce jeune ingénieur des connaissances techniques étendues et un goût profond pour l'étude du moteur à combustion interne, qu'il y a lieu d'encourager.

En conséquence, la Société d'Encouragement lui décerne une médaille d'argent.

*Le Rapporteur,*
PAUL DUMANOIS.

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Une médaille d'argent est décernée à : M. G.-A. REYMONDIN, pour ses *travaux de comptabilité.*

[Voir le compte rendu, par M. ÉDOUARD JULHIET, des ouvrages de M. G. RAYMONDIN intitulés : *La vérité comptable en marche* (*Bulletin* de mai 1929, p. 446) et *Les commissaires aux comptes dans les sociétés anonymes devant l'opinion* (*Bulletin* de mars 1930).]

*
* *

Une médaille d'argent est décernée à :

1° Mme NICOLAS,

2° la SOCIÉTÉ DE PATRONAGE DES APPRENTIS ET OUVRIERS ISRAÉLITES.

pour leur *œuvre d'enseignement général ou professionnel.*

(Voir le rapport de MM. M. LACOIN et H. SERVONNET à la page 379.)

*
* *

Une médaille d'argent est décernée à :

1° Mme M.-F. BALICK;

2° M. L.-A. DELAFOSSE;

3° Mme MADELEINE CARIZEY,

4° M. JOSEPH FONTANA;

5° M. GASTON HUYNH-DINH-TUU,

pour leur collaboration à *l'œuvre de conservation et de relèvement des arts indigènes en Indochine française.*

(Voir le rapport de M. GEORGES HARDY, p. 389.)

*
* *

Une médaille d'argent est décernée à M. PIERRE RENOUX, sorti premier de l'École nationale des Arts et Métiers d'Angers.

*
* *

**Médailles de bronze.**

Une médaille de bronze est décernée à la LIGUE POUR L'INSTRUCTION DES ILLETTRÉS pour son *œuvre d'enseignement.*

(Voir le rapport de MM. M. LACOIN et H. SERVONNET, page 379.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Une médaille de bronze est décernée à M. NGUYEN-HUU-LAM

pour sa *collaboration à l'œuvre de conservation et de relèvement des arts indigènes en Indochine française.*

(Voir le rapport de M. GEORGES HARDY à la page 389.)

*
* *

Une médaille de bronze est décernée à M. H. Ch. POURET, sorti second de l'École nationale des Arts et Métiers d'Angers.

*
* *

**Médailles de bronze décernées aux contremaîtres et aux ouvriers des établissements industriels et des exploitations agricoles.**

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui décerne des récompenses aux chercheurs, aux savants et aux ingénieurs éminents, cherche aussi à distinguer le mérite de ceux qui réalisent matériellement les conceptions des premiers. Elle a conscience de remplir ainsi l'un des principaux devoirs que ses fondateurs lui ont assignés.

Depuis 1846, c'est-à-dire depuis 84 ans, elle distribue chaque année des médailles de bronze aux contremaîtres et aux ouvriers qui se sont signalés par la durée de leurs services, le zèle, le dévouement et l'intelligence qu'ils ont apportés dans l'exercice de leur métier. Elle tient un compte particulier du nombre des enfants des candidats. Élever une grande famille et surtout la bien élever, donner au pays de bons sujets qui deviendront à leur tour d'excellents artisans, n'est-ce pas contribuer encore à la prospérité de l'industrie nationale?

Une allocation de 100 fr est actuellement attachée à chaque médaille.

Le nombre des contremaîtres et ouvriers que nous présentent les chefs d'industrie est toujours élevé. Et il faut s'en réjouir puisque cela montre que notre pays possède beaucoup de ces travailleurs émérites qui constituent l'une de ses richesses sociales les plus précieuses.

Il en résulte une sélection sévère qui rehausse, d'ailleurs, la valeur des récompenses de notre société. Elle se base aussi, le cas échéant, sur les capacités techniques des candidats, mais surtout sur la longue durée de leurs services et leurs situations de famille. Quelques-uns d'entre eux ont su apporter des perfectionnements à l'outillage de leur atelier. Elle en tient compte.

Cette année la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale accorde

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

32 médailles. Elle regrette de ne pas pouvoir récompenser tous ceux qui lui ont été présentés et que recommandait cependant une très longue vie de labeur et de dévouement.

C'est pour elle un honneur de pouvoir proclamer, dans sa séance solennelle, les noms de ces lauréats. Ils comptent parmi les meilleurs serviteurs de l'industrie nationale et par conséquent du pays.

*Le Rapporteur,*

*Approuvé par le Conseil le 8 février 1930.* GEORGES WERY.

**Liste des contremaîtres et ouvriers à qui est décernée la médaille de bronze en 1929.**

COMMISSION DES ARDOISIÈRES D'ANGERS, 170, quai Jemmapes, Paris (10e) :

Edouard PÉPIN, directeur d'atelier.

SOCIÉTÉ FÉLIX POTIN, 103, boulevard Sébastopol, Paris (2e) :

Paul RIPOUTEAU, comptable.

COMPAGNIE FRANÇAISE DE MATÉRIEL DE CHEMIN DE FER, 25, rue de Madrid, Paris (8e) :

Auguste LEGROS, garçon de recettes ;

Alfred RÉMY, garçon de bureau.

ÉTABLISSEMENTS DU DOCTEUR AUZOUX, 9, rue de l'École-de-Médecine, Paris (6e) :

Mme Vve FOUET, ajusteuse ;

Isaï BEAUCOUSIN, chef d'atelier.

MM. COLIN, CROÏET et Cie (plumes métalliques BLANZY, POURE ET Cie), à Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais) :

Mme Lucie DANGER, contremaîtresse ;

Louis LEROY, radoucisseur ;

Charles CHOCHOIS, chauffeur.

SOCIÉTÉ NOBEL FRANÇAISE, 76, boulevard Haussmann, Paris (8e) :

Vincent BOUTET, vitrier ;

Joseph RAMIO, ouvrier ;

Antoine ESCOURROU, ouvrier.

CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE, Service du Matériel et de la Traction, 20, boulevard Diderot, Paris (12e) :

1° Ateliers de Villeneuve-Saint-Georges (Seine-et-Oise) :

Louis PASTEUR, contremaître adjoint ;

2° Ateliers de Vénissieux (Rhône) :

Jean PHILIPPE, contremaître adjoint ;

3° Ateliers d'Oullins (Rhône) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

François MEISTER, contremaître adjoint;
Ernest RIFFARD, contremaître adjoint.

COMPAGNIE DES FORGES ET ACIÉRIES DE LA MARINE ET D'HOMÉCOURT, 12, rue de La Rochefoucauld, Paris (9e) :

1° Usines de Saint-Chamond (Loire) :
Lucien GRUET, tourneur;
Joseph FAUG, chauffeur de fours;
Melchior DUIRAT, contremaître;

2° Usines d'Assailly (Loire) :
Jean CHEVALLIER, chef fondeur.

MM. CH. LORILLEUX et Cie, 16, rue Suger, Paris (6e) :
Gaston DAUBIGNY, ouvrier;
Jules PERRIER, ouvrier;
Adophe FRANÇOIS, ouvrier;
Ismaël FESSART, ouvrier;
Alphonse SEGUIN, ouvrier.

MANUFACTURES DES GLACES ET PRODUITS CHIMIQUES DE SAINT-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY, 1, place des Saussaies, Paris (8e) :

1° Usine de Saint-Fons (Rhône) :
Marius MICHEL, surveillant;

2° Usine de Tonnay-Charente (Charente-Inférieure) :
Eugène THERME, contremaître;

3° Usine de Varangeville (Meurthe-et-Moselle) :
Jean POIROT, contremaître;

4° Usine de Marennes (Charente-Inférieure) :
Gustave GAUTIER, plombier;
Albert DURAND, manœuvre;

5° Usine de Montluçon (Allier) :
Paul PENARD, plombier;

6° Usine de Tours (Indre-et-Loire) :
Edmond LEMAIRE, manœuvre.

---

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## LISTE DES RÉCOMPENSES DÉCERNÉES LE 5 AVRIL 1930 POUR L'ANNÉE 1929.

| *Lauréats.* | *Rapporteurs.* | *Objets.* |
|---|---|---|
| | *Grande médaille annuelle.* | |
| M. Paul Maréchal. | M. Louis Mangin. | Entomologie appliquée. |
| | *Prix Parmentier.* | |
| Mme Lucie Randoin. | M. Eugène Roux. | Physiologie alimentaire, vitamines. |
| M. Jules Alquier. | M. Eugène Roux. | Alimentation de l'homme et du bétail. |
| | *Prix Elphège Baude.* | |
| M. Auguste Perret. | M. Lucien Bechmann. | Architecture. |
| | *Prix Fourcade.* | |
| M. L. Théodore Guillon. | M. Georges Wery. | |
| | *Médailles d'or.* | |
| M. Louis Kahn. | M. Paul Dumanois. | Navigation aérienne. |
| M. P. Lavarde. | M. Jean Fieux. | Locomotive à vapeur. |
| M. Gabriel Voisin. | M. Paul Dumanois. | Construction automobile. |
| M. Victor Kammerer. | M. Ch. Walckenaer. | Appareils à vapeur. |
| M. Charles Roszak. | M. Ch. Walckenaer. | Travaux sur la chaleur. |
| M. Georges Bouillet. | M. M. J. Androuin. | Dispositifs protecteurs. |
| M. Albert Roux. | M. Léon Guillet. | Examen des alliages aux rayons X. |
| M. Michel Samsoen. | M. Henry Le Chatelier. | État vitreux. |
| Capitaine P. Nicolau. | M. Albert Portevin. | Résistance des matériaux. |
| M. André Lauret. | Colonel Paul Renard. | Carburateurs. |
| M. Étienne Foex. | M. Louis Mangin. | Pathologie végétale. |
| M. Isaac Pastac. | M. Louis Mangin. | Colorantsanticryptogamiques. |
| M. G. Guittonneau. | M. P. Viala. | Maladie des pruniers. |
| M. A. François. | M. A. Mesnager. | Cimentation. |
| M. Eric Bagge. | M. Marcel Magne. | Décoration architecturale. |
| Orphelinat des Cuirs et Peaux de France. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| Asile des Jeunes Garçons des Frères de Saint-Jean-de-Dieu. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| Œuvre des Sœurs aveugles de Saint-Paul. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| École Rachel. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| M. G. A. Hierholtz. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. A. L. Silice. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| Protection du Nourrisson. | M. Georges Risler. | Œuvre sociale. |
| École des Surintendantes. | M. Georges Risler. | Œuvre sociale. |
| M. Hyacinthe Dubreuil. | M. E. Gruner. | Enquête aux États-Unis. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Médailles de vermeil.*

| | | |
|---|---|---|
| M. Louis Charles. | M. Paul Dumanois. | Moteur « Puissance ». |
| M. Camille Roure. | M. Ch. de Fréminville. | Machines-outils. |
| M. V. Rodin et P. Gaillard. | M. J. Lœbnitz. | Séchage des argiles. |
| M. René Toussaint. | M. Ch. Féry. | Photocolorimètre. |
| M. Pierre David. | Général Ferrié. | Amplificateurs de radiodiffusion. |
| M. Bernard Decaux. | Général Ferrié. | Fréquences en radiodiffusion. |
| M. Albert Binquet. | M. M. Magne. | Décoration architecturale. |
| M. E. Noël. | M. M. Magne. | Parquets décoratifs. |
| Société francaise des Procédés de Cimentation François. | M. Mesnager. | Cimentation. |
| Cours d'Enseignement général des Élèves des classes de danse de l'Opéra. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement général. |
| Mme Caillé. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Classe de danse de l'Opéra. |
| Association féminine pour l'Étude et l'Action sociales. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Œuvre sociale. |
| M. J.-G. Bresson. | M. G. Hardy. | Art indigène. |
| M. R. E. Balick. | M. G. Hardy. | Art indigène. |
| M. Nguyen-Duc-Thuc. | M. G. Hardy. | Art indigène. |

*Médailles d'argent.*

| | | |
|---|---|---|
| M. Robert Dantzer. | M. Ch. de Fréminville. | Effilochage des chiffons. |
| M. Alfred Renoir. | M. Ch. de Fréminville. | Effilochage des chiffons. |
| M. Pierre Souchay. | M. P. Dumanois. | Moteur Diesel. |
| M. G.-A. Reymondin. | M. Edouard Julhiet. | Comptabilité. |
| Mme Nicolas. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | École foraine. |
| Société de Patronage des Apprentis et Ouvriers israélites. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| Mme M.-F. Balick. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. L.-A. Delafosse. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| Mme Madeleine Carizey. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. Joseph Fontana. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. Gaston Huynh-Dinh-Tuu. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. Pierre Renoux. | | École d'Arts et Métiers |

*Médailles de bronze.*

| | | |
|---|---|---|
| Ligue pour l'Instruction des Illettrés. | MM. M. Lacoin et H. Servonnet. | Enseignement. |
| M. Nguyen-Huu-Lam. | M. Georges Hardy. | Art indigène. |
| M. Ch. Pouret. | | École d'Arts et Métiers. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES CANOTS DE SAUVETAGE MODERNES

par M. F. CHOLLET, *capitaine de frégate de réserve,*
*Inspecteur de la Société centrale de Sauvetage des Naufragés.*

La Société centrale de Sauvetage des Naufragés récompense, chaque année, au commencement de mai, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, les sauveteurs ayant accompli les actes de dévouement les plus méritoires.

Au cours de cette séance, aussi émouvante que réconfortante, plusieurs patrons de canot de sauvetage reçoivent, pour eux et pour leurs armements, des récompenses vaillamment méritées.

L'apothéose de ces braves, aux poitrines constellées de médailles, et auxquels les Parisiens témoignent avec enthousiasme leur admiration, est une occasion d'exposer brièvement dans quelles conditions peuvent intervenir les canots de sauvetage du littoral pour porter secours aux navires en péril. Il est en effet évident que l'héroïsme des sauveteurs serait souvent vain et impuissant s'ils ne disposaient de canots de sauvetage puissants et sûrs afin d'accomplir avec succès leurs difficiles missions. Ce matériel indispensable est mis à leur disposition par une société privée qui, mandatée par les Pouvoirs publics, existe depuis 1865 sous le nom de « Société centrale de Sauvetage des Naufragés »; elle est présidée par le vice-amiral Touchard, ancien ambassadeur; son siège est à Paris, 1 rue de Bourgogne (7e arr.).

Sur presque tous les points du littoral où existe une agglomération de marins, chaque fois que la configuration de la côte permet le lancement d'un canot par mauvais temps, on trouve une maison-abri qui porte à son fronton le nom de la Société centrale de Sauvetage des Naufragés. Sur la porte, une inscription indique quels sont les détenteurs des clefs. Si on s'adresse à l'un d'eux, au patron par exemple, pour se faire ouvrir l'abri, on voit à l'intérieur un canot de sauvetage robuste et bien entretenu, armé du matériel le plus complet. L'ordre parfait qui règne dans cet abri inspire déjà confiance. On constate que tout est prêt pour entrer en action dans le moindre délai. Au signal de détresse, patron et canotiers accourent en toute hâte. Ils revêtent d'abord les cirés qui les garantiront de la pluie et des embruns, puis les gilets de sauvetage qui les maintiendront sur l'eau en cas d'accident. Chacun prend ensuite en silence son poste de manœuvre, et en avant!

Lorsque le canot peut être mis à l'eau à proximité de l'abri et toujours au même point, il est lancé très rapidement au moyen d'un chariot roulant sur une voie ferrée.

Mais, sur la plupart des points de nos côtes, les marées ont de grandes amplitudes. Lorsque la mer est basse, il faut quelquefois parcourir un long chemin sur des grèves sablonneuses ou rocheuses avant d'atteindre l'endroit où le lancement est possible. Souvent même l'endroit favorable pour le lancement varie avec la direction du vent. Le canot doit alors être transporté à l'aide d'un chariot sur lequel il repose par l'intermédiaire d'une glissière qui sert pour le lancement au départ et pour le hissage au retour.

Le canot, une fois lancé, franchit rapidement les brisants de la côte et se porte au point où le naufrage a été signalé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les progrès du matériel et l'adoption des moteurs permettent évidemment d'aller de plus en plus vite et toujours plus loin porter le secours impatiemment attendu par les naufragés qui voient à chaque minute leurs forces s'épuiser. Aussi la Société centrale remplace-t-elle ses canots à rames et à voiles par des canots à moteurs dans toutes les stations où le déplacement et la mise à l'eau de poids aussi lourds est reconnue possible.

Il nous paraît intéressant de donner quelques renseignents sur la plus récente de ces unités. Elle porte le nom glorieux de *Maréchal-Foch*. Construit par les Ateliers et Chantiers Augustin Normand, au Havre, ce canot de sauvetage va entrer en service incessamment dans l'importante station de Calais.

Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Longueur | 13 m |
| Largeur | 3,45 — |
| Creux au milieu | 1,37 — |
| Tirant d'eau arrière | 0,92 — |
| Déplacement en ordre de marche avec son équipage (7 hommes) | 12,5 tonneaux. |
| Moteurs : 2 moteurs marins Abeille type T. VI 30/35 ch à 4 cylindres 112×150 mm, tournant en régime normal à 950 tours par minute. | |
| Vitesse de route | 8,5 nœuds |
| Approvisionnement d'essence | 550 litres |
| soit 18 heures de marche environ. | |

Le *Maréchal-Foch* (fig. 1) est le vingt-huitième canot de sauvetage à moteur qui entre dans la flotte de la Société centrale de Sauvetage des Naufragés; c'est le quinzième canot à deux moteurs construit depuis 1923.

Aussi réalise-t-il tous les progrès consacrés par l'expérience des 6 dernières années.

Nous résumons ci-après les résultats de cette expérience.

*Maintien de la construction en bois à double bordé croisé.* — La construction des coques en bois d'acajou à deux rangs de bordages, rivés ensemble, se croisant en diagonale, avec interposition d'une toile cérusée imperméable, réalise une étanchéité et une élasticité qui ont valu à ce procédé une réputation universelle. Une grande élasticité est particulièrement importante pour des canots appelés à opérer par gros temps le long de navires sur lesquels brise la mer.

D'autre part, une coque en bois est moins exposée au déchirement sur les récifs qu'une coque en tôle, menacée en outre de dérivetage en cas d'échouement.

Des canots en bois bien construits avec des bois choisis et très secs, se conservent très longtemps et présentent plus de sécurité que des canots en tôle; ces derniers, bien peints, peuvent avoir une apparence saine, alors qu'ils sont peut-être rongés par la rouille à l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur.

*Insubmersibilité.* — Elle est assurée par l'étanchéité des compartiments intérieurs et par l'évacuation très rapide, par des soupapes automatiques, de l'eau qui peut embarquer sur le pont. Ces soupapes doivent avoir un grand débit.

La chambre arrière du canot *Maréchal-Foch* remplie d'eau jusqu'au plat bord se vide en 15 secondes. On a ainsi l'assurance que le canot se vide dans l'intervalle entre deux grosses lames.

La flottabilité est assurée non seulement par les caisses à air dont il sera parlé plus loin, mais aussi par la rigoureuse étanchéité des cloisons intérieures longitu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# CANOT DE SAUVETAGE A DEUX MOTEURS

**Plans et coupes montrant les principes de la construction.**

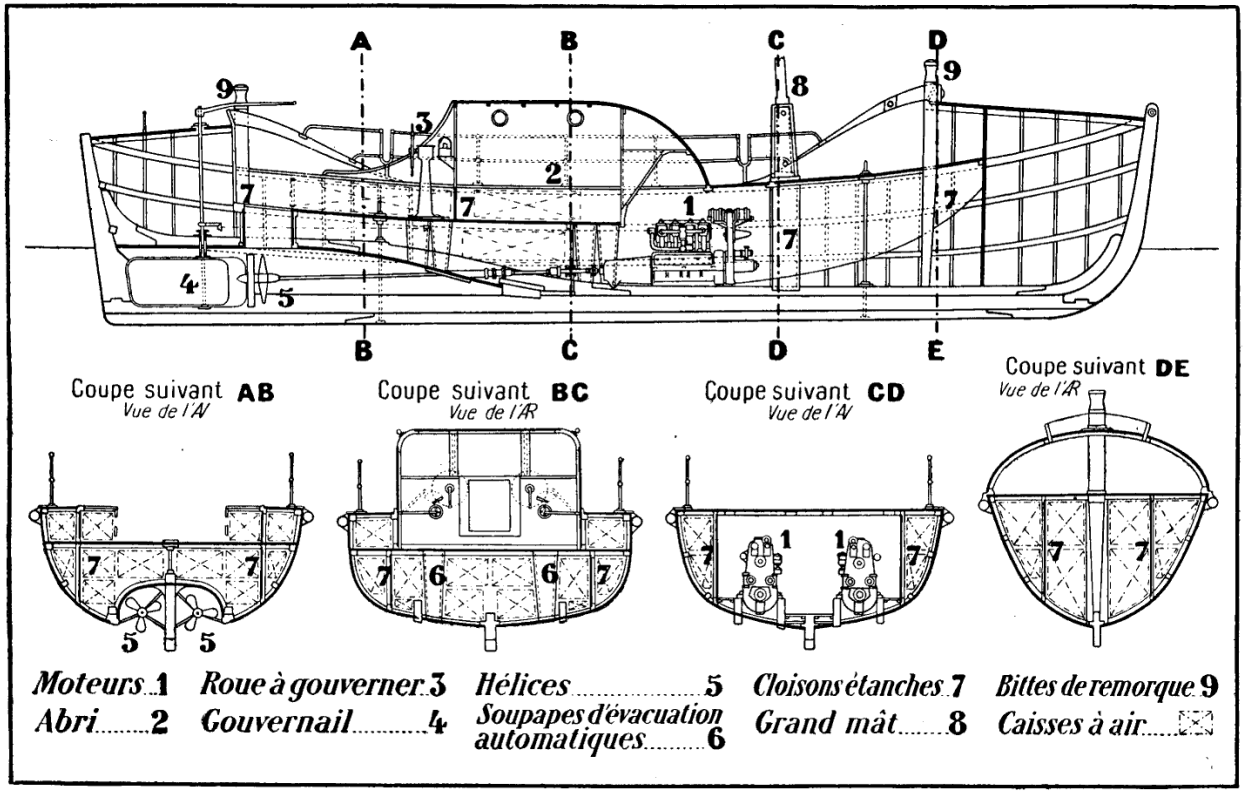



Fig. 1. — Plans du canot de sauvetage à deux moteurs *Maréchal-Foch*.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dinales et transversales, toutes en double bordé croisé et éprouvées au cours de la construction sous la surveillance de la Marine.

*Grande stabilité de forme.* — Elle est obtenue par un élargissement du maître couple et les fonds presque plats.

*Stabilité de poids.* — Elle est assurée par une lourde quille en fer.

*Conservation de l'insubmersibilité et de la stabilité en cas de voie d'eau.* — Elle est assurée grâce au remplissage de tous les espaces vides intérieurs des caisses étanches.

En cas d'avarie, les rentrées d'eau sont ainsi limitées au volume d'une ou au maximum deux caisses.

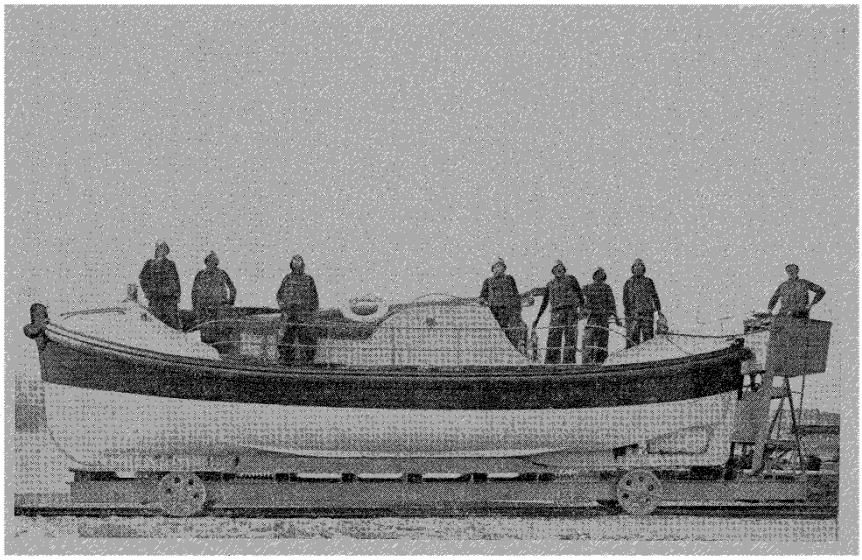


Fig. 2. — Station de sauvetage de Camaret: Le canot de sauvetage *Taï*, placé sur son chariot, descend la cale de lancement.

Dans un canot comme le *Maréchal-Foch*, le volume rempli par des caisses étanches mesure environ 8 m³ et le nombre des caisses dépasse 200.

On a renoncé aux caisses en bois dont la conservation est trop incertaine et, malgré le prix élevé du cuivre, on n'a pas hésité à employer des feuilles de cuivre pur assez épaisses, roulées, agrafées et soudées. Ces caisses sont en outre protégées par un enduit d'hydrocarbure.

Dans un canot de sauvetage, les caisses à air sont une condition de sécurité primordiale. On doit pouvoir compter d'une manière absolue sur leur parfaite conservation afin de ne pas se trouver en cas d'avarie de coque en face de garanties tout à fait illusoires.

*Nécessité de protéger les hélices et le gouvernail en les plaçant sous voûte-* — Depuis la construction des premiers canots à moteurs, il a été reconnu, en France comme en Angleterre, que les hélices devaient être placées assez à l'avant pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'émerger qu'exceptionnellement dans les coups de tangage et de roulis, et être protégées sur les côtés de façon à ne jamais pouvoir toucher dans un échouage ou risquer d'être engagées par des débris d'épaves. Ces conditions sont réalisées par les voûtes qui ont été prolongées sur l'avant pour faciliter l'arrivée d'eau aux hélices.

Le gouvernail est de même complètement protégé tant au lancement que pendant les manœuvres d'accostage : un safran compensé est intercalé dans le plan mince à l'arrière de la double voûte. L'expérience a montré que cette modification ne nuit en rien aux qualités giratoires de l'embarcation. Le gouvernail est commandé à

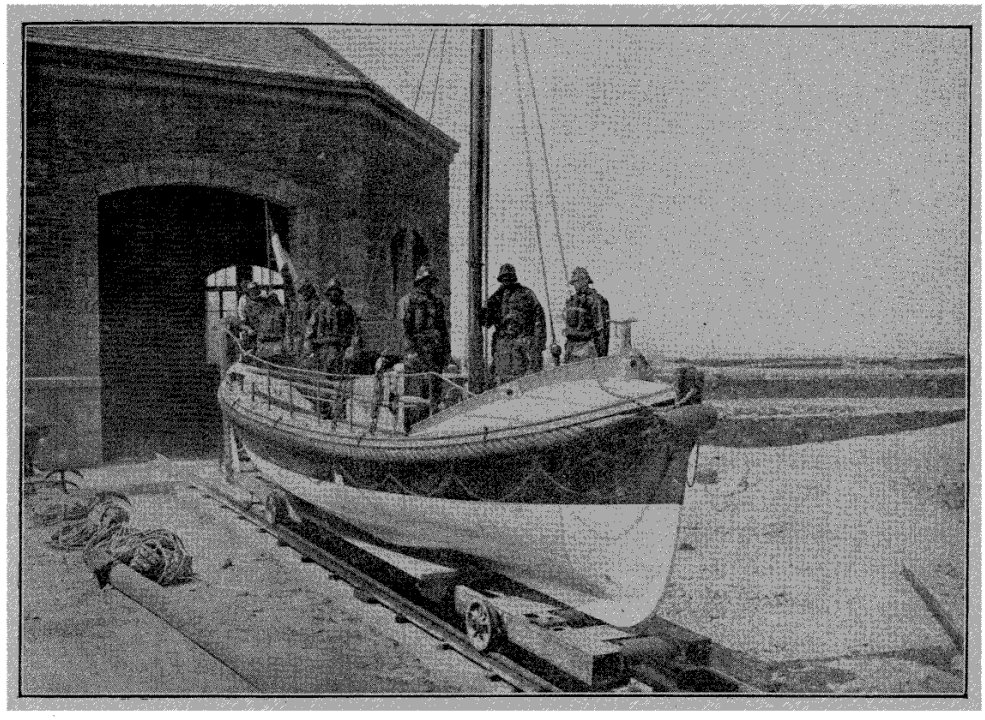


Fig. 3. — Station de Goury-La Hague: Canot de sauvetage à deux moteurs.

distance par une roue à gouverner placée au milieu de la chambre arrière. En cas d'avarie de la transmission, on peut débrayer et gouverner au moyen d'une barre franche agissant directement sur la mèche du gouvernail.

Des panneaux ménagés sur le pont arrière, et qui peuvent être ouverts à flot très rapidement, permettent de dégager une épave ou un filin pris dans les hélices ou dans la cage du gouvernail.

*Adoption de deux moteurs entièrement indépendants actionnant chacun une hélice.* — Malgré le choix de moteurs particulièrement adaptés au service à la mer, malgré toutes les précautions d'entretien, il semble impossible d'avoir toute garantie de bon fonctionnement avec un seul moteur. Avec deux moteurs, n'ayant aucun organe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commun, s'alimentant dans des caisses à essence distinctes, les risques de pannes simultanées deviennent évidemment tout à fait minimes.

Le *Maréchal-Foch* qui file 8,5 nœuds avec ses deux moteurs, donne encore plus de 6 nœuds avec un seul moteur.

En outre, une forte voilure est conservée comme mode de propulsion auxiliaire.

*Protection contre l'incendie.* — L'importance de la mise en marche très rapide a fait conserver jusqu'ici les moteurs à essence, mais des précautions toutes spéciales ont été prises pour pallier aux risques d'incendie.

A cet effet, un tuyautage fixe, muni de pommes d'arrosoir, permet, sans avoir à ouvrir le compartiment du moteur, de déverser instantanément dans ce comparti-

Fig. 4. — Station de sauvetage de Camaret: Le canot de sauvetage à deux moteurs *Taï*.

ment un liquide extincteur contenu dans des réservoirs en cuivre placés à l'extérieur.

En dehors de ces appareils fixes, un tuyautage mobile permet en outre l'extinction dans les cas peu probables où l'incendie éclaterait en dehors du compartiment des moteurs.

*Simplification de tous les organes des moteurs.* — Un canot de sauvetage placé souvent dans des stations très isolées, confié parfois à des mécaniciens peu expérimentés, trouvera la meilleure garantie d'un fonctionnement sûr dans la simplicité de ses installations mécaniques.

C'est dans ce but que tous les organes non essentiels d'un entretien difficile ont été supprimés; il n'y a pas d'accumulateurs : les dynamos d'éclairage sont entraînées directement par les moteurs; on a supprimé les exhausteurs en plaçant les réservoirs à une hauteur telle que l'essence soit en charge; on ajoute seulement une caisse qui sert de nourrice lorsque les coups de tangage sont susceptibles de mettre obstacle pendant de courts instants à l'alimentation directe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Mesures prises pour éviter que les prises d'eau de circulation des moteurs soient obstruées par le sable ou la vase en cas d'échouage.* — Dans les derniers canots, l'aspiration, au lieu de se faire directement à la mer, se fait dans une caisse dont le niveau est un peu au-dessous de la flottaison et qui sert en même temps de caisse de décantation lorsque les eaux sont vaseuses ou sablonneuses. Cette caisse se remplit d'elle-même par une prise d'eau ménagée dans l'un des puits de soupape.

Cette prise d'eau peut être nettoyée à flot au hissage du canot; en fermant un robinet, on conserve l'eau dans la caisse pour les mises en marche dans l'abri.

*Des points fixes très solides* permettent les manœuvres de remorquage : les bittes avant et arrière sont en effet très solidement reliées à la charpente.

*Protection contre la mer et les intempéries.* — Un canot aussi puissant que le *Maréchal-Foch* peut rester de longues heures à la mer par les plus mauvais temps. Aussi a-t-il été reconnu nécessaire d'installer un abri fixe qui protège à la fois les naufragés recueillis et les mécaniciens chargés de la surveillance des moteurs. Tous les organes de manœuvre : mise en marche des moteurs, réglage des gaz, changements de marche, manœuvre des robinets de circulation d'eau et de vidange des cales sont réunis dans cet abri.

Le panneau d'entrée de la chambre des moteurs est ainsi bien protégé et la surveillance en marche est rendue plus aisée. Le mécanicien peut tâter les cylindres et changer les bougies, en allongeant le bras par le panneau, sans descendre dans le compartiment des moteurs et sans que ceux-ci soient exposés à recevoir des embruns.

Le *Maréchal-Foch* semble donc, dans l'état actuel des connaissances techniques, concilier, dans la meilleure mesure réalisable, les conditions de puissance, d'efficacité et de sécurité.

Ce canot, conservé dans une maison-abri édifiée sur un terre-plain du port de Calais, sera porté par des bossoirs montés sur un chariot mobile qui se déplacera latéralement sur une voie ferrée et sera mû par un moteur électrique. La mise à l'eau s'effectuera en quelques minutes.

Ainsi la station de Calais, dont les vaillants canotiers ont déjà donné tant de preuves de dévouement et d'habileté, disposera d'un matériel avec lequel elle continuera certainement l'admirable série des sauvetages dont elle est légitimement fière.

Un autre canot, semblable au *Maréchal-Foch*, est en construction aux Chantiers Normand et entrera en service avant l'hiver à l'Ile de Sein.

Depuis la fondation de la Société centrale de Sauvetage des Naufragés jusqu'à ce jour, 1.898 navires ont été secourus, 28.135 vies humaines ont été sauvées.

Cette impressionnante statistique ne peut qu'accélérer sa progression si, grâce à la générosité privée, des canots de sauvetage modernes de plus en plus nombreux et de plus en plus puissants permettent aux sauveteurs de se dévouer avec une efficacité sans cesse croissante et une abnégation sans limite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## LES TRAVAUX RÉCENTS DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES [1].

Ces travaux ont fait l'objet d'un ouvrage important [1], qui est consacré, comme les précédents, à la haute métrologie, et qui ne leur cède en rien comme intérêt.

Débarrassé maintenant des recherches sur les aciers au nickel, qu'il a résumées dans le tome XVII des Travaux et Mémoires, M. Ch.-Ed. GUILLAUME a pu reprendre la publication d'anciens travaux. Le volume débute, en effet, par un mémoire intitulé *Nouvelles études thermométriques.*

Les recherches qu'il résume ont été faites de 1889 à 1895, mais, chose singulière, n'ont pas été, jusqu'ici, reprises par d'autres observateurs. La raison en est multiple : on s'est beaucoup désintéressé du thermomètre à mercure parce que, d'abord, on pensait que le Bureau international étudiait à fond cet instrument, puis aussi parce qu'on avait mis au point d'autres procédés (résistances électriques, couples), permettant de déterminer avec précision les températures. Par-dessus tout, pour obtenir d'un thermomètre à mercure tout ce qu'il peut donner, il est nécessaire d'abord qu'il soit très bien construit et ensuite, qu'on consacre beaucoup de temps à son étude. Dans ces derniers temps, on ne trouvait plus de verriers pour fabriquer le verre dur, qu'on pensait nécessaire à la confection de thermomètres quasi-invariables; et les tiges en verre d'Iéna étaient livrées récemment par la Maison Schott avec de nombreux défauts, qui les rendaient impropres à la fabrication d'instruments de précision. Finalement, M. Guillaume a obtenu, de la Maison Rhône-Poulenc, qu'elle entreprît la fabrication de thermomètres dont le réservoir est en verre d'Iéna et la tige en verre vert français. Ces deux verres ont, à très peu près, la même dilatation, et se soudent bien ensemble. On verra donc de nouveau se généraliser l'emploi du thermomètre à mercure.

Les *Nouvelles études thermométriques* débutent par un chapitre intitulé *Étude de l'erreur capillaire des thermomètres.* M. Guillaume nous montre comment cette erreur capillaire intervient, et d'autant plus que le degré est plus long, c'est-à-dire les lectures relativement plus précises. Il décrit, pour la déterminer, deux méthodes, l'une à température variable, l'autre à pression variable.

Dans la détermination du coefficient de pression, le thermomètre est soumis, dans un tube de verre, alternativement à la pression atmosphérique et à une pression voisine de zéro. On lit les indications du thermomètre dans ces deux conditions, c'est-à-dire qu'on en déduit le coefficient de pression en réunissant en général le point ayant les coordonnées ainsi définies, à l'origine des coordonnées. L'inclinaison de la droite tracée suivant ce précepte donne la valeur du coefficient de pression. Mais, si l'on opère à température à peu près constante, et si l'on diminue graduellement la différence de pression, on voit les points obtenus se ranger suivant une droite qui ne passe pas par l'origine. C'est l'inclinaison de cette droite qui représente le coefficient de pression. L'erreur capillaire se déduit immédiatement de la

(1) *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*, publiés sous les auspices du COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES, par le DIRECTEUR DU BUREAU, tome XVIII, Paris, Gauthier-Villars.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comparaison des deux droites, l'une théorique, l'autre donnée par l'observation. Il faut en tenir compte, ou bien l'éliminer en opérant toujours dans la même direction de marche du ménisque.

Le deuxième chapitre se rapporte au *thermomètre hypsométrique*, que M. Guillaume a étudié à partir de 1887. Appliquant la notion de l'erreur capillaire, il détermine la valeur du degré dans le thermomètre hypsométrique, qui possède seulement une échelle utile de 92° à 102°, et une échelle correspondante au voisinage de 0°. Ayant fait, jusqu'en l'année 1926, une centaine de mesures au moyen de ces deux thermomètres, M. Guillaume les réduit par les tables de Regnault, et trouve que celles-ci ont besoin d'une petite correction, qui atteint le centième de degré pour l'intervalle 740°-780°. Les tables déterminées expérimentalement par CHAPPUIS sont beaucoup plus près de la réalité.

Le troisième chapitre traite de la *comparaison des thermomètres en cristal anglais et en verre d'Iéna 16*$^{III}$ *avec les thermomètres en verre dur*. Les premiers diffèrent d'environ 4 millièmes de degré des thermomètres en verre dur, tandis que les thermomètres en cristal anglais s'en écartent beaucoup, et se rapprochent plutôt du thermomètre à hydrogène.

Enfin, l'auteur traite des changements qu'éprouvent les thermomètres par l'action du temps et sous l'effet de l'étuvage. Il détermine les mouvements de l'échelle des thermomètres en verre d'Iéna, qui ont déjà été mesurés autrefois par Böttcher, et trouve, d'accord avec ce dernier, que le verre d'Iéna est moins variable que le verre dur dans la proportion de 7 à 10.

Quant au cristal anglais, la détermination de la position du zéro est très difficile aux températures ordinaires, à cause de l'extrême lenteur de ses variations; mais en extrapolant la courbe obtenue entre 40° et 100°, on trouve environ 0,16 degré pour le déplacement du zéro entre 0° et 100°.

L'intervalle fondamental ne varie pas sensiblement lorsque le thermomètre n'est pas chauffé au-dessus de 100°; il en est de même du calibrage, même lorsque la tige comprend une ou deux ampoules.

En revanche, lorsque les thermomètres en verre dur sont chauffés jusqu'à 200°, ils éprouvent des variations réelles, et, de même, lorsque, à partir de 200°, les thermomètres sont refroidis lentement ou rapidement; mais ici cette variation, pour l'intervalle fondamental, n'est que de 0,006 degré. Il a fallu, pour la déterminer avec quelque précision, 200 observations faisant intervenir dix thermomètres différents.

Au mémoire précédent, est annexée une note de M. Ch. VOLET : *Température d'ébullition de l'eau d'après les expériences de P. Chappuis*. L'auteur reprend les observations de Chappuis, et les calcule à nouveau; puis il compare les nombres trouvés à ceux de Regnault, Wiebe, Holborn et Henning, Bonhoure et Zmaczynski (1929). Il conclut que, pour déterminer la pression atmosphérique par l'ébullition de l'eau jusqu'à 1.900 m au-dessus du niveau de la mer, les écarts entre les diverses mesures donneraient encore une incertitude de 1/100 de degré.

Le troisième mémoire est dû à M. A. PÉRARD, et porte pour titre : *Applications pratiques des interférences lumineuses à l'étude des calibres industriels et aux longueurs à bouts*.

La méthode est connue dans ses traits généraux, mais, en métrologie, c'est le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

détail qu'il est important d'examiner à fond, et, à ce point de vue, le mémoire de M. Pérard contient toutes les indications que l'on puisse désirer.

Un plan d'acier, extrêmement parfait, est destiné à recevoir des étalons Johansson, en utilisant pour cela l'adhérence des surfaces. Au-dessus du plan, à une distance qui excède un peu la longueur de l'étalon, on situe une surface de verre très parfaite et l'on observe les franges produites entre cette surface et l'étalon d'une part, et la surface de l'acier, de l'autre. Un instrument construit par la Maison Jobin et Yvon, sur les indications de M. Pérard, sert à appliquer la méthode.

Le plan d'acier est porté par trois pointes arrondies, et peut être déplacé dans le sens horizontal et dans le sens vertical au moyen d'une vis dont la tête se trouve à la partie inférieure de l'instrument. Des fenêtres, qu'on peut fermer par des pièces de nickel, permettent les manipulations. A la partie supérieure, se trouve le plan de verre, que l'on peut placer parallèlement au plan d'acier, au moyen de deux vis verticales. Le faisceau lumineux est reçu horizontalement, et renvoyé verticalement par un miroir à 45°. Les plans d'acier peuvent avoir de 45 mm à 75 mm; ils sont soigneusement étudiés au point de vue de la perfection des surfaces. Le plan de verre porte un grand nombre de points disposés en croix, et dont les distances correspondent aux dimensions des calibres à étudier. D'intéressantes photographies font voir la forme de la surface supérieure de divers calibres, isolés sur le plan d'acier ou appliqués sur lui trois par trois, en vue de la détermination du calibre moyen.

La recherche du nombre entier de franges d'interférence est faite au moyen de 14 sources lumineuses différentes, empruntées aux spectres du cadmium, du néon, du krypton et du mercure. La détermination du nombre cherché est faite sans aucun doute possible.

L'auteur se sert aussi d'une petite couronne en platine iridié, portant trois renflements, et servant de trépied à des corps qui ne sont pas assez durs pour supporter, sans rayures, l'application, l'un contre l'autre, de deux plans. Enfin, M. Pérard termine par des déterminations d'étalons à bouts sphériques, dont une extrémité repose sur le plan d'acier, et dont l'autre est surmontée d'une petite plaque à faces parallèles, calée sur deux vis.

La caractéristique des mémoires qui viennent d'être brièvement résumés est le soin extrême apporté à tout le travail.

Le volume contient les *Comptes rendus des séances de la Sixième Conférence générale des Poids et Mesures*, réunie en 1921, et de la *Septième*, convoquée pour 1927. Les délibérations de ces conférences, particulièrement laborieuses, sont exposées avec beaucoup de détails.

La première, ouverte par M. L. Dior, ministre du Commerce et de l'Industrie, fut présidée par M. Émile Picard. M. R. Gautier remplissait les fonctions intérimaires de président du Comité international, celui-ci n'étant pas encore définitivement désigné. Les discours prononcés pendant la séance d'ouverture par M. Dior, M. Gautier et M. Picard, énumèrent, à trois points de vue différents, les questions principales qui seront traitées au sein de la Conférence.

Dans la première séance effective, M. Gautier y revient avec plus de détails, mentionne d'abord la détermination de quelques étalons de masse, et donne déjà un résumé du travail, alors commencé, de la vérification des prototypes de longueur, dont 11 avaient été comparés avant 1921. Mais, déjà à cette époque, on envisageait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une détermination nouvelle de la dilatabilité des étalons, qui pouvait alors bénéficier des 30 ans de progrès réalisés dans la métrologie.

Une première question se posait : celle de la dotation du Bureau, qui était restée à 100.000 fr, depuis 1902, de telle sorte que, depuis quelques années, la dotation continuant à être exprimée en francs français, le Bureau vivait sur les ressources économisées pendant les années d'avant-guerre. Finalement, la dotation fut fixée à 250.000 fr, mais susceptible d'être portée, par un vote unanime du Comité international, à 300.000 fr. Le vote fut assez laborieux, comme le compte rendu en garde la trace. Le Bureau connut d'ailleurs, jusqu'à la Conférence de 1927, des années dures, parce que le franc-papier se déprécia graduellement; mais quelques États lui vinrent alors en aide, en attendant que la dotation fût évaluée en francs-or, ainsi que le fit la dernière Conférence.

Après une série de votes relatifs à la Convention du Mètre, charte de fondation du Bureau international, et qui présentent surtout un intérêt intérieur, un article fait entrevoir déjà l'extension des fonctions du Bureau aux unités du domaine de l'électricité.

M. PÉRARD expose ensuite la méthode qui doit conduire à la détermination des étalons en quartz, et M. GUILLAUME, les récents progrès du système métrique, résumés par lui dans 44 pages annexées aux comptes rendus. Ceux-ci se terminent par la nouvelle Convention, telle qu'elle a été révisée par la conférence.

Dans les *récents progrès du système métrique*, M. GUILLAUME rend compte des résultats obtenus sur les 2 témoins du Mètre international et les deux étalons d'usage du Bureau, puis sur les 11 étalons auxquels faisait allusion M. R. Gautier, dans la première séance de la Conférence ; les modifications aux appareils et au mode d'opérer conféraient une précision supérieure à celle des déterminations fondamentales de 1889. Puis, après un chapitre consacré aux étalons industriels, l'auteur expose les faits mis au jour sur les métaux et alliages employés à la confection des étalons. D'abord, les aciers trempants. Les aciers contenant environ 13 p. 100 de chrome et 2,5 p. 100 de carbone possèdent de précieuses qualités, qui peuvent être brièvement énumérées comme suit : prenant la trempe avec un refroidissement plus lent que pour les aciers ordinaires, ils montrent des propriétés beaucoup plus uniformes dans toute leur masse. A tel point que des cylindres de 10 cm de diamètre, trempés et cassés loin de leurs extrémités, révèlent la même dureté Brinell depuis la périphérie jusqu'au centre; en outre, les aciers possèdent à peu près la même dilatabilité aux états recuit et trempé, et passent de l'un à l'autre sans variation sensible de leur longueur.

Enfin, M. Guillaume signale les propriétés de l'invar stable et de l'*élinvar*, alliage qui, depuis lors, a trouvé de nombreuses applications pour la fabrication des spiraux de montres, des diapasons invariables à la température, etc.

La deuxième partie des Récents Progrès concerne les *législations*. M. Guillaume montre l'évolution qu'a accomplie le Système métrique au Venezuela, au Canada en Russie, où un décret du 14 septembre 1918 prescrivait l'emploi obligatoire du Système métrique. En raison des difficultés qu'éprouva dès ce moment la Russie, l'obligation ne devint effective qu'en 1927.

En Pologne, le Système métrique est obligatoire, sauf l'emploi transitoire du *fount* et du *poud* dans les provinces russes devenues polonaises.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En France, la principale réforme réside dans l'*application de la loi sur les unités de mesure*, promulguée le 2 avril 1919, et du décret du 20 juillet 1919. Cette loi et ce décret ont donné naissance au sthène et à la pièze, dont l'emploi tend à se généraliser. Ainsi, le système des poids et mesures a pris la logique du système C. G. S., mais à une échelle plus pratique pour les applications ordinaires.

En Grèce, la loi du 26 septembre-10-octobre 1836 prescrivait : « le système des poids et mesures du Royaume doit être, à l'avenir, le Système métrique ». Ainsi, les valeurs des unités étaient déduites du Mètre, mais portaient des noms locaux. Depuis lors, la loi du 31 août-13 septembre 1920 a prescrit l'emploi intégral de la nomenclature métrique.

La République d'Haïti a adopté le Système métrique à partir du 1er octobre 1920.

Au Japon, le 25 mars 1921 a été votée la loi introduisant le Système métrique obligatoire.

Enfin, en Roumanie, la loi métrique a été étendue dans tout le Royaume à partir du 1er avril 1922.

Une loi avait été présentée à la Chambre des Représentants des États-Unis, le 20 décembre 1920, sous le nom de Bill Britten. On pouvait espérer que le Système métrique deviendrait obligatoire en 1930, mais la réforme subit encore quelques retards.

La *Septième Conférence* s'est ouverte le 27 septembre 1927, sous la présidence de M. G. Bigourdan. M. Aristide Briand étant retenu à Genève par les devoirs de sa charge, a confié à M. de Beaumarchais, actuellement ambassadeur de France à Rome, la mission de le remplacer. Dans son discours d'ouverture, M. de Beaumarchais a passé rapidement en revue l'œuvre du Bureau, et conclu qu'il a accompli des prodiges.

M. Vito Volterra, président du Comité international, a répondu en pénétrant de plus près dans l'œuvre du Bureau. Il cite les travaux de Pierre Chappuis sur la thermométrie, de M. Guillaume sur les alliages de fer et de nickel, puis les travaux de MM. Michelson et Benoît, suivis par ceux de MM. Benoît, Fabry et Perot, sur les longueurs d'onde lumineuses fondamentales. Il rappelle l'article de la Convention qui tend à attribuer au Bureau l'étude des étalons électriques. Il fait enfin allusion à la situation financière, qui appelle une prompte solution.

M. Bigourdan, enfin, trace le programme de la présente Conférence.

Dans la première séance de travail, M. Volterra présente un rapport sur les travaux accomplis dans les 6 années écoulées.

Il mentionne la publication du tome XVII des Travaux et Mémoires, et de l'ouvrage jubilaire *La création du Bureau international des Poids et Mesures et son œuvre*. Puis il passe en revue les instruments nouveaux, savoir essentiellement l'installation moderne pour la mesure des bases, le comparateur à dilatation, qui a remplacé l'instrument servant à cet objet et qui était complètement usé par 40 années de travail intense. Il rend compte sommairement des travaux relatifs à la dilatation des mètres prototypes, au rapport du Yard au Mètre, aux étalons de quartz, etc.

Dans la même séance, M. Guillaume expose avec détail les travaux relatifs aux mètres prototypes, et énonce en particulier ce résultat important, qui avait été trouvé quelques années auparavant, que tous les mètres prototypes provenant de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même coulée de platine iridié possèdent une dilatation identique dans les limites des erreurs d'observation alors possibles.

A cette époque, 19 prototypes nationaux avaient été comparés aux étalons d'usage du Bureau, déterminés eux-mêmes par rapport au Mètre international. De l'ensemble des mesures, il résulte que 7 étalons ont varié de moins de 0,1 μ; les autres ont modifié leurs équations de quantités variables toujours très petites.

Dans la troisième séance, M. PÉRARD expose le principe des *courbes de correction des longueurs d'onde lumineuses*, lesquelles ont une allure périodique, tenant à la perturbation apportée par les satellites. Il donne aussi les résultats des *mesures relatives aux étalons en quartz*.

La Conférence s'occupe de la définition du Mètre international, de celle de la valeur numérique des longueurs d'onde lumineuses, etc.

Dans la séance suivante, la Conférence prend connaissance de l'*état actuel de la thermométrie*, exposé par M. KEESOM, du Laboratoire cryogène de Leyde, dans un mémoire actuellement en épreuves. Une annexe, émanant des trois grands laboratoires : Physikalisch-technische Reichsanstalt, Bureau of Standards, National Physical Laboratory, précise l'échelle internationale des températures, et donne les points de repère actuels.

Un Comité consultatif d'Électricité est constitué, pour renseigner le Comité international sur l'organisation de la section électrique.

Enfin, la dotation du Bureau est fixée en francs-or, ce qui a mis définitivement fin à sa situation précaire.

Dans la cinquième séance, M. GUILLAUME rend compte des progrès du Système métrique aux États-Unis, au Maroc, au Siam, en Perse, dans l'Afghanistan et au Japon. M. DOBROKHOTOV renseigne en détail sur le grand travail qui est en train de s'accomplir dans l'U. R. S. S.

Les Comptes rendus sont suivis de 13 annexes ayant trait à diverses questions de métrologie ou d'administration.

Le Bureau international des Poids et Mesures a été fondé en 1875, date de la signature de la Convention internationale du Mètre; son cinquantenaire arrivait donc en 1925. Mais la Conférence devant se réunir en 1927, on en a profité pour procéder à la célébration du Jubilé.

L'Institut de France joue, dans les attributions du Bureau international, un rôle de premier plan. C'est à ses efforts surtout que l'on doit sa création. La présidence de la Conférence est dévolue, ne l'oublions pas, au président en exercice de l'Académie des Sciences.

C'est donc tout naturellement sous ses auspices que s'est déroulée, dans la salle des séances de l'Académie, la cérémonie du cinquantenaire.

Sous la présidence de M. Maurice BOKANOWSKI, M. Émile PICARD a exposé, dans un très beau discours, les grands traits de l'histoire de la métrologie et du Système métrique, et indiqué comment les mesures précises sont, dans les découvertes scientifiques, un facteur de premier ordre. M. Ch.-Ed. GUILLAUME a retracé l'histoire anecdotique du Bureau international, et montré que seule l'intensité d'un travail continu pouvait conduire aux magnifiques résultats atteints par cet établissement. Enfin, M. Bokanowski, dans un discours plein d'une haute pensée, a félicité et remercié la Conférence et le Bureau d'un effort qui fait « le plus grand honneur à l'humanité ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 12 AVRIL 1930.

Présidence de M. DE ROUSIERS, *vice-président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. HUGUES (Raymond), (✻), Ingénieur C. A. M., ingénieur-chef du Service technique-Exportation aux Usines Citroën, 4, avenue Rapp, Paris (7e), présenté par M. Sauvage;

M. GUITTONNEAU (Gustave), (✻), Ingénieur agronome, directeur de la Station centrale de Microbiologie, 16, rue Claude-Bernard, Paris (5e), présenté par MM. Viala et Kayser.

M. DE ROUSIERS, *vice-président.* — J'ai le très vif regret de vous annoncer la mort de notre collègue du Conseil, M. JOSEPH HITIER, qui faisait partie du Comité d'Agriculture depuis 1917. M. Joseph Hitier était le frère de notre collègue M. Henri Hitier qui, l'année dernière encore et depuis près d'un quart de siècle, remplissait les fonctions délicates de secrétaire général de notre Société. M. Joseph Hitier s'était spécialisé dans les questions de droit et d'économie politique et sociale qui se rattachent à l'agriculture; il a été fréquemment le conseiller précieux, en collaboration ou non avec son frère à qui l'unissait une très vive affection, de plusieurs gouvernements européens appelés à résoudre des problèmes agraires très difficiles; ce fut le cas notamment pour la Roumanie, qui, au lendemain de la guerre, dut procéder à une sorte d'expropriation des grands domaines fonciers en faveur des petits paysans. C'est dire en quelle estime était tenu notre regretté collègue.

M. Joseph Hitier était professeur à la Faculté de Droit, à l'Institut national agronomique; il était membre de l'Académie d'Agriculture, professeur à l'École des Sciences politiques et conférencier à l'École supérieure de Guerre. Il était chevalier de la Légion d'Honneur et titulaire de la croix de guerre.

Il a succombé à une longue et douloureuse maladie; il laisse en deuil une femme et cinq enfants dont l'aîné n'a que 14 ans.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous adressons à M. Henri Hitier et à la famille de notre regretté collègue l'expression de notre sympathie émue.

M. DE ROUSIERS, *vice-président.* — Dans sa dernière séance, notre Comité des Arts économiques a procédé à l'élection de son président en remplacement du général Sebert décédé. J'ai l'honneur de vous informer que c'est le colonel PAUL RENARD qui a été élu. Le colonel Paul Renard est un des membres les plus anciens de notre Conseil. Il y est entré en 1909. Il nous a donné à maintes reprises les plus grandes preuves de dévouement à notre société. Au nom de tous nos collègues, je lui adresse mes très vives félicitations.

M. DE ROUSIERS, *vice-président.* — Vous savez que les dépenses de notre *Bulletin* représentent la plus lourde charge de notre Société. De temps à autre, un généreux sociétaire nous aide à sa publication. C'est le cas de la DIRECTION GÉNÉRALE DES USINES DE PRODUITS CHIMIQUES DE LA MANUFACTURE DES GLACES ET PRODUITS CHIMIQUES DE SAINT-GOBAIN, CHAUNY ET CIREY qui vient de nous verser 1000 fr. Nous avons eu le plaisir, dans notre dernière séance, de récompenser sept vieux ouvriers de cette très ancienne société française et c'est sans doute, pensons-nous, en reconnaissance de ce fait que ce don important nous a été fait. Quoi qu'il en soit, nous adressons nos très vifs remerciements à notre généreux donateur et nous souhaitons qu'il ait de nombreux imitateurs parmi nos sociétaires. Nous pourrons ainsi garder à notre *Bulletin* la haute tenue que nous avons tant de peine à lui conserver, faute de crédits.

Nous sommes heureux de constater, en passant, que ce sont les bonnes vieilles maisons françaises, celles où les ouvriers restent pour ainsi dire toute leur vie, qui sont aussi les plus généreuses et celles qui apprécient le mieux notre *Bulletin*. Et c'est là pour nous un très grand encouragement. Je crois devoir vous rappeler qu'il y a un moyen simple de diminuer les dépenses de notre *Bulletin*, c'est d'augmenter son tirage, autrement dit de faire entrer de nouveaux membres dans notre Société. Chacun de nous devrait s'imposer de nous amener au moins deux sociétaires tous les ans. Ce serait chose facile si on voulait bien y penser.

M. G. WERY, *secrétaire général,* présente et analyse les ouvrages suivants récemment entrés dans notre Bibliothèque.

CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. — *Mission aux États-Unis et au Canada (avril, mai, juin 1929).* Rapport. Paris, Soc. anon. de l'Imp. Maulde et Renou, 1929. (Don de la Compagnie P. L. M., membre de la Société);

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Un coup d'œil sur l'histoire des sciences et des théories physiques*, par Émile PICARD. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55 quai des Grands-Augustins, 1930;

*L'économie thermique dans la sidérurgie*, par Max SCHLIPKOTER. Traduit de l'allemand par H. WEYAND et W. BECHTER. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*Recueil des règlements, prescriptions, recommandations concernant les industries du carbure de calcium, de l'oxygène, de l'acétylène et de la soudure autogène*. Paris, Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène, 104, boulevard de Clichy (18e), 1930;

*Le Danemark*, publié par le Ministère des Affaires étrangères et le Département des Statistiques du Danemark. Copenhague, Imp. Bianco Luno, 1929;

*Dictionnaires techniques illustrés en six langues : français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol*, publiés par Alfred SCHLOMANN. Tome II : *Électrotechnique et électrochimie*. Édition entièrement refondue et augmentée. Berlin, N. W. 7, V. D. I.-Verlag G. M. B. H.; Paris, Dunod;

*Formulaire des produits d'entretien et spécialités industrielles de produits chimiques, droguerie*, par A. CHEMIST. (Tous les trucs du praticien). Paris, Librairie Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères (6e), 1930.

M. HENRI KRIEG, directeur de plantations en Cochinchine, fait une communication sur *L'organisation du travail dans les exploitations agricoles coloniales et sur son application à la culture du caoutchouc en Indochine.*

L'auteur, lorsqu'il a commencé à s'intéresser aux plantations de caoutchouc, y a observé fréquemment un gaspillage important de main-d'œuvre. Ce gaspillage avait deux causes : 1° la hausse du caoutchouc en 1925 avait provoqué la création de nouvelles plantations; des erreurs techniques incroyables avaient été commises, l'argent avait été dépensé sans compter et on s'était peu préoccupé des frais de main-d'œuvre; 2° les cadres européens étaient insuffisants en nombre et en qualité.

En Cochinchine, dans les zones de terres grises, généralement saines et peuplées, la main-d'œuvre locale suffit aux plantations de caoutchouc; dans les zones de terres rouges, souvent malsaines et celles où, précisément, les plus grandes plantations ont été créées, il faut faire venir des coolies de l'Annam ou du Tonkin. Ces travailleurs sont recrutés sur contrat et transportés aux frais des employeurs qui s'engagent à les loger et à les soigner. Depuis le 1er janvier 1928, l'Administration oblige à constituer un pécule en faveur du coolie, presque toujours imprévoyant, pécule alimenté par lui et par l'employeur.

L'ouvrier annamite, comme l'ouvrier européen, ne fait pas d'opposition à une organisation qui lui assure un travail régulier et qui lui évite de recevoir à tout propos des ordres impératifs et incohérents, ou des reproches immérités. Or l'Annamite est intelligent et il a le sentiment inné de la justice. De plus, il veut rester

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fidèle à sa langue et à ses coutumes; le personnel européen doit les connaître pour les respecter; leur ignorance se traduit d'ailleurs par des pertes d'argent considérables. Un Européen moyen, avec un peu de bonne volonté, peut apprendre en 6 mois assez d'annamite pour donner des ordres et des explications dans cette langue, ce qui lui confère d'ailleurs une très grande autorité sur le personnel.

A quelques rares exceptions près, on s'est fort peu préoccupé d'appliquer aux plantations les méthodes d'organisation du travail en usage dans l'industrie européenne et américaine.

Pour augmenter le rendement de la main-d'œuvre, il faut remplacer le travail à la journée par le travail à la tâche quotidienne, celle-ci étant nettement déterminée à l'avance et aisément contrôlable. Le travail aux pièces est rarement applicable aux grandes plantations à cause des longues distances à parcourir pour pouvoir le contrôler.

Il faut apporter le plus grand soin à la détermination de la tâche qui doit être accomplie en un temps donné : on choisit un coolie ou une équipe de coolies consciencieux; on leur montre avec précision la tâche à accomplir; on leur fait faire plusieurs heures d'entraînement; puis on mesure le travail accompli, en 30 minutes par exemple. Pour déterminer le travail quotidien à fournir, il faut tenir compte du temps nécessaire pour se rendre des campements aux chantiers, des arrêts, tant pour le repos, qui doit croître avec la température et l'humidité, que pour tenir compte de la pluie qui oblige le travailleur à s'abriter. Le temps total alloué est, selon les tâches, 1,75 à 2,25 fois celui qu'il faut pour exécuter le travail proprement dit.

On fait exécuter la tâche quotidienne ainsi déterminée pendant plusieurs jours de suite par une seule équipe surveillée constamment par un Européen : il faut en effet que les coolies s'entraînent, que la tâche prévue puisse s'accomplir sans surmenage et que les autres coolies, par ouï-dire, apprennent ce qui s'est passé; cela, dans les campements où ils vivent tous réunis en dehors de leur travail.

Les travailleurs savent ainsi ce qu'ils doivent faire dans leur journée et savent aussi qu'on ne leur demandera rien de plus ; ils pourront donc se reposer à leur guise pendant les heures de travail sans craindre les reproches injustifiés, fréquents dans le travail à la journée, et dont pâtissent presque toujours les meilleurs ouvriers, les mauvais passant la majeure partie de leur temps à guetter l'arrivée des surveillants et ne travaillant guère qu'en leur présence.

Pour faciliter le contrôle du travail, les plantations doivent être divisées en lots réguliers, numérotés et étiquetés, puis subdivisés, au moyen de jalons ou de piquets, plus ou moins éloignés selon la nature des travaux à exécuter.

Des gabarits, de prix insignifiant, doivent être remis le cas échéant (cas, par exemple, du creusement des trous pour la plantation, du binage en rond autour des arbres) au coolie pour lui permettre de vérifier lui-même son travail; leur emploi évite l'intervention constante des surveillants et les discussions interminables avec eux. Les outils doivent être choisis avec soin et être de réparation facile; la houe unique pour tous les travaux doit être remplacée par plusieurs autres houes, de largeur et de poids différents, et par des crocs et des binettes; le prix d'achat d'un outillage bien approprié est souvent remboursé par les bénéfices réalisés pendant quelques jours de travail.

Un programme de travaux doit être établi pour chaque année; quand une même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

façon doit être donnée plusieurs fois par an, il n'est pas facile de suivre l'avancement du travail. L'auteur a imaginé un graphique qui permet, pour une année entière, de guider les façons et de les suivre.

En 1928, dans les plantations qu'il dirigeait, par l'application de toutes les méthodes qui précèdent, l'auteur a pu économiser 21 p. 100 de la main-d'œuvre et 19 p. 100 des crédits alloués pour l'année. C'est surtout pour les jeunes plantations qu'une bonne organisation est indispensable, car, pendant les 5 ou 6 premières années, elles ne rapportent rien; leur entretien, au contraire, est extrêmement coûteux.

E. L.

M. DE ROUSIERS, *vice-président*. — Je félicite vivement M. Krieg de son intéressante communication qui possède deux grandes qualités : elle nous donne des résultats d'expériences et elle les explique d'une façon claire.

M. M. GARNIER. — Est-ce que le caoutchouc de synthèse n'est pas un danger pour nos plantations de l'Indochine?

M. KRIEG. — Pour le moment, non; parce que le caoutchouc synthétique est d'un prix de revient beaucoup plus élevé que le caoutchouc naturel, dont le cours est d'ailleurs très bas; et aussi parce que le caoutchouc synthétique ne possède pas encore toutes les propriétés du caoutchouc naturel, et ne peut convenir à tous les usages de celui-ci. La menace du caoutchouc synthétique est venue des Américains qui ne produisent pas de caoutchouc et en consomment beaucoup(1).

M. SAUVAGE. — Quels sont les motifs de la crise dont souffrent actuellement les plantations de caoutchouc?

M. KRIEG. — Je ne puis répondre que pour l'Indochine. Les capitalistes français ne montrent plus d'intérêt pour les jeunes plantations, notamment celles qui ont été créées en si grand nombre, un peu à tort et à travers, en 1925 et 1926, dans une période d'enthousiasme, à cause des hauts prix du caoutchouc à cette époque. Maintenant, il faut entretenir ces plantations avant qu'elles ne rapportent, mais comme le prix du caoutchouc est bas, les capitalistes sont peu disposés à fournir les fonds nécessaires à l'entretien. C'est très grave car on compte plusieurs milliers d'hectares plantés qui sont dans ce cas. Le Gouvernement général de l'Indochine a décidé d'intervenir pour empêcher que les jeunes plantations ne soient pas irrémédiablement perdues par suite de leur envahissement par la végétation tropicale; on attend sa décision qui sera très vraisemblablement celle-ci : 90 p. 100 des

(1) Les Américains, depuis la mise en vigueur, en 1922, de l'accord Stevenson entre la majeure partie des planteurs anglais, mais non des Hollandais, se sont efforcés de produire eux-mêmes le caoutchouc dont ils ont besoin : 1° ils ont fait des plantations d'hévéas dans des régions tropicales, notamment en Amazonie, au Brésil; 2° ils ont fait en Floride des essais de culture du *Cryptostegia* (*lombiro* de Madagascar); 3° ils cultivent depuis peu, en Californie, le *Parthenium argentatum* (*guayule* du Mexique). (N. D. L. R.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

frais d'entretien seront avancés aux particuliers, 80 p. 100 aux sociétés anonymes propriétaires des jeunes plantations qui ne rapportent pas encore. Ces avances seront productives d'intérêt.

M. SAUVAGE. — Les propriétaires de vieilles plantations ne pourraient-ils pas en acheter de jeunes?

M. KRIEG. — Sans doute, mais il faudrait procéder à des augmentations de capital et, comme je vous l'ai dit, le moment est peu favorable à un appel de fonds.

M. l'Intendant général CHAYROU. — Y a-t-il un grand écart actuellement entre le prix de revient du caoutchouc et son prix de vente?

M. KRIEG. — Le caoutchouc d'Indochine se vend en France de 8,60 fr à 9 fr le kilogr. Son prix de revient, dans les vieilles plantations, varie de 0,40 à 0,65 piastre, soit 4 à 6,50 fr au cours actuel de la piastre. Le prix de vente est encore rémunérateur. On n'en peut pas dire autant du caoutchouc originaire de la Malaisie ou des Indes néerlandaises. L'Indochine est favorisée par une meilleure qualité et un plus bas prix de la main-d'œuvre, par un climat plus favorable. L'Indochine en effet connaît une saison sèche qui a pour résultat d'éviter les maladies, qui sont courantes en Malaisie et aux Indes néerlandaises.

M. l'Intendant général CHAYROU. — Est-ce que les Anglais et les Hollandais ne se sont pas entendus pour suspendre les incisions pendant une partie de l'année. Cette suspension est-elle utile?

M. KRIEG. — La suspension doit être plus ou moins généralisée pendant le mois de mai; cependant l'entente n'est pas encore réalisée, et j'estime que si elle l'est, l'Indochine devra y adhérer. C'est une mesure de prudence destinée à prouver à nos voisins notre désir de collaboration avec eux.

M. PERCY. — Y a-t-il des maladies en Indochine?

M. KRIEG. — Oui, mais elles y sont très rares parce que la saison sèche est très marquée. C'est l'excès d'humidité qui favorise l'éclosion de ces maladies; elles sont provoquées surtout par des champignons et se traduisent par l'endommagement de l'écorce. D'ailleurs, on les observe aussi en Indochine, là où il tombe le plus de pluie. En général, dans les plantations indochinoises, on n'observe que 2 à 2,50 m de pluie par an.

M. PERCY. — Comment combat-on ces maladies?

M. KRIEG. — Par l'aération et des mesures appropriées. Souvent les anciennes plantations ont été faites trop serrées. Pour aérer, on abat les arbres mauvais producteurs.

M. PERCY. — Ces maladies ont-elles été importées ou sont-elles originaires du pays?

M. KRIEG. — Elles sont nées dans le pays.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Noachovitch. — Est-ce qu'à votre connaissance certaines plantations d'hévéas déjà anciennes présenteraient des signes de déclin, comme on l'a parfois prétendu?

M. Krieg. — Je n'ai rien constaté de semblable. Il ne semble pas que celles des plantations d'Indochine qui comptent déjà une trentaine d'années d'existence accusent une tendance vers la dégénérescence. Je crois pouvoir affirmer que seuls se trouvent plus ou moins menacés de dépérissement dû à diverses maladies, ceux des hévéas plantés dans des régions où les chutes de pluie sont particulièrement abondantes. Si certaines plantations anciennes de la Malaisie britannique sont d'un rendement faible, c'est qu'elles ont été mal établies, à l'époque des premiers essais de plantation.

M. Noachovitch. — On a fait allusion, tout à l'heure, à diverses difficultés d'ordre économique qui engendrent, à certains moments, des états de crise. Ne croyez-vous pas qu'en ce qui a particulièrement trait au caoutchouc d'Indochine, des difficultés de cet ordre résulteraient d'une attention peut-être insuffisamment rigoureuse portée sur la nécessité d'un parfait conditionnement, toujours identique à lui-même?

Au cours des enquêtes auxquelles je me livre, plusieurs industriels et divers importateurs m'ont fait part de certaines déceptions que le caoutchouc d'Indochine leur donne parfois, eu égard à la stricte normalisation dont est l'objet le caoutchouc provenant des Indes néerlandaises. Si l'industriel met au point une fabrication correspondant à une qualité donnée de la matière première employée, il est indispensable que cette qualité demeure sensiblement constante au cours des achats successifs. Ledit industriel préfère payer son caoutchouc brut un prix plus élevé et être assuré contre le risque de variation dans ses propriétés, être certain qu'il ne s'y rencontrera pas d'impuretés fâcheuses (sable, terre, écorce,...), de parties poisseuses, etc....

M. Krieg. — En règle générale, on peut affirmer que, dans les grandes plantations, tout le soin désirable est apporté à la préparation des différents types de feuilles et de crêpes. C'est principalement à la carence d'organisation, de matériel et de méthodes modernes, fréquente chez de nombreux petits planteurs, français ou indigènes, que l'on doit attribuer les divers mécomptes que vous signalez.

M. Noachovitch. — Ne pourrait-on tenter de porter remède à un état de choses si préjudiciable à l'intérêt général? La possibilité d'exportation de produits non conformes aux normes habituellement requises, risque, si elle se prolonge, de jeter le discrédit sur l'ensemble des exportations d'un pays.

M. Krieg. — C'est certain. Mais il est bien malaisé d'amener les petits producteurs à l'observance de méthodes rigoureuses, étant donné que les frais minimes d'exploitation qu'ils ont à supporter leur permettent de vendre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur caoutchouc avec un bénéfice encore très appréciable, même à un prix assez bas.

M. NOACHOVITCH. — Vous avez parlé des temps de repos que les bons ouvriers prennent spontanément si, après des expériences et mises au point appropriées, on définit nettement leur tâche quotidienne. La répartition des temps de travail et des temps de repos, corrélativement à la nature du travail à accomplir, est une question de grand intérêt que plusieurs chercheurs, et plus particulièrement M. Ringelmann, se sont attachés à préciser. Avez-vous eu l'occasion, au cours de vos observations, de noter le rythme de ces alternances?

M. KRIEG. — De telles notations sont particulièrement difficiles à faire dans des exploitations de grande étendue. Les intempéries et diverses autres causes contribuent à les rendre malaisées.

M. NOACHOVITCH. — Vous avez dit que l'organisation des plantations de la maison Michelin peut être citée comme un modèle du genre. Pourriez-vous nous dire quelles particularités de cette entreprise ont spécialement retenu votre attention?

M. KRIEG. — La maison Michelin a réalisé une œuvre de grand intérêt en défrichant et complantant 8.000 ha, dans l'espace de deux années seulement. Il y a peu d'exemples de telles réalisations. Une originalité remarquable de cette entreprise consiste dans le fait que ses coolies (Tonkinois pour la plupart) sont nourris par l'exploitation. Les ouvriers n'ont pas à se préoccuper de cuisine. Le ravitaillement est fait par camions et la cuisine est faite par les femmes et les blessés légers (assez nombreux en période de défrichement.) C'est une organisation très avantageuse. D'autre part, chaque village comporte notamment, outre l'infirmerie réglementaire, une garderie d'enfants. Des réjouissances sont organisées lors des fêtes indigènes. L'exploitation comporte encore un hôpital, récemment créé, etc.

C'est un fait digne de remarque qu'aucun des dirigeants de ces exploitations n'avait d'expérience personnelle de la culture de l'hévéa lorsque les plantations ont été entreprises. Mais ces dirigeants avaient recueilli une documentation appropriée au cours de voyages d'études, notamment aux Indes néerlandaises.

M. NOACHOVITCH. — Il ne faut pas omettre le rôle du conseiller technique de ces plantations, M. Malye, Ingénieur agronome, qui, après un séjour à Clermont-Ferrand, a été chargé, par la maison Michelin, d'étudier (laboratoire et station d'essais) les divers problèmes relatifs à ses exploitations d'Indochine, et de donner aux directeurs de plantations les directives nécessaires (renseignements dus à l'obligeance de M. Oudot).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si vous avez une opinion personnelle relative à la greffe de l'hévéa, vous serait-il possible de nous en faire part?

M. KRIEG. — Je me suis surtout occupé de la création d'une plantation et de l'organisation générale de l'entreprise. Relativement à la greffe, les avis sont partagés. Je puis cependant témoigner de ce fait que la greffe prend une importance croissante. On avait d'abord fondé beaucoup d'espoir sur la sélection des graines. Aujourd'hui, on abandonne de plus en plus cette méthode pour la remplacer par la greffe.

M. NOACHOVITCH. — Un de mes anciens élèves, M. Oudot, Ingénieur agronome et Ingénieur d'Agronomie coloniale, s'est particulièrement attaché à l'étude de ce problème à une époque où il en était encore peu question en Cochinchine. Alors qu'il était directeur de la Station expérimentale de Bencat (dans la province de Thudaumot), M. Oudot a publié, sur la greffe de l'hévéa, un rapport jugé si remarquable qu'il a été imprimé aux frais des planteurs de la région.

M. KRIEG. — M. Oudot est, en effet, comme vous le signalez, un technicien des plus estimés.

M. DE ROUSIERS, *vice-président*. — Nous devons nous féliciter d'avoir provoqué les nombreuses interventions qui se sont produites et nous ont appris du nouveau. Je remercie vivement M. Krieg de la bonne grâce qu'il a montrée à répondre, et avec précision, à tous ceux qui lui ont posé des questions, ce qui, de conférencier, en a presque fait un candidat devant des examinateurs. Je le prie de nous remettre le texte de sa communication en vue de son insertion dans notre *Bulletin*.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## BIBLIOGRAPHIE

**Les Saint-Simoniens** (1827-1837) par Henry-René D'ALLEMAGNE, archiviste-paléographe, bibliothécaire honoraire à la Bibliothèque de l'Arsenal; préface de Sébastien CHARLÉTY, recteur de l'Académie de Paris. Un vol relié (26 × 34 cm) de 453 pages avec 15 illustrations dans le texte, 55 planches hors texte dont 17 en couleurs. Paris 1930, Librairie Gründ, édit. Prix, 150 fr. Index : 335.2.

Ce magnifique ouvrage est moins un exposé de la doctrine des Saint-Simoniens — elle a fait l'objet de nombreuses études, anciennes ou récentes — qu'une histoire presque anecdotique de la vie des membres de cette secte fameuse. Cette histoire est très vivante, car elle nous montre les Saint-Simoniens dans leurs rapports entre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

eux ou avec le monde extérieur, et cela, non seulement lors des événements importants du mouvement saint-simonien, mais ausssi au cours de mille petits faits de la vie quotidienne, et cette façon de faire, avec le recul des ans, rend les Saint-Simoniens fort sympathiques.

Venus de toutes les classes sociales, c'étaient presque tous des hommes extrêmement cultivés, fort intelligents, entreprenants et pleins d'imagination; tous furent foncièrement honnêtes, sincères, consciencieux et désintéressés; tous avaient « la passion du bonheur public ». Qu'on les ait combattus avec l'arme la plus redoutable qui existe en France, le ridicule, il ne faut pas s'en étonner; c'est le sort de toute idée nouvelle, de toute idée, pourrait-on dire plus simplement, d'être combattue. Il ne faut pas oublier cependant que l'apogée du saint-simonisme se place en plein romantisme dont il devait fatalement avoir l'exaltation, sinon les exagérations, et celles-ci, peut-être à dessein, pour attirer l'attention du grand public et provoquer la discussion.

On est d'accord pour reconnaître que le saint-simonisme est à l'origine du positivisme et du socialisme parce qu'on l'a surtout étudié au point de vue politique, économique et social. Ce qu'on sait moins, c'est l'importance que les Saints-Simoniens donnaient à l'organisation industrielle; c'est aussi la prévision qu'ils ont eue de grandes œuvres et de grands travaux réalisés depuis.

Ces différents points sont nettement mis en lumière par M. Henry D'Allemagne. Son ouvrage est un véritable culte rendu à la mémoire des Saint-Simoniens. Il a utilisé pour l'écrire le riche fonds saint-simonien entré à la Bibliothèque de l'Arsenal en 1865, et les archives personnelles de descendants ou héritiers de trois Saints-Simoniens. Le fonds saint-simonien de la Bibliothèque de l'Arsenal ne devait être mis à la disposition du public qu'en 1895; dès 1887, M. D'Allemagne en commençait le classement et le catalogue et c'est ainsi qu'il fut amené à s'intéresser aux Saint-Simoniens.

Si on fait abstraction de tout ce qui a un caractère politique ou religieux dans la doctrine saint-simonienne, on voit tout d'abord qu'elle est fondée sur cette croyance que la destinée de l'homme ici-bas est de produire par le travail; il ne doit rien faire que d'utile; l'industrie est donc le but de la société humaine; les savants, les artistes, les industriels forment la seule aristocratie légitime, en réalité une théocratie, celle des sages. Une hiérarchie doit exister dans chacune de ces trois classes; le travail manuel est tenu en honneur, les oisifs doivent être proscrits. Ce sont là les préoccupations principales de Saint-Simon comme en font foi les titres seuls de plusieurs de ses écrits. Son périodique *L'industrie* porte en épigraphe : « Tout pour l'industrie et tout par elle ».

Les Saint-Simoniens sont convaincus de la nécessité d'étudier scientifiquement les phénomènes sociaux et industriels; ils croient au déterminisme scientifique, à ce qu'on appelait alors le fatalisme. Ils sont donc les précurseurs de l'organisation méthodique du travail, du taylorisme, de la rationalisation.

Les Saint-Simoniens essayèrent de mettre leurs théories en pratique en créant une communauté, noyau de la société future qu'ils rêvaient. Considérés alors comme dangereux pour l'ordre public, ils furent condamnés en 1832 pour avoir contrevenu à la loi qui interdisait le rassemblement de plus de 20 personnes. Obligés de se séparer, les uns vont en Palestine, en Algérie où ils s'occupent de colonisation, les autres en Égypte, où ils se livrent à des recherches et à des tra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vaux très poussés qui sont certainement à l'origine du percement de l'isthme de Suez et des barrages construits dans ces dernières années par les Anglais sur le Nil, pour l'irrigation de sa vallée.

Dans leurs conceptions, projets d'organisation et tentatives de réalisation, les Saint-Simoniens ont souvent été des précurseurs; ils ont conçu ou prédit : l'organisation actuelle du crédit bancaire nécessaire aux grandes entreprises industrielles; le succès des chemins de fer; ce que Lucien Romier appelle la « promotion de la femme »; la Société des Nations, la Fédération des États d'Europe. Ce sont là choses d'importance.

A l'inverse de beaucoup de révolutionnaires, ils n'ont pas été seulement des destructeurs; ils ont été aussi constructeurs, créateurs, organisateurs.

En dehors des portraits et de quelques documents — des hymnes, par exemple — les planches hors texte de l'ouvrage reproduisent surtout des caricatures et des affiches de l'époque. Elles donnent une idée à la fois de la faveur du public pour la nouvelle école et de la mauvaise foi de ceux qui s'efforcèrent de tourner en ridicule ses moindres manifestations.

L'exécution matérielle de l'ouvrage, illustration et texte, est parfaite.

Pour la contribution des Saint-Simoniens à la création de l'industrie moderne, l'ouvrage de M. D'Allemagne avait sa place marquée dans la Bibliothèque de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui, elle aussi, a contribué à cette création. Aussi remercions-nous vivement M. D'Allemagne, vice-président de notre Société, de lui avoir offert son magnifique ouvrage.

E. LEMAIRE.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN AVRIL 1930.

CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. — **Mission aux États-Unis et au Canada** (avril, mai, juin 1929). Rapport. In-4 (31 × 22) de 271 p., 80 fig., XXXIV pl. Paris, Soc. anon. de l'Imp. Maulde et Renou, 1929. (*Don de la Compagnie P.L.M., membre de la Société*). **17816**

PICARD (ÉMILE). — **Un coup d'œil sur l'histoire des sciences et des théories physiques**. In-8 (25 × 16) de 101 p. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17817**

SCHLIPKOTER (MAX). — **L'économie thermique dans la sidérurgie**. Traduit de l'allemand par H. WEYAND et W. BECHTER. In-8 (25 × 16) VIII + 134 p., 55 fig. Paris, Dunod, 1930. **17818**

**Recueil des règlements, prescriptions, recommandations concernant les industries du carbure de calcium, de l'oxygène, de l'acétylène et de la soudure autogène**. In-8 (21 × 14) de 141 p. Paris, Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène, 104, boulevard de Clichy (18e), 1930. **17819**

**Le Danemark**, publié par le Ministère des Affaires étrangères et le Département des Statistiques du Danemark. In-12 (19 × 12) de 418 p., XXVIII pl. Copenhague, Imp. Bianco Luno, 1929. **17820**

**Dictionnaires techniques illustrés en six langues :** Français, Allemand, Anglais, Russe, Italien, Espagnol, publiés par ALFRED SCHLOMANN. Tome II : **Électrotechnique et électrochimie.** Édition entièrement refondue et augmentée. In-8 (25 × 18) de XII + 1304 p.,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3965 fig. et nombreuses formules. Berlin, N. W. 7, V D I. — Verlag G. M. B. H.; Paris, Dunod. **17821**

CHEMIST (A.). — **Formulaire des produits d'entretien et spécialités industrielles de produits chimiques, droguerie.** (Tous les trucs du praticien). In-8 (23 × 14) de VIII + 149 p., 18 fig. Paris, Librairie Ch. Béranger, 1930. **17822**

CHAMPSAUR (N.). — **Théorie du graissage.** In-8 (25 × 16) de 122 p., 25 fig. Paris, Librairie Delagrave, 1930. **17823**

**Centenaire de l'indépendance de la Belgique.** — Congrès et Concours organisés à l'occasion de l'Exposition internationale de Liége 1930. (Léon Michel, secrétaire général du Commissariat général du Gouvernement.) In-8 (21 × 13) de 136 p. Liége (Belgique), 4, place Saint-Lambert. **17824**

ANGÉ (LOUIS). — **Pour bien faire sa publicité.** In-12 (19 × 12) de XV + 270 p. Paris, Éditions J. Oliven, 65, av. De La Bourdonnais (7e), 1930. **17825**

**Manuel du couvreur-ardoisier**, d'après A. BRANDILLY, à l'usage des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, contremaîtres et ouvriers couvreurs. In-16 (17 × 11) de 340 p., 232 fig. Paris, Librairie Ch. Béranger, 1929. (*Don de la Commission des Ardoisières d'Angers.*) **17826**

GILLOT (ROGER). — **L'eau chaude thermosiphon dans l'habitation.** In-8 (25 × 16) de 132 p., 24 fig. Annexe : VII planches. Paris, Desforges, Girardot et Cie, 1927. **17827**

LASAREFF (P.). — **Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants.** (Collection de Monographies scientifiques étrangères publiées sous la direction de M. G. Juvet, n° XI.) In-8 (25 × 16) de VIII + 240 p., 61 fig. Paris, Albert Blanchard, 1928. **17828**

MAGNÉ (AUGUSTIN) et CHARLENT (H.). — **Traité pratique de plomberie.** In-12 (19 × 12) de XII + 365 p., 420 fig. Paris, Librairie Garnier frères, 1928. **17829**

SOULIER (ALFRED). — **Album de plans de pose et schémas d'électricité industrielle.** In-18 oblong (16 × 22) de 219 p., fig. Paris, Librairie Garnier frères, 1928. **17830**

SMITH (ERNEST ELLSWORTH). — **Aluminum compounds in food.** In-8 (24 × 16) de XII + 378 p. **Bibliography**, p. 349-355. New York, Paul B. Hoeber, 1928. **17831**

ANDRÉ (GUSTAVE). — **Chimie agricole**, t. II : **Chimie du sol.** 3e édition. (*Encyclopédie agricole.*) In-12 (19 × 12) de 328 + 297 p. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930. **17832**

MUNZINGER (F.). — **La vapeur à très haute pression.** Traduction d'après l'édition allemande complétée et mise à jour par l'auteur, par A. SCHUBERT. In-8 (25 × 16) de XII + 277, p. 171 fig. Paris, Dunod, 1930. **17833**

POTTIER (A.). — **Les sociétés à responsabilité limitée.** (Loi du 7 mars 1925. Commentaire, critique et formulaire). 4e édition. In-8 (25 × 16) de XIV + 402 p. Paris, Dunod, 1930. **17834**

LAATSCH (W.). — **Étude résumée des métaux précieux.** Extraction, récupération, séparation. Traduit de l'allemand par A. SCHUBERT. In-8 (25 × 16) de VI + 151 p., 63 fig. Paris, Dunod, 1930. **17835**

COMITÉ DE NORMALISATION DE LA MÉCANIQUE. (Fédération de la Mécanique, 92, rue de Courcelles, Paris (8e). — **Feuilles de normes CNM** (parues jusqu'au 31 décembre 1929). 83 feuilles (30 × 21 cm). **17836**

*
* *

SATET (R.). — **L'organisation scientifique au service du contentieux.** (Exemple : Constitution juridique d'une société anonyme.) Conférence faite le 20 déc. 1928 au Comité national de l'Organisation française. In-8 (21 × 13) de 18 p. Paris, Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes (6e), 1929. **Pièce 13602**

EBLÉ (L.). — **Manuel pratique de magnétisme terrestre.** In-8 (23 × 14) de 83 p., 20 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 49, boulevard Saint-Michel (5e), 1929. **Pièce 13603**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COMPAGNIE DES LAMPES. — **L'éclairage des bureaux.** In-8 (21 × 14) de 30 p., 13 fig. Paris, 29, rue de Lisbonne (8e), 1929. **Pièce 13604**

COPPEL (TH.), FOURNIER (GEORGES) et YOVANOVITCH (D.K.). — **Quelques suggestions concernant la matière et le rayonnement.** (Collection de suggestions scientifiques publiée sous la direction de Léon Brillouin, Fasc. 1). In-8 (22 × 14) de 47 p., 4 fig. Paris, Albert Blanchard, 1928. **Pièce 13605**

PROCA (AL.). — **Sur la théorie des quanta de lumière.** (Collection de Suggestions scientifiques, Fasc. 2). In-8 (22 × 14) de 96 p., 9 fig. Paris, Albert Blanchard, 1928. **Pièce 13606**

LE DANOIS (ED.). — **Les poissons comestibles de la Manche et de l'Atlantique français.** Leur description, leur pêche, leur reproduction. In-8 (23 × 15) de XIII + 86 p., 135 fig. Paris, Bibliothèque du « Journal de la Marine marchande », 190, boulevard Haussmann (8e), 1921. **Pièce 13607**

**Mémoires divers sur les moyens d'accroître la consommation du poisson**, présentés par J. NOIROT. (Concours de l'Institut océanographique). (Office scientifique et technique des Pêches maritimes. — Mémoire (série spéciale), n° 6). In-4 (28 × 22) de 107 p., fig. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 7, rue Saint-Lazare. **Pièce 13608**

**Paul Brodard (1865-1929)**. Discours prononcés au cimetière de Coulommiers le 11 novembre 1929. In-4 (27 × 20) de 20 p., 1 pl. Coulommiers. **Pièce 13609**

ROŠ (M.). — **Die Bemessung zentrisch und exzentrisch gedrückter Stäbe auf Knickung.** (Sonderabdruck aus Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau, Wien, 24-28 sept. 1928). In-8 (24 × 17) p. 282-346, 50 fig. Wien, Julius Springer, 1929. **Pièce 13610**

SCHWEIZ. VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK, Zürich. (Association suisse pour l'Essai des Matériaux). — **Tätigkeits-Bericht 1926-1929.** In-4 (30 × 21) de 22 p. Zürich. Jean Frey. **Pièce 13611**

DÜBI (E.), HONEGGER (E.), ROŠ (M.) und EICHINGER (A.). — **Das Gusseisen.** (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E.T.H. in Zürich (Laboratoire fédéral d'Essai des Matériaux annexé à l'École polytechnique de Zurich), Diskussionsbericht Nr 37). In-4 (32 × 23) de 64 p., fig. Zürich, 1927. **Pièce 13612**

*
* *

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE. — **Annuaire de 1930** et partie formant complétement à l'annuaire décennal publié en 1920. — **Fascicule décennal publié en 1930.** Annexe aux Annuaires de 1930 à 1940. Paris, 19, rue Blanche (9e). **Pér. 313**

INSTITUT D'ÉGYPTE. — **Bulletin.** Tome XI. Session 1928-1929. Le Caire. **Pér. 32**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Miscellaneous Publications, n° 101** : *Report of the 22d National Conference on Weights and Measures, Washington, June 1929,* XVI + 148 p. 12 fig. 1929. **Pér. 61**

U. S. DÉPARTMENT OF AGRICULTURE (Washington). — **Farmers' Bulletin n° 666** : *Foot-and-mouth disease,* 14 p., 7 fig. 1929. **Pér. 410**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. JUIN 1930.

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

## LE GÉNÉRAL SEBERT

*membre de l'Institut,*
*membre du Conseil de la Société d'Encouragement,*

par M. MAURICE GARNIER, *membre du Conseil de la Société d'Encouragement,*
*Ingénieur en chef de 1re classe au corps de l'Artillerie navale.*

Le général Sebert, membre de l'Institut, vient de s'éteindre à l'âge de 91 ans. D'illustres voix se sont élevées pour apporter leur hommage au disparu, au nom des sociétés savantes dont il faisait partie.

Ce furent d'abord, à la maison mortuaire, le 27 janvier 1930, celles de M. VIEILLE [1], Inspecteur général des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut (collègue du général Sebert à la Section de Mécanique), de M. HELBRONNER, membre de l'Institut, représentant la Société française de Photographie et Cinématographie, et de M. COUTEAUX, directeur de l'Hôpital Cochin, représentant la Société française pour la Propagation de l'Esperanto.

Le même jour, à l'Académie des Sciences, M. Léon LECORNU, Inspecteur général des Mines, membre de l'Institut, ouvrait la séance qu'il présidait, par l'éloge du général, retraçant sa brillante carrière et les épreuves de sa vieillesse.

Un mois après, le Bureau bibliographique de France, organe constitutif de l'Institut international de Bibliographie, lançait l'invitation suivante :

Paris, le 24 février 1930

Nous serions heureux de votre assistance à la réunion organisée en l'honneur et à la mémoire de *M. le général Sebert*, membre de l'Institut, fondateur et président de notre Bureau pendant plus de 30 ans.

Elle aura lieu 44, rue de Rennes, en l'Hôtel de la Société d'Encouragement *le lundi 10 mars à 17 h.*

(1) Le discours de M. Vieille, empêché, fut lu par M. Mesnager, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, membre de l'Institut, ancien président de la Société d'Encouragement.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Prendront la parole :

M. Paul Helbronner, membre de l'Institut, au nom de la Société française de Photographie et de Cinématographie;

M. Ed. Sauvage, au nom de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale;

M. Couteaux, directeur de l'Hôpital Cochin, au nom de l'Esperanto;

M. Paul Otlet, directeur de l'Institut international de Bibliographie, au nom de cet Institut et du Bureau bibliographique de France.

Nous pensons que vous voudrez bien vous associer à l'hommage que nous désirons rendre à toute une vie de labeur scientifique et bibliographique, et nous vous prions, dans cet espoir, d'agréer nos plus sincères salutations.

Enfin, quelques semaines plus tard, un des anciens inspecteurs généraux de l'Artillerie navale, M. l'Ingénieur général CHARBONNIER, resté président du Comité de Rédaction du *Mémorial de l'Artillerie française*, faisait insérer, dans cette publication, la note suivante :

Le corps de l'Artillerie navale veut rendre ici un respectueux et reconnaissant hommage à un maître vénéré, qui fut un créateur de méthodes, un organisateur de services et un animateur d'énergies.

Il fut un expérimentateur de premier ordre et un balisticien éminent.

Le Général n'avait cessé, même dans son extrême et douloureuse vieillesse, de s'intéresser à l'Artillerie navale, à son développement suivant une évolution qu'il avait pressentie : au *Mémorial de l'Artillerie française*, successeur du *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, qu'il avait fondé en 1873; au Laboratoire central de l'Artillerie navale, dont il avait, boulevard Morland, jeté jadis les premières bases; au polygone de balistique de Sevran-Livry, qui, merveilleusement conçu et organisé par lui, il y a plus de 50 ans, est resté, depuis lors, pour ainsi dire sans changement, et a pu être à hauteur de tous les besoins expérimentaux de l'Artillerie navale.

Il était heureux d'accueillir les jeunes artilleurs qui venaient le voir, et qui trouvaient en lui un appui éclairé et agissant pour leurs travaux.

***

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale m'a chargé de rassembler la gerbe des discours prononcés, et de reconstituer la physionomie du Général dans ses nombreuses activités.

Choisi pour cette tâche, au double titre d'Ingénieur de l'Artillerie navale et de membre du Comité des Arts économiques, dont le général était président depuis 35 ans, je suis heureux de parler de mon ancien de l'École polytechnique, qui fut une des plus belles illustrations de l'Artillerie de la Marine, de ce corps d'élite à la fois militaire, colonial et savant, dont l'Artillerie navale, son héritière, s'efforce de continuer l'œuvre et les traditions.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

***

Hippolyte Sebert naquit le 30 janvier 1839 à Verberie (Oise), entre Senlis et Compiègne.

Reçu en 1858 à l'École polytechnique, il en sortit en 1860 dans l'Artil-

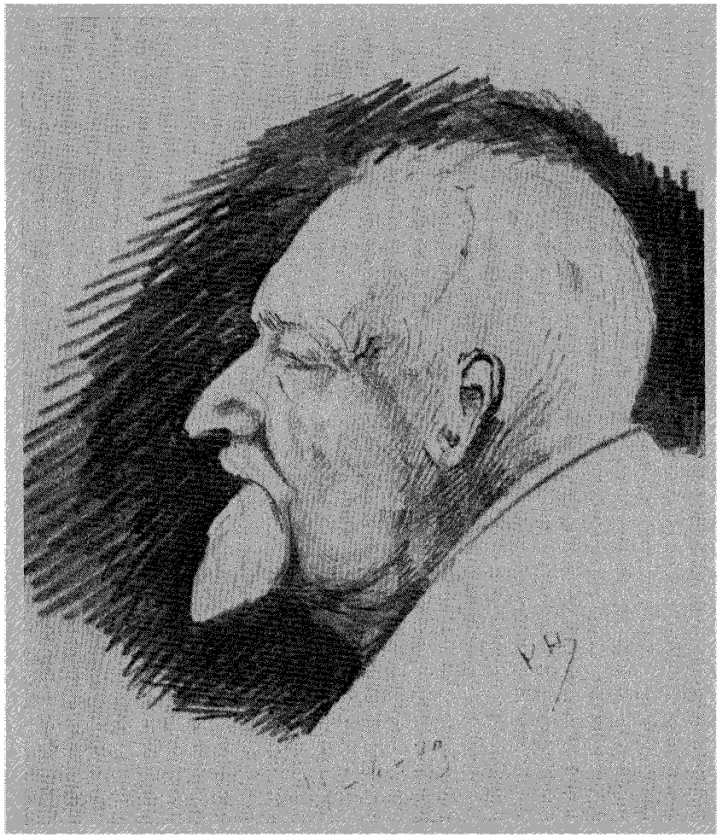


Fig. 1. — Le général Sebert dessiné en 1929, à l'Institut, par un de ses confrères, M. Paul Helbronner.

lerie de la Marine, et, après deux années d'École d'Application à Metz, fut affecté à l'Arsenal de Toulon.

Voici comment s'exprime M. LECORNU, dans le discours qu'il prononça à l'Académie des Sciences :

Ses aptitudes professionnelles s'y manifestèrent si bien, qu'en 1862 ses chefs le choisirent pour exécuter des expériences délicates, relatives à la construction des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

canons rayés. Il imagina, dans ce but, des appareils de précision permettant de mesurer les déformations de cylindres de grandes dimensions.

Bientôt après, le capitaine Sebert était placé à la tête de la Direction d'Artillerie qui venait d'être créée en Nouvelle-Calédonie.

Obligé de se procurer dans l'île le bois destiné à l'édification des bâtiments, il explora des régions forestières encore inconnues et les mit en exploitation. A cette occasion, il détermina les propriétés des espèces végétales, fort différentes des espèces européennes, auxquelles il avait affaire. Plus tard, en 1874, il publia un compte rendu détaillé de ces essais.

Notons en passant que ces *études et essais sur des bois coloniaux* furent les premiers en date. La question a pris, depuis, une ampleur considérable et, toutes nos essences coloniales sont maintenant minutieusement cataloguées au point de vue de leur utilisation possible et des particularités de leur mise en œuvre. Des normes ont même été établies permettant leur emploi systématique et rationnel.

Mais revenons à la carrière du capitaine Sebert. M. Lecornu en était à la veille de la guerre franco-allemande :

En 1870, il eut, pendant le siège de Paris, la charge d'assurer l'utilisation du matériel d'artillerie venu des ports de mer.

La guerre finie, il coopère brillamment à la réalisation du nouveau matériel de gros calibre. Il avait à mesurer les efforts subis par ce matériel au moment du tir; de telles mesures était rendues fort malaisées par la violence des forces mises en jeu.

Avant lui, ces forces étaient regardées comme instantanées. Il comprit la nécessité de faire entrer en ligne de compte la très brève durée de leur action. Aidé des conseils de Marcel Deprez, il imagina, pour résoudre ce problème, un ensemble d'appareils remarquables.

Signalons encore son *vélocimètre* destiné à enregistrer simultanément le recul de la pièce et le mouvement du projectile à l'intérieur de l'âme. Cet appareil fut notamment employé par lui, pour la mise au point du frein hydraulique servant à limiter le recul.

Pour observer le mouvement du projectile après sa sortie, il eut recours à l'emploi d'un *projectile enregistreur*, fort ingénieusement combiné, grâce auquel il put établir, en particulier, que le maximum de vitesse n'est atteint qu'un peu au delà de la bouche, parce que l'impulsion des gaz d'échappement surmonte un instant la résistance de l'air.

Il réussit en outre à enregistrer les phénomènes complexes qui se produisent pendant la *pénétration d'un obus dans une plaque de blindage*.

C'est lui aussi qui parvint à régler la *combustion de la poudre dans un tube lance-torpille* avec assez de précision pour faire fonctionner, juste au moment voulu, le déclenchement déterminant l'ouverture du tube, qui se trouve ainsi préservé contre l'entrée de l'eau de mer.

Pour les recherches de pure théorie, il trouve un précieux collaborateur dans la personne du capitaine Hugoniot, qui, quelques années plus tard, allait mourir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prématurément en laissant des travaux de premier ordre sur la propagation des mouvements dans les gaz.

Les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* contiennent trois notes rédigées en commun par Sebert et Hugoniot. Ces notes concernent les *vibrations longitudinales des barres élastiques*, celles *d'une tige terminée par une masse additionnelle*, enfin la *propagation d'un ébranlement uniforme au sein d'un gaz renfermé dans un tuyau cylindrique*.

***

En 1879, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale recevait le chef d'escadron d'artillerie Sebert.

Nommé membre du Comité des Arts économiques, il publiait bientôt, dans le *Bulletin* de la Société, de nombreux travaux, dont notre ancien président, M. SAUVAGE, Inspecteur général des Mines, donne l'énumération suivante :

Dès 1879, il rend compte de ses beaux travaux de balistique (année 1879, p. 75), en décrivant un appareil pour l'étude du *mouvement des projectiles dans les canons*, mémoire complété (année 1880, p. 571) par la description de l'*accélérographe* employé pour cette étude.

L'exposé clair et précis du *fonctionnement des machines à calculer* est une tâche difficile : on peut citer comme modèles les articles de Sebert sur les machines de Thomas (année 1879, p. 393) et de Bollée (année 1895, p. 979).

Ces articles ont été réimprimés dans le *Bulletin* de 1920, à l'occasion de l'exposition de machines à calculer organisée par la Société.

Un intérêt spécial s'attache aux *rapports sur les enregistreurs* de notre collègue Richard (année 1882, p. 531); ces appareils, aujourd'hui universellement employés, et dont on ne saurait plus se passer, n'ont pas toujours été appréciés à leur juste valeur quand ils ont été présentés par l'inventeur.

On peut citer encore, parmi tant d'autres travaux, des *rapports sur le calculateur Didelin* (année 1891, p. 720), *sur l'appareil Lepaute* enregistrant les niveaux de l'eau (année 1891, p. 465), sur le *télégraphe imprimeur à cadran Chambrier* (année 1880, p. 561).

Nous verrons plus loin qu'à cette collection d'intéressants mémoires s'en ajoutent d'autres tels que ceux sur la *réforme du calendrier*, et les si importants travaux sur la *normalisation des filetages*.

***

Mais, à côté de ses qualités techniques de premier plan, le commandant, puis lieutenant-colonel et colonel Sebert devait révéler dès 1878, de remarquables talents d'organisateur, par sa création du *Laboratoire central de l'Artillerie de la Marine*, qu'il dirigea ensuite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nul ne pouvait être mieux qualifié que M. VIEILLE, membre de l'Institut, Inspecteur général des Poudres et Salpêtres, pour présenter cette œuvre intéressant à la fois son propre corps et celui de l'Artillerie de la Marine.

Notre confrère est entré dans le corps de l'Artillerie de la Marine en 1860, au sortir de l'École polytechnique, au moment d'une transformation profonde de l'armement naval dans tous les pays.

Il a eu le rare mérite de voir clairement l'évolution scientifique nécessaire que devait subir son service, de *créer*, au prix de grands efforts, *les organes de contrôle de fabrications industrielles*, et, à leur côté, les *laboratoires de recherches théoriques*, de donner l'exemple personnel de remarquables études techniques qui l'ont conduit finalement à son admirable projectile enregistreur, et enfin, de grouper autour de lui et d'animer de toute son ardeur un personnel d'élite, dont je ne rappellerai qu'un seul nom : celui d'Hugoniot.

Les chercheurs, qui ont eu l'heureuse fortune de trouver, dès le début de leur carrière, un milieu favorable au développement calme et continu de leur activité, sont tentés parfois de ne pas estimer à sa juste valeur l'effort d'organisation que comporte la création d'un pareil milieu, malgré l'inertie des hommes et des choses.

Notre confrère a su mener de front avec ses recherches, cette organisation, faute de laquelle les efforts individuels restent souvent stériles : *création du* « Mémorial de l'Artillerie de la Marine », pour assurer la documentation de ses services; *création d'un laboratoire d'expériences* à Paris *et d'un champ de tir* à la Poudrerie de Sevran-Livry, rattachés au Service du Contrôle des Fabrications industrielles, formant ainsi le tronc nourricier, au point de vue personnel et matériel, du service scientifique : telles sont les bases essentielles de l'organisation prévue par notre confrère, et ces bases sont si logiques, si indispensables qu'elles ont été intégralement conservées par l'Artillerie de la Marine, lorsque le général Sebert, encore jeune, a été amené à quitter le service auquel il avait consacré 30 années de féconde activité.

Il a eu toutefois la joie de voir se réaliser, dans le magnifique développement actuel des moyens d'études de l'artillerie navale, *l'Idéal* dont, ainsi qu'il nous le disait récemment lui-même, il avait cherché à se rapprocher, dans la période de création dont il fut l'auteur.

Voici d'ailleurs quelques précisions sur la création du Laboratoire central de la Marine, œuvre du colonel Sebert, et qui tient une si grande place dans la science de l'artilleur technicien.

Le décret du 9 mai 1876, qui fixait l'organisation du Service des Poudres et Salpêtres, confié à un corps spécial d'ingénieurs créé par la loi du 13 mars 1875, chargeait ce service de la fabrication des poudres pour les départements de la Guerre et de la Marine.

Mais, alors que l'artillerie de terre s'était vu attribuer une poudrerie, celle du Bouchet, qu'elle dirigeait et administrait elle-même, la Marine n'avait obtenu aucun établissement de l'espèce, la Poudrerie de Sevran-Livry

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étant simplement désignée comme « poudrerie d'études », pour les essais de fabrication.

En fait, les recherches de laboratoire se rattachant à l'étude des poudres de la Marine furent exécutées, de concert, par les services de l'Artillerie de la Marine et des Poudres et Salpêtres, dans l'Établissement central de ce dernier service, 9, rue de l'Arsenal, à Paris. D'autre part, un champ de tir fut établi dans le voisinage de la Poudrerie de Sevran-Livry, en vue de l'épreuve des poudres par le tir dans les bouches à feu de la Marine, et des études importantes d'où est née la balistique intérieure moderne.

La collaboration des ingénieurs des Poudres et Salpêtres et des officiers de l'Artillerie de la Marine, rendue nécessaire par les dispositions du décret précité, fut des plus fécondes en résultats techniques. Le commandant Sebert y marqua son empreinte profonde, en même temps que son souci d'accroître le rendement des intelligences par une *meilleure organisation administrative.*

Ce fut à son instigation et sur ses propositions concrètes que fut signé le décret du 31 août 1881, dont voici les dispositions essentielles :

Il est créé, près du Ministère de Marine, un Laboratoire central d'Études scientifiques, pour les recherches qui se rapportent au perfectionnement du matériel d'artillerie navale, et spécialement à l'emploi des poudres.

Ce laboratoire est établi dans les locaux du Dépôt central des Poudres et Salpêtres, et peut disposer, comme annexe, du champ de tir de la Poudrerie de Sevran-Livry, et des locaux spéciaux qui en dépendent.

. . . . . .

La direction de cet établissement est confiée à un officier supérieur d'artillerie de la marine, auquel le ministère de la Marine adjoint, à titre de conseils, une ou deux personnes choisies parmi les notabilités scientifiques.

Le champ de tir de Sevran-Livry, qui avait été principalement créé en vue des épreuves de poudres par le tir, dans les bouches à feu de la Marine, se développait peu à peu : *la balistique intérieure moderne était créée*

Toutefois, les expériences relatives au matériel d'artillerie proprement dit prenaient de plus en plus d'importance, de sorte que les épreuves des poudres, en elles-mêmes, passaient en seconde ligne, et, de l'objet principal qu'elles étaient au début, devenaient l'accessoire.

Le champ de tir et ses dépendances, du fait même qu'ils étaient entretenus par le département de la Guerre, continuaient à rester sa propriété.

Le décret du 11 mars 1885, pris également sur la proposition du colonel Sebert, vint mettre fin à cet état de choses anormal, en prescrivant que les dépenses concernant l'installation et l'entretien des locaux et des bâtiments

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seraient supportées par le Ministère de la Marine, ainsi que les dépenses nécessaires au fonctionnement du service, y compris celles relatives au matériel de l'artillerie navale employé pour le tir et les expériences.

Le colonel Sebert faisait ainsi augmenter le domaine du Laboratoire, en lui accordant la possession effective et définitive du champ de tir de Sevran-Livry, qui devenait son annexe. Désormais, l'Artillerie navale était chez elle, disposant d'un établissement d'études de premier ordre pour l'époque.

L'arrêté ministériel du 12 mai 1888 étendit encore les attributions du Laboratoire central, en lui confiant les travaux et études qui se rattachent à la fabrication du matériel, ainsi que les épreuves et essais des éléments de ce matériel dont la construction à l'industrie est suivie par l'Inspection des Fabrications.

L'établissement se trouva ainsi chargé corrélativement, de la fabrication, de la garde, et de l'entretien des instruments employés pour la vérification et le contrôle des fabrications, ainsi que du dépôt des machines et appareils d'essais et des objets destinés à servir de types ou de modèles.

Il fut enfin chargé de l'établissement des modèles qui peuvent être utiles pour l'étude de nouvelles dispositions mécaniques, ou de nouveaux objets de matériel.

Jusqu'alors, le Laboratoire central de la Marine était installé 9, rue de l'Arsenal, dans des locaux vétustes qui abritaient le Laboratoire des Poudres et Salpêtres.

Sous l'active impulsion du colonel Sebert, directeur du Laboratoire central de la Marine, et de M. l'Ingénieur en Chef Sarrau, directeur du Laboratoire des Poudres et Salpêtres, un projet de nouveau laboratoire fut établi.

La loi du 22 juillet 1885 en décida la construction dans un terrain de l'ancienne « Ile Louviers », cédé par la ville de Paris en échange de l'ancien « Arsenal », et le 29 juillet 1888, le Laboratoire central de la Marine installa ses services dans l'immeuble du 11, boulevard Morland.

Depuis cette époque, le corps des Ingénieurs de l'Artillerie navale a été créé (1909-1910), en puisant la presque totalité de ses éléments parmi les officiers de l'Artillerie de la Marine, devenue Artillerie coloniale en 1901.

En 1925, le Laboratoire central de la Marine quitte le boulevard Morland, pour s'installer dans un nouvel immeuble, 10, rue Sextius-Michel à Paris (15e arr.), avec tous les services parisiens de l'Artillerie navale autres que la Direction centrale, maintenue au Ministère de la Marine, rue Royale.

L'École d'Application des jeunes Ingénieurs, en particulier, prend place

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les nouveaux locaux, et le nom du général Sebert y est honoré comme patronyme d'une de ses salles de cours.

*
* *

On trouve également rue Sextius-Michel, le Service du *Memorial de l'Artillerie française*, organisé en 1921-1922 par M. l'Ingénieur général Charbonnier. Cette publication technique, interministérielle entre les départements de la Guerre, de la Marine et de l'Instruction publique, a une origine plus restreinte, remontant au second Empire.

De 1862 à 1868, un *Mémorial d'Artillerie de la Marine* avait. en effet, été publié, d'après une décision du Ministre, en date du 17 novembre 1858. Tiré à un petit nombre d'exemplaires, il formait huit volumes autographiés.

Une nouvelle décision ministérielle du 7 mai 1872 rétablit le Mémorial, qui devait paraître en fascicules imprimés, avec atlas pour les figures. Cette mesure fut prise sur la proposition du commandant Sebert, qui dirigea la publication et qui, prêchant l'exemple, l'alimenta d'un certain nombre de notes extrêmement intéressantes.

C'est tout d'abord, en 1873, un résumé des définitions, notations et procédés de mesure, en usage dans l'artillerie, puis des formules appliquées au département de la Marine, pour représenter les résultats du tir.

En 1874, le Commandant publie une note sur diverses *formules de la vitesse d'écoulement des fluides*, puis un *résumé des expériences faites* en Angleterre de 1865 à 1870, *avec le chronographe Bashforth*, pour déterminer la *résistance opposée par l'air au mouvement des projectiles*.

Il donne ensuite un résumé d'autres expériences faites par Athanase Dupré, sur la *résistance opposée par les gaz et par les liquides au mouvement des corps* qui y sont plongés. Une courte notice suit sur les *appareils Marcel Desprez, pour la mesure des pressions des gaz de la poudre*.

En 1875, il s'attaque aux instruments de calcul et publie une *note sur le planimètre polaire d'Amsler et sur l'intégromètre Marcel Desprez*.

En 1880-1881, il donne, en collaboration avec le colonel de Poyen Belle Isle, une *étude sur les appareils balistiques, destinés à la mesure des vitesses des projectiles*, et il complète ce travail par une notice sur de *nouveaux appareils balistiques*, employés par l'Artillerie de la Marine.

Enfin, en 1882, il rend compte, en collaboration avec le capitaine Hugoniot, des *expériences effectuées à Sevran-Livry dans un canon de 10 cm*. Ces expériences sont classiques; elles ont constitué la base fondamentale des premiers travaux modernes sur la balistique intérieure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

En 1890, le colonel Sebert fut nommé général. Ce grade l'obligeait à abandonner la direction du Laboratoire, son œuvre, et à quitter Paris, où le retenait le plein épanouissement de sa vie scientifique.

Il se décide à prendre sa retraite, et devient ingénieur conseil, puis administrateur dans diverses sociétés industrielles. Aux Forges et Chantiers de la Méditerranée, il occupe les importantes fonctions d'administrateur-délégué puis de président du Conseil d'Administration.

Fig. 2. — Le général Sebert au moment où il prit sa retraite (1891).

En 1897, l'Institut l'accueille pour occuper le fauteuil laissé vacant par M. Resal, à la Section de Mécanique.

A sa retraite, il avait 51 ans, âge de pleine maturité pour un cerveau puissamment organisé, mais où l'on change rarement l'orientation générale de son activité intellectuelle.

Le Général, au contraire, semble avoir fait de la seconde période de sa vie la contre-partie de la première. Consacré pendant 30 années à l'art militaire de l'artillerie, instrument matériel de la défense nationale, il déploie ses efforts, une fois rendu à la vie civile, dans le plan international.

Dans son discours du 27 janvier 1930, M. Helbronner, membre de l'Institut, parlant au nom de la Société française de Photographie et de Cinématographie, commente lumineusement, en ces termes, la dualité de la vie du Général.

Les travaux de notre confrère dans le domaine de la mécanique, et plus particulièrement de la balistique, l'avaient absorbé d'une façon prépondérante. Mais, en même temps qu'il ouvrait de nouveaux horizons à des sciences spéciales, il se laissait aller au charme des investigations, dans les sentiers des domaines offrant des récoltes plus ou moins analogues à celles recueillies sur le terrain de ses principales préoccupations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été ainsi conduit, par la curiosité de son esprit, et aussi par la multiplicité de ses connaissances et de ses aptitudes, aux recherches les plus variées. Et, par des recherches qui mettaient d'abord en jeu ses facultés de précision et de clarté, il a été amené à pénétrer dans l'atmosphère morale qui finit par imprégner presque automatiquement la conscience du travailleur, qui encourage son labeur, qui étaye sa patience, et qui protège son enthousiasme des dépressions résultant quelquefois d'une trop longue attente des résultats espérés.

C'est de cette façon que, cheminant sur la route des terribles fatalités qu'impose la lutte pour la sauvegarde de la patrie, c'est-à-dire des nécessités du perfectionnements de l'armement qui, hélas, tend paradoxalement pour la conservation de la beauté, de l'honneur et de la noblesse des plus hauts sentiments de l'humanité, à la destruction des biens matériels et aussi des bonheurs, il s'est engagé, bien avant d'abandonner définitivement les perfectionnements de notre matériel militaire, sur des voies qui s'efforçaient de développer les bienfaits pratiques de la science, et aussi les facilités de la vie et des relations entre les hommes.

***

Au cours de ses travaux sur les matériels d'artillerie, le colonel Sebert avait appliqué avec succès les *méthodes d'enregistrement de la photographie*, et était devenu un des fervents de cette science, exacte entre toutes.

Le document photographique est un témoin permanent, non susceptible de contestation. Animé par la cinématographie et reproduisant les phases successives d'un phénomène, quel champ devait-il ouvrir à l'observateur!

Désormais, l'expérience unique peut être étudiée autant de fois et aussi lentement qu'on le veut. Mieux que par les explications les plus minutieuses et les plus détaillées, elle peut être comprise et analysée de tous.

Il est un autre domaine où le document photographique ou cinématographique revêt une importance considérable : c'est celui de la science internationale. Sur l'image, l'œil reconnaît, en effet, l'objet représenté, de quelque nom que la langue le nomme. Nous pouvons penser que, pour le général, ce rôle d'*interprète* ne devait pas être le moins intéressant.

Membre du Conseil d'Administration de la Société de Photographie depuis 1899, il devenait vice-président de ce Conseil, puis président en 1912.

M. Helbronner, qui lui a succédé à la tête de la Société depuis 1929, résume ainsi les travaux de son prédécesseur :

Sans entrer dans le détail de tout ce que la Société française de Photographie et de Cinématographie a recueilli des témoignages incessants de l'intérêt qu'il lui a prodigué, je rappellerai, pour ceux qui n'ont pas spécialement suivi les efforts de son action, que le général Sebert, s'attache à préciser le langage photographique, à fonder de puissants laboratoires d'essais, à diriger les travaux du premier Congrès international de Photographie qui se tint à Paris en 1889, à provoquer l'interchangeabilité des pièces primordiales des appareils, en unifiant les moindres détails,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

c'est-à-dire par exemple les vis, les filetages des montures, les planchettes d'objectifs, en classant les essais sensitométriques, en créant des étalons de lumière, de densité des clichés, de gammes de tons des épreuves, enfin en perfectionnant bien d'autres moyens de mise en ordre des richesses formant le potentiel des progrès scientifiques et artistiques de l'humanité, progrès dont la France peut revendiquer la plus large part, dans la tradition des découvertes datant de Niepce et de Daguerre.

*
* *

Cette question d'unification appliquée aux sciences et aux arts photographiques n'était d'ailleurs, pour le Général, qu'un cas particulier d'un ensemble de mesures d'objet beaucoup plus étendu : je veux parler de la *normalisation*, si fort à la mode actuellement, à la fois dans les milieux scientifiques, industriels et commerciaux.

A ce propos, il n'est pas inutile de rappeler tout d'abord, les origines, plus anciennes qu'on ne le suppose d'ordinaire, de cette question.

A la suite de l'intense propagande faite par l'Allemagne, depuis la création, en décembre 1917, d'un « Office de Normalisation », le public est, en effet, tenté de croire que la normalisation est une invention germanique. On doit avouer que le *Dinbuch* publié par cet office, constitue en somme, le premier ensemble cohérent qui ait été porté à la connaissance du monde industriel.

Il est regrettable, au point de vue de notre position dans le monde, que tous les travaux de cet ordre effectués en France soient ignorés des étrangers et même de beaucoup de Français. Nous devons réagir contre cette carence, en intensifiant la publication, dans la presse technique, de tous les travaux antérieurement faits, et de ceux que la France reprend à l'heure actuelle. C'est là de la bonne politique économique et même commerciale.

Au point de vue historique, je crois intéressant de rappeler (on excusera cette incursion rétrospective dans un domaine qui m'est familier, celui de l'artillerie) que, dès le XVIII[e] siècle, la diversité des dimensions des bouches à feu rendait déjà fort difficile l'approvisionnement des places et des armées. C'est ce qui amena Vallière, Inspecteur général d'Artillerie à l'époque, à fixer dès 1732, voici donc près de 200 ans, la série *normale* des bouches à feu en service.

En 1765, Gribeauval acheva l'œuvre de Vallière, son prédécesseur, en fixant, dans les plus petits détails, les dimensions des autres parties du matériel d'artillerie, c'est-à-dire des affûts, des voitures et des attirails divers. Le colonel d'artillerie Fontanès, ancien chef de l'Atelier de Précision de la Section technique de l'Artillerie, présenta à l'Exposition de Physique et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

T. S. F., tenue fin 1923, à Paris (Grand Palais des Champs-Élysées), les curieuses *Tables de construction proposées ou approuvées, depuis 1764 jusqu'en 1789, par* M. DE GRIBEAUVAL.

Mais, l'unification des dimensions aurait été une amélioration illusoire si l'on n'avait pas assuré, en même temps, celle des mesures. Or, cette unification avait été réalisée dès 1668, c'est-à-dire il y a près de 250 ans, dans les divers arsenaux : l'unité était la *toise de Chatelet* (1,949 m), dont le sixième était le *pied de Roy* (0,325 m), qui se subdivisait lui-même en 12 *pouces* de 27,07 mm; le pouce valait 12 *lignes* de 2,25 mm, chacune valant elle-même 12 *points* de 0,19 mm.

La fin du XVIII[e] siècle devait d'ailleurs voir la France procéder à une unification d'une tout autre envergure : celle du *Système métrique des Poids et Mesures*, œuvre magistrale de la Convention, dont notre pays peut tirer une légitime fierté.

Un Atelier de Précision fut créé auprès du Service de l'Artillerie. Chargé de fournir les instruments de mesures et les vérificateurs aux divers établissements, il appliqua naturellement le nouveau système à tous les étalonnages.

Les années passèrent, et l'Atelier de Précision de l'Artillerie joua son rôle de « chef d'orchestre », pour tous les établissements producteurs. Il recherchait, en même temps, l'augmentation de la précision, par un resserrement progressif des tolérances de fabrication, dont l'aboutissement devait être *l'interchangeabilité*.

Ce problème de l'interchangeabilité se posa d'une façon tout à fait concrète, lors de la mise en fabrication en grande série du fusil modèle 1886. Il devait se poser à nouveau, vers 1895, au moment où l'on adopta le canon de 75, qui, depuis, a fait la grande guerre.

Mais alors, l'interchangeabilité fut d'autant plus importante à résoudre que, pour assurer le secret et permettre à notre pays une avance considérable dans son armement, il était essentiel de pouvoir confier la construction des diverses parties du matériel à n'importe quel établissement de l'État, un seul étant chargé du montage.

Du seul point de vue purement industriel, la construction du matériel de 75 modèle 1897 fut une fabrication de série extrêmement importante, où le problème de l'interchangeabilité fut résolu d'une manière brillante qui fait le plus grand honneur au génie français.

Cette œuvre est peu connue, même de nos compatriotes. Il était bon je crois de le signaler, ne serait-ce que pour orienter certaines puissances étrangères sympathiques à la France qui, dès l'apparition du *Dinbuch*, se sont placées bénévolement dans le sillage de l'Allemagne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'arme sœur du Génie militaire, on s'était également fort intéressé aux questions de normalisation. C'est ainsi que le capitaine Charles Renard, l'illustre inventeur du premier ballon dirigeable *La France*, frère aîné de notre collègue, le colonel Paul Renard, avait porté son attention sur l'opportunité de réduire au strict minimum les échantillonnages des divers cordages utilisés dans l'aérostation.

Faisant choix d'une échelle rationnelle spécialement appropriée, il imagina dès 1875 la célèbre *série décimale* qui porte son nom, et l'appliqua aux poids à retenir, pour le mètre courant des divers cordages nécessaires [2].

La série décimale Renard a reçu depuis de nombreuses extensions, et est actuellement plus que jamais à l'ordre du jour en matière de normalisation.

Dans les milieux industriels français, l'idée de normalisation se faisait également jour, et trouvait des adeptes fervents dès 1891.

Sur l'initiative de M. Sauvage, une commission spéciale, la *Commission pour l'Unification des Filetages*, fut créée au sein de la Société d'Encouragement pour mettre à l'étude la question de l'unification des filetages et des vis de toutes dimensions employées dans les constructions mécaniques.

Un important mémoire avait été rédigé, à ce sujet, par M. Sauvage, d'après les informations que ses relations personnelles avec les compagnies de chemins de fer lui avaient permis de recueillir. La Commission devait utiliser, en outre, les renseignements réunis sur les différents systèmes de filetages par le général Sebert, pendant qu'il dirigeait le Laboratoire central de la Marine.

L'autonomie relative des navires de guerre, portant chacun leur artillerie propre, permet à la Marine, par une diversité de matériel inconnue aux armées de terre, de suivre pas à pas les progrès de la science au fur et à mesure de l'entrée en service de nouvelles unités.

Pour cette raison, et aussi parce qu'elle a des besoins normalement moindres en quantité que ceux de l'artillerie de terre, l'artillerie navale n'a pas à envisager de fabrications en aussi grandes séries, de sorte que, en dehors du cas spécial des projectiles, les questions de normalisation ne présentent pas pour elle la même importance.

Elle s'y intéressa pourtant toujours, et c'est ainsi notamment que, sous l'active impulsion de son fondateur, le Laboratoire central avait été doté d'un Atelier de Métrologie, dont l'action centralisatrice s'étendait non seulement aux établissements de la Marine, mais encore aux usines de l'industrie privée.

(2) Voir dans le *Bulletin* de mars 1921, p. 309, le compte rendu de la communication, faite en séance publique le 26 février 1921, sur *la standardisation des cordages*, par le lieut.-col. P. Renard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur la question spéciale de l'unification des filetages, le général Sebert apporta en 1891 à la Société d'Encouragement, ou plus exactement à la Commission susvisée dont il était devenu le président, la riche moisson des données expérimentales et pratiques recueillie par le Laboratoire sous sa direction éclairée.

A la suite du mémoire initial de M. Sauvage, un rapport fut établi le 10 mars 1893 par M. Georges Richard, agent général de notre Société, pour proposer, au nom de la Commission susvisée, l'adoption du système en usage depuis 1856 au département de la Marine, et, qu'après examen, on avait trouvé le plus simple.

Une enquête fut faite auprès de toutes les personnes, services ou établissements constructeurs faisant usage de vis métalliques (voir *Bulletin* d'avril 1893, à avril 1894). Le 10 mai 1894, une grande réunion des intéressés fut tenue en l'hôtel de notre Société, et les conclusions se traduisirent par des règles qui furent insérées dans le *Bulletin* de juin 1894.

Le système auquel on s'était arrêté concernait les seules vis métalliques de diamètres supérieurs à 6 mm. Il fut désigné par les lettres S. F. (*système français*), ou S. E. (*système de la Société d'Encouragement*). On indiquait, en même temps, les règles qu'il y aurait lieu d'observer, en vue d'adopter une jauge décimale métrique pour l'étirage des fils métalliques. Enfin on suggérait, sans en préconiser formellement l'emploi, la prise en considération des règles de M. le professeur Thury, pour l'établissement des vis de la série horlogère.

Grâce aux démarches personnelles du général Sebert, le système français fut adopté par le département de la Marine, à la suite d'une circulaire du 14 février 1895, et une deuxième circulaire du 28 décembre suivant édictait de nouvelles dispositions interprétatives, pour les arsenaux et établissements de la Marine.

C'est vers cette époque, que l'Union suisse des Industriels mécaniciens se préoccupa des résultats obtenus en France. Dans le but de faire adopter une unification internationale des filetages pour les vis métalliques, elle constitua un comité d'action, qui provoqua la tenue à Zurich, d'un Congrès international spécial.

Ce congrès, qui tint sa session du 2 au 4 octobre 1898, réunit un grand nombre d'ingénieurs et de constructeurs délégués par les sociétés techniques de différents pays, et notamment d'Allemagne, de France, d'Italie et de Suisse.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale y était représentée, et c'est le système de filetages qu'elle avait déjà réussi à faire adopter en France, qui fut admis par le Congrès, avec quelques légères retouches qui n'en modifiaient pas les bases essentielles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce système reçut la dénomination de *système international* (S. I.). Le *Bulletin* de la Société de mars 1899 l'exposa, en donnant le compte rendu des travaux du Congrès. Les règles d'application du système international furent arrêtées définitivement par la conférence internationale chargée de la rédaction (avec le concours de la Société), et furent publiées le 20 octobre 1900.

Des circulaires, adressées par la Société aux constructeurs français, en recommandèrent l'adoption et demandèrent des renseignements sur les mesures prises à cet effet, et sur les résultats obtenus.

Un rapport établi le 10 juillet 1903, par M. Sauvage, fit connaître ces résultats, et montra que le système international se répandait rapidement.

Toutefois, les progrès successifs réalisés dans les constructions, et le développement pris par de nombreuses industries, notamment par les industries électriques, conduisaient forcément à étendre l'unification des filetages aux nombreuses vis de plus petits diamètres, et surtout à celles entrant dans la construction des machines de précision pour lesquelles, de plus en plus, on avait besoin d'obtenir l'interchangeabilité des pièces.

La Société d'Encouragement fut ainsi amenée à continuer ses études, pour étendre, si possible, l'unification des filetages aux vis de diamètres inférieurs à 6 mm.

Le système de vis à pas métrique proposé par M. Thury, pour les vis dites de la *série horlogère*, ne paraissait pas susceptible d'une application intégrale aux vis de *petite mécanique*, et la Société avait été saisie, par une note signée du président du Syndicat professionnel des Industries électriques et de son rapporteur, notre regretté collègue M. Ch. Zetter, d'une proposition d'unification de ces dernières.

L'étude de cette question fut entreprise en 1904, et le rapport du 25 juin 1905 fixait les dimensions de 12 *vis normales* à adopter, entre les diamètres de 1 mm et 5 mm. (3).

La Société d'Encouragement eut la satisfaction de voir ses propositions nouvelles successivement adoptées par un grand nombre de constructeurs d'instruments de précision. Le ministre de la Marine les rendit obligatoires par une circulaire du 15 janvier 1907, et celui de la Guerre par une décision du 27 novembre 1908.

Ces mêmes propositions pour les vis de petite mécanique, aussi bien que celles concernant la série principale devenue internationale, furent entérinées par la Commission permanente de Standardisation créée par décret du 10 juin 1918 (voir notamment le fascicule $E_2$ qui concerne cette normalisation).

(3) Voir les *Bulletins* de septembre 1904, juin et octobre 1905.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On trouvera, dans notre *Bulletin* [4], deux notes très intéressantes, l'une de notre collègue M. Androuin et l'autre de P. Pernollet, sur cette conclusion pratique des travaux de notre Société.

Comme président de la Commission pour l'Unification des Filetages, le général Sebert avait été l'animateur de ces magistrales études. Il fallait à la fois, pour vaincre les résistances et les routines, de l'autorité, de la volonté, de la ténacité et de l'activité; notre regretté collègue réunissait toutes ces qualités au plus haut point. Comme le résume en un saisissant raccourci, M. Sauvage, particulièrement bien placé pour juger les résultats d'une œuvre qu'il avait lui-même amorcée,

Sebert a pris part à l'unification des filetages. Lorsque la Société a commencé l'étude de cette question, il lui a apporté une riche collection de documents qu'il avait déjà rassemblés sur ce sujet, et il n'a pas cessé de lui prêter le concours de son expérience.

On trouve dans le *Bulletin* ses nombreuses communications sur les filetages; elles sont mentionnées, ainsi que toutes celles qui se rattachent à ce sujet, dans la note bibliographique, rédigée par M. Cellerier, à la suite de l'intéressant résumé historique, par le général Sebert, des travaux de la Société pour l'unification des filetages (*Bulletin* de septembre-octobre 1919, p. 177).

L'œuvre considérable déjà accomplie n'est cependant qu'un début.

Aujourd'hui, ce ne sont plus seulement les organes d'un emploi très général comme les filetages qu'on s'occupe d'unifier, mais, à la suite de l'initiative de la Société d'Encouragement, on a reconnu de tels avantages à l'unification de tous les objets exécutés en grand nombre, que d'importantes commissions, tant à l'étranger qu'en France, travaillant à l'établissement des *normes*, qui facilitent la construction et l'entretien de la plupart des produits de l'industrie.

Nul doute que, si le général Sebert eût conservé la plénitude de ses forces au cours de ces dernières années, il n'eût marqué d'une empreinte profonde les réalisations actuelles dans ce domaine élargi.

*
* *

Les travaux si variés auxquels on vient de faire allusion auraient pu suffire à remplir une longue carrière, mais l'activité du Général était inlassable.

C'est ainsi qu'en 1900, il présida l'Association française pour l'Avancement des Sciences. Il consacra en outre une grande partie de son temps à deux sociétés qui portaient spécialement appui à ses idées philosophiques : l'Institut international de Bibliographie et la Société française pour la Propagation de l'Esperanto.

(4) Voir le *Bulletin* de septembre-octobre 1919, p. 145; de juin 1927, p. 405, et de juin 1929, p. 500.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

Dans le *domaine bibliographique*, il ne s'agit plus d'établir des normes pour unifier les formes et les dimensions d'éléments mécaniques, mais de classer des connaissances et d'établir un catalogue intellectuel. Cependant, c'est toujours dans le plan international qu'on opère.

Aussi, dès 1895, au Congrès, tenu à Bruxelles, le Général est-il un des fondateurs de l'Institut bibliographique, et devient-il le fidèle collaborateur de M. Paul Otlet, l'éminent directeur de cet Institut. Tâche énorme et confuse où tout était à définir, le but et la méthode. M. Otlet résume ainsi l'atmosphère de ces débuts :

> En 1895, il y a 35 ans, l'horizon bibliographique était assez simplifié. Il semblait que les sciences dites humaines, les sciences historiques, les sciences philologiques eussent alors un grand appareil bibliographique, mais que les sciences naturelles, physiques, mathématiques, que l'industrie, toute la technique, qui commençait à prendre un si grand développement, que les sciences sociales, celles qui sont devenues les sciences sociales et qui n'ont pas encore leur front commun dans une sociologie qu'avait voulu fonder Auguste Comte, mais qui, en fait, ont des liens tellement importants que la connaissance des travaux faits dans tous les domaines y était une nécessité qui apparaissait immédiate; à ce moment-là, donc, de nombreuses sciences frappaient à la porte de la bibliographie.
>
> C'était aussi le moment où les bibliothèques n'avaient pas encore fait leur grande transformation. Elles commençaient à la faire. L'Angleterre, l'Amérique avaient donné des premières indications que la bibliothèque pouvait devenir une sorte d'université complémentaire, l'Université du Livre, en face de l'Université parlée; mais on ne le disait pas encore à ce moment, bien qu'en réalité les instituts fussent nombreux de la science cherchée.

On entreprit tout d'abord la constitution d'un répertoire bibliographique universel, permettant d'établir la catalographie future. Pour cette œuvre, on eut recours à la *classification décimale*, idée américaine, pratique, mais qu'il s'agissait d'adapter pour lui permettre d'embrasser les extrêmes détails. La France prit une grande part à cette œuvre; rien que pour l'édition française de la classification, il fallut 40 000 divisions.

L'Institut international, dont le siège fut définitivement fixé à Bruxelles, partagea le travail entre divers pays. C'est ainsi que les sciences biologiques échurent à la Suisse, sous la direction éclairée du Dr Richet, et que le Bureau bibliographique de France, présidé par le général Sebert, se spécialisa dans les sciences théoriques et appliquées.

La Société d'Encouragement prêta gracieusement un local à ce dernier organisme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1910 se réunit à Bruxelles le premier Congrès mondial des Associations internationales. Il en vint 130 des plus diverses.

Le Général était vice-président de ce grand Congrès. Il était toujours heureux de venir en Belgique, pensant que, dans une nation indépendante, mais de langue française, l'action de la France pouvait être plus importante au point de vue international que sur son propre territoire.

Hélas, ce pays, qui semblait garanti entre tous par la foi des traités, devait être le premier balayé dans le formidable raz-de-marée de la grande guerre, bouleversant et détruisant tout ce que les hommes de bonne volonté avaient édifié pour l'union universelle!

Mais après les années terribles, au milieu des ruines et des haines amoncelées, l'espérance humaine vit surgir la jeune Société des Nations, qui consacra l'idéal servi par le Général, comme par tous les apôtres de la paix.

A Genève, une Commission de Coopération intellectuelle fut réunie. Elle décida la constitution d'un Institut permanent, dont le siège fut fixé à Paris. Et voici la conclusion de M. Otlet à cet égard :

Je vous disais, en débutant, combien a été relativement limité l'horizon de 1895 en ces matières; nous voici arrivés non pas au sommet des montagnes, mais déjà bien haut au-dessus des vallées.

Ce qui s'est passé depuis 10 ans dans le monde est considérable, à tous les points de vue. La coopération est devenue la seconde nature de l'homme, peut-on dire; elle est une nécessité. Pour cela, il faut des méthodes strictes.

La rationalisation pénètre partout. C'est bien une vieille idée française pour une grande part, l'idée française de l'usage de la raison pour faire des choses raisonnables, et, dans ses actions, ne pas faire le gaspillage des forces intellectuelles, ni des forces matérielles.

Quand on peut logiquement, et rationnellement, et sytématiquement, poursuivre cela, pénétrer dans le domaine du livre, le livre se transforme, l'enseignement se transforme, l'exposé des sciences a des besoins de plus en plus rigoureux.

Et peut-être, si quelque jour il se crée cette cité mondiale dont a besoin la Société des Nations — car on ne peut pas imaginer que la Société des Nations ne deviendra pas une immense organisation, elle l'est déjà, — et cette cité mondiale sera une nécessité pour elle d'autant plus grande dans ses espérances qu'elle voit qu'on a créé la Cité vaticane pour les besoins spirituels, et que, si l'on a créé la Cité vaticane, on peut créer, pour les besoins temporels de l'humanité, une cité indépendante et libre — alors le livre y jouera son grand rôle, la documentation y jouera son grand rôle.

Et quand notre Institut international sera appelé à avoir également sa part dans cette cité, c'est là que nous mettrons définitivement et à sa vraie place l'effigie réelle du général Sebert, parce qu'il continuera à vivre dans une œuvre qu'il a animée de tant de lui-même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*
* *

En dehors de cette grande question de la bibliographie mondiale, il est curieux de constater, à quel point le Général était toujours prêt à s'employer pour tous les sujets qui rentraient dans l'ère de ses préoccupations. Nous le voyons, par exemple, s'intéresser vivement à la *réforme du calendrier*.

En 1884, la Société astronomique de France avait ouvert un concours pour élaborer un *calendrier normal*. On s'était beaucoup occupé de cette question, pensant presque la voir se réaliser, malgré de nombreuses objections. Après la guerre, elle fut remise à l'ordre du jour par des communications faites à l'Académie des Sciences par MM. BIGOURDAN et DESLANDRES.

La Société d'Encouragement constitua une Commission spéciale pour étudier la question.

Le général Sebert, qui en fut le président, commença par étudier minutieusement les divers calendriers existants, et les raisons astronomiques et historiques de leurs agencements respectifs. Ce lumineux exposé a été publié dans le *Bulletin* de la Société de juillet-août 1919 (p. 81 à 87).

A la suite de cette étude, et dans sa séance du 9 juillet 1919, la Commission émit le vœu qu'un congrès spécial soit réuni à bref délai, en vue d'étudier des conditions auxquelles doit satisfaire la réforme du calendrier, et soit mis en mesure de proposer une solution susceptible d'adoption internationale.

Au point de vue pratique, le général Sebert faisait prévaloir les avis suivants :

1° La Société estime que la réforme du calendrier doit être effectuée en cherchant à troubler le moins possible les habitudes populaires;

2° Elle croit que, pour la préparer, il y a lieu de chercher à provoquer la substitution du calendrier grégorien au calendrier julien chez les peuples qui font encore usage de ce dernier;

3° Elle croit désirable de limiter au minimum la variation de la date de Pâques;

4° Elle croit que le projet de réforme du calendrier grégorien doit être cherché, de préférence, parmi ceux qui permettraient de conserver la succession continue des semaines;

5° Elle pense qu'il y a lieu de maintenir la division de l'année en douze mois, susceptibles d'être groupés en trimestres égaux;

6° En ce qui concerne la date du commencement de l'année civile, elle ne croit pas utile de changer celle du 1er janvier.

7° En ce qui concerne le numéro d'ordre des années des ères en usage, elle ne croit pas qu'il y ait lieu de se préoccuper de commencer une ère nouvelle avec la réforme qui pourra être adoptée, la décision, au sujet du numérotage des années d'une ère nouvelle, pouvant être prise à une époque quelconque, et ne méritant de l'être que lorsque l'origine de cette ère nouvelle remonte à une époque suffisamment éloignée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Éloigné de toute idéologie stérile, le général Sebert cherchait ainsi à faciliter une solution immédiatement réalisable, qu'il n'a malheureusement pas eu la satisfaction de voir aboutir.

Toutefois, on peut prévoir, à certains indices récents, que la question sera prochainement reprise avec quelque chance de succès. Les rapports toujours plus fréquents entre les peuples doivent affaiblir les particularismes locaux et faciliter une réforme à la fois rationnelle, logique et éminemment désirable.

* * *

Dans un autre ordre d'idées, mais toujours attaché à la même pensée d'union humanitaire, le Général devait souffrir de l'initiale complexité des langues, parmi lesquelles l'orgueil de chaque peuple empêche de choisir la langue universelle.

Les savants et les voyageurs avaient autrefois, pour se comprendre partout, conservé le latin, qui fut si longtemps la seule langue écrite, et qui se trouve encore actuellement le lien du monde catholique. Mais que faut-il maintenant pour sortir du chaos de la nouvelle Babel, pour mettre en ordre les connaissances acquises dans les divers pays, sans se heurter à l'incompréhension réciproque?

Apprendre d'une manière forcément rudimentaire les diverses langues parlées répugne à l'esprit cultivé du Général. Aussi est-ce à une autre solution qu'il se rallie, celle d'une *langue artificielle auxiliaire* se superposant aux autres, sans les supplanter, instrument pratique, susceptible de se plier aux découvertes et aux idées les plus nouvelles.

Je citerai à ce sujet l'extrait suivant du discours que prononça M. Coutaux, directeur de l'Hôpital Cochin, secrétaire de la Société française pour la Propagation de l'Esperanto, remplaçant aux obsèques son président M. Archdeacon, empêché.

Au nom de la S. F. P. E., au nom des 13 fédérations régionales françaises, des groupes de propagande espérantiste, de la Fédération universitaire, de l'Association des Aveugles et du Radio-Club espérantiste de France, je viens saluer la mémoire de celui qui a consacré 32 ans de sa vie à la propagation de nos idées, à l'extension mondiale de notre mouvement.

Bien avant que la Chambre de Commerce de Paris, suivie aussitôt par 21 autres chambres de commerce, ait, à l'unanimité de ses membres, décidé de se rallier à l'espéranto, et de le faire enseigner, dans toutes les écoles placées sous son contrôle, — le général Sebert avait créé à Paris, sur de larges bases, un Office central espérantiste, et obtenu peu à peu l'adhésion, au principe d'une langue auxiliaire, de la majorité de ses collègues de l'Académie des Sciences, ainsi que d'un grand nombre de personnalités des milieux intellectuels les plus divers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il pensait, avec juste raison, que le mouvement espérantiste ne pouvait aboutir s'il ne s'appuyait sur une organisation puissante, capable de coordonner toutes les les forces, de centraliser toutes les informations, de réunir d'abondantes ressources, sans lesquelles aucun travail sérieux n'est possible.

Ce n'est qu'en 1905 cependant, après le premier Congrès international espérantiste de Boulogne-sur-Mer, que furent fondés le Comité linguistique, chargé de contrôler l'évolution de la langue, et le Comité permanent des Congrès, placé sous sa présidence.

Le Général fondait bientôt, avec l'aide du Dr Javal, l'Office central espérantiste, chargé des besognes de secrétariat des deux comités nouveaux, et de s'occuper de toute la statistique, de la documentation des organes de propagande et de la bibliographie.

Jusqu'à la guerre, l'Office fonctionne sous la direction personnelle du général Sebert, avec 8 employés, et aboutit à la création d'un vaste mouvement étayé par 1870 associations de propagande, avec 150 journaux et revues espérantistes, 3.000 ouvrages divers édités en espéranto ou pour l'espéranto, et un très gros bulletin officiel international.

Dix congrès furent ainsi préparés par le Général, jusqu'à celui de Paris qui réunissait le 2 août 1914, 4.200 congressistes, et qui dut être ouvert et fermé en même temps.

. . . . . .

Au lendemain des hostilités, il reprit la tâche d'organisation qu'il s'était assignée, et de toutes parts, en France et dans le monde, les groupes de propagande reprirent progressivement leur activité. Les sociétés savantes espérantistes se reconstituèrent, et l'Académie reprit ses travaux.

Notre mouvement, grâce à lui, aboutit enfin au considérable développement qu'il a atteint aujourd'hui dans tous les domaines de l'action et de la pensée.

*
* *

Nous venons de suivre le général Sebert d'abord dans ses années de jeune officier colonial, puis d'artilleur technicien de haute classe. Nous l'avons vu plein d'initiative et de persévérance, créer, organiser, diriger, développer le Laboratoire central de la Marine où s'élaboraient les progrès de son arme.

Enfin, après sa retraite, nous l'avons retrouvé se bâtissant en pleine indépendance une nouvelle vie d'étude et d'activité raisonnée. Dans cette dernière période, il devait d'ailleurs utiliser l'expérience acquise au cours de sa brillante carrière. Resté militaire par la discipline, il savait l'inanité des efforts dispersés et semblait avoir pris comme devise : « Classer et unifier pour progresser ».

C'est ainsi que, cultivant le bel idéal d'union humaine dont il fut un des précurseurs, il s'efforça dans le domaine scientifique, le sien, de développer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les moyens de compréhension, pensant, avec sa sereine intelligence, que les haines et les guerres ne naissent le plus souvent que de malentendus.

Cet amour de la paix et de l'union n'était pas resté chez lui purement théorique, mais imprégnait ses relations d'une entière aménité, comme en témoigne d'ailleurs la dernière phrase du discours de M. l'Inspecteur général VIEILLE :

Je n'ajouterai qu'un mot sur son caractère : il était d'une grande bonté, et ceux qui l'ont suivi au cours de sa longue carrière, assurément mouvementée, lui restent profondément attachés.

Lorsque la vieillesse et la maladie vinrent restreindre, puis paralyser ses efforts, il continua à s'intéresser à l'ensemble de ses travaux antérieurs, et tint vraiment jusqu'au bout.

Autant dans les conseils des firmes industrielles qui, si longtemps, avaient fait appel à ses lumières, que dans les associations, à but purement désintéressé, pour lesquelles il s'était prodigué avec le meilleur de lui-même, il tint à garder sa place, à ne pas abdiquer.

A la Société d'Encouragement, en particulier, aux séances publiques, comme aux réunions du Comité des Arts économiques qu'il présidait, nous l'avons vu presque tout l'an dernier arriver exactement encore, et, malgré la souffrance inscrite sur son visage, rester parmi les derniers.

On est saisi d'admiration en lisant les témoignages de ses collègues et de ses collaborateurs sur cette surprenante énergie. Rien ne peut d'ailleurs mieux le rendre que ces paroles extraites du discours prononcé par M. LECORNU, le 27 janvier 1930, à l'Académie des Sciences.

Ses dernières années s'écoulèrent moralement et physiquement dans la douleur. Telle est, hélas ! trop souvent, la rançon d'une grande longévité.

Il eut à subir le cruel déchirement du veuvage, puis il fut atteint d'une pénible maladie, en même temps que sa vue s'affaiblissait progressivement. Pourtant, il persista, aussi longtemps que ses forces le lui permirent, à fréquenter assidûment nos séances.

Malgré son beau courage, la mort a dû être accueillie comme une délivrance par notre regretté confrère.

Le général Sebert s'éteignit le 23 janvier 1930. Le 27, il fut transporté à Verberie (Oise) et inhumé non loin de sa maison natale, dont il avait pieusement conservé la propriété.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE MOTEUR DIESEL ET LES MOTEURS A COMBUSTIBLES LOURDS

par M. PAUL DUMANOIS, *membre du Conseil,*
*directeur des Services techniques de l'Office national des Combustibles liquides.*

Depuis 1893, date où le Dr Rudolf Diesel publia sa brochure sur un nouveau moteur destiné à remplacer tous les autres, le moteur Diesel a franchi une étape dont l'importance se mesure par la différence qui sépare le premier moteur de 15 ch, construit en 1896, du moteur actuel de 15.000 ch de la Centrale électrique de Hambourg.

Sous sa forme définitive, avec injection par air comprimé, le moteur Diesel à allure lente est devenu classique et véritablement au point. Les progrès récents les plus intéressants sont relatifs à l'utilisation de la chaleur perdue. Une première solution a été donnée par le moteur Still qui utilise cette chaleur pour la production de la vapeur. Les gaz d'échappement sont évacués dans le foyer d'une chaudière sur le circuit de circulation d'eau de laquelle est intercalée l'enveloppe des cylindres moteurs, de telle façon que la chemise de ceux-ci constitue une véritable surface de chauffe supplémentaire de la chaudière. Chaque cylindre moteur est à deux temps double effet; l'effet supérieur fonctionne en Diesel (avec injection mécanique), l'effet inférieur avec la vapeur produite par la récupération. On peut obtenir ainsi un rendement d'ensemble à toute puissance qui peut atteindre de 38 p. 100 à 40 p. 100, soit une consommation par cheval-vapeur de 165 à 167 g d'un combustible ayant 10.000 cal au kilogramme, soit un gain de rendement de 6 à 7 p. 100 par rapport au moteur Diesel ordinaire. Ce gain de rendement diminue d'ailleurs avec la puissance. Et, il a comme contre-partie les sujétions résultant de l'emploi même de la vapeur.

Une autre solution applicable aux moteurs à quatre temps consiste à utiliser la force vive et la chaleur des gaz d'échappement dans une turbine qui actionne un compresseur d'air; l'air ainsi obtenu est envoyé dans les cylindres du moteur; il assure un balayage des gaz brûlés restant dans l'espace mort et permet d'effectuer le remplissage des cylindrées à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Il est donc possible d'injecter dans le cylindre une quantité de combustible plus grande, et sous réserve que la proportion de poids du combustible au poids d'air reste constante, on peut ainsi augmenter la puissance maximum fournie par le moteur, tout en conservant les mêmes qualités de combustion.

Si, en sortant du compresseur, l'air est ramené à la température ambiante,

(1) Communication faite par l'auteur en séance publique le 22 mars 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la température en fin de compression est la même que dans le cas du remplissage à l'air libre, la température de combustion demeure la même; seule la température d'échappement est plus élevée. Par ailleurs, le rendement organique augmente avec la puissance, ce qui contre-balance le fait que la détente est moins poussée.

En résumé, il est possible ainsi de faire produire à un moteur donné une puissance notablement supérieure à celle qui est produite sans turbo-compresseur.

Cette solution, étudiée dans plusieurs pays, a reçu une réalisation tout à fait remarquable de la part de M. Rateau, à la mémoire duquel j'adresse un hommage profondément ému et respectueux. Le turbo-compresseur Rateau a été installé récemment sur des moteurs Burmeister et Wain des navires *Agamemnon* et *Menestheus*, de la Blue Funel Line; ces moteurs, dont la puissance maximum était de 3.300 ch, font, avec le turbo-compresseur Rateau, 4.300 ch en puissance normale et 5.000 ch en surchage. *Agamemnon* est rentré au début de l'année, après un voyage Liverpool-Yokohama par l'Australie, qui a montré que le problème était parfaitement résolu.

Or, l'ensemble du turbo-compresseur Rateau pèse 8 t, avec un très faible encombrement, pour un gain de 1.000 ch. On arrive ainsi à obtenir 30 p. 100 de puissance supplémentaire pour un poids de 8 kg par cheval, alors que le poids moyen du cheval pour un moteur marin dépasse largement 50 kg. De plus, pour toutes les allures allant des trois quarts de la charge normale, sans turbo-compresseur, jusqu'à la puissance normale avec le turbo-compresseur, on a une consommation sensiblement constante et notablement meilleure que celle que réaliserait un moteur Diesel sans turbo-compresseur et donnant la même puissance que le moteur avec le turbo-compresseur.

* * *

Ainsi donc, si nous en revenons au moteur Diesel, nous pouvons considérer que, sous sa forme définitive, il est au point.

Le grand intérêt des moteurs Diesel, c'est de brûler des combustibles lourds, peu coûteux, précisément parce qu'ils sont difficilement inflammables, c'est-à-dire inutilisables dans les moteurs à explosion actuels. Il en résulte une sécurité d'emploi extrêmement grande.

Il est certain que cet intérêt d'utiliser des combustibles lourds et peu dangereux devait conduire tout naturellement à poser le problème des moteurs à grande puissance massique pouvant se substituer aux moteurs utilisant l'essence.

A l'origine du moteur Diesel, le problème n'a tenté personne. Il faut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dire, en effet, que la mise au point du moteur Diesel a été longue et difficile. Tous ceux qui l'ont suivie au début n'ont pas eu que des satisfactions avec ce moteur nouveau; en particulier, le compresseur était un outil extrêmement ennuyeux; parfois dangereux. Je me souviens des premiers essais de moteurs Diesel. Sur 100 pannes, il y en avait bien 60 qui étaient des pannes de compresseur; mais enfin, que ce fussent des pannes de compresseur ou d'autres, c'étaient toujours des pannes de moteur. On a fait des progrès, et au point de vue du compresseur, la question est actuellement au point.

Signalons à ce propos une remarque intéressante. Un grand nombre d'incidents de compresseurs ont été la conséquence d'un excès de graissage, soit qu'il se produisît des explosions brutales et destructrices des cylindres, soit que les clapets cessassent d'être étanches par suite de dépôt de coke. On a une tendance très simple à expliquer ces phénomènes en disant que le compresseur marche en Diesel. Or, si l'on tient compte du fait que, entre deux étages de compression, le rapport de compression volumétrique dépasse rarement 6 et atteint exceptionnellement 8; qu'entre deux phases, l'air comprimé est refroidi énergiquement, si l'on tient compte par ailleurs de la qualité des huiles employées qui brûlent beaucoup plus difficilement que du gas oil, on en déduit que le fonctionnement en Diesel, autrement dit par auto-allumage de cette huile, sous l'effet de la compression adiabatique, n'est pas possible.

Nous pensons au contraire que le phénomène s'explique tout naturellement par l'application des théories et des résultats que nous avons trouvés à propos des moteurs à explosion, relativement à l'oxydation des hydrocarbures.

Il y a tout lieu de supposer que lorsqu'il y a excès de graissage, il se forme une véritable émulsion d'air et d'huile avec oxydation en phase liquide pendant la période de compression, oxydation qui libère des produits à point d'inflammabilité relativement bas, de l'ordre de grandeur de 200° à 250° seulement, et cela, d'autant plus facilement que, par rapport aux moteurs à explosion qui sont à allure rapide, les compresseurs des moteurs Diesel sont à allure d'un ordre de grandeur 10 fois plus lent, autrement dit, les réactions ont 10 fois plus de temps pour se produire.

Le moteur Diesel a été initialement considéré comme un moteur à allure lente; et cela s'explique très bien. Il n'y a pas mélange préalable de l'air et du combustible; il faut donc donner à celui-ci le temps de brûler.

Si nous prenons un moteur qui tourne à 180 t : min, par conséquent à 3 t : sec, la durée de la combustion doit correspondre au maximum, à 36° de manivelle, soit $\frac{1}{30}$ sec. Si nous voulons réaliser le même moteur tournant à 1.800 t : min, il faudra arriver à produire la combustion dans une durée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de $\frac{1}{300}$ sec. Ce simple raisonnement montre tout de suite la difficulté du problème.

*
* *

Avant d'aller plus loin, une question préalable se pose. Il ne servira à rien de faire un moteur utilisant les combustibles lourds si l'on ne peut trouver un approvisionnement suffisant. La première question qui vient tout naturellement à l'esprit est donc la question économique.

Le gas oil est un produit qui, par rapport à l'essence, en dehors de tous les impôts, taxes, droits de douane et autres, coûte actuellement sensiblement moins cher, mais si les automobiles, les camions, les avions se transforment de façon à utiliser des moteurs à gas oil au lieu de moteur à essence, le prix du gas oil va monter.

Il n'y a aucun doute; il montera; je l'ai écrit, mais je crois qu'il importe de donner quelques précisions.

Il est certain que si tous les moteurs à essence étaient remplacés par des moteurs à gas oil, c'est le gas oil qui aurait la valeur de l'essence. Or, nous sommes loin d'en être à ce stade.

A l'heure actuelle, il ne circule guère en service que quelques dizaines de camions en Angleterre, quelques centaines en France, et quelques milliers en Allemagne, utilisant des moteurs de l'espèce.

En ce qui concerne le moteur d'aviation, des résultats d'essais ont été obtenus en Angleterre, en Allemagne, aux États-Unis, en France, avec le moteur Clerget, mais on ne peut pas dire que, de ce côté non plus, une solution définitive soit au point.

On peut, d'ailleurs, se rendre compte de la lenteur relative que peut avoir sur l'élévation du prix du gas oil le développement du moteur à combustible lourd, à allure rapide, par la remarque suivante : Un cargo de 5.000 t, tonnage moyen des bateaux à Diesel d'une puissance de 1.400 ch environ, consomme plus de 6 t de gas oil par jour, soit annuellement 1.100 t, en admettant qu'il navigue un jour sur deux. Un camion ne dépense pas, en moyenne, par an, 11 t de gas oil.

On peut donc dire que la mise en service d'un tel bateau correspond à la mise en service de 100 véhicules.

Or, de juillet 1927 à juillet 1929, le nombre des bateaux à moteur est passé de 2.552 à 3.246. Les quelques milliers de moteurs à allure rapide mis en service pendant cette même période n'ont certainement pas eu d'influence sensible sur le prix du gas oil.

Évidemment, il y aura une question fiscale qui se posera, parce que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jour où le moteur à gas oil sera suffisamment développé, le fisc lui imposera des taxes en remplacement de celles perçues sur l'essence.

Cette échéance paraît lointaine et, jusqu'ici, il faut reconnaître que le fisc a compris qu'il avait intérêt à faciliter la création de cette nouvelle industrie; il a accepté de supprimer presque complètement les droits sur le gas oil employé à la production de la force motrice. Il est juste d'ailleurs d'avouer qu'à ce point de vue, nous avons reçu une leçon sérieuse.

Je vous disais tout à l'heure que le moteur Diesel s'était rapidement développé dans toutes les marines marchandes; j'aurais dû dire sauf dans une : la marine française. Et ce ne fut la faute ni des industriels ni des armateurs. Le gaz oil payait des droits tellement élevés que l'intérêt qu'on avait à employer le moteur Diesel ne compensait pas l'augmentation de prix du combustible. Il a fallu arriver à la loi de 1919, qui, elle, précisément, a supprimé presque complètement les droits de douane sur le gas oil, pour que l'industrie des moteurs Diesel se créât en France et se développât; mais il y avait un retard à rattraper.

Pour en donner une idée, si on classe les différentes marines marchandes suivant le rapport entre le tonnage des bateaux marchant au moteur Diesel et le tonnage total, nous voyons que la France occupe le dixième rang, avec 2,1 p. 100 après la Norvège, qui en a 41 p. 100, le Danemark, l'Italie, l'Allemagne, la Grande-Bretagne, l'Irlande, la Hollande, le Japon, les États-Unis.

Il est bien évident que lorsqu'il s'agit de construire un nouveau moteur, l'industriel qui le réalise ne le met pas au point du premier coup. Il faut donc une période de mise au point.

N'oublions pas que le moteur à explosion actuel, qui est aujourd'hui à une étape de réalisation telle qu'il peut être mis entre toutes les mains, a mis plus de 30 ans pour y atteindre; et il a fallu une collaboration constante entre les constructeurs et les utilisateurs.

Or le moteur à gas oil ne pourra se substituer au moteur à explosion que quand, aux qualités du moteur à explosion, il ajoutera sa qualité propre : la sécurité. Mais si, malgré la sécurité du combustible, il donne des difficultés d'exploitation que ne connaît pas le moteur à explosion, il ne se développera pas, à moins que, par ailleurs, il ne présente des avantages économiques incontestables.

En un mot, les constructeurs ne fabriqueront des moteurs à gas oil qu'à la condition de pouvoir les vendre; ils ne les vendront que s'ils trouvent une clientèle; ils ne trouveront une clientèle que si celle-ci a un intérêt à les employer.

Cet intérêt, on peut le trouver à l'heure actuelle dans le bas prix du gas oil, qui se maintiendra longtemps encore, j'en suis convaincu. C'est là le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

véritable moyen qui permettra la collaboration des constructeurs et des utilisateurs pour la mise au point définitive.

*
* *

Revenons maintenant au problème du moteur Diesel à allure rapide. Nous avons indiqué précédemment combien court était le temps pendant lequel pouvait se produire la combustion; si la durée de celle-ci augmente, la combustion se fera pendant la détente avec un rendement mauvais et une consommation exagérée. Il est bien évident, d'autre part, que la durée de combustion conditionne celle de l'injection, puisque le principe reste toujours le même : comprimer de l'air sans mélange préalable du combustible et du comburant, de façon à pouvoir utiliser les combustibles peu volatils.

Nous avons vu que l'injection des combustibles par l'air comprimé était au point pour le moteur Diesel à allure lente. Si on veut la réaliser dans le moteur à grande puissance massique, il faut gagner sur le poids de construction par tous les moyens possibles. Or le compresseur représente un poids important, sans compter que la réalisation d'un compresseur à allure rapide pose un nouveau problème de construction.

Enfin, le principe même de l'injection à l'air comprimé expose, au cas de non-étanchéité de l'aiguille, à une injection anticipée du combustible susceptible de provoquer des surpressions atteignant le triple de la pression normale, ce qui oblige à surdimensionner les pièces du moteur. Pour ces raisons, et en vue de gagner du poids, on a été naturellement amené à rechercher l'injection et la pulvérisation du combustible sans utiliser l'air comprimé.

Par ailleurs, dans le moteur Diesel à allure lente, le commencement de l'injection a lieu au point mort. Si l'on faisait de même dans le moteur à allure rapide, on n'arriverait pas à réaliser la combustion au voisinage du point mort. On est donc amené à introduire le combustible avec une certaine avance; l'allumage se produit un peu avant le point mort, et tout se passe, au point de vue théorique, comme si une partie du combustible était brûlée à volume constant, le reste à pression constante. On arrive ainsi à la conception d'un cycle mixte. Ce cycle a été étudié en France par Sabathé et par moi-même, qui en ai donné, en 1913, dans un mémoire couronné par l'Académie des Sciences, une étude détaillée.

Il est facile de voir que le rendement théorique d'un tel cycle est

$$r = \alpha\rho + (1 - \alpha)\rho',$$

$\alpha$ désignant la fraction de combustible brûlée avant le point mort,

$\rho$, le rendement du cycle théorique à volume constant correspondant au coefficient de compression volumétrique du moteur;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$\rho'$, le rendement thermique du cycle de combustion à pression constante pour le même rapport de compression volumétrique et pour un rapport du volume en fin de combustion au volume de l'espace mort correspondant à la fraction de combustible $1 - \alpha$.

On voit immédiatement que, pour faire varier la puissance, il y a intérêt à agir sur la fin de l'injection, plutôt que sur le commencement, de façon à réduire la partie du cycle à pression constante qui a un rendement plus faible.

Ceci étant, nous sommes amenés à examiner le problème de la pompe à injection et de son réglage : tout d'abord remarquons qu'il y a lieu d'éliminer le principe du réglage adopté pour la pompe à injection du moteur Diesel. Ce principe est le suivant. On laisse ouverte la soupape d'aspiration pendant un temps plus ou moins considérable de la période de refoulement. L'emploi d'un tel dispositif conduit en effet à agir sur le commencement de l'injection et non sur la fin.

On ne peut davantage songer à utiliser le principe de réglage des pompes employées sur les moteurs à boule chaude, dits semi-Diesel, dans lesquels le piston de la pompe a une course variable et où c'est également sur le début de l'injection que se fait le réglage. On est donc tout naturellement conduit au principe suivant : la course de refoulement de la pompe a une valeur constante et le circuit de refoulement comporte un pointeau de décharge à commande réglable. Ce dispositif a en outre un avantage fondamental. Il est en effet indispensable que l'injection à l'intérieur de la chambre de combustion puisse s'arrêter brusquement. Si en effet la pression de refoulement diminuait progressivement[1], la pulvérisation à la fin de l'injection serait moins bonne et se terminerait par de véritables gouttelettes qui brûleraient mal, sans compter qu'à la limite, l'injection pourrait se terminer par un suintement à la sortie de l'injecteur, qui encrasserait celui-ci.

Ce principe admis, remarquons que si la pompe, comme c'est le cas le plus général, fait l'injection directement dans la chambre à combustion, il sera nécessaire que la durée de son refoulement soit au plus égal à la durée maximum prévue pour la çombustion. Il y aura même intérêt à réduire encore, si possible, cette durée.

Si, en effet, la pulvérisation des combustibles s'améliore avec la valeur de la pression de refoulement, qui dans certains cas dépasse 400 kg:cm$^2$, la diffusion à l'intérieur de la chambre de combustion est fonction de la pression qui existe dans cette enceinte, pression qui est variable avec le mouvement même du piston moteur.

(1) Du fait de l'élasticité du tuyautage. Cet inconvénient disparaîtrait s'il était possible d'installer directement la pompe sur l'injecteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or les expériences effectuées par la M. A. N. semblent bien montrer que pour un certain rapport critique entre la pression d'amont et celle d'aval, la diffusion cesse de se faire. On peut donc concevoir que si la durée de l'injection est assez longue, le commencement puisse se produire en donnant une bonne diffusion au début, et à la fin une mauvaise si on est dans la zone critique; il y a donc intérêt à réduire au minimum la durée de l'injection, de façon à avoir la certitude d'être au delà de cette période critique. Dès lors, on arrive à des durées de refoulement correspondant à des angles de 20° à 30° qui entraînent, pour les organes en mouvement de la pompe, de moteurs dépassant 1 800 t:min, des accélérations de plusieurs centaines de fois l'accélération de la pesanteur. Il y a une difficulté mécanique qui est évidemment soluble, puisqu'elle a été résolue, mais qui montre que, dans l'état actuel, au point de vue mécanique, c'est la réalisation de la pompe qui pose le problème le plus délicat.

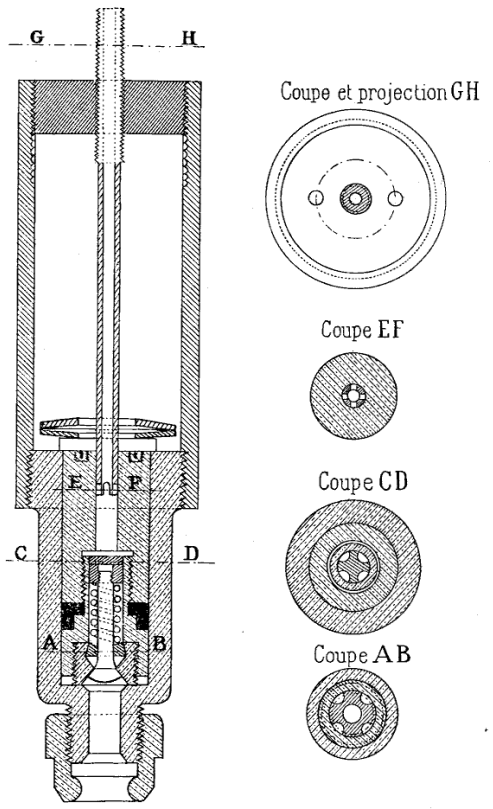



Fig. 1.

On peut, il est vrai, remédier à cet inconvénient et faire durer le refoulement de la pompe pendant un temps correspondant à près de 180° de la manivelle du moteur, pour la pleine puissance, en disposant sur le circuit de refoulement un accumulateur élastique; cet accumulateur restituera, au moment de l'ouverture de l'injecteur. en un temps uniquement fonction des données mêmes de cet accumulateur et que l'on peut rendre aussi petit que pössible, le combustible qui a été introduit pendant la course de refoulement.

C'est une solution de cette espèce que nous avons utilisée en 1910 dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des essais effectués au port de Cherbourg avec un moteur Diesel qu'on m'avait envoyé en oubliant d'y joindre le compresseur (fig. 1).

Ce principe semble devoir revenir en honneur. C'est celui qui, en particulier, a été adopté pour certains moteurs par la maison Sulzer. Le dispositif utilisé, à commande mécanique ou hydraulique, comporte une particularité intéressante : c'est l'accumulateur, en fin d'injection. qui assure le bloquage brutal de l'injecteur, de façon à interrompre instantanément l'injection (fig. 2).

Nous avons vu en effet que cette condition est fondamentale pour éviter une mauvaise combustion d'une partie de la charge et l'encrassement de l'injecteur; c'est cette condition qui impose le principe de l'emploi d'un pointeau de décharge commandé, sur les pompes qui refoulent directement. Certaines précautions sont d'ailleurs à prendre dans l'étude des circuits de refoulement; sans cela il est parfaitement possible, au moment de l'ouverture du pointeau de décharge, de produire à l'intérieur du tuyautage des ondes de dépression et de compression susceptibles d'agir à nouveau sur l'injecteur quand celui-ci est automatique et simplement commandé par piston différentiel.

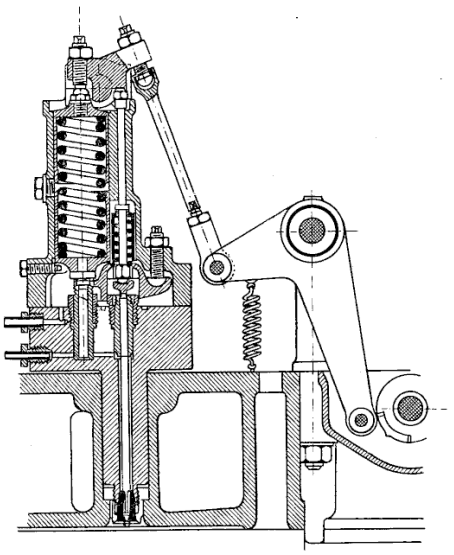


Fig. 2.

Nous signalons à ce propos les travaux très intéressants faits par la maison Sulzer et qui ont paru dans son bulletin.

Quant à l'injecteur qui doit assurer la pulvérisation, il est en général constitué par un ou plusieurs orifices de faible section, dont le diamètre est de l'ordre de grandeur de $\frac{1}{10}$ mm, de façon à assurer une pulvérisation aussi poussée que possible.

Remarquons, en passant, que si l'on veut éviter l'obturation de l'injecteur, et étant donné la faible dimension de l'orifice, il est absolument indispensable d'assurer un filtrage préalable du combustible enlevant toutes les impuretés solides.

On peut d'ailleurs, étant donnée la faible section des orifices, se dis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

penser d'obturateur; tels sont les injecteurs dits, à buse ouverte, dispositif employé en particulier par la M. A. N.

On peut, au contraire, avoir un obturateur constitué par une tige et dont la commande peut se faire automatiquement en donnant à cette aiguille cylindrique des diamètres différents, de façon à lui faire jouer le rôle de piston différentiel. Dans tous les cas, il est indispensable qu'aucune raison n'intervienne pour modifier pendant le refoulement la compressibilité du circuit, ce qui exclut la présence de toute bulle d'air ou de vapeur à l'intérieur de l'injecteur et de son tuyautage; il est donc nécessaire que l'injecteur soit parfaitement refroidi, ce qui conduit, dans certains moteurs, à l'entourer d'une circulation d'eau.

Le combustible, à la sortie de l'injecteur, pénètre dans la chambre à combustion. Il est intéressant de noter que le tracé de la chambre à combustion est extrêmement différent quand on passe d'un type de moteur à un autre et cette diversité de forme de la chambre à combustion semble bien confirmer que la plus favorable reste encore à déterminer, autrement dit, que la plus grande difficulté de réalisation est le problème de la combustion.

Je m'excuse d'avoir mis une demi-heure pour en arriver à cette conclusion qui paraît évidente, mais je trouve mon excuse dans le fait qu'il a bien fallu 30 ans pour s'apercevoir que, dans le moteur à explosion aussi bien que dans le moteur à combustion interne, ce n'est pas la thermodynamique théorique qui permettait de résoudre complètement le problème, mais bien l'étude systématique des phénomènes chimiques et physico-chimiques de la combustion.

En réalité, le moteur à combustion interne, tout comme le moteur à explosion, a eu le grand tort d'être venu après le moteur à vapeur. Dans le moteur à vapeur, on a affaire à un fluide évoluant qui subit uniquement des transformations physiques. Il est possible de raisonner sur des cycles qui correspondent à une réalité concrète. Il en est tout autrement dans les moteurs à combustion interne et à explosion, où, en fait, il se produit une combinaison chimique irréversible. L'habitude était prise de raisonner sur les cycles; on a continué et on s'en est pendant trop longtemps tenu à ce mode de raisonnement.

On peut dire que c'est seulement dans ces dernières années qu'on a compris que c'était le phénomène chimique de la combustion qui, en réalité, était le problème essentiel. Or ce problème n'est pas simple, car une multitude de variables interviennent. Pendant très longtemps, on s'est figuré que le combustible brûlait en bloc sans se décomposer, puis ensuite qu'il



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

brûlait à l'état de carbone et à l'état d'hydrogène; en fait, on peut considérer avec certitude que, pendant la combustion proprement dite, il se passe toute une série de réactions d'oxydations successives avant d'arriver comme résultat final à la production de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau.

Il est évidemment très difficile de se rendre compte de ce qui se passe dans $\frac{1}{300}$ sec. Il faut pourtant bien, si l'on veut étudier le phénomène de la combustion, prendre comme unité de temps, le millième de seconde au même titre que l'on prend le $\mu$ comme unité dans la mécanique de précision.

*
* *

Il est à remarquer qu'un certain nombre de moteurs à gas oil comportent une chambre de précombustion. L'idée simpliste qui a conduit à cette réalisation est la suivante. On considéra que, en injectant dans cette chambre de précombustion tout le combustible, une partie seulement brûlait correspondant à la quantité d'oxygène contenue dans la chambre de précombustion; sous l'effet de l'augmentation de pression, le reste du combustible, combustible non brûlé, est pulvérisé à l'intérieur de la chambre de combustion proprement dite où il brûle.

J'avouerai que c'est cette hypothèse qui m'avait guidé en 1913 dans l'étude d'un moteur de l'espèce.

On peut considérer comme certain que cette hypothèse simpliste doit être abandonnée, et que le phénomène est beaucoup plus compliqué; qu'en particulier, dans la chambre de précombustion, la plus grande partie du combustible introduit participe à une oxydation.

Les expériences que nous avons entreprises avec M. MONDAIN-MONVAL, professeur à l'École de Chimie de Mulhouse, pour vérifier nos théories à ce sujet, qu'il a continuées avec la collaboration de M. QUANQUIN, semblent d'ailleurs apporter un élément d'information très net.

Le principe de ces expériences est de modifier l'échelle des temps et de réaliser le phénomène de compression adiabatique et de combustion, non pas en $\frac{1}{100}$ sec, mais en une quarantaine de minutes. Il est bien évident qu'au point de vue quantitatif, on ne saurait avoir des résultats identiques à ceux obtenus dans les moteurs, mais il n'est pas absurde de supposer que qualitativement, ils sont du même ordre.

L'appareil expérimental est constitué par une bombe dans laquelle on enferme de l'air sous pression avec une certaine quantité de combustible; on chauffe progressivement en relevant la courbe des variations de pression en fonction de la température, jusqu'au moment de l'inflammation spontanée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En employant comme combustible des hydrocarbures saturés bien déterminés ou des essences ordinaires, ne contenant pas de carbures aromatiques, on trouve des résultats tout à fait semblables dès que la quantité de combustible atteint une proportion légèrement inférieure à celle qui correspond au pouvoir comburivore. Vers 120°, la courbe des pressions présente une diminution de coefficient angulaire, puis, à une température comprise entre 200° et 210°, selon le combustible employé, le coefficient angulaire augmente rapidement, en même temps qu'apparaît la formation d'aldéhydes et d'acide carbonique, et, une vingtaine de degrés après, la combustion se produit. Si l'on augmente la quantité d'hydrocarbure, les courbes de pression en fonction de la température conservent la même allure, la température d'allumage baisse légèrement et régulièrement. Il en est tout autrement des modalités de la combustion qui présentent une véritable discontinuité à partir du moment où la quantité d'hydrocarbures est de l'ordre de 10 fois celle qui correspond au pouvoir comburivore de l'air contenu dans la bombe. A partir de cette concentration, il y a diminution brusque de l'échauffement de la bombe après combustion, cessation du dépôt de noir de fumée, disparition d'une flamme lumineuse jaunâtre, remplacée par une luminescence bleuâtre, visible dans l'obscurité, apparition de carbures éthyléniques. Les figures 3 et 4, relatives à une essence de tourisme, donnent respectivement les caractéristiques principales de la combustion et de l'analyse des gaz après combustion en fonction de la quantité de combustible. Avec les dimensions de la bombe employée, la quantité d'essence correspondant au pouvoir comburivore est de 0,4 cm³. A noter que pour la quantité d'essence inférieure à 0,35 cm³, il n'y a pas d'inflammation spontanée.

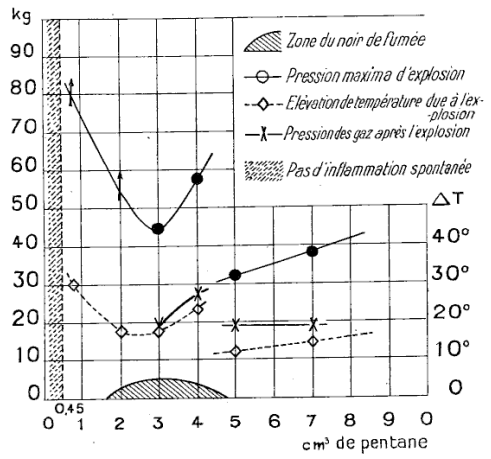



Fig. 3.

Une confirmation de ces théories semble être donnée par le fonctionnement même des moteurs, dits semi-Diesel, à boule chaude. Dans un moteur semi-Diesel bien réglé, on constate que la combustion se fait, sans dépôt de charbon à l'intérieur de la boule chaude. Or, le combustible est injecté à l'état liquide pendant la période de compression à l'intérieur de la boule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaude qui contient des gaz brûlés et une très petite quantité d'air, tout au moins au début de la compression. Il est vraisemblable que le combustible ainsi injecté commence par subir non pas une simple vaporisation, mais une transformation due à la présence de l'oxygène en faible quantité, en produits non condensables sans dépôt de charbon.

Les résultats que nous avons trouvés sont également en plein accord avec ceux indiqués par M. CHILOWSKY dans une communication à l'Académie des Sciences en date du 24 février 1930.

Au point de vue schématique, le dispositif qu'il utilise consiste à avoir

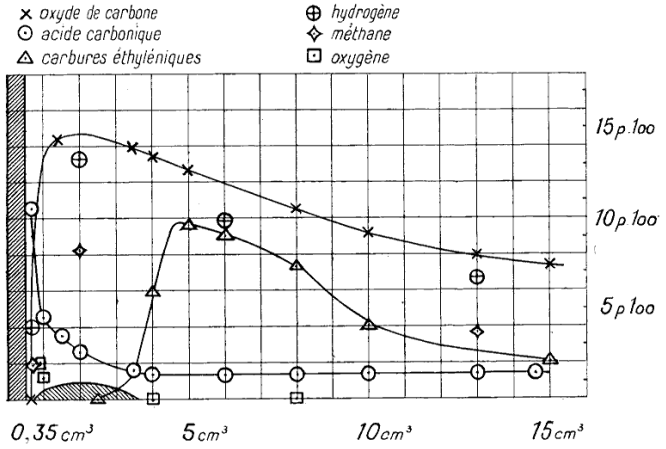



Fig. 4.

une boule chaude en dehors du moteur; dans cette boule, on injecte le gas oil avec une faible quantité d'air (1/8 à 1/10 du pouvoir comburivore) et l'on réalise l'oxydation et la transformation du combustible en produit gazeux sans dépôt de charbon. Les produits gazeux une fois refroidis permettent d'alimenter un moteur à explosion ordinaire. Comme les gaz obtenus ne sont pas détonants, il est possible de faire fonctionner le moteur à compression plus élevée qu'avec l'essence, et on n'a, par ailleurs, aucune crainte de fuite de gas oil à l'intérieur du carter. A la vérité, la transformation en produits gazeux n'est pas intégrale, et il peut se produire de petites quantités de goudron dont l'élimination est prévue par un véritable condenseur.

Enfin, c'est vraisemblablement à des phénomènes du même ordre que sont dus certains avantages des moteurs à chambre de précombustion qui s'avèrent comme étant susceptibles de brûler des combustibles de qualité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

légèrement inférieure à ceux employés dans les moteurs à injection directe dans la chambre de combustion.

* * *

En résumé, le problème du moteur à allure rapide et à combustible lourd est avant tout un problème de combustion. Sa réalisation fait l'objet de travaux et de recherches méthodiques et persévérantes dans tous les pays du monde. Des moteurs existent déjà en fonctionnement courant; qu'ils soient parfaits, on ne peut l'affirmer, mais il est certain que leur utilisation est intéressante dans leur état actuel, puisque leur vente existe et se développe.

N'oublions pas d'ailleurs qu'il a fallu près de 40 ans pour que le moteur à explosion arrive à sa perfection actuelle, qui permet de le confier à n'importe quelles mains. On peut bien faire crédit au moteur à combustible lourd et lui accorder encore quelques années pour arriver au même résultat.

Comme membre du Comité des Arts mécaniques de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, et étant donné le but même de la Société, j'ai pensé qu'il n'était pas inutile d'attirer l'attention sur ces questions. D'abord parce qu'il vaut mieux que l'histoire du moteur Diesel ne se répète pas avec le moteur à allure rapide et à combustibles lourds et parce qu'il est nécessaire pour l'industrie française qu'elle conserve en la matière, la place qu'elle doit occuper, mais également parce qu'au moment où, par suite d'une nouvelle législation, l'industrie du raffinage va se créer en France, il paraît opportun de rappeler que cette industrie ne doit pas avoir les yeux uniquement dirigés vers l'essence. L'industrie du raffinage en France, en effet, par suite même des quantités d'essence qu'elle sera amenée à produire dès son origine, mettra sur le marché des quantités de gas oil extrêmement importantes, dont il importe de tirer le meilleur parti possible. On peut presque dire, et ce sera là ma conclusion, que c'est l'industrie du raffinage, plus peut-être que celle de la construction des moteurs, qui a le plus d'intérêt à suivre de près, sinon à précéder, les travaux et recherches en cours sur cette question.

## VISITE DES ÉTABLISSEMENTS HORTICOLES DE MM. VILMORIN-ANDRIEUX ET Cie

**(Verrières-le-Buisson, 27 mai 1930).**

L'intéressante conférence qu'a donnée à la Société d'Encouragement M. Roger de Vilmorin le 24 mai 1930[1] sur les procédés d'amélioration des plantes cultivées a

(1) Voir le compte rendu de cette conférence dans le présent numéro du *Bulletin*, p. 524.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été complétée par une visite des Établissements Vilmorin-Andrieux à Verrières-le-Buisson (Seine-et-Oise) le mardi 27 mai.

C'est dans un site agreste, encadré par les bois, qu'il y a plus de cent ans, les Vilmorins installèrent leurs champs d'études et d'expériences. C'est là que, de père en fils, ils ont créé, puis amélioré les nombreuses variétés végétales qui ont illustré leur nom.

Cette visite avait réuni une vingtaine de membres de notre Société, parmi lesquels MM. Henry Le Chatelier, Kayser et Wery, membres du Conseil de la Société.

La saison était bien choisie : un très beau temps mettait en relief le parc magnifique, véritable arboretum, et les parterres, où des milliers de fleurs émerveillaient les yeux.

Les visiteurs ont été accueillis avec l'amabilité coutumière à cette grande maison. Ils ont été reçus par M. André de Vilmorin, l'un des fils de Philippe de Vilmorin, assisté des principaux chefs de service; entre autres, M. Meunissier, chef du service de génétique, M. Chevard, chef du personnel, MM. les Directeurs des laboratoires de botanique et de chimie. La maison Vilmorin-Andrieux a toujours étayé ses méthodes de culture et d'amélioration des végétaux sur les progrès les plus récents de la science.

Après avoir parcouru le parc, admiré les arbres magnifiques, les visiteurs ont longtemps stationné dans les parcelles où sont cultivées les célèbres variétés de blé créées par hybridation et sélection. M. Meunissier leur a expliqué comment le généticiste, à force de persévérance et d'habileté, arrive à fixer des variétés de froment qui, non seulement résistent aux intempéries et aux maladies, donnent des rendements très élevés pouvant atteindre, dans certaines circonstances, jusqu'à 50 q à l'hectare, mais, encore, possèdent une haute valeur boulangère.

Puis, les visiteurs se sont rendus aux laboratoires de botanique et de pathologie végétale où ils ont pu voir, sous le microscope, ces bâtonnets infiniment petits, baptisés du nom de *chromosones*, qui recèlent peut-être le secret de la fécondation et, en tout cas, renseignent avec précision sur les possibilités des croisements.

Au laboratoire de chimie, ils ont pu se rendre compte comment il est possible, grâce à un agencement bien compris, d'examiner chaque jour, au moment de la récolte, des milliers de betteraves, de manière à conserver comme portes-graines les plantes les plus saccharifères.

C'est à ce laboratoire qu'a été faite, devant leurs yeux, la démonstration de l'emploi de l'appareil Chopin pour la détermination de la valeur boulangère des blés. Notre *Bulletin* a donné en son temps une description complète de cet ingénieux instrument. (Voir le *Bulletin* de mars 1921, p. 261.)

La visite s'est terminée à la bibliothèque où sont réunis tous les ouvrages et mémoires qui concernent la production et la culture des plantes. Elle est généreusement ouverte aux spécialistes qui trouvent là une très riche documentation. Des rafraîchissements y furent servis auxquels ont fait honneur les assistants. M. Henry Le Chatelier a remercié, au nom de tous, M. André de Vilmorin et ses collaborateurs; M. André de Vilmorin a répondu d'une façon fort aimable. Puis, les visiteurs ont repris le chemin de Paris en emportant de l'après-midi passé à Verrières-le-Buisson le plus intéressant et le plus agréable souvenir.

G. W.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ORGANISATION DU TRAVAIL DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES COLONIALES

## Application à la culture du caoutchouc en Indochine[1],

par M. HENRI KRIEG, *directeur de plantations.*

On ignore souvent que les entreprises agricoles coloniales peuvent faire l'objet de l'application des méthodes d'organisation utilisées avec tant de succès dans l'industrie, et cela avec un succès non moins grand.

« Étudiez avec une méthode et une précision scientifique les opérations de l'industrie », disait en substance Taylor dans ses *Principes d'organisation*, « vous reconnaîtrez que leur rendement est extrêmement faible et pourrait être augmenté dans une proportion énorme sans difficulté. Il suffirait pour cela que le patron s'acquitte réellement des devoirs de préparation et de coordination qui lui incombent, et que l'ouvrier n'y fasse pas d'opposition ».

S'il est exact que Taylor, en dehors d'expériences relatives à la transplantation des arbustes et à la formation des terrains de golf, s'est uniquement occupé d'appliquer l'organisation scientifique à l'industrie, il n'en est pas moins vrai qu'il était persuadé de l'excellence de cette organisation dans l'agriculture. Ceux qui l'ont connu peuvent en témoigner.

Lorsque j'ai commencé à m'intéresser aux plantations de caoutchouc d'Indochine, j'ai été surpris d'y constater fréquemment un gaspillage important de main-d'œuvre.

Ce gaspillage avait deux raisons d'être. En premier lieu, à la suite de la hausse du caoutchouc en 1925, les capitaux affluèrent pour la création de nouvelles plantations. On dépensa l'argent sans compter. Bien souvent, aucun programme de travaux n'avait été établi et, faute de prévisions, des erreurs incroyables furent commises. Ensuite, les cadres européens n'étaient ni assez nombreux, ni suffisamment formés pour remplir leur tâche d'une façon satisfaisante.

C'est en 1897 que furent plantés les premiers hévéas en Cochinchine. Les plantations nées à ce moment étaient très petites. A partir de 1907 seulement, se firent les plantations de quelque importance.

Les plantations d'Indochine sont généralement créées dans la forêt vierge après défrichement de cette dernière. Elles sont établies soit en terre grise soit surtout en terre rouge, terre d'une richesse exceptionnelle.

(1) Communication faite par l'auteur au séance publique le 12 avril 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les arbres sont plantés à des distances très variables. Ces distances varient selon la nature du sol et selon l'esprit dans lequel les plantations sont faites.

La tendance générale actuelle est de planter assez serré, 5 m × 5 m par exemple, soit 400 arbres à l'hectare, avec l'intention d'éliminer les arbres mauvais producteurs et de ramener le nombre des arbres à 200 environ à l'hectare.

Dans certaines plantations, on a fait des cultures intercalaires pendant les premières années de croissance des hévéas. Cette méthode est actuellement de plus en plus abandonnée et la tendance générale est de recourir aux plantes de couverture, presque toujours des légumineuses, afin d'enrichir le sol.

Les arbres commencent à être saignés lorsqu'ils ont une circonférence de de 60 à 75 cm à 1 m du sol. Ils sont cependant parfois saignés avant d'avoir atteint cette dimension, mais on risque alors d'endommager l'écorce.

Le caoutchouc produit est expédié en Europe sous forme de crêpe ou de feuilles fumées. L'Indochine n'exporte pas de latex liquide.

La première question qui se pose, pour l'organisation du travail dans les plantations de caoutchouc, est celle du recrutement de la main-d'œuvre.

Dans les zones de terres grises, généralement saines et peuplées, la main-d'œuvre locale suffit à la demande.

Dans les zones de terres rouges, au contraire, souvent malsaines et toujours très peu peuplées, la main-d'œuvre locale est toujours insuffisante. Or, les terres rouges sont précisément celles où l'hévéa réussit le mieux et où les plus grandes plantations ont été créées. Ces plantations, dont je vous parlerai aujourd'hui, doivent donc faire appel à la main-d'œuvre d'autres pays de l'Union indochinoise : l'Annam et le Tonkin.

Les travailleurs sont recrutés sur contrat et transportés aux frais des employeurs. Voyons brièvement dans quelles conditions a lieu ce recrutement.

Les coolies désireux de s'engager sont réunis au chef-lieu de leur province. Les contrats sont alors rédigés en français et dans la langue indigène. Ils doivent obligatoirement contenir toutes les indications utiles sur l'identité des engagés, le salaire, les heures de travail et de repos, le montant des avances en argent consenties, etc. L'employeur s'engage à fournir le logement, les soins médicaux et à rapatrier les engagés à l'expiration de leur contrat.

Avant la signature du contrat, chaque engagé doit subir une visite médicale ayant pour but de constater qu'il est apte au travail à fournir.

Le contrat est ensuite signé devant un représentant de l'Administration.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A partir de ce moment, jusqu'à celui où l'ouvrier arrivera sur le lieu de travail, la nourriture lui sera assurée gratuitement ainsi qu'à sa famille si elle le suit.

Depuis le 1er janvier 1928 a été institué un pécule obligatoire et individuel en faveur des travailleurs recrutés par contrat. Il s'agit là d'une institution essentiellement prévoyante dont on attend les meilleurs résultats.

Ce pécule est constitué :

1° par une retenue de 5 p. 100 du salaire net touché par le travailleur;

2° par une contribution patronale égale, versée en même temps;

3° par les versements supplémentaires des travailleurs.

Le manque de prévoyance est l'un des défauts caractéristiques de l'Annamite. Il arrive généralement qu'en fin de contrat, le coolie retourne dans son pays aussi pauvre que quand il l'avait quitté. Ce pécule lui constituera un petit capital destiné à lui être remis, en principe, à son retour dans son pays d'origine.

Les avis les plus divers ont été émis sur ce pécule. On a beaucoup objecté le surcroît d'écritures et de comptabilité qu'il occasionne, et le fait que le coolie peut voir d'un mauvais œil une retenue sur son salaire, aussi minime soit-elle. Il est encore trop tôt pour se prononcer sur les résultats, mais on est en droit d'espérer qu'ils seront excellents, tant au point de vue moral qu'au point de vue matériel.

Il se glisse malheureusement, parmi les coolies recrutés, des indésirables dont la présence amène de nombreuses difficultés. Cela se comprend aisément dans un pays où l'état civil n'est pas encore bien établi, et où, par conséquent, il est relativement facile de changer d'identité.

A mon avis, ces indésirables doivent être rapatriés dès qu'ils sont connus, leur présence sur les chantiers provoquant des difficultés et des pertes d'argent bien supérieures aux frais occasionnés par leur recrutement et leur rapatriement.

C'est un fait courant en Indochine de rendre l'Administration responsable de tous les ennuis que l'on peut rencontrer.

S'il est exact que l'Administration pourrait faire des efforts en vue d'assurer un meilleur contrôle de l'identité des travailleurs recrutés pour les exploitations agricoles, il est également certain qu'il est ridicule de lui imputer toutes les difficultés que rencontrent les employeurs dans l'utilisation de la main-d'œuvre indigène.

Permettez-moi de citer en passant quelques lignes de M. de Fréminville : « En France, comme en Amérique, l'ouvrier ne fait pas d'opposition à une organisation qui lui assure un travail régulier. L'ouvrier français est éminemment sensible à l'ordre qu'il voit régner autour de lui. Il collabore

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volontiers à une organisation dont l'esprit saute aux yeux, mais il ne veut pas recevoir à tout propos des ordres impératifs et plus ou moins incohérents dans une maison mal tenue. »

Ce qui est vrai pour l'ouvrier français l'est également pour l'ouvrier annamite. Quoi qu'on en dise, l'Annamite est intelligent; il a, par ailleurs, le sentiment inné de la justice.

Par conséquent, bien au contraire de ce que l'on pourrait supposer *a priori*, il n'est nullement réfractaire à l'ordre et à une bonne organisation. Le coolie se rend vite compte qu'il en résulte pour lui une rétribution équitable du travail.

J'ouvre ici une parenthèse. Il ne faut pas oublier, et ce sont là des faits très importants, que l'Annamite possède une langue très différente de la nôtre ainsi que des coutumes auxquelles il reste fidèle et qu'il importe de respecter.

La méconnaissance, de la part du personnel européen, de cette langue et de ces coutumes a amené et amènera encore des ennuis sans nombre. Ils se traduisent par des pertes d'argent assez considérables, mais dont il est pratiquement impossible de se rendre compte d'une façon précise.

Tous ceux qui ont vécu en Indochine savent combien il est prudent de se méfier des interprètes indigènes qui, dans les plantations, sont bien souvent des individus ayant une connaissance très insuffisante de la langue française. Leurs traductions, soit par intérêt, soit par ignorance, sont constamment des plus défectueuses.

Pour pallier à ces inconvénients, certaines sociétés de plantations accordent une prime aux Européens possédant une connaissance suffisante de la langue indigène.

C'est à mon sens une erreur. Cette connaissance ne doit pas être considérée comme facultative : elle est indispensable. Avec un peu de bonne volonté, on peut facilement acquérir en six mois un vocabulaire suffisant pour donner des ordres et des explications au personnel indigène. Les avantages que cela présente compensent largement le mal que l'on s'est donné. Et c'est un fait bien connu que les Européens parlant la langue indigène ont, par cela même, une bien plus grande autorité.

Quant aux coutumes, le problème est un peu plus difficile à résoudre. Les Européens des plantations s'en désintéressent parfois complètement ou à peu près. Il leur arrive d'émettre à leur sujet des réflexions qui risquent de blesser l'amour-propre des indigènes. Ces coutumes sont respectables et doivent être respectées.

Pour amener les Européens à s'y intéresser, et par conséquent à les comprendre, il serait utile de mettre entre leurs mains des ouvrages analogues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à *L'Annam d'autrefois*, écrit par M. Pierre PASQUIER, aujourd'hui gouverneur général de l'Indochine. C'est une magistrale étude des mœurs et des coutumes annamites avant l'intervention française. Il serait intéressant de reprendre un pareil ouvrage en le mettant à jour. Sa lecture permettrait aux Européens de comprendre les indigènes et leur éviterait bien des erreurs regrettables.

Je le concevrais volontiers sous la forme d'un manuel destiné à être mis entre les mains de ceux qui sont appelés à conduire des indigènes. Il pourrait comporter avec avantage un aperçu historique et géographique de l'Indochine, avec des indications concernant les différentes races peuplant ce vaste pays. Il faudrait, avant tout, que ce fût un ouvrage *pratique* et *attrayant*, afin de ne pas lasser l'attention des personnes, parfois peu instruites, auxquelles il serait destiné.

L'utilité d'un tel ouvrage est si incontestable que l'on est surpris du fait qu'il n'existe pas encore. Il y a là, assurément, une lacune importante à combler.

Je crois qu'il suffirait de la signaler soit au Gouvernement général de l'Indochine, soit à une société savante telle que la société des Études indochinoises, à Saïgon, pour que la publication d'un tel ouvrage soit entreprise sans délai.

Si je me suis permis de m'étendre d'une façon toute particulière sur ce chapitre de la langue et des coutumes indigènes, c'est que j'ai la conviction d'avoir touché là un point faible auquel les dirigeants de sociétés de plantations ne semblent pas toujours attacher suffisamment d'importance. Ceux qui connaissent l'indigène savent combien graves sont les conséquences du manque d'expérience en ces matières.

Jusqu'à présent, à quelques rares exceptions près, on s'est fort peu préoccupé d'appliquer aux plantations les méthodes d'organisation couramment employées dans l'industrie aujourd'hui.

Cela est dû soit à des idées préconçues, soit à la routine.

Cette routine, difficilement curable, a toujours été pour moi un grand sujet d'étonnement. Elle est parfois due au fait que certains conseils d'administration métropolitains réservent un accueil assez froid aux améliorations proposées par les chefs d'exploitations, et ne laissent pas toujours à ces derniers toute l'initiative désirable. Elle est quelquefois due au découragement provoqué par un changement fréquent de directives concernant la marche des travaux et par l'arrivée d'ordres incohérents ou inexécutables.

Les chefs d'exploitations sont donc souvent amenés à ne rien modifier aux anciennes méthodes, et ils en sont excusables dans une certaine mesure.

L'étude des moyens propres à augmenter le rendement de la main-d'œuvre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amène infailliblement à substituer au travail à la journée le travail à la tâche quotidienne, nettement déterminée à l'avance et aisément contrôlable. Cette méthode présente le grand avantage de supprimer la flânerie volontaire, pratiquement inévitable dans le travail à la journée, le coolie étant alors assuré d'un salaire fixe et incité, de ce fait, à travailler le moins possible.

Le travail aux pièces est rarement applicable aux grandes plantations à cause de la difficulté du contrôle. Il faudrait, en effet, pour l'exercer utilement, parcourir de telles distances qu'il deviendrait trop pénible ou tout à fait illusoire.

Ce contrôle, étant donné la superficie considérable des plantations, doit être aussi aisé que possible pour être réellement efficace. D'où la nécessité de la tâche quotidienne fixée à l'avance et permettant un avancement régulier des travaux.

Ce procédé implique nécessairement l'exécution d'un travail dans un temps donné, ce travail étant à la fois un minimum et un maximum. Ceci peut paraître paradoxal puisque tous les travailleurs n'ont pas la même vigueur physique.

La plus grande difficulté réside évidemment dans la détermination des tâches, et c'est à cela qu'un chef d'exploitation doit apporter le plus grand soin.

Il faut pour cela, selon les travaux à exécuter, choisir un coolie ou une équipe de coolies aussi consciencieux que possible, et d'une force légèrement au-dessus de la moyenne. Après leur avoir montré d'une manière très précise la tâche à accomplir, leur faire faire plusieurs heures d'entraînement; puis mesurer la tâche exécutée dans un temps donné, généralement 30 minutes.

Pour déterminer ensuite la tâche quotidienne, il faut tenir compte du temps moyen nécessaire pour se rendre des campements aux chantiers, des temps de repos pendant les heures de travail — et ces temps de repos doivent être assez importants — puis du fait que, selon les saisons, le travail se trouve être rendu plus pénible à certains moments, à cause de la chaleur ou de la pluie, puis enfin de la force physique moyenne des coolies.

Seule, assurément, une certaine expérience des travaux et des travailleurs permet de déterminer le coefficient à appliquer au temps pendant lequel a duré l'observation prise comme base. Ce coefficient varie de 1,75 à 2,25; il peut paraître énorme à première vue, mais il ne faut pas oublier tous les facteurs qui viennent d'être cités.

Lorsqu'une tâche quotidienne a été déterminée pour un certain travail, il est nécessaire de ne la faire exécuter pendant plusieurs jours que par une seule équipe et sous la surveillance constante d'un Européen. Et cela pour plusieurs raisons : d'abord pour que les coolies aient le temps de s'entraîner;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite pour se rendre compte d'une façon certaine que le travail prévu est réellement exécutable sans surmenage; enfin pour que les autres coolies de la plantation apprennent ce dernier fait par ouï-dire.

Cette précaution peut paraître puérile. L'expérience prouve qu'elle a sa valeur. Les coolies vivant réunis dans des campements, et non pas loin les uns des autres comme c'est le cas pour les ouvriers des villes, sont amenés à parler entre eux de leur travail. Ceux d'entre eux qui seront par la suite appelés à exécuter la même tâche auront ainsi des chances de ne pas trop montrer de mauvaise volonté dans son exécution, si toutefois ils en montrent.

Le travail à la tâche fixe ainsi organisé supprime les inconvénients du travail à la journée. D'abord, les travailleurs savent d'une façon précise ce qu'ils doivent faire dans leur journée, et aussi qu'on ne leur demandera rien de plus. Ce sont là des faits très importants. Ensuite ils savent qu'ils pourront se reposer pendant les heures de travail sans craindre des reproches injustifiés. Ces derniers sont fréquents lorsque le travail à la journée est appliqué. Et ce sont souvent les bons ouvriers qui en sont l'objet, les mauvais ouvriers passant une partie de leur temps à guetter l'approche des surveillants et se montrant très assidus lorsque ces derniers viennent près d'eux.

Étant donné la superficie souvent très grande des plantations, il est nécessaire de faciliter dans toute la mesure possible la vérification des travaux exécutés.

La première mesure à prendre est de diviser les plantations en lots réguliers et numérotés, et de placer au coin de chacun d'eux une pancarte en indiquant le numéro. Puis, les lots doivent être eux-mêmes divisés à l'aide de jalons ou de piquets placés à des distances régulières, plus ou moins grandes selon la nature des travaux à exécuter.

Chaque chef d'équipe inscrit sur un carnet le nom des coolies confiés à sa surveillance, le motif de leur absence éventuelle, et les observations à signaler au chef d'exploitation.

Des mesures ou gabarits en bois doivent être remis à chaque coolie si besoin en est, afin de lui permettre de vérifier lui-même son travail. Le coût de ces mesures ou gabarits est insignifiant. Ils évitent l'intervention constante des surveillants et surtout les discussions interminables qui ne manquent pas d'avoir lieu si l'on n'en fait pas usage.

Pour le trouage avant plantation par exemple, les trous étant cubiques en général, une baguette de bois de longueur appropriée suffit à la vérification de la dimension des trous. Pour le binage en rond autour des arbres, un piquet de longueur égale au rayon du binage suffit également. Il s'agit là de choses élémentaires auxquelles on ne pense pas toujours.

Un très grand soin doit être apporté au choix des outils mis à la dispo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition des coolies. Ces outils doivent toujours être appropriés au travail auxquels ils sont destinés; ils doivent être faciles à réparer et à remmancher.

La routine est plus particulièrement difficile à vaincre dans ce domaine, malgré la modicité du prix de l'outillage. On objecte généralement la facilité avec laquelle les coolies perdent le matériel qui leur a été confié, ou qu'ils peuvent bien continuer à se débrouiller avec les outils auxquels ils sont habitués.

Les études de Taylor sur le pelletage et les résultats qu'il a obtenus sont un exemple frappant de l'augmentation de rendement possible grâce à l'usage d'outils judicieusement choisis quant à leur poids, leur forme et leurs dimensions.

Dans de nombreuses exploitations, on se contente d'une seule houe pour un grand nombre de travaux. L'expérience prouve qu'il y aurait grand avantage à remplacer cet outil unique par des houes de poids et de largeur différents, des crocs, des binettes et des outils spécialement conçus en vue d'un travail déterminé.

Le prix d'achat d'un matériel bien étudié est souvent récupéré en quelques journées de travail par suite de l'augmentation de rendement qui résulte de son usage. Il ne faut donc jamais regarder à la dépense occasionnée, qui est presque toujours minime. Mais ce sont souvent les mesures les plus simples et dont l'utilité est évidente qui sont les plus difficiles à faire adopter.

Passons maintenant à un exemple d'organisation du travail.

Après la période de plantation proprement dite, s'écoule une période de 5 à 6 ans pendant laquelle il faut entretenir les plantations en état de propreté et préserver les hévéas de l'envahissement des herbes et des rejets provenant de souches restées dans le sol.

Lorsque les plantations ont été bien établies dès le début, c'est-à-dire entièrement dessouchées, débarrassées du tranh, herbe qui est en Indochine ce que le chiendent est en France, et lorsque le sol est enfin couvert de plantes de couverture, le travail d'entretien se trouve réduit au minimum.

Étant donné la hâte avec laquelle on a planté pendant ces dernières années, ces conditions optima ne se rencontrent pas dans toutes les plantations, loin de là. Celles où elles ne se rencontrent pas sont, en ce qui concerne l'entretien, des plus intéressantes.

Il importe, comme je le disais précédemment, de préserver les hévéas de l'envahissement des herbes et des rejets. Dans ce but, plusieurs méthodes peuvent être utilisées.

La plus économique est le sarclage d'allées de 2 m sur les rangées d'hévéas, les arbres se trouvant naturellement au centre des allées. Ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dernières doivent être perpendiculaires au sens des vents dominants, afin de pouvoir arrêter éventuellement les incendies.

Le sarclage doit être fait plusieurs fois dans l'année. L'expérience permet de faire cette constatation intéressante : c'est que ce travail répété 4 fois seulement dans l'année est aussi coûteux que s'il est répété 10 fois ; il présente de plus le grand inconvénient d'être moins bien fait. Ce qui prouve que, *dans certaines limites*, le prix de revient de chaque sarclage est inversement proportionnel au nombre de sarclages annuels. Ceci s'explique du fait que plus le nombre de sarclages est élevé, plus le travail à faire chaque fois se trouve réduit.

Dans toute exploitation bien dirigée, un programme de travaux est établi chaque année, programme sur lequel est indiqué en détail chaque travail à exécuter et, s'il y a lieu, le nombre de fois qu'il doit être exécuté dans l'année.

Dans ce dernier cas, il n'est pas toujours facile pour un chef d'exploitation de suivre l'avancement du travail. Les moyens de contrôle utilisés jusqu'à présent ne m'ont pas semblé satisfaisants. On se sert généralement de plans sur lesquels le travail accompli est indiqué à l'aide de hachures. Ce procédé est très pratique pour se rendre compte de ce qui a été fait pendant un mois par exemple, mais devient très incommode s'il s'agit de contrôler le travail d'une année entière.

C'est ce qui m'a amené à chercher un graphique très simple et permettant à la fois de guider le travail et de le suivre au fur et à mesure de son exécution.

Le graphique de la figure 1 concerne le sarclage répété tous les 40 jours dans une plantation de 300 ha. Il est établi sur papier millimétré, mais pour permettre une représentation plus nette, on a supprimé un certain nombre de traits.

Dans le sens horizontal, une division représente 10 ha, et dans le sens vertical, une division représente 1 jour.

La ligne droite ou ligne directrice indique quelle serait la marche idéale des travaux pendant chaque période de 40 jours.

La ligne brisée indique le travail effectué chaque jour. Les chutes verticales correspondent aux jours de repos.

Il est ainsi possible de se rendre compte d'un seul coup d'œil si la marche des travaux se rapproche de la marche prévue, tout écart important de la ligne brisée par rapport à la ligne directrice étant l'indice d'un retard ou d'une avance.

Le graphique de la figure 2 est destiné à la direction générale ou au siège social d'une société de plantations. Le détail journalier n'est pas nécessaire car il suffit de suivre l'avancement des travaux mois par mois. La ligne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

droite ou ligne directrice indique, comme dans le graphique précédent, quelle serait la marche idéale des travaux. La ligne brisée indique le travail total mensuel donné dans le rapport mensuel du directeur des plantations.

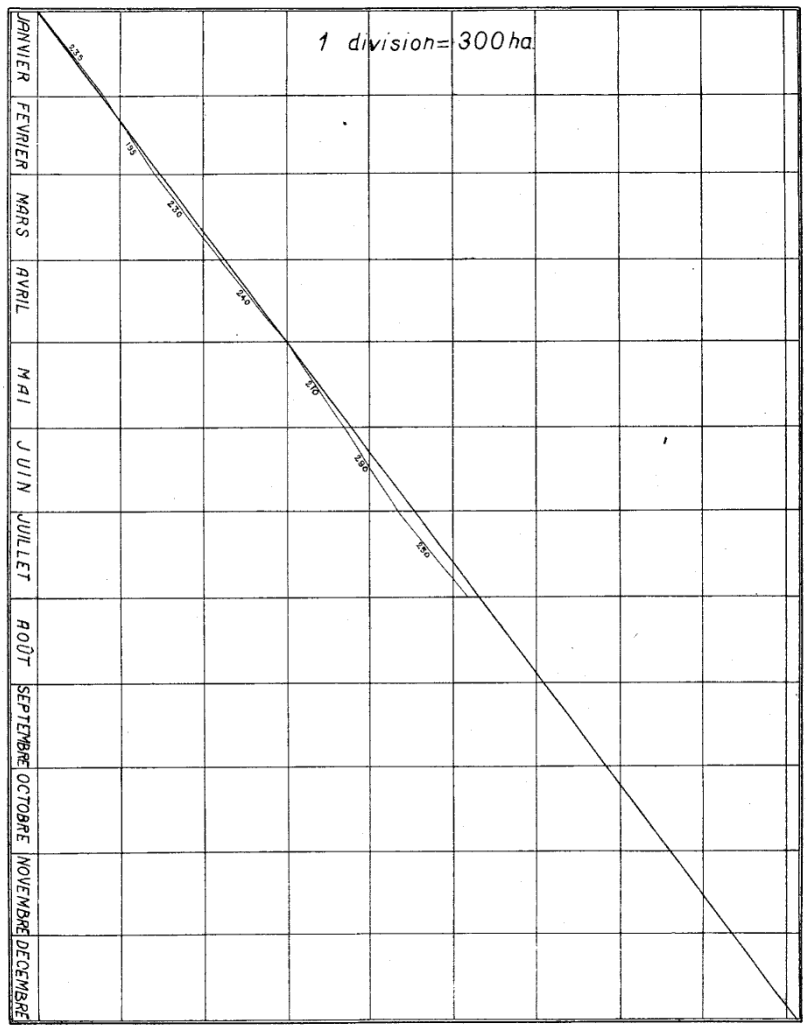



Fig. 1. — Graphique permettant de suivre et de prévoir le travail jour par jour. (à l'usage du chef de plantations.) Plantation de 300 ha. Sarclage complet tous les 40 jours.

Il devient ainsi très facile de suivre l'avancement de certains travaux dont le contrôle est souvent difficile sans graphiques.

Le but de la présente communication est d'attirer l'attention sur les avan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tages incontestables qui découlent d'une amélioration de l'organisation du travail dans les exploitations agricoles coloniales. Les économies et la meilleure discipline des travailleurs qui en sont la conséquence récompensent très largement les efforts faits dans ce sens.

En 1928, dans les plantations dont on m'avait confié la direction, il m'a

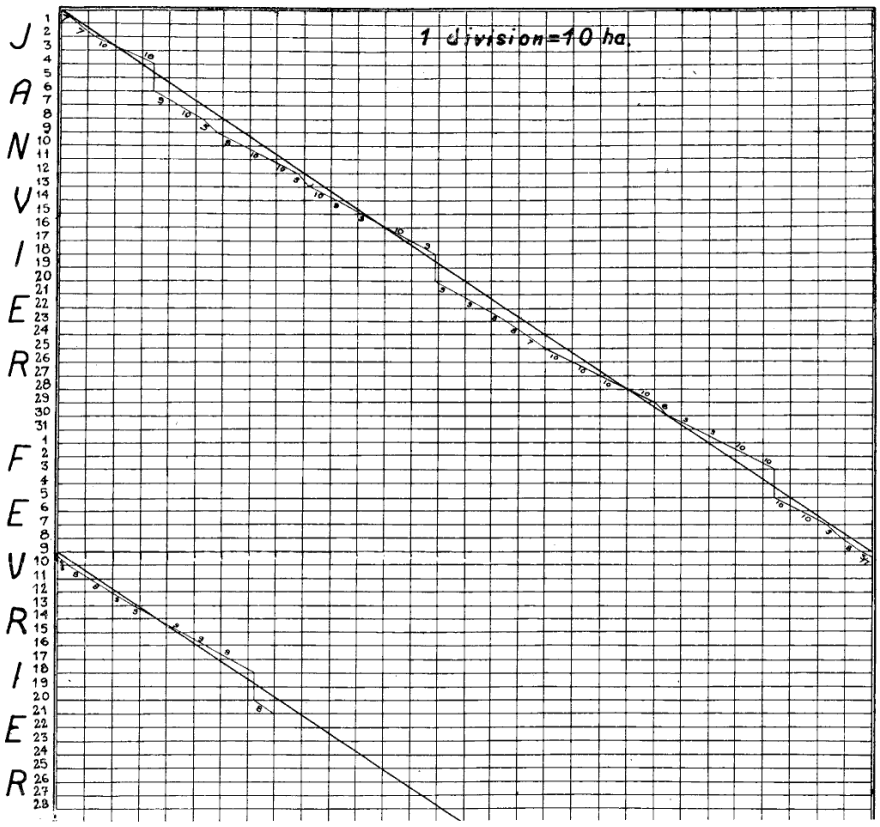



Fig. 2. — Graphique permettant de suivre le travail mois par mois (à l'usage des directions éloignées des plantations.) Plantation de 300 ha. Sarclage complet tous les 40 jours.

été possible de réaliser une économie de 21 p. 100 sur les dépenses de main-d'œuvre prévues et de 19 p. 100 sur l'ensemble des crédits alloués pour l'année, grâce à l'application des méthodes qui viennent d'être exposées.

L'année dernière, j'ai eu l'occasion de visiter les plantations Michelin situées à Dau-Tieng, en terres grises. Ces plantations sont certainement



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parmi les plus remarquables au point de vue de l'organisation, et méritent d'être citées en exemple.

Mon expérience personnelle porte uniquement sur la main-d'œuvre annamite. Mais il est certain que des résultats analogues peuvent être acquis à l'aide d'un peu de persévérance avec des individus d'autres races. Il y a assurément des exceptions, certains peuples étant encore absolument réfractaires à tout travail méthodique.

C'est aux travaux d'entretien qu'une bonne méthode d'organisation est le plus aisément applicable. C'est là précisément une question d'un puissant intérêt pour les jeunes plantations cochinchinoises dont l'existence même est en jeu à l'heure actuelle.

Il est en effet très difficile, sinon impossible, de trouver maintenant des capitaux pour continuer l'entretien de certaines jeunes plantations. Elles risquent d'être vendues à vil prix ou d'être anéanties par les incendies si elles sont abandonnées.

Le Gouvernement général de l'Indochine, renouvelant ce qu'il avait déjà fait lors de la crise de 1919, a accepté d'avancer aux planteurs tout ou partie des sommes nécessaires à la sauvegarde des jeunes plantations. Mais, qu'il s'agisse de l'argent des actionnaires des sociétés ou de celui de l'État, il importe d'utiliser cet argent de la façon la plus judicieuse. Les circonstances actuelles doivent donc, plus que jamais, inciter les planteurs à obtenir de leur main-d'œuvre le meilleur rendement et à entrer résolument dans la voie du progrès.

***

Voici quelques chiffres relatifs aux plantations d'hévéas et à la production du caoutchouc en Indochine.

En 1928, le total des superficies plantées était de 84.000 ha en Cochinchine, 20.000 au Cambodge, 1.500 en Sud-Annam, soit en tout 105.500 ha, ce qui représente 14 fois la superficie de Paris.

La production du caoutchouc s'est élevée, pendant la même année, à 9.793 t, ce qui représente environ le quart de la consommation française.

Les chiffres de 1929 sont sensiblement les mêmes tant pour les superficies plantées que pour la production.

On peut espérer que, dans quelques années, l'Indochine sera à même de fournir à la France la totalité du caoutchouc dont elle a besoin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ÉVOLUTION DE L'INDUSTRIE DES ENGRAIS CHIMIQUES [1]

par M. RAYMOND BERR, *Ingénieur au Corps des Mines, directeur général des Établissements Kuhlmann.*

Par la place qu'elle occupe dans les manifestations de l'activité humaine, par l'incidence de ses réactions dans des domaines divers, l'industrie des engrais chimiques retient, à juste titre, l'attention des économistes et des techniciens.

Le Conservatoire national des Arts et Métiers, désireux de mettre en lumière les grands problèmes que posent aujourd'hui, à la science ou à l'industrie, les besoins d'un monde avide de progrès, a pensé qu'il pouvait être de quelque intérêt de faire le point en cette matière.

Ce n'est pas sans appréhension que j'ai accepté l'honneur d'exposer, dans cette enceinte, l'état et les tendances d'une industrie qui, à la vérité, cherche encore sa voie.

Des recherches nombreuses et des réalisations importantes ont vu le jour depuis dix ans, dont l'objet était, en définitive, d'apporter à l'agriculture, sous la forme la plus commode et la plus économique, les éléments fertilisants; des espérances ont été déçues, des capitaux aventurés ou prématurément investis, parce qu'un compte insuffisant avait été tenu de certains aspects d'une industrie, délicate dans sa technique et ses applications.

Je n'ai pas la prétention de vous apporter des jugements assurés sur l'avenir, même prochain, de l'industrie des engrais; j'ai seulement le désir, en tenant compte des faits et en examinant les tentatives les plus récentes, de dégager quelques idées sur l'état actuel des fabrications et sur leurs transformations possibles ou probables.

Avant d'aborder l'examen des nouvelles techniques, il est nécessaire, pour mesurer les difficultés rencontrées et ne point se laisser surprendre par la diversité ou même la contradiction des solutions imaginées, de jeter un coup d'œil sur les conditions auxquelles doit se soumettre cette industrie, sur les caractères généraux qui en découlent, et qui ont, le plus souvent, imposé le choix des moyens.

## LE PRIX DES PRODUITS AGRICOLES ET L'EMPLOI DES ENGRAIS.

C'est un lieu commun de dire qu'il faut développer l'emploi des engrais pour augmenter les rendements culturaux. Et cependant, il suffit d'une ou deux années de bonnes récoltes pour conduire l'agriculture mondiale à une surproduction qui provoque la baisse des produits du sol.

Certains esprits en viennent aussitôt à se demander si cette baisse ne va pas décourager les producteurs et les détourner de cultures devenues, en apparence, peu rémunératrices.

Ce raisonnement néglige en vérité un facteur de comparaison très important : le prix de revient de l'agriculture.

Il est clair qu'une baisse de prix due à l'abondance des récoltes, c'est-à-dire, en

(1) Conférence faite par l'auteur en séance publique au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 26 mai 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

définitive, à l'augmentation du rendement à l'hectare, ne porte pas nécessairement, en soi, une réduction du profit réalisé par hectare cultivé.

C'est un fait que, dans la plupart des régions françaises, le meilleur rendement à l'hectare obtenu en 1929 a compensé la baisse des cours par rapport à 1928.

Dès que les frais fixes, intérêts du capital engagé, façon des terres, achats des semences sont couverts, l'augmentation du rendement dépasse très largement la valeur des engrais employés; le bénéfice supplémentaire est, dans une certaine limite, proportionnel à la dose de fertilisant consommé.

Dans notre pays, où le quintal de blé a baissé, d'une année à l'autre, de 160 à 130 fr, l'agriculture, mise en face d'une situation mondiale découlant de facteurs climatiques, a cherché son salut dans l'amélioration du prix de revient par l'augmentation de la production unitaire; aussi a-t-on pu constater, au cours de la campagne de printemps 1930, que la mauvaise tenue des prix des produits du sol n'avait pas entravé la consommation des engrais.

N'est-il pas, au fond, d'une saine économie que l'humanité dispose de quantités croissantes de céréales et de sucre, à des prix diminués, tandis que le perfectionnement de ses méthodes assure au producteur une rémunération convenable?

N'est-ce point là le sort, au cours des dernières décades, de la plupart des produits manufacturés? La régression constante des prix a favorisé la consommation, sans que, grâce aux progrès de la technique, l'essor de l'industrie ait été ralenti.

On ne manque point d'objecter que si les bonnes terres peuvent, malgré la baisse des prix, procurer à leurs exploitants des compensations de rendement, d'autres, plus pauvres, se prêtent mal à l'emploi massif des engrais et ne peuvent supporter la diminution du prix de vente.

Que conclure, sinon que les terres les moins fertiles sont progressivement abandonnées et que, rationalisant en quelque manière, sans s'en douter, l'agriculture reporte son effort, pour le plus grand bien de la collectivité, sur des terres meilleures, où les engrais donnent leur plein effet. Ainsi s'atténuent, dans une assez large mesure, les effets d'une main-d'œuvre rare et chère.

N'avons-nous pas vu, depuis quinze ans, les surfaces emblavées en blé diminuer de 15 p. 100, sans qu'il en résulte de dommages pour nos récoltes?

## LE PRIX DES ENGRAIS ET LEUR CONSOMMATION.

Le prix des engrais, contrairement à une opinion trop souvent répandue, grève dans une proportion assez faible le budget du cultivateur; ce n'est pas à dire que ce prix soit indifférent, puisque la valeur totale des éléments fertilisants doit être finalement comparée à celle de l'excédent de récoltes qu'ils procurent.

A titre d'exemple, on peut dire qu'une fumure normale et moyenne sur blé, comportant par hectare l'emploi de

| | |
|---|---|
| 60 kg d'acide phosphorique soit . . . . . | 130 fr |
| 35 kg d'azote — — . . . . . | 240 — |
| 75 kg de potasse — — . . . . . | 135 — |
| Total . . . . . | 505 fr, |

représente une dépense de 500 fr environ et procure un excédent de récolte de 6 a 7 q de blé, soit environ 780 à 910 fr ( compté à 130 fr le quintal.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour inciter l'agriculteur, non seulement à maintenir mais à développer l'usage des engrais, il est clair que l'on doit chercher à réduire le plus possible le prix des fertilisants.

Cette vérité est d'évidence, et il n'est pas au monde une industrie d'engrais qui ne se préocupe de diminuer son coût de fabrication pour pouvoir amener ses prix de vente au plus bas niveau compatible avec un profit légitime, mais généralement très réduit.

L'engrais cher est une légende. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer, pour les principaux engrais, leurs prix actuels à ceux d'avant-guerre; on constate que, pour aucun, le rapport n'atteint l'indice général des prix, et que, pour certains, il leur est très inférieur.

| | Superphosphate de chaux à 14 p. 100 de $P^2O^5$ (2). | Sulfate d'ammoniaque (3). | Sylvinite à 12 p. 100 de $K^2O$ (3). |
|---|---|---|---|
| Prix des 100 kg en 1913 . . . . . | 5,30 | 34 | 2,50 |
| Prix des 100 kg en 1930 . . . . . | 28,75 | 112 | 11 |
| Rapport . . . . . | 5,4 | 3,3 | 4,4 |

Les prix de transport ont, au contraire, augmenté dans un rapport au moins égal à celui de l'indice, comme le montre le tableau suivant :

*Prix du transport des 100 kg par 100 km* (en francs).

| | Superphosphate. | Sulfate d'ammoniaque. | Sylvinite. |
|---|---|---|---|
| En 1913 . . . . . | 0,50 | 0,50 | 0,48 |
| En 1929 . . . . . | 2,97 | 3,21 | 3,08 |
| Rapport . . . . . | 6 | 6,4 | 6,4 |

On comprend facilement qu'une industrie déjà ancienne, comme celle des superphosphates, n'ait pas porté en elle les mêmes possibilités de réduction que l'industrie de l'azote, dont les méthodes, renouvelées et perfectionnées, en quinze ans, d'une manière prodigieuse, ont permis, par exemple, d'abaisser le prix du quintal de sulfate d'ammoniaque de 34 francs-or en 1913, à 22,50 francs-or en 1930, alors que le prix du quintal de blé, qui cotait 27 francs-or en 1913, après avoir oscillé de 30 à 33 francs-or entre 1925 et 1928, est revenu actuellement au niveau d'avant-guerre.

A la baisse des prix des engrais, il y a cependant deux limites : celle des prix de revient, qui constitue un minimum irréductible, pour autant que les procédés de fabrication ont été amenés à un stade d'évolution très avancé, et celle du maximum d'emploi, que peu d'esprits aperçoivent.

On a tendance à croire, au premier abord, qu'en réduisant le prix des engrais, on conduira l'agriculteur à augmenter, presque sans limite, la consommation d'engrais.

Or, en pratique, il existe, pour chaque terre et pour chaque culture, des doses maximum d'emploi au delà desquelles l'accroissement de rendement est négligeable.

(2) Ce prix s'entendait au départ des usines du Nord de la France.
(3) Ces prix s'entendaient au départ des mines d'Alsace.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand ce maximum est atteint, une réduction du prix des engrais est sans effet sur les rendements; et, dans la mesure où les prix de revient sont incompressibles, l'on peut dire que l'industrie a atteint son objectif.

On cite couramment, à l'appui de cette opinion, les emplois d'engrais, dans des pays très avancés, comme la Belgique et la Hollande, qui consomment en moyenne, à l'hectare [4] :

| | Acide phosphorique $P^2O^5$. | Azote N. | Potasse $K^2O$. |
|---|---|---|---|
| Belgique | 33,7 kg | 34,2 kg | 23,8 kg |
| Hollande | 30,9 — | 51,5 — | 43,7 — |
| Allemagne | 26,6 — | 20,9 — | 38,2 — |

Et l'on conclut, un peu vite, à notre avis, qu'en France, où la consommation moyenne à l'hectare n'est encore que

20,2 kg 7 kg 8,9 kg

on peut, moyennant quelques efforts, multiplier par 1,5 la consommation d'acide phosphorique, par 6 ou 7 celle de l'azote, par 4 ou 5 celle de la potasse.

Mais, ce faisant, l'on oublie qu'à défaut d'erreur dans l'établissement des statistiques, la diversité des cultures, la différence des climats, de la fertilité des terres, du morcellement de la propriété, des habitudes ou des caractères plus ou moins disciplinés, jouent un rôle prépondérant dans la cadence de développement des engrais.

Il semble, en fait, que l'emploi, dans chaque pays, d'un élément fertilisant augmente d'une manière continue, mais assez lente, jusqu'à un palier, que l'expérience seule détermine, qui semble correspondre à un état d'équilibre dépendant de facteurs complexes, et à partir duquel le développement est beaucoup plus lent, sinon insensible.

Ainsi, malgré tous les efforts de propagande, la consommation française du superphosphate est à peu près stationnaire, voisine de 2.000.000 t par an, depuis 1923, et la consommation allemande d'azote, qui était de 185.000 t en 1913-1914, oscille autour de 400.000 t par an depuis la campagne 1926-1927.

L'industrie des engrais irait donc au-devant des plus graves mécomptes si elle interprétait les statistiques d'une manière simpliste et escomptait que chaque pays peut aligner sa consommation en éléments fertilisants sur les maxima constatés dans d'autres pays.

## LES GOUVERNEMENTS ET LES ENGRAIS.

L'agriculture est, dans tous les pays, un facteur essentiel de l'économie. Chacun cherche à assurer ses propres besoins pour éviter les importations onéreuses que représente, pour des millions d'individus, l'insuffisance des ressources alimentaires.

Aussi voit-on la plupart des gouvernements placer au premier rang de leurs préoccupations la situation de leur agriculture et s'efforcer de maintenir sa prospérité ou de la soutenir en cas de crise; c'est le cas de notre pays, où la politique éco-

(4) Chiffres de 1928.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nomique est, depuis longtemps, orientée dans un sens favorable à l'agriculture; différentes mesures, telles que relèvement des tarifs douaniers ou contingentement d'importations, lui ont assuré un sort meilleur que celui des fermiers de la Grande-Bretagne qui, par tradition, est plus soucieuse de son industrie que de son agriculture.

L'heureux équilibre social et économique de notre pays ne permet guère de douter que nos gouvernants aient sagement agi.

Rappelons que le droit de douane est de 80 fr par quintal de blé, dont le cours mondial est de 100 fr; de 100 fr par quintal de sucre, dont le cours mondial est à peu près équivalent; de 55 fr par quintal de vin dont la valeur, à la propriété, est d'environ le double.

Les droits élevés dont bénéficie notre agriculture sont d'autant plus efficaces que l'industrie des engrais n'a jamais pu obtenir la moindre protection, et que le cultivateur français peut ainsi se procurer ses engrais à des prix au plus égaux aux cours mondiaux.

Cette constatation, qu'il faut bien faire pour comprendre l'une des difficultés de l'industrie des engrais, n'implique aucune amertume, puisque la prospérité de la clientèle est à la base de celle du fournisseur.

Tant que l'engrais chimique a été représenté : par le superphosphate, dont la très faible valeur est incapable de supporter un long transport, par le nitrate de soude, fourni par le seul Chili, et le sulfate d'ammoniaque, sous-produit des cokeries, l'absence de protection s'expliquait aisément.

La question se pose différemment depuis l'apparition des engrais de synthèse, dont la fabrication, sur notre sol, peut avoir, sur notre balance commerciale, une influence sensible et concourir puissamment à la défense nationale[5]; la concurrence étrangère, souvent mieux armée par les conditions naturelles, apparaît redoutable, et il semble que l'intérêt général soit de ne pas laisser notre propre industrie à sa merci, par la survivance d'une politique de protection peut-être trop exclusive.

Certains gouvernements, comme le nôtre, sacrifiant à une véritable mystique de l'engrais bon marché, ont cru qu'en se faisant eux-mêmes exploitants, ils réussiraient à pourvoir l'agriculture à des conditions plus avantageuses que l'industrie.

Laissons de côté la potasse dont l'État possède, en fait, par les gisements alsaciens, le monopole et dont il règle aisément les prix.

Regardons du côté de Toulouse, où l'État a construit et exploite avec succès la plus grande usine d'azote de France. Du point de vue technique, il serait très injuste de ne pas rendre hommage aux efforts des ingénieurs qui ont mis au point ces ateliers grandioses et qui, sans aucun doute, en tireront un excellent rendement.

On accordera bien, cependant, que les techniciens de l'industrie valent ceux de l'État et qu'à technique égale, le prix de revient soit indépendant de la raison sociale.

Par contre, c'est sur le terrain financier que l'État constitue, pour l'industrie, une menace dont les Pouvoirs publics n'apprécient point toujours la gravité.

Les organismes d'État, quels que soient leurs statuts, peuvent, en effet, se

(5) Il faut 0,3 kg d'azote par kilogramme de poudre sans fumée et 0,45 kg d'azote par kilogramme de mélinite; l'approvisionnement annuel de l'armée en poudres et explosifs réclamerait, dans une guerre éventuelle, une quantité d'azote du même ordre que la consommation totale actuelle de notre agriculture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

procurer gratuitement les capitaux qui leur sont nécessaires. Supputez l'avantage que conférerait chaque année, à nos grandes sociétés, la libre disposition des sommes correspondant aux intérêts des emprunts, aux dividendes distribués et aux impôts correspondants, et vous mesurerez ainsi la supériorité que possède l'industrie d'État, si elle n'est pas astreinte à une rémunération effective de ses capitaux.

### L'EXPÉRIENCE AGRICOLE DOMINE LA FABRICATION DES ENGRAIS.

L'évolution de l'agriculture est forcément lente, parce que les conditions météorologiques viennent souvent contrarier les efforts de l'homme; il faut des années pour établir une moyenne d'observations indépendante de ces facteurs étrangers et pour propager l'expérience par l'exemple.

A coup sûr, une propagande intelligente, appuyée par des champs d'expériences, contribue à répandre les saines doctrines. Mais il reste, en définitive, à convaincre une clientèle assez méfiante, qui a pu, dans le passé, souffrir de réclames tapageuses, et qui n'acquiert sa conviction que par la constatation de résultats tangibles.

Il suit de là que les formules d'engrais les plus séduisantes du point de vue théorique risquent de demeurer des curiosités scientifiques si elles ne peuvent, industriellement, être obtenues à des prix de revient satisfaisants ou si elles se heurtent, dans leur application, à des difficultés de stockage ou d'épandage.

Ainsi, l'azote est aujourd'hui employé sous deux formes principales, ammoniacale et nitrique; le prix de l'azote a été, jusqu'ici au moins, commandé, pour la forme ammoniacale, par le cours du sulfate d'ammoniaque, offert, comme nous l'avons vu plus haut, à des prix extrêmement bas (1,15 franc-or l'unité d'azote, contre 1,70 franc-or avant guerre); pour la forme nitrique, par le cours mondial du nitrate de soude du Chili (1,50 franc-or contre 1,60 franc-or avant guerre). On peut affirmer que tout engrais nouveau, dont la formule fera ressortir le prix du kilogramme d'azote de chaque espèce à une valeur supérieure à celle-là, est voué à l'insuccès

De même, le prix de l'acide phosphorique soluble est défini par celui du superphosphate, et il sera pratiquement impossible, dans l'avenir, de vendre, sous un état quelconque, l'acide phosphorique soluble à un prix dépassant sensiblement sa parité dans le superphosphate.

D'autre part, l'engrais doit être présenté sous une forme commode pour l'épandage. L'emploi des distributeurs automatiques impose la pulvérulence et la siccité.

L'engrais doit non seulement posséder ces deux qualités dès sa sortie de fabrication, mais surtout les conserver au cours des longs mois de stockage et au moment de l'emploi.

Cette question de présentation est capitale et peut faire renoncer à l'usage des meilleures formules si la technique est impuissante à les préparer sous une forme satisfaisante.

Le nitrate d'ammoniaque fournit à cet égard un exemple frappant.

Ce corps, qui dose 35 p. 100 d'azote, moitié ammoniacal, moitié nitrique, et dont l'élément fertilisant n'est allié à aucun support nuisible ou même inerte, n'a pas été jusqu'ici obtenu sous une forme non hygroscopique.

Il se prend en masse sous l'influence de l'humidité atmosphérique. Malgré son prix de revient avantageux et son action sur la végétation, il n'a pu être employé qu'à l'état de combinaison ou de mélange, au travers desquels il perd son grave défaut.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CARACTÈRES DE L'INDUSTRIE DES ENGRAIS.

Les considérations précédentes nous amènent à conclure que l'industrie des engrais est dominée par les caractères suivants :

1° Le développement de l'emploi est subordonné au bas prix de vente des engrais élémentaires qui ont fait jusqu'ici les cours;

2° L'absence de protection douanière, impliquant la concurrence des pays les plus favorisés, l'existence d'une industrie d'État, privilégiée à certains points de vue, imposent une fabrication impeccable.

Pour offrir une résistance efficace, la fabrication des engrais doit tout d'abord être implantée dans un site géographique favorable; le choix de celui-ci dépend du procédé mis en œuvre, de la nature des matières premières employées et de la position des régions consommatrices.

Pour ne parler que de nous, la France est alimentée en phosphates par l'Afrique du Nord, en potasse par l'Alsace; elle produit son azote, soit sur le charbon, soit sur les chutes d'eau.

On conçoit que, selon les formules ou les procédés de fabrication envisagés, le port, le voisinage des charbonages ou de l'Alsace constituent des emplacements dont les avantages peuvent, jusqu'à un certain point, compenser, pour certains d'entre eux, l'éloignement des régions de consommation.

Réserve faite de la position géographique, l'industrie des engrais est commandée par les facteurs essentiels du prix de revient, la production en grande masse et la perfection de la technique.

Elle est ainsi conduite à des installations considérables, mécanisées à l'extrême, exigeant des investissements de capitaux très importants, et nécessitant, en raison de la rapidité de son évolution, des amortissements massifs.

Elle ne peut plus être pratiquée sur une petite échelle; son progrès même est subordonné à des études si longues et si dispendieuses que, seuls, de puissants organismes possédant les états-majors techniques ou les ressources financières suffisantes peuvent en assumer la poursuite et les risques; la mise au point d'un engrais nouveau doit, est-il besoin de le dire, être conduite jusqu'à l'échelle industrielle; et il faut plusieurs campagnes et la vente de milliers de tonnes pour en démontrer la valeur. C'est dire que l'échec, plus fréquent que le succès, est particulièrement coûteux.

Ayant ainsi délimité le cadre dans lequel doit inexorablement se mouvoir notre industrie, nous pouvons maintenant, sans insister sur les raisons qui les ont guidées, passer en revue les tentatives faites récemment pour atteindre les objectifs qui se sont tout naturellement présentés et que l'on peut ainsi définir :

1° La réduction à l'extrême du prix de l'azote extrait de l'air;

2° La fixation de cet azote sur un support peu coûteux;

3° La recherche d'un support de l'azote qui constitue lui-même un fertilisant ou un amendement;

4° La préparation d'engrais composés, comprenant les trois éléments fertilisants, azote, acide phosphorique et potasse, sous une forme très concentrée, excluant même tout support, de manière à réduire les frais d'emballage, de transport et d'épandage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RÉDUCTION DU PRIX DE L'AZOTE.

On peut se procurer l'azote, soit en l'extrayant de l'air par liquéfaction et séparation de l'oxygène au cours d'une distillation fractionnée, soit par la combustion du charbon et séparation de l'oxygène à l'état d'acide carbonique.

Mais il faut, pour utiliser cet azote, l'obtenir sous forme d'une combinaison maniable; le premier mode peut conduire à l'ammoniaque $NH^3$, ou à la cyanamide $CN\text{-}NH^2$ (ou à la cyanamide calcique $CaCN^2$); le second mène pratiquement à l'ammoniaque.

*Oxydation directe de l'azote atmosphérique.* — On a aussi cherché, à l'origine, à oxyder directement l'azote de l'air au four électrique, et à le recueillir sous forme d'acide nitrique.

C'est à ce procédé que la Société norvégienne de l'Azote dut sa prospérité pendant plus de 20 ans, de 1905 à 1925; mais malgré le prix extrêmement bas de l'énergie hydroélectrique en Norvège, le très faible rendement énergétique de la réaction ne lui a pas permis de concurrencer le processus, en apparence plus compliqué, de l'oxydation de l'ammoniaque, et, dès le début de 1928, la grande société a entrepris une transformation radicale de ses installations qui l'a conduite, en fixant l'azote de l'air sous forme d'ammoniaque, à tripler sa production d'azote sans augmenter ses installations hydroélectriques [6].

Cette évolution du pays où l'énergie peut sans doute être obtenue au plus bas prix du monde (il existe encore des chutes dont l'aménagement reste à faire, capables de fournir le kilowatt-heure à 1,5 centime de franc-papier), est la preuve manifeste que le four électrique, même s'il est encore, ici ou là, exploité, grâce à des circonstances exceptionnelles, n'a plus qu'un intérêt historique.

*Synthèse de l'ammoniaque.* — Seules demeurent en ligne désormais les méthodes fixant l'azote sous forme d'ammoniaque ou de cyanamide.

Pour l'ammoniaque, nous laisserons de côté la synthèse ou combinaison catalytique de l'hydrogène et de l'azote. Plusieurs procédés, aujourd'hui bien au point, réalisent cette catalyse sous des pressions variant de 100 à 1.000 atm et à des températures voisines de 500° à 600°; les différences qu'ils présentent, et qui sont parfois sensibles, ont pu donner lieu à des discussions dont la pratique a montré l'exagération; en réalité, leur appareillage est assez analogue et a été porté à un degré de perfection tel que les améliorations à escompter sont, au point de vue économique, assez maigres.

On peut toutefois dégager une tendance générale à l'adoption d'unités de plus en plus puissantes, facilitée par les progrès rapides de la métallurgie et de la construction mécanique. Les unités les plus récentes comportent des tubes de synthèse capables chacun d'une production de 20 à 40 t d'ammoniaque par jour, alimentés par un unique compresseur aspirant de 2.800 à 5.600 $m^3$ de gaz à l'heure.

A titre d'exemple, voici les caractéristiques d'un tube de 30 t par jour, fonctionnant sous une pression de 300 $kg:cm^2$.

(6) On admet, en effet, que les meilleurs fours à arc n'ont pu produire plus de 75 g de $NO^3H$ par kilowatt-heure; ce rendement correspond à une consommation de 50 kWh pour 1 kg de $NH^3$, triple de celle qui est nécessaire pour l'électrolyse de l'eau, la synthèse de l'ammoniaque et son oxydation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | |
|---|---|
| Hauteur | 11 m |
| Diamètre extérieur | 1,05 m |
| Diamètre intérieur | 0,70 m. |

Un tel tube, sans son aménagement intérieur, pèse 65 t.

C'est un énorme canon. Mais tandis que le vrai canon doit résister à une pression instantanée et très rapidement décroissante, ce tube doit supporter, d'une manière permanente, une forte pression à une température élevée. On conçoit que la fabrication de telles pièces ait posé à la métallurgie des problèmes ardus.

LA PRODUCTION DE L'HYDROGÈNE. — Par contre, après des tentatives assez diverses, trois procédés différents de fabrication d'hydrogène ont émergé et se partagent aujourd'hui la production dans le monde.

*Hydrogène électrolytique.* — C'est, d'abord, la préparation de l'hydrogène par électrolyse de l'eau; on construit maintenant des cellules extrêmement robustes, dans lesquelles l'eau, rendue conductrice par de la soude ou de la potasse, dégage l'hydrogène selon l'équation simple :

$$H^2O = H^2 + O - 68{,}5 \text{ cal.}$$

Théoriquement, le kilogramme d'hydrogène pourrait être obtenu avec une dépense d'énergie de 40 kWh, sous une tension de 1,5 V.

En pratique, l'électrolyseur oppose une certaine résistance, croissante avec la densité du courant, qui fait monter le voltage jusqu'à 2,5 V et ramène le rendement énergétique à 60 p. 100 environ. La consommation réelle d'énergie atteint ainsi près de 6 kWh par mètre cube.

La production de l'azote par distillation de l'air liquide consomme environ 0,2 kWh par mètre cube d'azote.

Lorsque l'on dispose de gaz convenablement purifiés, le rendement des gaz à la synthèse de l'ammoniaque atteint 90 p. 100.

C'est dire que la consommation par kilogramme d'ammoniaque est d'environ : 2,2 m³ d'hydrogène et 0,7 m³ d'azote.

La dépense d'énergie de synthèse, correspondant à la compression, à la circulation des gaz et à différents services accessoires, est naturellement variable avec le procédé employé et dépend, entre autres facteurs, de la pression de régime, de l'intensité de la circulation, de la perfection des échanges de chaleur, de la grandeur des unités.

En adoptant, pour fixer les idées, le chiffre de 2 kWh, on peut conclure que le procédé en question, puisant l'hydrogène dans l'eau, l'azote dans l'air, et mettant uniquement en œuvre l'énergie électrique, donne le kilogramme d'ammoniaque avec une dépense d'énergie ainsi décomposée :

| | |
|---|---|
| 2,2 m³ d'hydrogène à 6 kWh | 13,2 kWh |
| 0,7 m³ d'azote à 0,2 kWh | 0,14 — |
| Énergie de synthèse | 2 — |
| Total | 15,34 kWh, |

soit 15 kWh environ.

L'application de ce procédé est évidemment subordonnée à la disponibilité d'énergie très bon marché. Il est actuellement exploité sur une très grande échelle, en Norvège (80.000 t d'azote par an), en France, dans les Pyrénées (3.500 t d'azote

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par an), et d'autres installations analogues sont projetées ou en construction en différents points du monde.

Cependant, la plus grande partie de la production d'ammoniaque synthétique est aujourd'hui redevable de son hydrogène à deux procédés rivaux, mais possédant l'un et l'autre de solides assises.

*Hydrogène extrait du gaz à l'eau.* — Le plus ancien, mis au point dès avant la grande guerre, par la Badische Anilin-und Soda-Fabrik, dans son usine d'Oppau, consiste essentiellement à préparer, par combustion du coke, un mélange de gaz à l'air et de gaz à l'eau, dont les compositions moyennes sont approximativement les suivantes :

| | Gaz à l'air. | Gaz à l'eau. |
|---|---|---|
| $H^2$ | | 51 p. 100 |
| CO | 30 p. 100 | 41 — |
| $CO^2$ | 3 — | 4 — |
| $N^2$ | 67 — | 4 — |

En mélangeant les gaz dans la proportion de 1/3 du premier et 2/3 du second, on obtient un gaz de composition :

| | |
|---|---|
| $H^2 = 34$ p. 100 | $CO^2 = 4$ p. 100 |
| $CO = 37$ p. 100 | $N^2 = 25$ p. 100, |

Ce gaz est traité en présence d'un catalyseur par la vapeur d'eau, qui transforme l'oxyde de carbone en acide carbonique suivant la réaction

$$CO + H^2O = CO^2 + H^2$$

Le gaz, appauvri en oxyde de carbone jusqu'à 1 p. 100 environ, enrichi en acide carbonique et ayant à peu près la composition

| | |
|---|---|
| $H^2 = 54$ p. 100 | $CO = 1$ p. 100 |
| $CO^2 = 27$ p. 100 | $N^2 = 18$ p. 100, |

est alors comprimé à 15 ou 30 kg:cm² et débarrassé de la plus grande partie de l'acide carbonique par lavage à l'eau et à la soude; il est ensuite comprimé à nouveau jusqu'à 120 ou 200 kg:cm², et lavé par une solution de sels de cuivre qui enlève les petites quantités d'oxyde de carbone et les traces d'autres impuretés subsistantes. Le mélange d'azote et d'hydrogène ainsi épuré, correspondant à peu près à la proportion stoechiométrique, est donc propre à la catalyse.

Ce procédé a reçu en Allemagne, dans les usines d'Oppau et de Merseburg, le développement prodigieux que l'on sait (la capacité de production journalière des deux usines en question oscille sans doute entre 1.500 et 2.000 t d'azote par jour).

En Angleterre, il est appliqué dans la grande usine de Billingham, appartenant au trust des Imperial Chemical Industries, dont la capacité de production paraît être de 500 t par jour.

En France, il a été installé, il y a quelques années, à l'usine d'État de Toulouse, dont la production quotidienne est aujourd'hui de 80 t.

Tout récemment, les Établissements Kuhlmann ont mis en route à l'usine de La Madeleine, la première unité d'un groupe de 50 t par jour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Hydrogène extrait des gaz de fours à coke.* — Ce second procédé a vu le jour dans notre pays, après la guerre. La première réalisation est due au savant français Georges Claude.

Il puise l'hydrogène dans les gaz de fours à coke dont la composition moyenne est à peu près la suivante :

| | |
|---|---|
| $H^2$ | 50-55 p. 100 |
| $CH^4$ | 20-25 — |
| Carbures lourds ($C^2H^4$, $C^2H^6$, etc.) | 1-4 — |
| CO | 8-10 — |
| $CO^2$ | 2-3 — |
| $N^2$ | 10-15 — |

Le gaz, comprimé à 10-25 kg:cm² est débarrassé de son acide carbonique par lavage à l'eau, et des vapeurs de benzol, soit par lavage aux huiles de goudron, soit par simple refroidissement; le gaz épuré entre dans l'appareil liquéfacteur, comprenant une série d'échangeurs dans lesquels, grâce au froid produit par leur évaporation, tous les constituants sont liquéfiés, à l'exception de l'hydrogène. Ce dernier subit, dans l'appareil même, un lavage abondant à l'azote liquide, qui enlève les dernières traces d'oxyde de carbone et d'oxygène, et renforce, en s'évaporant, le titre du mélange en azote, jusqu'à obtenir la proportion stoechiométrique.

Le gaz de fours à coke ayant ainsi perdu son hydrogène, voit son pouvoir calorifique passer de 4.500 à 6.000 cal environ et peut servir soit au chauffage des fours, soit, de préférence, à la distribution de gaz à longue distance.

On peut aussi soumettre les gaz de fours à coke à l'action de la vapeur d'eau à haute température; on décompose totalement le méthane et les carbures supérieurs et on transforme le gaz de cokerie en un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

Ce mélange peut, à son tour, être traité comme le gaz à l'eau et converti en hydrogène par la vapeur d'eau en présence d'un catalyseur. Il peut aussi être débarrassé de son oxyde de carbone par lavage à l'azote liquide; le cracking préalable a l'avantage de soumettre au traitement un gaz moins complexe et plus riche en hydrogène que le gaz de cokerie; il en résulte une sérieuse simplification de l'appareillage et une notable réduction dans la consommation d'énergie.

Le cracking des gaz de cokerie a été, pour la première fois, mis au point par les Établissements Kuhlmann; leur procédé est appliqué actuellement, en Allemagne, par plusieurs cokeries importantes.

COMPARAISON DES PROCÉDÉS DE PRODUCTION D'HYDROGÈNE. — L'apparition du procédé Claude a naturellement conduit la plupart des cokeries inportantes à l'appliquer, pour tirer parti de leurs gaz et, selon l'expression à la mode, les « valoriser ».

On a mis à son actif la possibilité de construire de petites unités dispersées sur tout le territoire et l'utilisation d'une matière première bon marché, puisqu'à défaut d'un emploi de ce genre, l'hydrogène préexistant au sein du gaz n'a d'autre valeur que son pouvoir calorifique.

On a également mis en avant l'ennoblissement, à des fins chimiques, des autres constituants du gaz, éthylène, éthane et, éventuellement, méthane.

Sans contester que ce procédé se pose en concurrent redoutable du gaz à l'eau, l'évolution de la technique et des conditions économiques semble avoir démontré qu'aucun des deux ne l'emporte sur l'autre et que leurs prix de revient sont très voisins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est acquis qu'eu égard au bas prix de l'azote, les petites unités sont coûteuses. En fait, les installations récentes comportent des unités de synthèse de même puissance, quelle que soit la source de l'hydrogène.

Qui plus est, les immobilisations, rapportées à la tonne d'azote fixé, sont du même ordre, que l'on prenne pour matière première le coke ou le gaz de cokerie; cette constatation peut paraître surprenante au premier abord puisque, dans le premier cas, l'on doit construire des gazogènes, dont l'analogue est, dans le second cas, le four à coke lui-même. Mais il est, en vérité, plus facile et moins coûteux d'extraire un hydrogène propre à la catalyse du gaz à l'eau qui est, en quelque sorte, un hydrogène en puissance, que du gaz de cokerie, où il est mélangé par moitié aux gaz les plus divers.

En second lieu, l'épuration du gaz à l'eau converti, qui a pu paraître onéreuse, s'effectue en réalité sans consommation importante de réactif, au cours des différentes phases de la compression du mélange d'azote et d'hydrogène. Au contraire, l'extraction et la purification simultanée de l'hydrogène du gaz de cokerie exigent la compression d'un volume double de l'hydrogène utilisé.

A un autre point de vue, le premier procédé donne gratuitement l'azote, puisque cet élément représente, en fin de compte, le résidu de la combustion du coke, tandis que, dans le second cas, l'azote doit être préparé, par liquéfaction de l'air, au prix d'une dépense de force motrice.

Ces quelques considérations permettent de mesurer la difficulté d'une comparaison purement technique des deux procédés. Le seul élément déterminant est, en définitive, le prix de revient auquel ils peuvent, l'un et l'autre, donner le kilogramme d'ammoniaque.

Nous touchons ici à un point délicat; si la valeur commerciale du coke et le prix de revient de l'énergie sont connus, la valeur du gaz de four à coke est des plus incertaines. On admet bien aujourd'hui qu'une cokerie n'est pas viable si elle n'a pas l'emploi de son gaz.

Mais, entre une cokerie condamnée à brûler son gaz sous des chaudières et une autre, voisine de grands centres urbains, le prix du gaz peut varier, de sa valeur calorifique, soit 0,07 fr environ, à celle du gaz d'éclairage, 0,20 à 0,25 fr le mètre cube.

Tout récemment, les cokeries de la Ruhr se sont groupées pour la vente du gaz à très grandes distances, et celles du Nord de la France envisagent désormais d'alimenter la région parisienne. On conçoit facilement que la valorisation du gaz, qui peut se poser, lorsque celui-ci est brûlé à raison de 0,07 fr le mètre cube soit chose faite quand on peut le vendre, sans immobilisations complémentaires, entre 0,20 et 0,25 fr.

Bien qu'il soit toujours malaisé d'avancer des chiffres, il est néanmoins possible d'établir un parallèle entre les deux procédés en rapprochant leurs consommations de matières premières et d'énergie, et en supposant, ce qui est à peu près exact, que les autres frais (main-d'œuvre, entretien, réactifs) sont du même ordre de grandeur.

On conclut alors qu'en partant du coke à son prix de vente ou du gaz de cokerie à sa valeur calorifique, on obtient l'ammoniaque à des prix équivalents.

Le procédé à l'électrolyse soutient aussi la comparaison dans les régions où l'on dispose de kilowatts-heure à moins de 0,06 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Remarquons, d'ailleurs, qu'une différence de quelques centimes dans le prix de revient du kilogramme d'ammoniaque est peu importante, au regard des frais qu'implique la fixation ultérieure de l'ammoniaque sur un support ou le transport de l'engrais jusqu'au lieu de consommation.

Soulignons également que les frais d'entretien et d'amortissement, rançon inévitable du progrès technique, grèvent lourdement le prix de revient de l'ammoniaque, et que si les indications que nous venons de donner permettent de comparer les postes analogues des différents procédés, ils ne sauraient, en aucune manière, donner une idée des prix de revient.

LA CYANAMIDE. — Nous avons vu plus haut que l'azote extrait de l'air par voie physique pouvait encore être fixé sous forme de cyanamide; la fabrication de la cyanamide calcique, obtenue en faisant agir, vers 1.000°, l'azote sur du carbure de calcium finement divisé, s'est considérablement développée depuis 30 ans; on peut estimer à 17,5 p. 100 la part qui revient actuellement à l'azote cyanamidique dans la production mondiale de l'azote de synthèse, celle-ci se divisant à peu près comme il suit (année 1928-1929) :

| | |
|---|---|
| Sulfate d'ammoniaque | 485.000 t d'azote |
| Nitrate de chaux | 136.000 — |
| Autres composés de synthèse | 365.000 — |
| Cyanamide | 210.000 — |
| Total | 1.196.000 t d'azote. |

Ce procédé est, en apparence, assez coûteux, si l'on se réfère aux consommations d'énergie, de coke et de charbon.

On peut compter, en effet, qu'une tonne de cyanamide à 20 p. 100 d'azote, demande :

800 kg de carbure de calcium;
200 m³ d'azote, dont l'extraction a consommé 40 kWh;
360 kWh.

La tonne de carbure s'obtient elle-même avec une dépense de :

1.000 kg de chaux dont la préparation exige 200 kg de charbon;
700 kg de coke;
3.500 kWh.

En définitive, le kilogramme d'azote dans la cyanamide demande :

16 kWh;
2,8 kg de coke;
0,8 kg de charbon.

L'examen de ces chiffres laisserait à penser, au premier abord, que l'azote cyanamidique peut difficilement concurrencer l'azote ammoniacal.

Mais il y a une différence essentielle; le premier est obtenu d'emblée sous une forme employable, tandis que le second doit, pour être utilisable, être fixé sur un support. Nous verrons précisément plus loin que cette opération est souvent aussi coûteuse que la synthèse proprement dite de l'ammoniaque.

On conçoit donc que, malgré la dépense élevée d'énergie et de matière première que sa préparation implique, la cyanamide, engrais prêt à l'emploi, ait pu, jusqu'à ce jour au moins, se développer parallèlement à d'autres engrais ammoniacaux,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme le sulfate d'ammoniaque; elle a même été, dans certaines régions, préférée à ce dernier à cause de sa teneur en chaux.

Le caractère mixte de ses facteurs de production, énergie et charbon, permet aussi de saisir pourquoi la fabrication de la cyanamide, qui fut jusqu'ici l'apanage des chutes d'eau ou des régions à énergie très bon marché, vient de s'implanter également sur la houille noire.

De très grandes unités, réduisant la consommation d'énergie à 3.000 kWh par tonne de carbure, capables d'utiliser en majeure partie du courant de nuit, placées dans le voisinage des centrales thermiques et des cokeries, peuvent compenser, dans une très large mesure, le prix relativement élevé de l'énergie par le bon marché du coke et du charbon.

Si l'on ajoute que le Nord de la France et la Belgique sont des régions importantes de consommation, on s'explique que des usines thermiques bien outillées achèvent de racheter, par la différence de transport des produits fabriqués, leur infériorité congénitale et puissent desservir l'agriculture de ces régions aussi facilement que les anciennes usines des Alpes.

Ainsi, l'on a vu s'établir récemment une usine de cyanamide à Langerbrugge, sur le canal de Gand à Terneuzen, à côté de la splendide centrale du même nom; cette création, en face des usines scandinaves qui disposent de kilowatts-heure à moins de 1,5 centime-papier, eût semblé paradoxale il y a quelques années.

Des usines de même type sont en cours de construction, l'une à Lens, l'autre à Uckange, et sont destinées à absorber respectivement les excédents d'énergie d'une importante centrale et d'une usine métallurgique.

Cette tendance récente à l'émigration, au moins partielle, vers les bassins houillers ou ferrifères, de certaines fabrications électrochimiques ou électrométallurgiques de gros tonnages, mérite d'être soulignée au passage.

*Cyanamide blanche.* — A cheval, si l'on peut dire, sur l'ammoniaque et la cyanamide, et préludant à l'étude des supports de l'ammoniaque, se place une autre forme de cyanamide, dite « blanche », par opposition à celle qui dérive du carbure et en conserve l'aspect.

La cyanamide blanche, qui est restée jusqu'ici à peu près à l'état de curiosité de laboratoire, s'obtient en faisant passer, dans certaines conditions, un courant d'ammoniaque sur du carbonate de chaux; elle peut doser 30 p. 100 d'azote, tandis que la cyanamide ordinaire ne dépasse pas, dans les meilleures conditions, 23 à 24 p. 100; elle a sur celle-ci l'avantage de ne pas être caustique et il n'y aurait probablement aucune difficulté à la faire accepter sous la forme pulvérulente; son aînée, au contraire, doit être présentée en grains ou en poudre huilée, et cette petite transformation ajoute à son prix de revient.

Si l'on parvenait à préparer industriellement la cyanamide blanche, au moyen d'un appareillage simple, il est permis de penser que son bon marché et la qualité de son support réserveraient un bel avenir à cet engrais.

On a pu penser que la forme cyanamidique avait une valeur fertilisante inférieure à la forme ammoniacale; s'il en était ainsi, on pourrait hésiter à payer la facilité de fixation de l'ammoniaque par sa dégradation. Toutefois, si l'on se réfère aux conditions françaises, il semble bien que les deux formes d'azote ont, pratiquement, la même valeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## TRANSFORMATION DE L'AMMONIAQUE EN ENGRAIS.

Tandis que la fabrication même de l'ammoniaque paraît aujourd'hui à peu près assise, et que les différents procédés passés en revue semblent devoir concourir, au moins pendant assez longtemps, à la production nécessaire, la transformation de l'ammoniaque en engrais a été, jusqu'ici, abordée par des voies multiples.

On peut, pour la commodité, classer en quatre groupes les procédés ou tentatives dignes d'être actuellement retenus :

1° La fixation de l'ammoniaque sur un support et la fabrication des engrais ammoniacaux;

2° L'oxydation de l'ammoniaque en acide nitrique et la transformation de ce dernier en engrais nitriques;

3° La fabrication de l'acide phosphorique et du phosphate d'ammoniaque, constituant un engrais idéal, sans support;

4° La préparation, par conjugaison des précédents procédés, d'engrais simples ou composés, azotés, phosphatés ou phospho-azotés.

5° Enfin, nous classons, dans un cinquième groupe, l'application des méthodes précédentes aux sels de potasse, pour l'obtention de sels mixtes, phospho-potassiques ou nitropotassiques.

FABRICATION DES ENGRAIS AMMONIACAUX. — Il vient naturellement à l'esprit de combiner l'ammoniaque avec un acide; les seuls acides que l'on puisse économiquement obtenir en grande masse sont : l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, l'acide carbonique, l'acide nitrique et l'acide phosphorique.

L'emploi des deux derniers acides devant être spécialement étudié à l'occasion de leur préparation, nous nous bornerons à l'examen du sulfate, du chlorhydrate d'ammoniaque et de l'urée.

*Sulfate d'ammoniaque.* — La fabrication du sulfate d'ammoniaque n'offre pas de difficultés sérieuses. Deux procédés se partagent actuellement la production : l'un part de l'acide sulfurique et se borne à l'opération de neutralisation par l'ammoniaque qui donne, de premier jet, une solution de sulfate cristallisable.

L'autre part du gypse, ou sulfate de chaux naturel, et fait réagir le gaz carbonique sur du gypse en suspension dans une solution ammoniacale; on précipite ainsi du carbonate de chaux et sépare par filtration une solution de sulfate d'ammoniaque qui reste à concentrer.

Jusqu'ici, le second procédé a été surtout appliqué par les grandes usines du type Oppau, Merseburg, Billingham, Toulouse, qui, fabriquant l'ammoniaque à partir du gaz à l'eau, disposent ainsi d'acide carbonique pur gratuit et possèdent, par surcroît, des gisements de gypse à proximité. Mais ce serait une erreur de croire que la sulfatation par le gypse doive être limitée à ces cas particuliers, car on a trouvé le moyen d'utiliser comme réactif des gaz à faible teneur en acide carbonique, tels que les fumées de combustion, qui contiennent 12 p. 100 et cela sans devoir consentir une perte sensible en ammoniaque, qu'il faut retenir dans l'acide sulfurique.

Le procédé à l'acide inscrit à son passif le prix relativement élevé de la pyrite,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais on doit mettre à son actif la simplicité de l'appareillage et les frais très réduits de la sulfatation.

En fait, le choix de l'un ou l'autre est subordonné à la position géographique, c'est-à-dire à la possibilité de se procurer à bon marché la pyrite ou le sulfate de chaux.

Telle usine située dans un port, recevant sa pyrite d'outre-mer aux moindres frais, et trouvant à proximité des hauts fourneaux susceptibles de consommer la pyrite grillée, recourra naturellement à l'acide sulfurique. Telle autre, éloignée de la mer ou de l'industrie métallurgique, pouvant trouver, à distance convenable, un gisement de gypse, aura tout avantage à utiliser ce minerai.

Il y a, dans chaque cas particulier, une balance à faire entre le prix du minerai, pyrite ou gypse, l'importance des immobilisations en faveur du second, et les frais de fabrication à l'avantage du premier.

Il est possible que, dans l'avenir, le développement de certains procédés de production d'acide phosphorique laisse des disponibilités importantes de sulfate de chaux résiduaire, qui pourraient constituer un minerai gratuit pour la sulfatation, et pousser ainsi au développemeut du procédé au gypse.

Néanmoins, on peut penser, en l'état actuel des choses, que les deux procédés continueront à coexister.

Malgré le reproche qui lui a été adressé de contribuer à décalcifier les terres effet qu'un amendement judicieux peut, d'ailleurs, aisément combattre, le sulfate d'ammoniaque, dont l'emploi est considérable (la consommation française s'est élevée à 423.000 t en 1929), et dont le prix fait ressortir l'unité d'azote au meilleur marché, demeurera, pendant longtemps encore, un engrais de grande masse.

*Chlorhydrate d'ammoniaque.* — On ne peut guère songer à employer directement l'acide chlorhydrique pour la fabrication du chlorhydrate d'ammoniaque. Pour neutraliser une même quantité d'ammoniaque, il faut, en effet, un poids d'acide muriatique (acide chlorhydrique du commerce à 33 p. 100 de HCl) double du poids d'acide sulfurique monohydrate correspondant. Or, le prix de revient de l'acide muriatique est supérieur à la moitié de celui de l'acide sulfurique et s'oppose à son utilisation.

A supposer même que cette considération ne soit pas dirimante, on doit remarquer que la fixation de 25 kg d'ammoniaque (équivalant à 100 kg de sulfate) exigerait un emploi d'acide muriatique correspondant à la production d'environ 100 kg de sulfate de soude ou 130 kg de sulfate de potasse, selon que l'acide muriatique serait obtenu par décomposition du chlorure de sodium ou du chlorure de potassium.

Dans l'un et l'autre cas, la fabrication de quantités importantes de chlorhydrate d'ammoniaque conduirait à la production de quantités de sulfate hors de proportion avec les possibilités d'absorption de leurs marchés respectifs.

On ne peut donc concevoir que l'utilisation directe du chlore, des chlorures naturels, ceux de sodium ou de potassium.

Pour le premier, il semble aisé, à première vue, d'extraire du cycle Solvay le chlorhydrate d'ammoniaque, formé en même temps que le bicarbonate de soude, au lieu de décomposer le chlorhydrate par la chaux, pour faire rentrer l'ammoniaque dans le cycle et évacuer le chlore sous forme de chlorure de calcium.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les productions des deux corps ne seraient pas disproportionnées, puisque l'on obtiendrait environ 120 kg de chlorhydrate d'ammoniaque pour 100 kg de carbonate de soude, et que la consommation française de ce dernier atteint, comme l'on sait, 300.000 t par an.

Malgré l'apparence séduisante du procédé, la séparation du chlorhydrate d'ammoniaque offre cependant de sérieuses difficultés et, en fait, les fabricants de soude, directement intéressés à son application, n'y ont encore point eu recours.

*Le potazote.* — Plus intéressante est la tentative de M. Georges Claude, qui introduit dans le cycle Solvay la sylvinite, mélange de chlorure de sodium et de potassium à 12/18 p. 100 de $K^2O$; le sodium seul intervient dans la réaction Solvay, pour donner du carbonate de soude, et l'on retrouve le potassium sous forme de chlorure double d'ammoniaque et de potassium. Théoriquement, le procédé Claude fournit gratuitement le chlore support de l'ammoniaque, et le sodium, du carbonate de soude, puisque la sylvinite n'est vendue que pour sa teneur en potasse.

La réaction globale de fabrication du potazote peut s'écrire

$$\underset{\text{sylvinite}}{nKCl + NaCl} + NH^3 + CO^2 + H^2O = \underset{\text{potazote}}{nKCl + NH^4Cl} + CO^3NaH.$$

La fabrication consiste dans la précipitation alternée, au sein d'un certain volume d'eaux-mères qui parcourent, en circuit fermé, les différents appareils, du bicarbonate de soude d'une part et du mélange de chlorure de potassium et de chlorhydrate d'ammoniaque, qui constitue le potazote, d'autre part.

A la sortie de l'essoreuse du potazote, les eaux-mères subissent, en somme, les opérations suivantes : Bicarbonatation à l'aide de l'acide carbonique, provenant de la calcination du bicarbonate de soude; — Essorage du bicarbonate; — Enrichissement des eaux-mères en ammoniaque à l'aide de gaz ammoniac; — Monocarbonatation de l'ammoniaque; — Dissolution de la sylvinite; — Refroidissement des eaux-mères (en utilisant la chaleur de vaporisation de l'ammoniaque liquide); — Essorage du potazote; — Décantation des eaux-mères et retour au début du cycle.

Le chlorhydrate d'ammoniaque, titrant environ 26 p. 100 d'azote, et le potazote titrant 12 à 12,5 p. 100 d'azote et 24 à 25 p. 100 de potasse $K^2O$, pourraient être de bons engrais. On a pu contester la qualité de leur support, le chlore, mais l'emploi croissant, en France, des sels de potasse d'Alsace à base de chlorure témoigne de son innocuité relative.

L'emploi du chlorhydrate d'ammoniaque ne s'est pas développé jusqu'ici; sur une consommation française d'engrais azotés atteignant, en 1929, 969.000 t, le chlorhydrate ne s'inscrit que pour 2.332 t, et le potazote que pour quelques milliers de tonnes.

En Allemagne, on a lancé, sous le nom de Kalkammon D.A.V.V.[7], un mélange de chlorhydrate d'ammoniaque et de carbonate de chaux dosant 17 p. 100 d'azote ammoniacal et 17 p. 100 de chaux.

*L'urée.* — La réaction, sous pression, du gaz carbonique sur l'ammoniaque gazeux conduit au carbamate d'ammoniaque.

$$CO\begin{matrix}\nearrow NH^2 \\ \searrow ONH^4\end{matrix}$$

(7) Deutsche Ammoniak Verkauf Vereinigung.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lequel, chauffé sous pression, dans certaines conditions, se transforme en urée, avec perte d'eau, selon la réaction :

$$CO\begin{matrix}NH^2\\ONH^4\end{matrix} = CO\begin{matrix}NH^2\\NH^2\end{matrix} + H^2O.$$

La formation du carbamate exige, à cause de sa faible densité apparente et des conditions mêmes de sa précipitation, un appareillage compliqué. De plus, le rendement de la déshydratation ne dépasse jamais 50 p. 100, et la moitié des gaz doivent repasser en réaction.

L'urée est un engrais riche, à 46 p. 100 d'azote, et ne contenant aucun support nuisible.

Pratiquement, et bien que la Farben Industrie soit, depuis quelques années, en mesure d'en produire des quantités importantes, l'urée ne paraît pas avoir eu un bien large marché; la France en a consommé seulement 2.400 t en 1929.

*Le phosphazote.* — C'est ici le lieu de mentionner une tentative curieuse, faite par la Société des Produits azotés, pour transformer l'azote de la cyanamide en urée; la cyanamide calcique, mise en suspension dans l'eau, est traitée par un courant de gaz carbonique, qui précipite la chaux et libère la cyanamide.

$$CN^2Ca + CO^2 + H^2O = CN^2H^2 + CO^3Ca.$$

Sous l'action de l'acide sulfurique dilué, la cyanamide s'hydrolyse et donne l'urée :

$$CN^2H^2 + H^2O = CO\begin{matrix}NH^2\\NH^2\end{matrix}$$

La solution sulfurique d'urée est employée à l'attaque du phosphate; on fabrique ainsi un véritable superphosphate d'urée dosant 10 p. 100 de $P^2O^5$ et 10 p. 100 d'azote.

Ce procédé, ingénieux et élégant, a l'inconvénient de prendre comme matière première la cyanamide qui est un engrais fini; il n'aurait pu se développer que s'il avait été possible, dans la généralité des cas, de vendre l'azote uréique à un prix notablement supérieur à l'azote cyanamidique.

Il est néanmoins appliqué, sur une petite échelle, dans deux installations, l'une en France, l'autre en Suisse.

Le phosphazote, susceptible, dans certains cas particuliers, de donner, malgré son prix relativement élevé, des résultats intéressants, ne peut être regardé que comme une formule d'appoint.

FABRICATION DES ENGRAIS NITRIQUES. — Si l'agriculture emploie volontiers les engrais ammoniacaux, relativement bon marché mais dont l'action est lente, elle a besoin, surtout au printemps, d'engrais nitriques, dont l'effet rapide donne à la végétation un véritable coup de fouet.

Pendant longtemps, le nitrate de soude naturel du Chili a été le seul engrais nitrique employé, et son extraction n'a cessé de croître depuis un siècle, partant de 800 t en 1830, pour atteindre 2.500.000 t en 1913; malgré une forte diminution après guerre, on retrouve le même chiffre en 1928 et 1929; le nitrate de chaux de la Société norvégienne de l'Azote, apparu en 1905, a été le premier produit de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

synthèse qui se soit posé en concurrent et ait reçu, assez rapidement d'ailleurs, la faveur des agriculteurs.

Il a fallu attendre, cependant, la période d'après-guerre pour voir apparaître, grâce au bas prix de l'ammoniaque, une grande production de nitrates de synthèse susceptibles de concurrencer sérieusement le nitrate du Chili.

Depuis quelques années, une âpre lutte est engagée.

La production des nitrates de synthèse s'accroissant plus vite que la consommation, ceux-ci s'efforcent de faire rétrograder le produit naturel, qui se défend à son tour en perfectionnant, dans la mesure du possible, ses méthodes d'extraction.

La transformation de l'ammoniaque en acide nitrique, par oxydation catalytique de l'ammoniaque et condensation des vapeurs nitreuses, s'effectue aujourd'hui sur une large échelle; la question des matériaux à employer, demeurée longtemps délicate, est maintenant résolue de manière satisfaisante et les procédés mis en œuvre ne diffèrent que par des variantes, qui peuvent influer sur les prix de revient, mais ne dépassent pas les progrès normaux d'une industrie à peu près évoluée, après quinze ans de tâtonnements.

Par contre, les différents modes de fixation de l'acide nitrique demeurent discutés.

On a tout naturellement songé, pour neutraliser l'acide, à recourir aux bases les plus communes : l'ammoniaque, la chaux, la magnésie, la soude et la potasse.

*La fabrication du nitrate d'ammoniaque* est facile; titrant 34/35 p. 100 d'azote mi-nitrique mi-ammoniacal, et ne contenant aucun support nuisible, le produit constituerait théoriquement un excellent engrais. Malheureusement, son hygroscopicité, nous l'avons déjà dit, s'oppose absolument à son emploi.

De nombreuses tentatives ont été faites pour le mélanger à des corps inertes, qui lui conservent la pulvérulence indispensable. En Angleterre, l'Imperial Chemical préconise le *nitrochalk*, mélange de 29 p. 100 de nitrate d'ammoniaque et de 71 p. 100 de carbonate de chaux résiduaire dosant 10 p. 100 d'azote et 64 p. 100 de chaux; on le retrouve en Allemagne sous le nom de *Kalkammon Salpeter* à 20,5 p. 100 d'azote. En France et en Italie, c'est l'addition du sulfate de chaux, à raison de 40 à 50 p. 100 du mélange, qui semble avoir la préférence. En Allemagne, la Farben Industrie a lancé en son temps le *Leuna Salpeter*, mélange de sulfate et de nitrate d'ammoniaque, dosant 25/26 p. 100 d'azote, dont 19 à 20 p. 100 ammoniacal et 6/6,5 p. 100 d'azote nitrique. Toutes ces formules ont le sérieux inconvénient d'abaisser, après coup, la teneur en azote du nitrate.

Aucune d'elles n'a, d'ailleurs, rencontré jusqu'à présent la vogue des engrais simples, sulfate d'ammoniaque ou nitrate de soude.

Ce n'est pas à dire que le nitrate d'ammoniaque soit sans avenir : chaque forme d'azote supporte, en quelque sorte, l'autre, et le prix de revient de l'unité d'azote est, par là même, assez réduit. Grâce à sa haute teneur en azote, il facilitera la préparation des engrais composés concentrés, dès que son mode d'emploi sera mieux étudié.

On peut penser que la solution du problème n'est pas dans l'emploi en simple mélange avec des corps inertes, mais dans la mise en combinaison avec d'autres corps, comme le chlorure de potassium, qui, par double décompo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition, sont susceptibles, en le dénaturant, de lui faire perdre sa fâcheuse hygroscopicité.

*Nitrate de chaux.* — A l'inverse du précédent, le nitrate de chaux peut être obtenu sous deux formes qui se prêtent à l'emploi ; le nitrate de chaux proprement dit, dosant pratiquement 13 p. 100 d'azote nitrique, se présente à l'état de petites plaquettes.

Le nitrate de chaux ammoniacal, titrant 15,5 p. 100 d'azote (dont 14,75 nitrique et 0,75 ammoniacal) a l'aspect de petites granules.

L'un et l'autre contiennent 26 p. 100 de chaux, qui constitue, à l'égard de la plupart des terres, un excellent amendement.

Si l'attaque du calcaire par l'acide nitrique est une réaction simple, la concentration et, surtout, la cristallisation des solutions n'est pas exempte de difficultés.

Le produit est très apprécié de l'agriculture et peut se substituer au nitrate de soude.

L'emploi se développe rapidement. La consommation mondiale est passée de 200.000 t environ en 1925-1926, à 880.000 t en 1928-1929, dont 450.000 t en Allemagne, 100.000 t au Danemark, 70.000 en Hollande et 48.000 en France.

Pendant la même période, la consommation de nitrate du Chili a progressé seulement de 2.100.000 à 2.700.000 t.

Les plus grands producteurs actuels sont l'Allemagne et la Norvège, dont les productions paraissent atteindre, pour chacune, 400.000 à 500.000 t par an de produit à 15,5 p. 100 d'azote. Celle de la France, qui n'est encore que de 60.000 t de nitrate à 13 p. 100 par an s'accroîtra au cours des prochaines années, pour peu que les prix le permettent.

N'oublions pas que les usines norvégiennes n'ayant, en dehors des frais d'exploitation habituels, aucune dépense de matières premières, sauf l'achat du calcaire, disposant d'énergie à très bas prix, livrent le kilogramme d'azote sous cette forme à des conditions dont peu de personnes se font une idée, et que le handicap de transport ne rachète pas l'infériorité des positions françaises, accrochées à la houille ou aux chutes d'eau.

*Le nitrate de magnésie.* — Signalons, en passant, l'apparition récente du nitrate de magnésie et même du nitrate double de magnésie et de chaux. Ces produits, titrant 14 à 15 p. 100 d'azote, ont la même apparence que le nitrate de chaux; la présence de magnésie est avantageuse pour certaines terres où cet élément est déficient. Il est assez curieux de constater que, dans certaines conditions, l'addition de magnésie ne s'oppose pas à l'obtention d'un sel double très peu hygroscopique.

*Le nitrate de soude synthétique.* — On a eu, naturellement, l'idée de préparer du nitrate de soude synthétique, en neutralisant l'acide nitrique par le carbonate de soude; mais, en général, ce corps apparaît trop coûteux.

Il vient alors à l'esprit de chercher la soude dans son minerai naturel : le chlorure de sodium, mais celui-ci n'est qu'incomplètement attaqué par l'acide nitrique, et la réaction n'a pu jusqu'ici recevoir d'application.

D'ailleurs, on ne saurait trouver l'emploi des quantités énormes d'acide chlorhydrique qui seraient ainsi libérées, sinon à la préparation du chlorhydrate d'ammoniaque dont l'emploi, nous l'avons vu, est encore très restreint.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'attachement des cultivateurs pour le nitrate de soude est tel (la consommation française a été, en 1929, de 414.000 t) qu'il ne serait cependant pas sans intérêt de pouvoir entrer dans cette voie.

*Le nitrate de potasse.* — Le nitrate de potasse est un excellent engrais (13,5 p. 100 d'azote nitrique et 45 p. 100 de $K^2O$), dont la fabrication est demeurée jusqu'ici assez onéreuse, parce que l'on a eu recours, en France du moins, à la double décomposition du nitrate de soude du Chili par le chlorure de potassium.

Or, si l'on excepte certaines cultures assez limitées, il faut admettre que le nitrate de potasse ne saurait se répandre, à moins que son prix ne dépasse pas la valeur totalisée de son azote nitrique et de sa potasse sous forme de sylvinite (mélange naturel de chlorures de sodium et de potassium).

La double décomposition partant d'un sel de potasse où l'unité est déjà valorisée ne saurait atteindre ce but.

L'attaque directe de la sylvinite par l'acide nitrique donne des sels complexes, malaisément séparables, et l'on doit également recourir au chlorure de potassium raffiné, dans lequel l'unité de $K^2O$ vaut 50 p. 100 de plus que dans la sylvinite. En outre, l'attaque est incomplète et donne à la fois : un nitrate de potasse contenant 90 à 92 p. 100 de $NO^3K$ et 6/8 p. 100 de KCl ; des eaux-mères renfermant 22/24 p. 100 du chlorure initial, 23/24 p. 100 de l'acide nitrique et la plus grande partie de l'acide chlorhydrique libéré par la réaction. On peut tirer parti de ces eaux-mères en les saturant par l'ammoniaque : on obtient alors un mélange complexe de : chlorhydrate d'ammoniaque, chlorure de potassium, nitrate de potasse, nitrate d'ammoniaque, dosant, par exemple : 15 à 16 p. 100 de $K^2O$ ; 16-17 d'azote ammoniacal et 5-6 d'azote nitrique ; pour 100 de nitrate brut, on produit ainsi 120 kg de sel mixte. Un procédé de ce genre pose des questions de matériel assez épineuses et son économie reste douteuse.

Aussi a-t-on cherché une autre solution dans la double décomposition déjà mentionnée du nitrate d'ammoniaque par le chlorure de potassium, qui donne un mélange de chlorhydrate d'ammoniaque et de nitrate de potasse. On renonce ainsi à la séparation du nitrate de potasse, mais le produit final de la réaction se présente sous une forme convenable et les questions d'appareillage sont grandement simplifiées. C'est le produit que les Allemands livrent, avec une addition de carbonate de chaux, sous le nom de *Kalkammon Salpeter*.

A ce chapitre, se rattache le *nitropotasse*, simple mélange de nitrate d'ammoniaque et de chlorure de potassium, dosant 16,5 p. 100 d'azote mi-nitrique mi-ammoniacal et 25 p. 100 de $K^2O$. Ce produit, qui a fait récemment son apparition en France, a l'inconvénient de se prendre en blocs et de renfermer, en réalité, un mélange, en proportions inconnues, des quatre sels.

Comme on le voit, des procédés de ce genre ne permettent pas d'éliminer le chlore des sels naturels de potasse, et cet élément se retrouve obligatoirement à l'état de chlorhydrate d'ammoniaque. C'est un point qui a été, parfois, perdu de vue, et toutes les tentatives faites en vue d'extraire le chlore du cycle des engrais sont vouées à l'échec pour deux raisons majeures : difficulté pratique de l'extraction du chlore ; disparité entre l'importance des débouchés du chlore ou d'acide chlorhydrique et celui de la potasse en agriculture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour donner un chiffre, rappelons que les 220.000 t de $K^2O$ consommées en France correspondent à 166.000 t de chlore, soit près de dix fois la consommation nationale. D'ailleurs, les engrais allemands du type Nitrophoska renferment tous strictement la quantité de chlore correspondant à la potasse contenue.

*Traitement de la leucite.* — Une voie toute nouvelle vient d'être ouverte en Italie pour la fabrication du nitrate de potasse : c'est l'attaque, par l'acide nitrique, de la leucite (silico-aluminate de potasse à 21,5 p. 100 de $K^2O$ et 23,5 p. 100 d'$Al^2O^3$, que l'on rencontre dans certaines laves, notamment celles du Vésuve). On obtient du nitrate de potasse et du nitrate d'alumine; ce dernier se décompose facilement, sous l'influence de la chaleur, en alumine, propre à la fabrication de l'aluminium, et vapeurs nitreuses aisément condensées en acide nitrique. On construit actuellement, à Civita-Vecchia, une première unité capable de traiter annuellement 20.000 t de leucite. Quoique le procédé semble devoir être subordonné à des conditions purement locales, son développement (on parle de porter à un million de tonnes de leucite la puissance annuelle de traitement de l'usine) n'est pas sans offrir un sérieux intérêt, parce qu'il apparaît capable de donner, sans sous-produit gênant, un nitrate de potasse industriellement pur.

## L'ACIDE PHOSPHORIQUE ET LE PHOSPHATE D'AMMONIAQUE.

Depuis plusieurs années, l'idée s'est fait jour d'employer, comme support de l'ammoniaque, l'acide phosphorique, dont l'agriculture consomme d'énormes quantités.

Le phosphate d'ammoniaque, qui est apparu le plus pratique, titre environ 50 à 53 p. 100 de $P^2O^5$ et 20 à 21 p. 100 d'azote; 100 kg de ce sel équivalent à 350 kg de superphosphate, du titre habituellement employé, et à 100 kg de sulfate d'ammoniaque; son adoption réduirait donc, dans le rapport de 4,5 à 1, les frais d'emballage et de transport.

Remarquons, d'ailleurs, que la consommation française d'engrais, rapportée à l'hectare, a été en moyenne, en 1928 : 7 kg d'azote, 20,2 kg d'acide phosphorique et 8,9 kg de potasse. C'est que l'azote et l'acide phosphorique ont été employés dans le rapport de 1 pour 2,6, qui est exactement celui du phosphate d'ammoniaque.

En outre, ce sel, peu hygroscopique, apparaît comme une base excellente de la préparation des engrais composés; si sa haute concentration est, momentanément, un obstacle à sa diffusion, si, pour certaines terres, le dosage d'acide phosphorique apparaît un peu élevé, il n'en reste pas moins qu'il se prête à de nombreuses additions qui permettent, soit d'abaisser son titre, soit de lui incorporer l'azote nitrique ou la potasse.

Un fossé profond a séparé jusqu'ici l'idée de la réalisation industrielle; le problème est, en effet, de livrer, sous forme de phosphate d'ammoniaque, l'acide phosphorique et l'azote à leur parité dans le superphosphate et le sulfate d'ammoniaque.

Ces deux formes d'engrais sont les plus répandues; leurs éléments fertilisants font, nous l'avons dit, le cours de l'acide phosphorique et de l'azote ammoniacal; et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il serait vain d'attribuer aux facilités d'emploi du phosphate d'ammoniaque une prime trop élevée.

Il est probable qu'aucun procédé d'extraction de l'acide phosphorique du phosphate naturel ne saurait donner cet acide au prix de parité du superphosphate, puisque, dans la préparation de ce dernier, l'acide phosphorique est, en quelque sorte, laissé *in situ* à l'état de sel mono ou dicalcique.

Mais on peut, à la vérité, consentir à payer l'acide phosphorique plus cher, lorsqu'il sert de support à l'ammoniaque et économise le support habituel de celui-ci.

Il s'agit, en somme, de compenser le supplément de prix de l'acide phosphorique, préparé par des voies en apparence plus dispendieuses, par l'économie du support de la quantité d'azote correspondante.

Trois procédés sont entrés en lice pour la préparation de l'acide phosphorique et paraissent susceptibles, selon les conditions géographiques, de retenir l'attention : la voie humide, le four électrique et le haut fourneau. Ils sont justiciables respectivement de l'acide sulfurique, de l'énergie électrique et du coke.

*Fabrication de l'acide phosphorique par voie humide.* — Ce procédé consiste à attaquer le phosphate naturel par une quantité d'acide sulfurique suffisante pour libérer complètement l'acide phosphorique et à séparer celui-ci du sulfate de chaux formé.

La concentration de l'acide phosphorique dépend des conditions de l'attaque du phosphate et du mode de séparation du sulfate de chaux.

La saturation de l'acide phosphorique par l'ammoniaque est une opération délicate, mais on est parvenu à obtenir industriellement des phosphates mono ou diammoniques bien cristallisés.

Si, par exemple, l'on emploie du phosphate tunisien à 64 p. 100 de phosphate tricalcique, la quantité d'acide sulfurique nécessaire pour la libération de l'acide phosphorique est supérieure de 30 p. 100 environ à celle qui est nécessaire pour la solubilisation d'une même quantité de phosphate sous forme de superphosphate.

On peut admettre que 1 t de ce phosphate libère 270 kg de $P^2O^5$, sous forme d'acide phosphorique, avec une dépense de 840 kg d'acide sulfurique $SO^4H^2$, tandis qu'elle fournit dans le superphosphate la même quantité à l'état de mélange d'acide phosphorique, de phosphates mono et dicalcique, avec un emploi de 640 kg de $SO^4H^2$.

Or, ces 270 kg de $P^2O^5$ peuvent pratiquement fixer 104 kg d'azote dont la présentation, sous forme de sulfate d'ammoniaque, absorberait 400 kg de $SO^4H^2$.

L'économie d'acide sulfurique nécessaire à la solubilisation du $P^2O^5$ et à la fixation de l'azote est donc de $(400 + 640) - 840 = 200$ kg, soit 20 p. 100, selon qu'on prépare le phosphate d'ammoniaque ou, séparément, le superphosphate et le sulfate d'ammoniaque.

Le procédé est donc viable, du moment où l'économie d'emballage, de transport et d'acide sulfurique compense la différence entre les frais de fabrication du phosphate d'ammoniaque d'une part, et les frais de fabrication totalisés du superphosphate et du sulfate d'ammoniaque de l'autre.

La Farben Industrie, en Allemagne, les Imperial Chemical Industries en Angleterre, la Société de Montecatini, en Italie, les Établissements Kuhlmann, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Belgique, exploitent ou achèvent le montage d'importants ateliers qui ne diffèrent que par des variantes.

Le procédé a l'avantage indirect de donner un résidu de sulfate de chaux propre à la fabrication du sulfate d'ammoniaque. *Grosso modo*, une tonne de phosphate naturel, correspondant à 0,3 t de phosphate d'ammoniaque, fixant 0,1 t d'azote, donne, comme sous-produit, 1,4 t de $SO^4Ca\ 2H^2O$ qui permet de fixer à nouveau 0,2 t d'azote sous forme de 1 t de sulfate d'ammoniaque.

En définitive, la conjugaison des deux procédés apporte une grande économie d'acide sulfurique, puisque avec 840 kg de $SO^4H^2$, on parvient à solubiliser 270 kg de $P^2O^5$ et à fixer 300 kg d'azote, alors que, sous la forme habituelle de superphosphate et de sulfate d'ammoniaque, il faut consentir une dépense de $640 + 1.150 = 1.790$, soit plus du double.

L'ensemble de ces réactions apparaît donc assez séduisant.

*Le superphosphate ammoniacal.* — C'est à ce procédé qu'on peut rattacher la fabrication du superphosphate ammoniacal, qui vient de prendre, depuis deux ans, une très rapide extension en Amérique.

De nombreux fabricants de superphosphate ont eu l'idée d'utiliser l'acidité phosphorique du superphosphate à la fixation de quantités sensibles d'ammoniaque.

L'addition, dans certaines conditions, de solution ammoniacale ou de gaz ammoniac au superphosphate permet, en ramenant le phosphate monocalcique à l'état de dicalcique, de fixer, sous forme de phosphate d'ammoniaque, 3,5 à 4 unités d'azote par 100 kg de superphosphate.

L'artifice est élégant, en ce qu'il fixe gratuitement l'azote, mais, en fait, certaines précautions sont nécessaires pour éviter un retour partiel de l'acide phosphorique à l'état de phosphate tricalcique, sans valeur fertilisante; un calcul simple montre que l'économie d'acide serait illusoire si l'on provoquait une rétrogradation sensible.

Le produit obtenu est remarquable par sa neutralité, sa pulvérulence et sa siccité.

*Fabrication de l'acide phosphorique au four électrique.* — Depuis longtemps déjà, le four électrique a été mis à contribution pour déplacer le phosphore du phosphate naturel, par la silice et le charbon, selon la réaction

$$(PO^4)^2Ca^3 + 3SiO^2 + 5C = 3SiO^3Ca + 5CO + P^2 - 282\ \text{cal.}$$

Mais l'application de la réaction à l'industrie des engrais est toute récente. C'est en 1922 que la Federal Phosphorus C°, en Amérique, en 1926 que l'I. G. Farben Industrie, en Allemagne, ont, par des voies différentes, abordé ce procédé.

Théoriquement, la fabrication de 1 kg de phosphore n'exigerait, selon l'équation précédente, que 3,3 kWh par kilogramme de phosphore; mais l'échauffement de la charge, les pertes calorifiques ou électriques élèvent fortement cette consommation, et il apparaît que, même avec des fours d'une puissance de plusieurs milliers de kilowatts-heure, la dépense ne saurait guère être inférieure à 16 kWh.

La principale raison de ce faible rendement énergétique est due au fait que les produits de la réduction, oxyde de carbone et phosphore, sont brûlés hors du four, emportant avec eux un potentiel calorifique considérable.

Il est donc indiqué de chercher à récupérer cette énergie potentielle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est dans cette récupération que réside la différence entre les méthodes américaine et allemande.

*Méthode américaine.* — Dans les fours américains, la charge, assez haute, est traversée par la vapeur de phosphore et l'oxyde de carbone, qui lui abandonnent, après addition d'air, une partie de leur chaleur de combustion.

La récupération de chaleur ainsi réalisée permet de ramener dans les meilleures conditions, à 12 kWh, et, en pratique, à 14 kWh, la consommation d'énergie par kilogramme de phosphore.

Les gaz contenant l'anhydride phosphorique ainsi formé sont d'abord refroidis, puis hydratés par une pulvérisation d'eau, dans des conditions de vitesse et de température soigneusement déterminées, pour éviter la formation de silicophosphates colloïdaux, résultant de la réaction de l'acide phosphorique avec les parois réfractaires. Une partie de l'acide phosphorique est recueillie dans les tours d'hydratation, mais la plus grande partie est précipitée dans des appareils Cottrell.

Pour faciliter la condensation, on doit éviter, dans le four, de trop hautes températures; elles provoquent la volatilisation des éléments de la charge, chaux, alumine, silice.

La Federal Phosphorus C° semble avoir surmonté la plupart des difficultés qu'offrait la mise au point du procédé et résolu notamment la question des matériaux du four.

Elle produirait actuellement 13.000 à 14.000 t par an d'acide phosphorique $P^2O^5$, en utilisant des fours de 5.000 kW, et projette l'installation de fours de 10.000 kW.

Des fours de puissance analogue ont été installés en 1929 en France, dans les Pyrénées, par la Société des Phosphates tunisiens.

*Méthode allemande.* — La Farben-Industrie a cherché à récupérer, sous une forme plus noble, l'énergie du phosphore et de l'oxyde de carbone. La méthode consiste à précipiter le phosphore au sein de l'oxyde de carbone et à transformer ensuite ce gaz en hydrogène par conversion avec la vapeur d'eau.

Quant au phosphore, on peut le brûler dans l'air, avec production d'azote résiduaire, ou, mieux, dans la vapeur d'eau, en présence d'un catalyseur avec production d'hydrogène :

$$P^2 + 5\ H^2O = P^2O^5 + 5\ H^2.$$

Théoriquement, à chaque molécule de phosphore pourraient correspondre 10 molécules d'hydrogène, provenant par moitié de l'oxydation de l'oxyde de carbone et du phosphore, soit plus de 6 molécules d'ammoniaque alors que 4 molécules suffisent pour neutraliser l'acide phosphorique correspondant.

Ces réactions sont séduisantes, mais leur application pose une série de questions relatives à l'épuration des gaz et au choix des matériaux, qui font douter de la possibilité de réaliser économiquement ce cycle.

Quoique la Farben-Industrie fabrique sur une grande échelle du phosphore au four électrique, il n'est pas certain qu'il soit oxydé dans la vapeur d'eau.

Les Établissements Kuhlmann ont créé, en 1927, à Brignoud, une station d'essais où la série des réactions en question a été parfaitement mise au point, mais il est apparu que le montage de grandes installations comportait de trop grands

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

risques d'appareillage, et la Société s'est bornée à maintenir en activité, sur une échelle réduite, la fabrication des acides phosphoriques du commerce.

Un perfectionnement important a été recherché mais sans succès, croyons-nous, jusqu'à ce jour. On remarquera que, par kilogramme de $P^2O^5$ fabriqué, le four produit environ 2,5 kg de silicate de chaux, véritable verre sans aucun emploi sérieux.

On s'est efforcé, en ajoutant de l'alumine au lit de fusion, de produire un silico-aluminate de chaux qui soit un ciment fondu de valeur. On peut théoriquement y parvenir sans grande peine. Mais, en pratique, l'introduction de l'alumine ne peut économiquement se faire que sous forme de bauxite, mélange naturel d'alumine et d'oxyde de fer. Or, ce dernier a l'inconvénient de passer tout entier à l'état de ferrophosphore, dont l'usage est très limité; en fait, on doit considérer que, dans une fabrication importante, toute partie de fer entraîne une perte correspondante de phosphore.

Par ailleurs, les bauxites pauvres en fer sont très siliceuses et donnent des laitiers d'une composition inacceptable pour un ciment alumineux de bonne qualité (dont la teneur en silice $SiO^2$ doit être inférieure à 10 p. 100).

On n'a pu, jusqu'ici, sortir de ce dilemme et trouver dans le monde une source économique d'alumine, assez pauvre en silice et fer pour constituer l'addition correcte du lit de fusion.

Une variante consiste à ajouter à la scorie, peu ferrugineuse mais riche en silice, du four électrique, un aluminate de chaux fondu très peu siliceux, permettant de reproduire la composition du ciment alumineux. Cet artifice élégant oppose à l'avantage d'une bonne déphosphoration l'inconvénient d'une production proportionnelle excessive de ciment fondu.

*
* *

En leur état actuel, les deux procédés de la voie humide et du four électrique sont difficiles à comparer, car les réalisations sont trop récentes. Cette comparaison suppose avant tout une certaine relativité entre le prix de l'acide sulfurique et celui de l'énergie électrique. Si l'on en croit la Federal Phosphorus C°, on peut obtenir, selon les installations, le kilogramme de phosphore avec une dépense d'énergie variant de 11,5 à 14 kWh, et un rendement d'acide phosphorique de 90 p. 100 par rapport au phosphate.

En admettant un emploi de 1 t d'acide sulfurique à 60°B. par tonne de phosphate brut à 70 p. 100, on calcule aisément que 1 kg de $P^2O^5$ exige environ 3,5 kg d'acide sulfurique à 60°B. D'où la correspondance suivante :

| PRIX DE L'ACIDE SULFURIQUE A 60° B. LA TONNE | ÉQUIVALENT DU PRIX DU KILOWATT-HEURE DANS UN FOUR CONSOMMANT, PAR KILOGRAMME DE PHOSPHORE : | | |
|---|---|---|---|
| Francs. | kWh, 13,9 | kWh, 12,6 | kWh, 11,4 |
| 153 | 0,096 | 0,106 | 0,118 |
| 204 | 0,13 | 0,14 | 0,157 |
| 255 | 0,16 | 0,177 | 0,197 |

Cette relation n'a de valeur que dans la mesure où les frais de transformation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont du même ordre de grandeur dans les deux procédés, ce qui reste à démontrer. Elle ne doit donc être considérée que comme une grossière approximation.

*Fabrication d'acide phosphorique par voie thermique.* — La voie thermique consiste à traiter, dans un véritable haut fourneau, le phosphate naturel en mélange avec de la silice et du coke. Dans le haut fourneau ordinaire, le phosphate est réduit à l'état de phosphore; celui-ci passe dans la fonte et la chaux se retrouve dans la scorie. En l'absence de fer et en présence de silice ou d'alumine, le phosphore reste isolé et sa vapeur s'oxyde dans une région à température moins élevée, aux dépens de l'acide carbonique. Finalement, tout se passe comme si la combustion du coke se faisait intégralement en oxyde de carbone. Les gaz sortant du four à une température de 350° à 400° contiennent environ 30 p. 100 d'oxyde de carbone, quelques centièmes d'acide carbonique et l'acide phosphorique.

Par un pulvérisateur, ils sont mis en contact intime avec un jus phosphorique qui s'enrichit progressivement. Leur pouvoir calorique est utilisé, d'une part, pour le chauffage de l'air des tuyères, d'autre part, pour la production de la force motrice, en quantité relativement faible, nécessaire au service du four.

La première réalisation paraît avoir été faite en Amérique par les Victor Chemical Works, de Chicago; cette société étudie le procédé depuis 1920; elle produit actuellement, dans un seul four, 30 t de $P^2O^5$ par 24 heures.

*
* *

Le rendement du phosphate en acide phosphorique par voie thermique paraît inférieur à celui des autres procédés. On obtient : 92/93 p. 100 par voie humide, 87 p. 100 au four électrique (non compris 3 p. 100 sous forme de ferrophosphore) et seulement 75 p. 100 par la voie thermique.

D'autre part, la consommation de coke, assez élevée, 3 à 4 kg par kilogramme de $P^2O^5$, est à opposer à un emploi de 6 ou même 8 kWh du four électrique. Le haut fourneau, même situé sur le coke, ne semble donc pas, malgré la simplicité relative de son appareillage, devoir être plus économique que le four électrique; rappelons-nous cependant qu'il peut racheter son infériorité de prix de revient par la proximité des centres de consommation.

On a pu faire, des deux procédés, une comparaison que je donne sous toutes réserves. Une consommation de coke de 3,75 kg par kilogramme de $P^2O^5$ correspond à 26.000 cal.

On peut admettre, d'autre part, que le kilowatt-heure est produit avec 5.000 cal dans des unités de moyenne importance, et 3.500 cal dans les plus puissantes et plus modernes centrales.

La production des 5,5 kWh nécessaires par kilogramme de $P^2O^5$ au four électrique correspond donc à 27.500 ou 19.250 cal selon les cas. Cela revient à dire que l'on pourrait obtenir, sur une centrale puissante, le kilogramme de $P^2O^5$ en convertissant le charbon en vapeur puis en énergie, avec une consommation de combustible moindre qu'un haut fourneau.

Que conclure, sinon que le procédé du four coulant, dans l'état encore peu avancé de l'expérience industrielle, n'est pas éloigné de soutenir, au moins dans certaines circonstances, la comparaison avec les autres méthodes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème de la valorisation de la scorie à l'état de ciment se pose, comme dans le procédé au four électrique; on s'est également proposé d'ajouter au lit de fusion de la silice, de l'alumine et de la chaux, en quantité suffisante pour former, avec la chaux du phosphate et les cendres du charbon une scorie analogue aux laitiers de haut fourneau; la question ne paraît pas nettement résolue.

On a même été plus loin, et M. Urbain a eu l'idée d'apporter la silice et l'alumine en introduisant un feldspath, silicate d'alumine et de potasse. En présence de la chaux, l'oxyde de carbone réduirait le feldspath selon l'équation

$$6\,SiO^2Al^2O^3K^2O + CO + CaO = K^2 + CO^2 + 6\,SiO^2Al^2O^3CaO.$$

Le potassium ainsi volatilisé dans la partie chaude serait oxydé plus loin par l'acide carbonique en potasse :

$$2\,K + CO^2 = K^2O + CO.$$

La potasse est condensée en même temps que l'acide phosphorique.

On peut même conduire l'opération de manière à recueillir les deux corps à l'état de combinaison, sons forme de métaphosphate de potasse

$$P^2O^5 + K^2O = 2\,PO^3K.$$

M. Matignon a donné récemment [8] les caractéristiques d'un four construit à Givors qui est capable de traiter, par jour, 10 t de matières contenant 600 kg de $P^2O^5$ et 200 kg de $K^2O$.

Pour intéressante que soit cette tentative, l'échelle de réalisation est trop petite pour que l'on puisse dès à présent se former un jugement sur l'intérêt pratique du procédé.

### LA CONJUGAISON DES PROCÉDÉS ÉLÉMENTAIRES POUR LA PRÉPARATION D'ENGRAIS COMPOSÉS PHOSPHO-AZOTÉS.

On peut conjuguer de nombreuses manières les procédés élémentaires passés en revue, en vue d'économiser des réactifs, et, notamment, de l'acide sulfurique.

Nous avons déjà mentionné la production du sulfate d'ammoniaque, au moyen du sulfate de chaux résiduaire de l'attaque du phosphate par l'acide sulfurique, processus qui aboutit, en somme, à économiser la moitié de l'acide nécessaire à la solubilisation de l'acide phosphorique et à la fixation de l'ammoniaque.

D'innombrables essais ont été faits pour supprimer radicalement l'emploi de l'acide sulfurique, mais aucun d'eux n'est encore entré dans la pratique industrielle.

*Les nitrophosphates.* — C'est ainsi qu'on a essayé l'attaque incomplète du phosphate par l'acide nitrique, la formation du nitrate de chaux correspondant à la solubilisation du phosphate tricalcique. En partant d'un phosphate naturel à 75 p. 100, on peut préparer un produit dans lequel l'acide phosphorique est convenablement solubilisé, titrant environ 15 p. 100 de $P^2O^5$ et 7 p. 100 d'azote nitrique. L'attaque du phosphate est assez délicate, mais surtout les produits de ce genre sont hygroscopiques, comme le nitrate de chaux, et supportent difficilement le stockage en vrac ou le mélange avec d'autres matières.

(8) *Chimie et Industrie* de novembre 1929.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Leur dosage en éléments fertilisants est rigide, ne peut être corrigé et, de plus, est relativement faible.

Ils ne sont pas encore sortis du domaine de l'expérimentation semi-industrielle.

*Procédés Liljenroth.* — M. Liljenroth, dans le même ordre d'idées, a proposé différents cycles très ingénieux, dont je citerai deux, à titre d'exemple.

*Fabrication simultanée du phosphate et du nitrate d'ammoniaque.* — Dans un premier processus, on attaque le phosphate par l'acide nitrique et une solution de sulfate d'ammoniaque. Le mélange se comporte, vis-à-vis du phosphate, comme une solution d'acide sulfurique et de nitrate d'ammoniaque.

On obtiendrait ainsi, suivant la réaction :

$$(PO^4)^2Ca^3 + 6\,NO^3H + 4\,NH^3 + (SO^4Am^2)^3 = 2\,PO^4HAm^2 + 6\,NO^3Am + 3\,SO^4Ca,$$

d'une part, une solution d'un mélange de nitrate d'ammoniaque et de phosphate d'ammoniaque; de l'autre, du sulfate de chaux hydraté.

Quant au sulfate de chaux, il peut être à son tour converti en sulfate d'ammoniaque :

$$3\,SO^4Ca + 3\,CO^2 + 6\,NH^3 + 3\,H^2O = 3\,SO^4(NH^4)^2 + 3\,CO^3Ca.$$

le sulfate d'ammoniaque revenant en tête des réactions pour solubiliser le phosphate.

La réaction globale peut s'écrire :

$$(PO^4)^2Ca^3 + 6\,NO^3H + 10\,NH^3 + 3\,CO^2 + 3\,H^2O = 2\,PO^4HAm^2 + 6\,NO^3Am + 3\,CO^3Ca.$$

On peut même concevoir que le carbonate de chaux, attaqué à son tour par l'acide nitrique, régénère l'acide carbonique avec formation de nitrate de chaux.

$$3\,CO^3Ca + 6\,NO^3H = 3\,(NO^3)^2Ca + 3\,CO^2 + 3\,H^2O.$$

Si on néglige cette dernière phase, qui offre un intérêt restreint, on parvient, en principe, à la production du phosphate d'ammoniaque sans aucune consommation d'acide sulfurique.

Par contre, le processus a le sérieux inconvénient de donner un mélange de deux sels, nitrate et phosphate d'ammoniaque, que l'agriculture n'a pas encore pu apprécier. De toute évidence il est beaucoup plus intéressant de les obtenir séparément, de manière à pouvoir, par mélange ultérieur, préparer tous les dosages désirés par le consommateur.

On peut, théoriquement du moins, conduire l'opération en vue de cette séparation. En forçant la quantité d'acide nitrique servant à l'attaque du phosphate, il est possible d'orienter la réaction suivant l'équation :

$$\underset{\text{phosphate brut}}{(P^2O^5)^4\,CaO} + 7\,NO^3H + 4\,SO^4Am^2 = 4\,SO^4Ca + 7\,NO^3Am + PO^4H^3 + PO^4H^2Am + H^2O.$$

L'acide phosphorique se présente sous forme d'un mélange de phosphate monoammonique et d'acide phosphorique libre.

Après filtration pour séparer le sulfate de chaux, la solution est traitée, sous certaines conditions, par une quantité d'ammoniaque suffisante pour précipiter le fer et l'alumine, solubilisés par l'acide nitrique, à l'état de phosphates solubles dans le citrate et neutraliser la première valence de l'acide phosphorique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elle est alors constituée par un mélange de nitrate d'ammoniaque et de phosphate monoammonique; après concentration, elle dépose, par refroidissement, du phosphate monoammonique. Toutefois, la séparation est incomplète et, pour obtenir un nitrate d'ammoniaque à peu près exempt d'acide phosphorique, on doit précipiter ce dernier à l'état de phosphate dicalcique, par addition de nitrate de chaux et d'ammoniaque

$$PO^4H^2NH^4 + (NO^3)^2Ca + NH^3 = PO^4CaH + 2\,NO^3Am.$$

Une variante consiste à procéder, après concentration, à une seconde saturation par l'ammoniaque pour obtenir le phosphate diammonique, que l'on sépare également par refroidissement, et une solution de nitrate d'ammoniaque que l'on épure par le même artifice.

$$PO^4H(Am)^2 + (NO^3)^2Ca = PO^4CaH + 2\,NO^3Am.$$

Un tel processus comporte un grand nombre d'opérations simples, dont la réalisation n'offre pas de difficultés, mais il exige un appareillage considérable puisque, pour garder sa caractéristique de solubilisation du phosphate brut sans acide sulfurique, il doit être doublé d'un atelier de conversion du gypse en sulfate d'ammoniaque.

Il reste à démontrer que l'économie d'acide sulfurique n'est pas compensée par la complication du cycle, l'augmentation de certains facteurs de fabrication et les pertes de rendement qui en découlent.

*Fabrication simultanée du phosphate dicalcique et du nitrate de chaux.* — Dans un autre cycle, l'attaque du phosphate se fait par l'acide nitrique, sans addition de sulfate d'ammoniaque; la réaction est réglée suivant l'équation suivante :

$$P^2O^54CaO + 6{,}4\,NO^3H \rightarrow 3{,}2\,(NO^3)^2Ca + 0{,}8\,(PO^4H^2)^2Ca + 0{,}4\,PO^4H^3.$$

Une addition de carbonate de chaux finement broyé transforme le mélange de phosphate monocalcique et d'acide phosphorique en un mélange de dicalcique et monocalcique dans lequel domine le premier :

$$3{,}2\,(NO^3)^2Ca + 0{,}8\,(PO^4H^2)^2Ca + 0{,}4\,PO^4H^3 + 1{,}75\,CO^3Ca \rightarrow 1{,}5\,PO^4CaH + 0{,}25\,(PO^4H^2)^2Ca + 3{,}2\,(NO^3)^2Ca.$$

On sépare, par filtration, le phosphate dicalcique mélangé à la gangue de phosphate, d'une solution de nitrate de chaux contenant un peu de monocalcique.

Cette solution, traitée par l'ammoniaque précipite l'acide phosphorique à l'état de dicalcique et l'on sépare par filtration une solution de nitrate de chaux ammoniacal qui, après concentration, donne un produit marchand à 16 p. 100 d'azote, dont 1,2 à l'état ammoniacal.

$$3{,}2\,(NO^3)^2Ca + 0{,}25\,(PO^4H^2)^2Ca + 0{,}5\,NH^3 = 0{,}5\,PO^4HCa + 0{,}5\,NO^3Am + 2{,}7\,(NO^3)^2Ca.$$

Les groupes de réactions précédentes n'ont été indiqués qu'à titre d'exemples; elles permettent d'apercevoir la diversité des réactions que l'on peut imaginer; elles n'ont donné lieu jusqu'ici qu'à des essais semi-industriels.

Si l'on parvient à simplifier l'appareillage que supposent de tels cycles et à améliorer le rendement des opérations successives, on pourra probablement économiser l'acide sulfurique ce qui constitue leur caractéristique commune.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

INTRODUCTION DE LA POTASSE DANS LES ENGRAIS COMPOSÉS.

Par ce qui précède, on a pu se rendre compte que, du moment où l'on réussit à isoler de sa gangue l'acide phosphorique, celui-ci se prête assez facilement à des combinaisons multiples avec l'azote ammoniacal ou nitrique.

Si on excepte le procédé du haut fourneau et le procédé italien à la leucite, où la potasse est empruntée au feldspath, on a pu voir d'autre part, à l'occasion de la préparation du potazote et du nitrate de potasse, qu'on ne peut pas raisonnablement songer à extraire du cycle des engrais le chlore des sels naturels de potasse qui ont constitué jusqu'ici l'unique source de cet élément.

Puisque le chlore doit, sous une forme ou sous une autre, rester incorporé à l'engrais, on peut se demander si la manière la plus commode d'introduire la potasse dans les engrais n'est pas d'ajouter, aux composés de base phospho-azotés, le chlorure de potassium brut ou purifié sur le carreau de la mine.

Tous les engrais allemands du type Nitrophoska sont, au fond, des mélanges de phosphate d'ammoniaque, de nitrate d'ammoniaque et de chlorure de potassium plus ou moins convertis, dans lesquels on retrouve une quantité de chlore strictement correspondante à la potasse contenue.

D'ailleurs, il semble que, pour éviter l'hygroscopicité due à la présence simultanée de sels de soude, les procédés chimiques de transformation des sels naturels de potasse doivent faire appel à une matière première déjà évoluée, comme le chlorure de potassium, où l'élément $K^2O$ est déjà, nous l'avons vu, plus cher que dans la sylvinite brute; sa valeur sera encore accrue par le traitement chimique et l'on ne voit pas bien comment des composés secondaires de potasse pourront être très bon marché.

*Le phosphate de potasse.* — Néanmoins, et bien qu'elles semblent présenter un intérêt limité, je dois signaler les recherches effectuées en vue de la préparation du phosphate de potasse.

Le chlorure de potassium peut être complètement attaqué par l'acide phosphorique, en donnant un mélange de posphate monopotassique et d'un sel mixte de phosphate monopotassique et d'acide phosphorique.

$$4\,PO^4H^3 + 3\,KCl = 2\,PO^4H^2K + PO^4H^2K.PO^4H^3 + 3\,HCl.$$

Ces phosphates de potasse sont des sels extrêmement solubles, se présentant facilement sous forme de solutions visqueuses.

Mais on peut neutraliser le mélange par l'ammoniaque et obtenir, par exemple, le complexe

$$3\,PO^4H(NH^4)K + PO^4H(NH^4)^2;$$

ce mélange de phosphate monoammonique-potassique et de phosphate diammonique contient

35,8 p. 100 de $P^2O^5$;
17,8 — de $K^2O$;
et 8,8 — d'azote.

Le titre en azote pourrait être remonté en augmentant l'excès de $PO^4H^3$ servant à l'attaque du chlorure et fixant ainsi plus d'ammoniaque à la saturation finale.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une opération de ce genre, citée, insistons sur ce point, à titre d'exemple, fixe fatalement moins d'azote que la simple neutralisation de l'acide phosphorique par l'ammoniaque. Elle n'a d'autre avantage que de préparer un engrais exempt de chlore, ce qui, croyons-nous, ne peut être que l'exception.

Comme autre exemple, on peut citer le procédé imaginé par M. Urbain pour tirer parti des solutions phosphorique et potassique recueillies à la sortie du haut fourneau.

Ces solutions acides, contenant environ 5 molécules de $P^2O^5$ pour 1 molécule de $K^2O$, sont neutralisées par le phosphate tricalcique, suivant la réaction :

$$16\,PO^4H^3 + 8\,KOH + 3\,(PO^4)^2Ca^3 = 4\,PO^4K^2H + 9\,(PO^4)^2CaH^4.$$

On obtient ainsi un mélange de phosphate dipotassique et de phosphate monocalcique.

Allant plus loin, M. Urbain transforme le phosphate monocalcique par le sulfate d'ammoniaque, en phosphate monoammonique et sulfate de chaux

$$9\,(PO^4)^2CaH^4 + 9\,SO^4Am^2 = 9\,SO^4Ca + 18\,PO^4AmH^2.$$

Enfin, une addition d'ammoniaque permet d'aboutir au stade diammonique et à un produit final de composition

$$4\,PO^4K^2H + 18\,PO^4Am^2H + 9\,SO^4Ca$$

ayant à peu près la composition :

$$P^2O^5 = 30/32 \text{ p. } 100; \qquad K^2O = 8/9 \text{ p. } 100; \qquad N^2 = 9/10 \text{ p. } 100,$$

différent du précédent par un dosage plus élevé en $K^2O$ et plus faible en azote. Il s'agit encore ici d'études semi-industrielles et l'on ne saurait se prononcer sur l'avenir qui leur est réservé.

## CONCLUSION

Arrivé au terme de cette revue des différents groupements, réalisés ou réalisables, des éléments fertilisants, il serait indiqué de vous proposer, Messieurs, la conclusion de notre examen.

En vérité, c'est là une tâche difficile.

J'ai essayé de distinguer au passage, parmi les composés dénombrés, ceux qui avaient pris droit de cité dans la liste des engrais éprouvés par la pratique industrielle et agricole et ceux qui ne devaient figurer dans notre nomenclature qu'à titre de constituants possibles ou éventuels d'engrais futurs.

L'expérience seule se prononcera sur l'économie des préparations en vue et sur leur valeur fertilisante.

La seule tendance assez nette qui se dégage de l'ensemble des études en cours est la recherche du bas prix de revient par l'association des trois éléments fertilisants, par paire ou par tierce, sans l'intermédiaire d'aucun support.

Les objections faites il y a peu d'années, lorsque se firent jour les nouvelles idées, objections tirées de la difficulté d'épandage, due à l'excessive concentration,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'association des deux formes d'azote ou de la proportion rigide des trois éléments, n'ont pas tenu devant l'étendue du champ qui s'offrait ainsi aux recherches et nous avons vu, depuis quatre ou cinq ans, éclore dans tous les pays, selon les ressources de matières premières, les propositions de traitement les plus variées.

La gamme étendue, et quasi illimitée, des compositions obtenables a levé, au moins en principe, la seconde objection.

Quant à la difficulté d'épandage, il semble bien qu'elle n'ait arrêté personne; il semble, en effet, que le perfectionnement des moyens mécaniques de distribution saura la surmonter; d'autre part, la facilité de réception et de manutention, sous une forme concentrée, des engrais nécessaires est à considérer; au demeurant, qui peut le plus peut le moins, et rien ne s'oppose à la dilution sur place de l'engrais concentré en vue de son épandage.

Je n'exprime, cependant, ici, qu'une vue d'avenir. La difficulté de passer du laboratoire ou de l'appareillage semi-industriel au stade industriel, qui suppose la manipulation quotidienne de masses importantes, de l'ordre de la centaine de tonnes, appelle, on le conçoit, une très grande prudence; une industrie dont les immobilisations, pour être rémunératrices, sont aussi considérables, ne peut, sans présomption, avancer qu'à pas mesurés, et en asseyant chaque progrès sur le précédent. Elle ne peut s'engager raisonnablement à fond dans une voie nouvelle qu'en procédant par analogie, de manière à réduire autant que possible les risques qu'implique la nouveauté.

Le temps est donc, dans ce domaine, un facteur dont il faut savoir tenir compte l'évolution de l'industrie des engrais sera nécessairement lente et si l'on peut définir, comme nous l'avons essayé, le cadre de cette évolution, il est au moins prématuré d'en supputer la vitesse et encore moins le terme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 10 MAI 1930

Présidence de M. L. MANGIN, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. CARTAULT (Paul), (✻, ⛃, ⛨), docteur en droit, licencié ès lettres, diplômé de l'École des Sciences politiques, avocat au Conseil d'État et à la Cour de Cassation, 15, rue Duroc, Paris (7e), présenté par MM. Watier et Lafosse;

M. VERRIEST (Léo), agrégé de l'Université, archiviste-paléographe, licencié ès sciences sociales, docteur spécial en histoire, directeur de l'Exposition nationale du Travail à Bruxelles en 1930, 193, avenue de la Couronne, Bruxelles (Belgique), présenté par M. Lemaire;

M. DAVID (Pierre), (✻, ⛃), ancien élève de l'École polytechnique, docteur ès sciences, ingénieur au Laboratoire national de Radio-Électricité, 56, rue de Vaugirard, Paris (6e), présenté par le général Ferrié.

M. MANGIN, *président*. — Dans la séance qu'il vient de tenir en comité secret, notre Conseil d'Administration vient de s'adjoindre plusieurs membres nouveaux :

M. EUGÈNE BRILLIÉ, qui fera partie du Comité des Arts mécaniques;

le colonel JANVIER, déjà membre correspondant, et M. André NESSI, qui feront partie du Comité des Arts économiques;

M. PAUL SÉJOURNÉ, qui fera partie du Comité des Constructions et des Beaux-Arts;

M. WATIER et M. CARTAULT, qui feront partie de la Commission des Fonds.

Conformément aux statuts, la nomination de ces nouveaux membres du Conseil d'Administration sera soumise à la ratification par la prochaine assemblée générale annuelle des membres de la Société.

MM. DE FRÉMINVILLE et WERY, *secrétaires généraux*, présentent et analysent quelques-uns des ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*Théorie du graissage*, par N. CHAMPSAUR. Paris, Librairie Delagrave, 15, rue Soufflot (5e), 1930;

*Centenaire de l'indépendance de la Belgique. — Congrès et Concours organisés à l'occasion de l'Exposition internationale de Liége 1930.* (Léon Michel, secrétaire général du Commissariat général du Gouvernement). Liége (Belgique), 4, place Saint-Lambert;

*Pour bien faire sa publicité*, par Louis ANGÉ. Paris, Éditions J. Oliven, 65, avenue de La Bourdonnais (7e), 1930;

*Manuel du couvreur-ardoisier*, d'après A. BRANDILLY, à l'usage des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, contremaîtres et ouvriers couvreurs. Paris, Librairie Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères (6e), 1929. (Don de la Commission des Ardoisières d'Angers);

*Traité pratique de plomberie*, par Augustin MAGNÉ et H. CHARLENT. Paris, Librairie Garnier frères, 6, rue des Saints Pères (7e), 1928;

*Album de plans de pose et schémas d'électricité industrielle*, par Alfred SOULIER. Paris, Librairie Garnier frères, 1928.

*Les sociétés à responsabilité limitée* (Loi du 7 mars 1925. Commentaire, critique et formulaire), par A. POTTIER, 4e édition. Paris, Dunod 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

COMITÉ DE NORMALISATION DE LA MÉCANIQUE. (Fédération de la Mécanique, 92, rue de Courcelles, Paris (8e). — *Feuilles de normes CNM* (parues jusqu'au 31 décembre 1929);

*L'organisation scientifique au service du contentieux.* (Exemple : Constitution juridique d'une société anonyme.) Conférence faite le 20 déc. 1928 au Comité national de l'Organisation française, par R. SATET. Paris, Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes (6e), 1929;

*Manuel pratique de magnétisme terrestre*, par L. EBLÉ. Paris, Les Presses universitaires de France, 49, boulevard Saint-Michel (5e), 1929;

*Turbines hydrauliques et régulateurs automatiques de vitesse*, cours professé à l'École nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne et à l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie, par André TENOT. Livre I : Description, théorie générale, construction et exploitation. Turbines Francis, Pelton, roues-hélices. Application de la similitude (Encyclopédie industrielle et commerciale). Paris, Librairie de l'Enseignement technique, Léon Eyrolles, 3, rue Thénard (5e), 1930;

*Les transports commerciaux.* Manuel pratique. Chemins de fer, navigation, automobilisme, aviation, par Charles CALOT. Paris, Librairie Delagrave, 1929;

*Houle, rides, seiches et marées*, par H. BOUASSE (Bibliothèque de l'ingénieur et du physicien). Paris, Librairie Delagrave, 1924;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Le moteur Diesel et ses dérivés* (Moteurs à boule chaude et moteurs à précombustion). Traité théorique et pratique à l'usage des utilisateurs, par F. ECORCHON. Paris, Librairie Delagrave, 1929;

*Cours de géométrie* professé à l'École polytechnique, par M. D'OCAGNE. 1re partie : Géométrie pure; 2e partie : Géométrie appliquée. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands Augustins (6e), 1930;

ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'INSTITUT DE FRANCE. — *Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris*, dressé sous la direction de M. Alfred LACROIX, par M. Léon BULTINGAIRE, avec la collaboration des bibliothécaires de Paris et le concours de M. Ad. RICHARD. Fascicule V (Supplément I). Paris, Masson et Cie, 120, boul. Saint-Germain (6e), 1929;

*Paul Brodard (1865-1929)*. Discours prononcés au cimetière de Coulommiers, le 11 novembre 1929. Coulommiers;

*Die Bemessung zentrisch und exzentrisch gedrückter Stäbe auf Knickung*, von M. ROŠ. (Sonderabdruck aus Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau, Wien 24-28 sept. 1928). Wien, Julius Springer, 1929;

SCHWEIZ. VERBAND FÜR DIE MATERIALPRÜFUNGEN DER TECHNIK, ZÜRICH. (Association suisse pour l'Essai des Matériaux). — *Tätigkeits-Bericht 1926-1929*. Zürich, Jean Frey;

*Das Gusseisen*, von E. DÜBI, E. HONEGGER, M. ROŠ und A. EICHINGER. — (Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. in Zürich (Laboratoire fédéral d'Essai des Matériaux annexé à l'École polytechnique de Zurich), Diskussionsbericht Nr 37). Zürich, 1928.

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Travaux pratiques de cuisine raisonnée*, par le Dr DE POMIANE POZERSKI, le Dr HEMMERDINGER, le Dr et Mme Henri LABBÉ, M. MARTEL. (Société scientifique d'Hygiène alimentaire.) Paris, Librairie Le François, 91, boulevard Saint-Germain (6e), 1928;

*Théorie ionique de l'excitation des tissus vivants*, par P. LASAREFF. (Collection de Monographies scientifiques étrangères publiées sous la direction de M. G. Juvet, n° XI). Paris, Albert Blanchard, 3, place de la Sorbonne (5e), 1928;

*L'eau chaude thermosiphon dans l'habitation*, par Roger GILLET. Annexe : VII planches. Paris, Desforges, Girardot et Cie, 27, quai des Grands-Augustins (6e), 1927;

*Aluminum compounds in food*, by Ernest Ellswerth SMITH. New York, Paul B. Heeber, 1928;

*Chimie agricole*. II : *Chimie du sol*, par Gustave ANDRÉ. 3e éd. (Encyclopédie agricole). Paris, J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille (6e), 1930;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*La vapeur à très haute pression*, par F. MUNZINGER. Traduction d'après l'édition allemande complétée et mise à jour par l'auteur, par A. SCHUBERT. Paris, Dunod, 1930.

*Étude résumée des métaux précieux.* Extraction, récupération, séparation, par W. LAATSCH. Traduit de l'allemand par A. SCHUBERT. Paris, Dunod, 1930;

COMPAGNIE DES LAMPES. *L'éclairage des bureaux.* — Paris, 29, rue de Lisbonne (8e), 1929;

*Quelques suggestions concernant la matière et le rayonnement*, par Th. COPPEL, Georges FOURNIER et D. K. YOVANOVITCH. (Collection de suggestions scientifiques, publiée sous la direction de Léon Brillouin, fasc. 1). Paris, Albert Blanchard, 1928;

*Sur la théorie des quanta de lumière*, par Al. PROCA. (Collection de suggestions scientifiques, fasc. 2.) Paris, Albert Blanchard, 1928;

*Les poissons comestibles de la Manche et de l'Atlantique français.* Leur description, leur pêche, leur reproduction, par Ed. LE DANOIS. Paris, Bibliothèque du *Journal de la Marine marchande*, 190, boul. Hausmann (8e), 1921;

*Mémoires divers sur les moyens d'accroître la consommation du poisson,* présentés par J. NOIROT. (Concours de l'Institut océanographique). [Office scientifique et technique des Pêches maritimes. Mémoires (série spéciale, n° 6]. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 7, rue Saint-Lazare.

M. Louis MANGIN, président de la Société d'Encouragement, fait une communication sur *Le Congrès de la Rose et de l'Oranger, tenu à El Goléa (Algérie) les 28 et 29 janvier 1930.*

Ce congrès avait pour objet de rechercher s'il est possible d'organiser mieux qu'elle ne l'est actuellement la production agricole des oasis du Sud de l'Algérie, et de rechercher, au cas où une amélioration serait possible, les moyens d'écouler les produits de cette exploitation. Ce second problème est d'une importance considérable en raison des difficultés de transport entre ces oasis et les lignes de chemins de fer qui en sont les plus rapprochées; El Goléa, par exemple, centre de production déjà important en est à 1200 km; les transports automobiles, qui s'organisent ou sont organisés dans le Sud Algérien, notamment pour les visites touristiques (des auto-cars font déjà le tour du Grand Erg en hiver) permettent peut-être d'entrevoir une solution possible du transport de certains produits. Il fallait donc faire un choix de ces produits. Les conclusions du Congrès sont les suivantes :

Il est possible d'améliorer grandement, en quantité et en qualité, la production agricole des oasis : grâce à l'eau, surtout des puits artésiens, qui, dans certaines oasis, est déjà surabondante, presque toutes les plantes des pays tropicaux et subtropicaux végètent dans les oasis avec une telle luxuriance qu'il est impossible de s'en faire une idée si on ne constate pas *de visu* quels résultats ont déjà été obtenus, et souvent avec des moyens rudimentaires.

On peut créer ou développer sans limite, et dès maintenant, la production des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plantes à parfums, rosiers, bergamote, citronniers, à condition de fabriquer sur placeles essences qu'on en extrait, de façon à n'avoir à faire sortir des oasis que des produits de très grande valeur, peu encombrants et pouvant, par conséquent, supporter des frais de transport même très élevés; le placement de ces produits dans le monde entier est pratiquement illimité.

La production des agrumes (citronniers, mandariniers, bigaradiers, cédratiers, orangers) peut prendre un certain développement, à condition de les sélectionner de telle sorte que ces produits fassent prime sur le marché et puissent supporter des frais de transport sur d'assez longues distances.

Il y a peu de chose à espérer du dattier, qui ne fournit pas de fruits assez appréciés pour pouvoir lutter contre les dattes du Bled-El-Djerid, région beaucoup plus favorisée à cet égard et fournissant déjà en abondance des dattes très estimées.

Le seul arbre fruitier qui paraisse appelé à un assez bel avenir, même d'ici peu, est l'abricotier. Ses fruits, très doux et très parfumés, pourraient être exportés après dessiccation et lutter victorieusment contre les abricots secs de l'Ouzbekistan (Turkestan russe) et surtout ceux de Californie, acides, peu sucrés et presque sans parfum.

E. L.

M. Ed. GRUNER, *ancien président de la Société*. — M. Blondel, que vous connaissez déjà pour l'avoir entendu ici, va nous parler de problèmes importants qui réclament une solution prochaine et de laquelle dépendra l'avenir, non seulement de nos colonies, mais aussi de l'industrie de la France métropolitaine.

A l'heure où le grand public commence à s'intéresser à nos colonies et où nos productions coloniales commencent à s'organiser systématiquement, il va attirer notre attention sur une de ces richesses, les gisements miniers, nous montrer qu'ils sont mal ou peu connus et que leur exploitation exige le départ aux colonies de jeunes Français capables : des ingénieurs des mines ou des géologues, qui se chargeront d'inventorier les ressources minières; de médecins, qui seront chargés de prendre les mesures propres à conserver la santé des populations indigènes.

Ces deux catégories de spécialistes, indispensables, manquent à nos colonies. Si, comme nous en sommes convaincus, l'appel de M. Blondel est entendu, les jeunes gens ne manqueront pas car un bel avenir s'ouvre devant eux; de plus, les gouvernements coloniaux, pressentis par M. Blondel, sont disposés à faciliter leur tâche. C'est surtout au concours de prospecteurs étrangers que nous avons fait appel dans nos colonies, à Madagascar, en Afrique occidentale, en Afrique équatoriale; cette situation est tout à fait anormale. Par son apostolat auprès des écoles de mineurs françaises, Blondel s'efforce de la faire cesser en attirant l'attention sur la nécessité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de former, dans ces écoles, le personnel spécial chargé de la prospection géologique de nos colonies.

M. F. BLONDEL, Ingénieur en chef des Mines, directeur *par interim* du Service des Mines de l'Indochine, fait une communication sur *L'avenir de l'industrie minière dans les colonies françaises.*

Cette communication complète la conférence faite par M. Blondel, le 8 mars 1930, sur l'état actuel de l'industrie minière dans les colonies françaises [1].

Nous avons beaucoup fait pour l'exploitation minière de nos colonies, mais il nous reste plus à faire encore. Une question se pose tout d'abord, à laquelle on peut faire deux réponses tout à fait différentes. Étant donné que, dans ces derniers temps, en raison d'une surproduction, générale dans le monde et dans toutes les branches de l'activité humaine, les cours des métaux se sont effondrés (zinc, plomb, étain, cuivre), convient-il de rester dans le *statu quo* en ce qui concerne nos colonies, ou faut-il conserver, en vue d'un avenir meilleur, les réserves de richesses minérales qui s'y trouvent? Il ne suffit pas en effet de produire, il faut trouver un débouché aux produits extraits.

Or la France métropolitaine est déficitaire pour les minerais de tous les métaux, sauf le fer; elle l'est aussi en charbon et l'anthracite du Tonkin est produit trop loin pour pouvoir être importé en France. De plus, depuis 15 ans, la consommation mondiale de tous les produits minéraux s'est accrue de moitié. On peut donc admettre qu'elle s'élèvera encore. Il paraît donc raisonnable d'exploiter les richesses minières de nos colonies. Mais, avant de répondre définitivement à la question précitée, il est prudent aussi de considérer les facteurs dont dépendent la possibilité et la prospérité de cette exploitation, puis d'inventorier ce qui reste à faire dans nos colonies, car, jusqu'à présent, nous n'avons pas eu de politique minière coloniale. Il faudrait la définir, établir sa charte.

La consommatiou minière du monde est localisée dans l'Ouest de l'Europe, aux États-Unis et en quelques points de l'Extrême-Orient. Nos colonies ne doivent produire que les matières qu'elles puissent vendre, et il n'est pas toujours exact de de dire que « la vraie mine d'or c'est une mine de charbon ». Nous n'avons actuellement que deux groupes coloniaux producteurs : l'Afrique du Nord, qui peut alimenter facilement la métropole, et l'Indochine; mais si celle-ci est trop loin de la France, elle est proche de centres de consommation importants : le Japon, la Chine, les Indes néerlandaises, où ses produits trouvent facilement preneur. Et malgré cela, l'Indochine a dû stocker son anthracite en 1928. Il est prudent de ne prévoir dans les autres colonies, pour le moment, que des exploitations de matières chères, or, étain, cuivre plomb, etc... Il faudrait donc créer à Paris un centre d'informations faisant connaître aux intéressés l'allure des marchés locaux.

On admet généralement que nos colonies sont défavorisées, en ce qui concerne la densité de population. C'est une légende qu'il faut détruire. L'Empire britan-

(1) Voir le résumé de cette première communication dans le *Bulletin* d'avril 1930, p. 322.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nique, la métropole exclue, compte bien 12 habitants par kilomètre carré, alors que l'Empire français, dans les mêmes conditions, en compte 5 seulement; mais si on exclut l'Inde très peuplée — elle compte le sixième de la population mondiale — et, par équité, notre Indochine, très peuplée aussi, on arrive à la même densité de population, soit 3 habitants par kilomètre carré. C'est très peu, mais cela suffit aux Anglais pour produire beaucoup plus que nous.

L'exemple de ce qu'ont fait les Belges dans leur Congo, dont les richesses minières sont si bien exploitées, montre que le problème de la main-d'œuvre se ramène à une question d'organisation hygiénique et médicale pour lesquelles il suffit d'un peu d'argent et de médecins; malheureusement, nos colonies en sont presque complètement dépourvues.

Quant aux moyens de communication, dont l'existence a commandé jusqu'à présent la prospection, ils s'améliorent grâce aux services d'automobiles : il suffirait le plus souvent de voitures légères pouvant circuler sur de bonnes pistes, au moins pendant le belle saison. Pour les minerais d'or et d'étain, il n'est indispensable d'avoir de bonnes voies de communication qu'au début de l'exploitation; ensuite, des voies passables suffisent. Cependant, pour le charbon, de bonnes voies sont indispensables en tout temps.

Le problème le plus difficile est celui de l'inventaire de nos richesses et il est primordial. Existent-elles? Dans l'affirmative, comment les découvrir? En Afrique occidentale et équatoriale, notre production coloniale est quasi nulle. Elle est considérable au Congo belge, à la Gold Coast et dans la Nigeria où, il y a 15 ans, elle était nulle aussi. Il n'y a pas de raisons *a priori* pour que nos colonies soient moins riches. Si elles paraissent telles, c'est que nous n'avons pas fait comme les Belges et les Anglais. Leur méthode est simple et il n'y a qu'à l'appliquer : envoyer des géologues en prospection parcourir systématiquement les colonies, et non pas compter, pour découvrir les gisements, sur le hasard ou les indications des indigènes qui ne connaissent guère que l'or. Il s'agit là d'une prospection géologique, qui doit précéder la prospection minière, la seule que nous ayons pratiquée jusqu'aujourd'hui.

Mais, sauf l'Algérie et l'Indochine, nos colonies n'ont pas de services géologiques officiels, et leurs fonctionnaires sont plutôt des géologues théoriques. Des colonies, comme l'Afrique occidentale française, certainement riches, sont disposées à créer un service géologique; elles attendent, pour le faire, de trouver des géologues. Or, la France ne leur en envoie pas; elle n'en forme d'ailleurs pas spécialement pour la prospection géologique.

Pour toutes nos colonies, une première approximation montre qu'il faudrait 20 à 25 ingénieurs des mines ou géologues par an, 30 si on tient compte du déchet; elles n'en reçoivent qu'un peu moins de 10. De jeunes géologues, ou ingénieurs des mines, français, sont disposés à partir prospecter ou travailler aux colonies, mais ils ne savent à qui s'adresser ni où aller. Il faut donc créer un centre d'informations, à Paris par exemple, faisant connaître les besoins de nos colonies, et, pour documenter ce centre, grouper en associations professionnelles ou techniques,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les sociétés minières coloniales existantes et surtout les ingénieurs des mines coloniaux. Quelques-unes de ces dernières existent déjà, mais elles n'ont qu'un caractère purement local et ne renseignent aucun organisme centraliseur.

E. L.

M. L. MANGIN, *président*. — Je remercie vivement, au nom des nombreuses personnes présentes, M. Blondel pour sa très intéressante communication, si pleine d'aperçus nouveaux sur une situation que nous connaissions mal. Nous espérons que son appel sera entendu. Et, bien qu'il n'ait pas parlé dans le désert, comme il l'a dit lui-même, nous le prions, en vue de faciliter le recrutement du personnel spécialisé qui manque à nos colonies, de nous remettre prochainement le texte de ses deux communications, pour l'insérer dans notre *Bulletin*.

Ainsi son appel sera entendu par un plus grand nombre de personnes.

La séance est levée à 19 h.

---

## SÉANCE PUBLIQUE DU 24 MAI 1930.

Présidence de M. LOUIS MANGIN, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

MM. DE FRÉMINVILLE et WERY, *secrétaires généraux*, présentent et analysent quelques ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque.

M. DE FRÉMINVILLE présente les ouvrages suivants :

*Les huiles en horlogerie. Le problème des lubrifiants*, par G.-P. ARCAY (Bibliothèque horlogère). Bienne, E. Magron, 1930. (Don de l'auteur, membre de la Société);

*Les rayons X*, par Maurice DE BROGLIE. Recueil des conférences-rapports de documentation sur la physique. Paris, Édition du *Journal de Physique*, aux Presses universitaires de France, 49, boul. Saint-Michel (5e), 1922;

*Les prix de revient dans l'hôtellerie*, par Jacques GUILLAUME. Paris, Chambre nationale de l'Hôtellerie française, 20, rue de Mogador (8e);

*L'éclairage par projecteurs*. Paris, Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage, 134, boul. Haussmann.

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Les Saint-Simoniens, 1827-1837*, par Henry-René D'ALLEMAGNE. Paris, Librairie Gründ, 7, rue Mazarine (6e), 1930. (Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration);

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Premier Congrès commercial de la Prune et du Pruneau tenu à Agen (ancien Petit Séminaire) les 29 et 30 août 1927*, sous la présidence d'honneur de M. le Ministre de l'Agriculture. Présidence de M. CARRÈRE Mémoires et Comptes rendus publiés par MM. E. POHER et J. MAHOUX. Paris, Publications agricoles de la Compagnie d'Orléans, 1, place Valhubert (13e), 1929;

*Congrès de l'Union des Sociétés industrielles de France, Lyon, 28-29 juin 1929*. Comptes rendus et rapports. Lyon, Soc. anon. de l'Imp. A, Rey, 4, rue Gentil, 1930;

*La Bulgarie après le traité de Neuilly*, par Georges DESBONS, Paris. Marcel Rivière, 31, rue Jacob (6e), 1930;

*Le Sahara*, par Georges HARDY. (Collection Monde et Science). Paris, Alphonse Lemerre, 23-33, pass. Choiseul (2e), 1930.

M. ROGER DE VILMORIN, licencié ès sciences, fait une communication sur *Les plantes de grande culture, les méthodes de sélection et la création de variétés nouvelles.*

L'amélioration des plantes cultivées s'obtient, dans la plupart des cas, par hybridation entre plantes possédant les divers caractères désirés; ensuite, par sélection dans la descendance des individus présentant les combinaisons recherchées et dont on suit les générations d'année en année en éliminant les plantes défectueuses. On arrive ainsi, dans le cas des plantes autofécondes comme le blé, à obtenir des lignées dites « pures », qui peuvent se reproduire indéfiniment sans perdre aucun de leurs caractères.

La technique employée pour obtenir les lignées pures diffère selon le mode de fécondation. On distingue à cet égard les plantes : 1° autofécondes normalement (blé, pois); 2° autofécondes normalement mais occasionnellement croisées (lin, tabac); 3° croisées normalement, mais autofertiles (betterave); 4° croisées normalement mais autostériles (trèfle); 5° monoïques, c'est-à-dire avec des fleurs les unes mâles, les autres femelles, mais toutes deux sur le même pied (cucurbitacées, maïs); 6° dioïques, c'est-à-dire à fleurs mâles sur un pied et à fleurs femelles sur un autre (asperge, houblon, dattier).

Les lois de la transmission des caractères ont été découvertes par Mendel en 1865. Les caractères des parents se transmettent de façon autonome à leurs descendants.

Tous réunis chez l'hybride à la première génération — visibles ou masqués — ils se répartissent à partir de la seconde génération, selon des proportions que l'on peut, dans beaucoup de cas, prévoir mathématiquement.

On conçoit que, par croisement, on puisse ajouter ou retrancher un caractère. La technique consiste pour le blé à hybrider deux plantes têtes de lignée présentant séparément les caractères désirés ; pour qu'il n'y ait pas autofécondation car chaque fleur de chacun des deux parents possède à la fois des organes mâles et des organes femelles. On castre la plante prise comme mère en enlevant les étamines un peu avant maturation. Dans chacune des fleurs ainsi castrées, on introduit une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étamine mûre de la plante choisie comme père. On enferme l'épi fécondé dans un sachet pour éviter la fécondation accidentelle par d'autres plantes.

La technique est différente dans le cas de la betterave qui se croise normalement. C'est toujours un hybride. On doit alors isoler chaque plante dans une chemise de toile si l'on cherche à obtenir des lignées pures par le moyen de l'autofécondation.

Les caractères désirés ne sont pas toujours visibles; telles sont : la résistance à certaines maladies, au froid, à la chaleur, la valeur boulangère du blé, la richesse en sucre de la betterave. Il faut faire des analyses et des essais de laboratoire, par exemple, des essais de panification qui ne peuvent porter que sur de très faibles quantités, quelques grammes, puisqu'on ne peut disposer que des grains d'un seul individu et puisqu'il faut en garder pour la semence, le cas échéant.

C'est seulement au bout d'assez nombreuses années, notamment après des semis exécutés dans des conditions différentes qu'on peut affirmer la fixité d'une variété. Ainsi le blé hybride Vilmorin 23, issu de quatre types, dont le plus ancien remonte à 1851, et dont le croisement initial a été fait en 1909, n'a été mis dans le commerce qu'en 1923.

E. L.

M. MANGIN, *président.* — Je remercie très vivement M. Roger de Vilmorin de son intéressante communication. Je tiens à attirer l'attention sur ce que la lignée des Vilmorin depuis plus d'un demi-siècle a appliqué les règles de la sélection avant que les lois de Mendel ne fussent connues, car ces lois n'ont été connues que longtemps après leur découverte. C'est ainsi qu'ont été créées des milliers de variétés de plantes potagères et de plantes de grande culture. Grâce à la famille de Vilmorin, on possède aujourd'hui une gamme de blés adaptés aux terrains et aux climats les plus variés.

M. LEMAIRE. — Est-il possible comme je l'ai entendu affirmer qu'on puisse obtenir à coup sûr une variété possédant ou ne possédant pas tel ou tel caractère?

M. R. DE VILMORIN. — C'est possible; ce n'est qu'une question de temps, à moins qu'il n'y ait incompatibilité; mais il faut avoir des individus possédant héréditairement le caractère envisagé, de façon à pouvoir le transmettre par croisement. Supposons que l'on veuille réunir 20 caractères différents dans une même variété : il suffira, théoriquement, de les prendre à 20 plantes différentes qui, chacune, en possède un.

M. le col. JANVIER. — L'engrais a-t-il une influence?

M. R. DE VILMORIN. — Il n'en a aucune au point de vue héréditaire. Il n'a d'influence que sur le rendement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. SAUVAGE. — Les éleveurs renouvellent leurs animaux reproducteurs pour éviter la dégénérescence. En est-il de même pour les plantes?

M. R. DE VILMORIN. — Le cas n'est pas le même : les animaux sont tous et toujours des hybrides sans exception; donc exposés à la dégénérescence si un apport nouveau ne vient pas les régénérer. Les lignées pures de plantes sélectionnées ne dégénèrent pas.

M. GUISELIN. — Y a-t-il un rapport entre la durée du pouvoir germinatif et la conservation des caractères?

M. R. DE VILMORIN. — Non, il n'y a aucun rapport. La durée de la faculté germinative est du reste très variable suivant les espèces. Elle est le plus souvent comprise entre 1 an et 15 ans, mais peut atteindre 20, 30 ans et même davantage. Ce qu'on a dit à propos de graines trouvées dans des monuments anciens et qui auraient conservé leur pouvoir germinatif pendant des siècles n'est certainement qu'une fable.

La séance est levée à 18 h. 30 m.

## BIBLIOGRAPHIE

**Cours de chimie physique**, par L. GAY, professeur de chimie physique à la Faculté des sciences de Montpellier. Tome I, un vol. (27 × 21 cm), de XII + 705 p., 164 fig. Librairie scientifique Hermann et Cie, 5 rue de la Sorbonne, Paris (5e) 1930. Prix br. 85 fr. Index : 541.1.

Les traités de chimie physique publiés dans ces dernières années soit en France, soit à l'étranger ne manquent pas : mais leurs auteurs se sont toujours proposés de condenser en 400 à 600 pages les parties les plus importantes de cette science. Aucun d'entre eux n'a pleinement satisfait M. Gay, qui ajoute d'ailleurs, dans son avant-propos, qu'il croit impossible de faire mieux dans un nombre de pages aussi réduit. Il a donc entrepris de publier un cours complet de chimie physique en laissant provisoirement de côté tout ce qui se rapporte à l'atomistique.

Le premier tome de ce cours, qui vient de paraître en librairie, comporte les chapitres suivants : Thermodynamique générale; Étude des états gazeux dilués et cristallins; Osmose; Règle des phases; Étude du corps pur. Ce premier volume, de près de 700 pages, ne constitue donc pour ainsi dire qu'une introduction à la chimie physique, les questions essentielles telles que les équilibres chimiques, la cinétique, la catalyse, l'électro-chimie, la théorie des colloïdes, etc., devant être traitées dans deux tomes qui paraîtront ultérieurement. On se rend compte de toute l'ampleur de l'œuvre entreprise par M. Gay.

Ainsi que M. Urbain le fait remarquer dans la préface, ce livre renferme l'ensemble des connaissances physiques solides que doit posséder tout bon chimiste contemporain. On doit féliciter l'auteur d'avoir ajouté en appendice un ensemble de problèmes avec directives et solutions. Ces problèmes ont été généralement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

choisis parmi ceux qui se posent dans la pratique et en particulier aux techniciens.

Les étudiants qui, sans se laisser rebuter par les dimensions de cet ouvrage, en entreprendront l'étude consciencieuse et complète en retireront sans doute un sérieux profit.

R. DUBRISAY.

**Cours de chimie, tome I : Lois générales, métalloïdes**, par MARCEL BOLL, professeur agrégé de l'Université, docteur ès sciences, 3e édition refondue, mise à jour et réajustée aux nouveaux programmes d'admission aux grandes écoles. Un vol. (14×22 cm) de XIV + 571 p. avec 100 fig. Dunod, édit. Paris. Index : 54.

**Précis de chimie : généralités, chimie minérale, chimie organique**, à l'usage des étudiants du P. C. N., des médecins, pharmaciens, industriels, par MARCEL BOLL et P.-A. CANIVET. Un vol. (14×22 cm) de 713 p. avec 42 fig. Dunod, édit. Paris. Index : 54.

Ces deux ouvrages, rédigés par M. Marcel Boll, soit seul soit en collaboration, bien que s'adressant à deux catégories différentes de lecteurs, sont conçus dans le même esprit : faire connaître la science chimique telle qu'elle est vraiment, d'après les plus récents travaux des savants, et non telle qu'on la représente, c'est-à-dire très en retard, dans la plupart des manuels destinés aux étudiants.

Le premier ouvrage, qui s'adresse aux candidats aux grandes écoles et qui est limité dans son programme, suppose la connaissance des parties essentiellesdu programme de chimie de l'enseignement secondaire; le second ne suppose aucune connaissance préalable et se prête moins aux exposés théoriques et aux développements mathématiques que le premier. L'auteur s'y efforce cependant aussi, avant tout, de faire comprendre, de faire appel au raisonnement et non à la seule mémoire et de substituer des connaissances générales à la collection de petits faits isolés que sont encore trop souvent certains manuels réputés.

Cette méthode doit donner le goût de la chimie à ceux qui débutent, et satisfaire l'esprit de ceux qui y ont déjà pris goût. A ces derniers, elle pourra faciliter la réussite aux examens, comme l'expérience l'a prouvé, et elle leur laissera dans la mémoire des notions exactes et solides même s'ils n'entreprennent pas plus tard des travaux de chimie au laboratoire.

Citons quelques exemples à l'appui de ces assertions. Des expériences quelques-unes très simples et d'exécution facile, sont décrites pour prouver la réalité de l'existence des molécules et des atomes, donner une idée de leur ordre de grandeur et des mouvements dont ils sont le siège.

Trois méthodes sont indiquées pour trouver les coefficients des corps entrant dans une réaction un peu complexe et plusieurs exemples d'application en sont donnés; tel est le cas de la réaction de l'eau oxygénée sur le permanganate de potassium en présence d'acide sulfurique. L'auteur montre qu'entre les trois méthodes qui conduisent également au but : celle qui opère par tâtonnements, celle des coefficients indéterminés et celle des réactions partielles, c'est cette dernière qui doit être préférée parce qu'elle est purement chimique et suppose connu le mécanisme de la réaction. C'est aussi la plus rapide. Quand elle a été comprise, c'est celle que préfèrent les élèves.

On trouvera des renseignements précis sur les notions nouvelles, comme le pH, la radioactivité, les isotopes, la structure des atomes. Dans le *Précis*, les appli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cations des corps sont mentionnées ainsi que certaines méthodes comme la métallographie.

Il convient de signaler de quelle façon originale sont traitées la plupart des questions, par exemple, celle du corps pur, défini comme le résultat final d'un fractionnement complet d'où découlent certains caractères. Cette notion trouve immédiatement son application : à température élevée, l'eau n'est pas un corps pur (Expérience de Nernst).

Une originalité commune aux deux ouvrages est la liste alphabétique des grands chimistes, avec une très courte biographie, qu'on trouve à la fin. Le *Cours* indique en outre des ouvrages qui l'illustrent ou le complètent et peuvent être lus, étudiés ou consultés avec fruit. E. L.

**La soudure électrique à l'arc et ses applications**, par MAURICE LEBRUN, Ingénieur A. et M. Un vol. (21 × 14 cm), 251 p., 212 fig. 1929. Bibliothèque de l'Office central de l'Acétylène et de la Soudure autogène. 104, Bd de Clichy, Paris (18e). Prix br. 20 fr. Index : 621.367.

PRÉFACE.

Lorsque parut le volume de M. Maurice Lebrun sur la soudure électrique à l'arc, nous nous étions fait un véritable plaisir d'en montrer tout l'intérêt. .

Mais, depuis 1924, la question a fait de très grands progrès qui imposaient à l'auteur — en dehors même du succès remporté par son livre — de refondre sa publication, en la développant.

Le premier chapitre est ici consacré aux notions d'électricité dont la connaissance est nécessaire pour monter et utiliser un poste de soudure électrique; œuvre de vulgarisation amusante et utile. Le second chapitre entre dans le sujet même; il reste dans le cadre de l'ancien ouvrage, ainsi que les chapitres suivants. Mais tous ont été singulièrement developpés, particulièrement ceux sur les électrodes, sur le matériel et sur les applications.

« Ce livre, disions-nous en tête de la première édition, ce livre peut être considéré comme un guide précis dans une opération, déjà fort appréciée, mais qui doit, cependant, être œuvre vulgarisée. »

Et nous ajoutions :

« Toute l'industrie sera reconnaissante à M. Lebrun d'avoir consacré ce petit volume à une fort intéressante question qu'il connaît admirablement et de lui avoir permis de mieux apprécier une méthode de travail qui, chaque jour, progresse. »

Aujourd'hui, nous devons remercier l'auteur d'avoir pris la peine de compléter son livre, en l'adaptant aux réalités les plus modernes et en faisant profiter ses lecteurs de cinq nouvelles années — les plus fructueuses — de son expérience personnelle. LÉON GUILLET.

**Travail du plâtre**. Composition et propriétés. Gâchage et moulage. Carreaux et enduits de plâtre. Stuc et staff. Coloration, marbrage, bronzage. Imperméabilisation et durcissement, par A. BUILDER. Un vol. (23 × 14 cm), VI + 115 p., 21 fig. 1929, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 15 rue des Saints Pères, Paris (6e). Index : 666.8 + 691.5.

Cet ouvrage répond bien au sous-titre de la collection : « les meilleures pages de vingt gros volumes condensées dans un petit livre. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On y trouve le résumé d'études sérieuses faites sur la constitution, la fabrication, et tous les procédés d'emploi du plâtre et de ses succédanés, stuc, staff, etc...

C'est un bon petit livre de vulgarisation technique.

H. M. MAGNE.

**Précis de Physique**, par MARCEL BOLL et ANDRÉ FÉRY. *Tome I*: Généralités, Statique et dynamique. Pesanteur et hydrostatique. Optique; — *Tome II* : Chaleur. Gaz, Changements d'état. Électricité et magnétisme, 2nde édition. Deux vol. (25 × 16 cm) de XII + 312 p. avec 185 fig. et de 376 p. avec 171 fig. Dunod, éditeur, Paris. Index : 53

**Physique** (classes de spéciales), par MARCEL BOLL et ANDRÉ FÉRY. *Tome I* : Optique; — *Tome II* : Chaleur. Gaz. Changements d'état. Électricité et magnétisme. Deux vol. (25 × 16 cm) de 141 p. avec 118 fig. et 376 p. avec 171 fig. Dunod, éditeur, Paris. Index : 53

Le tome premier de ce second ouvrage est une partie du premier tome du premier; les deux tomes seconds des deux ouvrages sont identiques. Le premier ouvrage est adapté aux nouveaux programmes de l'enseignement supérieur, le second à la préparation aux grandes écoles. Les candidats à ces écoles y trouveront en général plus de matières qu'il n'en est exigé pour l'examen d'admission; mais ce n'est point un inconvénient car l'ouvrage y gagne en clarté et en harmonie. Toutes les questions ont été prises dès le début en n'oubliant aucun point essentiel. Cependant un débutant qui n'est pas habitué à s'assimiler les questions comme on le fait dans les facultés ou dans les classes de préparation aux grandes écoles, trouverait quelque difficulté à employer utilement ces ouvrages.

Les théories les plus récentes sont exposées avec la clarté, la précision et l'originalité qui sont les caractéristiques des ouvrages de M. Boll et de ses collaborateurs. Comme le dit M. Boll dans sa préface « il n'y faut pas chercher la description détaillée des dispositifs, qui n'offrent d'intérêt qu'après un long séjour au laboratoire, ni des techniques, qui ne s'acquièrent qu'en opérant soi-même. Il s'agit de montrer — expérimentalement pour ainsi dire — comment les phénomènes peuvent être exprimés et coordonnés par l'analyse mathématique ».

Dans une introduction, les auteurs rassemblent les idées générales qui précèdent à l'application de l'analyse et développent certaines notions importantes, absentes des cours de mathématiques s'adressant cependant aux mêmes étudiants et qui interviennent à chaque instant en physique, telles que : unités et étalons, calcul des erreurs, sensibilité des méthodes de mesure, ordres de grandeur.

La présente édition a été complétée avec le concours de M. André Féry sur différents points : pendule, capillarité, instruments d'optique, moteurs thermiques, induction; on y trouvera aussi le principe de relativité et l'incorporation de la mécanique au restant de la physique, d'après le cours professé par M. P. Langevin au Collège de France. Un calcul dû à Langevin montre qu'on pourrait déduire toute la mécanique des deux principes fondamentaux de la physique.

Nous citerons quelques particularités de l'ouvrage :

1° une liste de livres recommandés, les uns devant précéder la lecture du *Précis*, les autres dont la lecture pourra être menée parallèlement sans difficulté; d'autres enfin pour lesquels le *Précis* sera une introduction;



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° un index alphabétique des noms des savants cités dans l'ouvrage avec une très courte biographie pour chacun d'eux;

3° l'emploi systématique et correct des unités et notations devenues légales en France depuis 1919; c'est là, malheureusement, une originalité très grande, dont on ne saurait trop féliciter les auteurs, car, aussi bien dans les lycées et collèges que dans les grandes écoles, ces unités et notations sont encore ignorées des élèves... et des professeurs; il n'y a que quelques périodiques français qui les emploient : le maniement des sthènes et des hectopièzes, par exemple, est cependant autrement plus commode que celui des kilogrammes-poids et des kilogrammes-poids par centimètre carré, et il suppose dans l'esprit des notions plus précises.

E. L.

**Les commissaires aux comptes dans les sociétés anonymes devant l'opinion** (Contribution à l'étude de la protection de l'épargne), par G. REYMONDIN. Une brochure (21 × 13 cm), 45 pages. Publication de la Compagnie des Experts Comptables de Paris. Paris, 1929, 92, rue Richelieu. Index : 332.2.

Dans cette brochure, M. Reymondin expose ses idées, sur la question des commissaires des comptes, dont il constate l'inaptitude fréquente; il déplore d'autre part l'insuffisance de leur rémunération.

Il est certain que beaucoup de commissaires aux comptes ignorent fâcheusement la comptabilité; d'autres ne tiennent pas à soulever des objections gênantes et appliquent la formule : le commissaire est bon enfant.

Pour avoir de bons commissaires, faut-il donc réserver exclusivement à des comptables ce rôle qui, cependant, n'est pas uniquement de technique comptable? La meilleure solution est, à mon avis, de choisir deux commissaires, dont un expert comptable.

Quant à la rémunération, on ne peut demander un travail sérieux à une personne compétente pour une allocation de 500 francs par an. Il faut augmenter beaucoup ce chiffre. M. Reymondin semble approuver le système belge qui donne souvent aux commissaires un tantième sur les bénéfices. Cette participation aux bénéfices procède d'une autre conception du rôle de ces mandataires. Dans l'organisation française, les commissaires n'ont aucune action sur la création du bénéfice et ils n'ont, par suite, aucun droit à en réclamer une part. En outre, les commissaires ne doivent pas avoir intérêt personnel à ce que les bénéfices déclarés soient élevés; ils doivent même s'opposer à la tendance que certains administrateurs peuvent avoir à grossir les bénéfices apparents.

De toute façon, la brochure de M. Reymondin, comme les nombreux travaux de cet expert comptable, est intéressante et pleine d'idées et de faits.

ED. JULHIET.

**Comment on organise une affaire commerciale**, par P. SAVARY, ingénieur E. B. P. Un vol. (24 × 15 cm) 200 p., 1929. Dunod, éd., 92, rue Bonaparte, Paris. Index : 658.

Tous les commerçants auront profit à lire ce traité. Ceux qui ont à créer une affaire y trouveront des bases d'organisation; ceux dont la maison ne fonctionne pas bien y apprendront comment la transformer : ceux mêmes dont l'organisation est bonne y découvriront des idées d'amélioration et de perfectionnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La première partie de l'ouvrage, consacrée à l'administration, est divisée en trois chapitres :

I. — Le personnel;

II. — Les principaux services : secrétariat, approvisionnement, réception, mise en stock des marchandises, contrôle, commandes, factures, livraisons et expéditions, recouvrements, réparations locations;

III. — Les relations des services entre eux.

La deuxième et la troisième partie traitent des méthodes de vente et du contrôle des résultats (comptabilité et statistique).

Tout cela est bien classé, rédigé clairement avec titres et sous-titres permettant les recherches rapides.

L'ouvrage, bien que contenant les principes généraux indispensables, est essentiellement pratique dans son but et dans sa réalisation. ED. JULHIET.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN MAI 1930.

DE POMIANE POZERSKI (Dr), HEMMERDINGER (Dr), LABBÉ (Dr et Mme HENRI), MARTEL (M.). — **Travaux pratiques de cuisine raisonnée** (Société scientifique d'hygiène alimentaire). In-8 (24 × 16) de 129 p., 4 fig. Paris, Librairie Le François, 1928. **17837**

TENOT (ANDRÉ). — **Turbines hydrauliques et régulateurs automatiques de vitesse**, cours professé à l'École nationale d'Arts et Métiers de Châlons-sur-Marne et à l'École spéciale des Travaux publics, du Bâtiment et de l'Industrie. Livre I : *Description, théorie générale, construction et exploitation. Turbines Francis, Pelton, roues-hélices. Application de la similitude.* In-8 (25 × 16) de XVI + 573 p., 409 fig. (*Encyclopédie industrielle et commerciale.*) Paris, Librairie de l'Enseignement technique, Léon Eyrolles, 1930. **17838**

CALOT (CHARLES). — **Les transports commerciaux**. Manuel pratique. Chemins de fer, navigation, automobilisme, aviation. In-12 (19 × 12) de 522 p., Paris, Librairie Delagrave, 1929. **17839**

ÉCORCHON (F.). — **Le moteur Diesel et ses dérivés** (Moteurs à boule chaude et moteurs à précombustion). Traité théorique et pratique à l'usage des utilisateurs. In-8 (25 × 16) de XI + 533 p., 352 + 22 + 22 fig. Paris, Librairie Delagrave, 1929. **17840**

BOUASSE (H.). — **Houle, rides, seiches et marées** (*Bibliothèque de l'ingénieur et du physicien*). In-8 (25 × 16) de XXII + 516 p., 199 fig. Paris, Librairie Delagrave, 1924. **17841**

D'OCAGNE (M.). — **Cours de Géométrie** professé à l'École polytechnique. 1re partie, *Géométrie pure*; 2e partie : *Géométrie appliquée*. In-4 (28 × 23) de VI + 429 p., 180 fig. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17842**

ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'INSTITUT DE FRANCE. — **Inventaire des périodiques scientifiques des bibliothèques de Paris**, dressé sous la direction de M. ALFRED LACROIX, par M. LÉON BULTINGAIRE avec la collaboration des bibliothécaires de Paris et le concours de M. AD. RICHARD. Fascicule V (Supplément I). In-8 (22 × 14) de XV + 283 p. Paris, Masson et Cie, 1929. **16700**

**Premier Congrès commercial de la Prune et du Pruneau tenu à Agen** (ancien Petit Séminaire) **les 29 et 30 août 1927**, sous la présidence d'honneur de M. le Ministre de l'Agriculture. Présidence de M. CARRÈRE. Mémoires et Comptes rendus publiés par MM.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E. POHER et J. MAHOUX. In-8 (24 × 16) de XVIII + 456 p., 144 fig. Paris, Publications agricoles de la Compagnie d'Orléans, 1, place Valhubert (13e), 1929. **17843**

D'ALLEMAGNE (HENRY-RENÉ). — **Les Saint-Simoniens, 1827-1837.** In-4 (34 × 26) de 453 p., 15 fig., LV pl. Paris, Librairie Gründ, 1930. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration.*) **17844**

ARGAY (G.-P.). — **Les huiles en horlogerie.** Le problème des lubrifiants (*Bibliothèque horlogère*). In-12 (19 × 12) de XXIV + 306 p., 120 fig., XII pl. Bienne, E. Magron, 1930. (*Don de l'auteur, membre de la Société.*) **17845**

DE BROGLIE (MAURICE). — **Les rayons X** (Recueil des conférences-rapports de documentation sur la Physique, vol. 1). In-8 (25 × 15) de 164 p., fig., V pl. Paris, Édition de la Société « Journal de Physique », Les Presses universitaires de France, 1922. (*Don de l'auteur, membre de la Société.*) **17846**

**Congrès de l'Union des Sociétés industrielles de France, Lyon, 28-29 juin 1929.** Comptes rendus et rapports. In-8 (24 × 16) de 312 p., fig. Lyon, Soc. anon. de l'Imp. A. Rey, 4, rue Gentil, 1930. **17847**

DESBONS (GEORGES). — **La Bulgarie après le Traité de Neuilly.** In-12 (23 × 14) de 462 p., 13 cartes. Paris, Marcel Rivière, 1930. (*Don de l'auteur.*) **17848**

HARDY (GEORGES). — **Le Sahara** (Collection *Monde et science*). In-12 (19 × 12) de 183 p., XXV pl. Paris, Librairie Alphonse Lemerre, 1930. **17849**

BUREAU DE NORMALISATION DE L'AUTOMOBILE (Chambre syndicale patronale des Fabricants d'accessoires et de pièces détachées d'automobiles, etc. (18, rue de Tilsitt, Paris, 17e). — **Feuilles de norme, BNA 77** (fév. 1930) : *Vis à téton, tête carrée circonscrite ou hexagonale.* — **BNA 78** (fév. 1930) : *Écrous ronds, dimensions SI.* — **BNA 79** (fév. 1930) : *Écrous six-pans à embase, dimensions SI.* — **BNA 80** (mars 1930) : *Démarreurs cylindriques. Diamètre et longueur du corps de démarreur.* — **BNA 81** (mars 1930) : *Démarreurs (pignon sortant). Fixation par manchon.* — **BNA 82** (mars 1930) : *Démarreurs (pignon sortant). Fixation par bride (bride à 3 tours à 90°).* — **BNA 83** (mars 1930) : *Démarreur (rentrant ou sortant). Fixation par le corps du démarreur.* — **BNA 84** (mars 1930) : *Démarreurs. Diamètre des arbres et caractéristiques pignons.* — **BNA 85** (mars 1930) : *Démarreur (modèle spécial) à éviter pour nouvelles études.* — **BNA 86** (mars 1930) : *Boules de levier de vitesses. Filetage, pas, longueur.* — **BNA-M9** (mars 1930) : *Freins à tambour pour motocyclette. Diamètres, largeurs, garnitures.* — **BNA XII** (avril 1930) : *Bureaux de normalisation des divers pays.* — **BNA XIII** (avril 1930) : *Normes du CNM. Comité de Normalisation de la Mécanique.* **17497.**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. JUILLET-AOUT-SEPTEMBRE 1930.

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

## PROGRÈS RÉALISÉS DANS L'EMPLOI DU COURANT ÉLECTRIQUE POUR LES DISTRIBUTIONS D'EAU CHAUDE, LE CHAUFFAGE ET LA CUISINE,

par M. LUCIEN BECHMANN, *membre du Conseil.*

Il semble qu'on peut dès à présent entrevoir qu'un jour viendra où, dans nos grandes villes, le charbonnier et le ramoneur auront disparu comme a disparu le porteur d'eau... et cela sera pour le plus grand bien de l'hygiène.

La chaudière centrale au charbon a remplacé les feux de bois et les poëles; mais, bientôt, elle sera remplacée elle-même par la chaudière à gaz pour les petites installations et par celle aux huiles lourdes pour les grandes.

Pour la cuisine, le fourneau à gaz, qui n'était qu'une annexe du fourneau à charbon, tend à le supplanter entièrement.

Les nouveaux combustibles, gaz et huiles lourdes, nécessitent encore des conduits d'évacuation et leur combustion produit des fumées et des gaz. On peut espérer que la combustion elle-même disparaîtra des villes. C'est l'électricité qui remplacera alors le gaz et le charbon, avec l'aide de la vapeur distribuée par des réseaux urbains. La force et les calories nous viendront de grandes centrales éloignées.

Depuis quelques années, l'emploi de l'électricité se développe déjà pour la cuisine, la production d'eau chaude et même le chauffage. Les progrès réalisés dans la construction des appareils d'utilisation, joints aux efforts faits par les compagnies distributrices d'électricité pour réduire les tarifs, permettent d'arriver aujourd hui à une dépense d'exploitation acceptable alors que naguère ces applications de l'électricité étaient un luxe coûteux.

C'est dans les pays de houille blanche (la Suisse et la Norvège notamment) que, grâce au prix réduit du courant, l'électricité fut d'abord employée au chauffage et à la cuisine.

Pour développer de tels emplois à Paris la Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité (C. P. D. E.) a établiun tarif horaire, dit « triple tarif », comportant de très notables réductions de prix sur le courant employé aux heures où les besoins d'électricité pour la lumière et la force sont très faibles par rapport à la puissance des machines productrices.

Ce triple tarif (non applicable pour l'éclairage) est actuellement le suivant (en basse tension) :



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tarif de nuit, de 18 h. à 7 h. et de 11 h. à 13 h. 30 m. : 0,2995 fr le kilowatt-heure;

Tarif de jour, de 7 h. à 11 h. et de 13 h. 30 m. à 15 h. (en hiver) et de 13 h. 30 m. à 18 h. (en été) : 0,7765 fr le kilowatt-heure;

Tarif de pointe, de 15 h. à 18 h. (en hiver seulement) 1,5175 fr le kilowatt-heure.

Si l'on compare ces prix au tarif normal de force qui est de 1,01 fr le kilowatt-heure en basse tension, on voit quel avantage le consommateur peut trouver à employer le courant aux heures où le tarif est le plus faible.

Le triple tarif, avec des réductions de même ordre, est également applicable en haute tension pour les grands consommateurs qui installent eux-mêmes leur cabine de transformation.

Cette particularité des tarifs horaires a incité les constructeurs[1] à réaliser des appareils « à accumulation » dont le principe est de ne consommer le courant qu'aux heures de nuit en emmagasinant les calories nécessaires pour toute la journée.

*Chauffe-bain et chauffe-eau.* — Dans les appareils de distribution d'eau chaude, l'agent d'accumulation est l'eau elle-même qui, contenue dans des réservoirs à calorifugeage de haut rendement (fig. 1), conserve très longtemps les calories accumulées.

Nous ne décrirons pas ces appareils dans leur détail, mais nous en exposerons en quelques mots les principes.

Pour un service donné, l'appareil à adopter doit être d'une contenance telle que la quantité d'eau chaude accumulée à haute température (85° à 90°) puisse assurer le service sans que l'élément chauffant soit sous tension en dehors des heures où le tarif le plus bas est appliqué.

Les appareils les plus employés, du type « à pression » sont constitués en général par un réservoir cylindrique vertical en cuivre ou tôle d'acier galvanisée.

Ce réservoir fermé est à la pression de la distribution d'eau. L'eau froide arrive par la partie inférieure. La distribution d'eau chaude est branchée à la partie supérieure. Ce récipient est entouré d'un calorifuge efficace contenu dans une seconde enveloppe, concentrique à la première. Un corps de chauffe électrique est plongé dans l'eau à la base du réservoir. Un thermostat régulateur se trouve à mi-hauteur du cylindre et agit automatiquement sur un interrupteur. Ce thermostat est réglable de telle façon qu'il coupe le courant lorsque l'eau atteint 85° par exemple, et referme le circuit lorsqu'elle descend au-dessous de 70°.

D'autre part, pour éviter aux usagers d'avoir à effectuer eux-mêmes la coupure, un interrupteur horaire est placé sur la ligne d'arrivée et, par un mécanisme d'horlogerie, met le courant en charge et l'interrompt aux heures voulues.

Le corps de chauffe étant en action, il se produit un mouvement de va-et-vient dans le réservoir par suite de la différence de densité de l'eau (qui est chauffée à la base du cylindre) et la température de la masse augmente de façon à peu près uniforme.

Dès que la température atteint 85°, le thermostat coupe le circuit. Il le referme lorsque, par suite de puisages ou de refroidissement par la perte des parois, la température de l'eau descend à 70°.

(1) La Compagnie Thomson-Houston (Alsthom); le Calorique électrique industriel et domestique (130, rue du faubourg Saint-Denis, Paris); MM. Lemercier Frères (18 et 18 *bis*, rue Roger-Bacon, Paris); les Établissements électromécaniques de Strasbourg; les Établissements Biguard et Wilder; la Compagnie pour le Chauffage et la Cuisson par l'Électricité; les Ateliers de Spécialités électriques et mécaniques (Sautter-Harlé et Cie).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'on tire de l'eau aux heures où l'interrupteur horaire a coupé le courant, l'eau froide qui entre dans l'appareil à la base ne se mélange pas à l'eau chaude, de sorte que toute l'eau chaude de la partie supérieure est utilisable sans que sa température soit sérieusement influencée par la rentrée d'eau froide.

Un tel appareil, si sa capacité est bien calculée, donnera à l'usager un débit continu d'eau chaude, tout en ne consommant que du courant « de nuit ». La température de l'eau variera quelque peu, mais en restant toujours au-dessus de la température nécessaire pour l'utilisation. Et le consommateur n'a à s'occuper de rien. Allumage, extinction, réglage, tout est automatique.

Des appareils de protection (soupapes, coupe-circuits, etc...) empêchent tout accident en cas de défaut de fonctionnement du thermostat.

Dans les appareils de ce genre, qui se font de contenances variant de 30 à

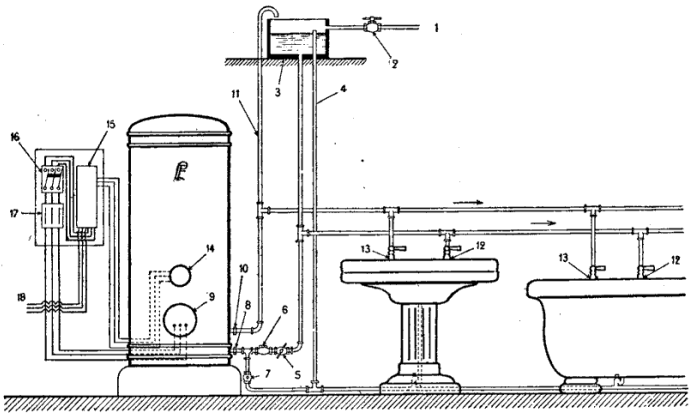



**Fig. 1.** — Chauffe-eau du type stable destiné à alimenter deux ou plusieurs postes d'eau. Installation avec réservoir à flotteur, thermostat et auto-interrupteur. Alimentation en courant triphasé (Lemercier Frères, constructeurs).

1, Tuyau d'amenée d'eau froide; — 2, Robinet d'arrêt général; — 3, Réservoir à flotteur; — 4, Trop-plein; — 5, Robinet d'arrêt; — 6, Clapet de retenue; — 7, Robinet de vidange à tête carrée; — 8, Raccord (arrivée d'eau froide); — 9, Corps de chauffe; — 10, Raccord (sortie d'eau chaude); — 11, Tuyau d'expansion. — 12, Robinets d'eau froide; — 13, Robinets d'eau chaude; — 14, Thermostat; — 15, Auto-interrupteur à distance; 16, Interrupteur à main tripolaire; — 17, Coupe-circuit; — 18, Arrivée du courant.

1.500 litres, la consommation d'électricité est de l'ordre de 1 kWh pour porter 10 litres d'eau à 85°.

*Installation de chauffage.* — Le chauffage des locaux par accumulation a été réalisé au moyen de poêles (fig. 2) — calorifères électriques placés dans les pièces à chauffer, comme l'on place des radiateurs dans les installations de chauffage central. Ces poêles sont de types divers mais toujours basés sur le même principe. Un corps de chauffe constitué par une résistance électrique est noyé dans un bloc de matière de grande densité et pouvant supporter une température relativement élevée (400° à 600°) de manière à accumuler une importante quantité de calories sous le volume le plus réduit. Ce bloc et entouré d'une enveloppe calorifuge.

Une circulation d'air réglable permet de faire passer dans l'intérieur de l'appa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reil l'air du local, qui, entrant à la partie inférieure, s'échauffe au contact des matières accumulatrices et sort à la partie supérieure.

Pendant les heures de nuit, les volets de circulation d'air restent fermés et si, au cours de cette période de charge, la chaleur rayonnée atteint 35 à 40 p. 100 des calories consommées, en fait cette chaleur n'est pas perdue. Elle maintient une température ambiante qui diminue la quantité de calories nécessaires au cours de la journée.

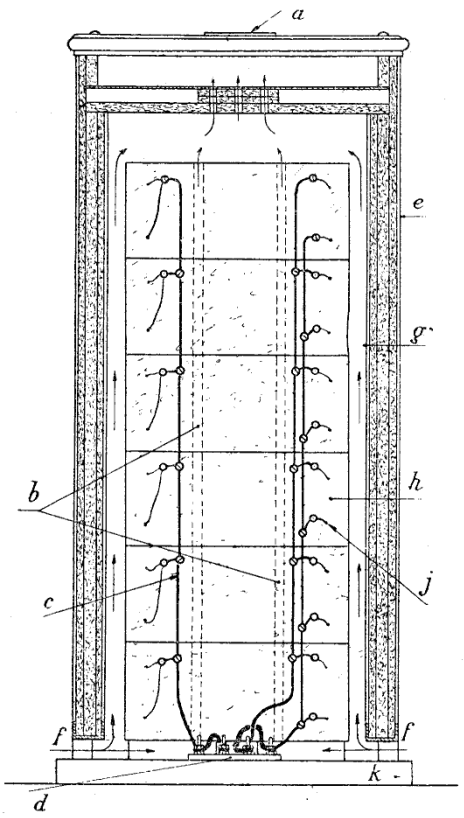



Fig. 2. — Poële à accumulation Salvis 2 kW (Établissements électro-mécaniques de Strasbourg).

*a*, Bouche d'air; — *b*, Circulation d'air; — *c*, Connexions; — *d*, Arrivée du courant par derrière; — *e*, Enveloppe; — *f*, Entrées d'air; — *g*, Calorifuge; — *h*, Blocs de ciment; — *j*, Résistance noyée; — *k*, Socle.

Pendant le jour, les registres étant ouverts (et le courant électrique coupé) le poële restitue les calories accumulées (60 à 65 p. 100) et maintient la température désirée.

Un système de réglage permet plusieurs allures de marche qu'on utilise en fonction de la température extérieure.

Des installations d'essais ont démontré que ce système permettait de donner aux locaux une température très régulière. Il semble qu'avec le courant payé en haute tension, la dépense peut ne pas être sensiblement plus élevée que celle d'un chauffage à vapeur ou à eau chaude, une fois que les usagers ont acquis l'habitude de la conduite des poëles.

On peut citer parmi les installations récentes de quelque importance, réalisées entièrement sur ce principe, celle d'un groupe scolaire à Juvisy-sur-Orge, dont la puissance totale est d'environ 350 kW, et qui comporte 114 poëles à accumulation. La quantité totale de chaleur nécessaire par les plus grands froids atteint près de 300.000 cal.

En somme, bien qu'encore à son début, il semble que le chauffage électrique par accumulation est maintenant susceptible d'entrer dans le domaine de la pratique courante.

Nous avons d'ailleurs vu, l'hiver, à Londres, l'installation centrale d'un grand immeuble réalisée entièrement par l'électricité. Il s'agit d'un immeuble destiné aux bureaux des sociétés de chemins de fer souterrains de Londres. Les chaudières utilisent le courant électrique du réseau souterrain aux heures où la traction n'en consomme pas et accumulent les calories dans de vastes réservoirs d'eau surchauffée. L'immeuble est chauffé par un système de circulation d'eau chaude empruntant, par un dosage automatiquement réglé, l'eau chaude emmagasinée, de telle façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'eau circulant dans les surfaces de chauffe aux étages soit constamment maintenue à la température voulue pour le chauffage normal des locaux.

Il y aurait d'ailleurs beaucoup à dire sur le système nouveau de chauffage réalisé dans cet immeuble et dans d'autres que nous avons visités en Angleterre ; mais ceci sort des cadres de l'application de l'électricité et nous en ferons l'objet d'un exposé spécial.

*Cuisine électrique.* — Cette application est peut-être celle dont les progrès sont les plus rapides en ce moment, bien que le service à assurer se prête moins bien à l'utilisation avantageuse du tarif horaire.

Les appareils généralement employés n'utilisent pas le principe de l'accumulation et le courant est payé au tarif du moment de l'utilisation. La cuisson d'un déjeuner peut être faite entièrement aux tarifs de jour et de nuit, alors que la préparation d'un dîner, en hiver, peut entraîner une certaine consommation au tarif de pointe. C'est pourquoi les cuisines électriques se sont beaucoup développées pour les restaurants d'employés dans les grandes administrations où seul est donné le repas de midi.

Cependant, il y a déjà de grandes installations de restaurants publics fonctionnant entièrement à l'électricité. En Suisse et en Allemagne, le développement des cuisines électriques est encore plus avancé qu'en France.

Le gouvernement suisse a effectué dans un hôpital, à Davos, des essais comparatifs très précis avec une installation complète à charbon, à gaz et à électricité, pour un même service. Ces essais ont été faits pendant 8 jours pour une production égale de nourriture.

Ils ont permis de déterminer les quantités de charbon, de gaz et d'électricité consommées et par suite le prix de revient dans chaque cas.

En transposant ces résultats, compte tenu du pouvoir calorifique du charbon employé et des pouvoirs calorifiques du gaz à Davos et à Paris, ainsi que des prix de base à Paris du charbon, du gaz et du courant électrique, on trouve que la cuisson électrique serait revenue, dans cet essai, nettement moins cher à l'électricité qu'au gaz et seulement 10 p. 100 à peine plus cher à l'électricité qu'au charbon.

Si, d'autre part, on tient compte de la main-d'œuvre de transport et magasinage du charbon, de l'enlèvement des cendres, et des avantages de propreté du fourneau électrique. on conçoit le succès auquel peut prétendre ce dernier.

D'autres données relevées en France et en Allemagne dans des restaurants fonctionnant à l'électricité, permettent d'établir la consommation moyenne nécessaire pour la cuisson d'un repas par l'électricité.

Cette consommation ressort entre 0,500 et 0,650 kWh pour la cuisine de réfectoire et entre 0,750 et 1,00 kWh pour la cuisine de restaurant, soit, aux tarifs en usage (haute tension), de 0,15 à 0,20 fr pour le repas de réfectoire et de 0,22 à 0,30 fr pour le repas de restaurant.

Le fourneau électrique est destiné aussi à se développer pour la cuisine familiale et, déjà, il existe en Suisse et en Allemagne des immeubles à petits logements entièrement équipés avec fourneaux électriques.

Nous ne tarderons pas à voir ce même mouvement se propager en France et le jour approche où le fourneau à charbon d'abord, le fourneau à gaz ensuite iront rejoindre la chandelle et la lampe à pétrole.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# UTILISATION DES MICROBES DANS LA LUTTE CONTRE LES INSECTES NUISIBLES [1]

par MM. S. METALNIKOV et V. CHORINE.

METCHNIKOFF fut un des premiers, en 1818, a entreprendre des recherches sur la destruction des insectes. En étudiant un coléoptère très nuisible, *Anisoplia austriaca*, qui faisait alors beaucoup de ravages dans le Sud de la Russie, il réussit à isoler des insectes malades un champignon très virulent qu'il appela d'abord *Entomophora anisopliæ*. Peu de temps après, il retrouva la même maladie sur un autre insecte nuisible, *Cleonus punctiventris*, qui commettait beaucoup de ravages dans les champs de betteraves. Metchnikoff trouva la méthode à employer pour cultiver ces champignons en grande quantité sur des milieux artificiciels et réussit à infecter les insectes nuisibles.

Après Metchnikoff, de nombreux savants se sont occupés des champignons entomophytes et ont cherché des méthodes pratiques pour les utiliser dans la lutte contre les insectes nuisibles : CIENKOVSKY et KRASSILSTCHIK, en Russie; LE MOULT et GIARD en France; TAXTER, FORBER et SNOW, en Amérique.

Tout dernièrement, une série de travaux intéressants ont paru en France : M. PICARD, dans son ouvrage sur les champignons parasites des insectes et leur utilisation agricole, a donné une description complète de ces champignons et signalé des résultats déjà acquis. VOUKOSSOVITCH a exécuté en 1925 un travail sur les champignons (*Spicaria farinosa*) qui s'attaquent aux chenilles de l'Eudémis, parasite de la vigne. M. DIEUZEIDE, en 1925, et Mme ARNAUD ont exécuté aussi des recherches sur d'autres champignons entomophytes (*Beauveria bassiana*, *Beauveria densa*, *B. globulifera*) très dangereux pour les insectes. Toumanoff avait montré aussi que les chenilles de *Pyrausta* s'infectent facilement par les champignons entomophytes. Il avait constaté que l'infection se fait par voie tégumentaire.

Toutes ces expériences démontrent que les champignons sont des ennemis terribles pour les insectes et pourraient servir dans la lutte contre les insectes nuisibles; malheureusement, les champignons entomophytes exigent pour leur développement des conditions spéciales : l'humidité, une température favorable, etc. C'est la raison pour laquelle toute les tentatives d'appliquer en grand cette méthode pour lutter contre les insectes nuisibles n'a donné jusqu'à présent que des résultats contradictoires.

Il existe d'autres ennemis des insectes qu'on doit pouvoir utiliser : les bactéries. On sait bien quels ravages produisent les microbes dans le monde des insectes utiles, comme les vers à soie et les abeilles, qui souffrent assez souvent d'épizooties microbiennes, et depuis longtemps on envisage leur emploi pour lutter contre les insectes nuisibles; malgré cela, le nombre de travaux relatifs à ce mode de lutte est très restreint.

Le travail le plus intéressant à cet égard est celui D'HÉRELLE qui isola un microbe très virulent (*Coccobacillus acridiorum*) pour les sauterelles. D'Hérelle

(1) La Société d'Encouragement a accordé une subvention pour aider à ces recherches.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne dans son mémoire [2] toutes les indications nécessaires pour provoquer une épidémie artificielle chez ces insectes. Pour obtenir une mortalité suffisante, il faut exalter la virulence du microbe par passages. Toutes les tentatives faites pour mettre en pratique cette méthode lui ont donné des résultats fort encourageants. Le microbe de d'Hérelle détermine chez les sauterelles une véritable dysenterie, toujours mortelle, qui se manifeste par l'expulsion par l'intestin d'un liquide noir. Il a pu créer à maintes reprises de véritables épizooties artificielles chez ces acridiens, surtout lorsqu'il s'agissait d'espèces (*Schistocerca*) chez lesquelles l'acridiophagie est très développée.

Des savants ont essayé, dans divers pays, d'utiliser pratiquement le microbe de d'Hérelle. E. Sergent et ses collaborateurs ont fait des expériences en grand en Algérie, E. Sergent a constaté d'abord qu'on peut arriver à exalter la virulence du *Coccobacillus acridiorum* de façon à tuer les sauterelles en quatre heures en moyenne [3].

En pulvérisant les cultures microbiennes sur les gîtes nocturnes des Stauronotes, il a pu provoquer de fortes épizooties après quelques jours d'incubation.

Velu et Boin [4] au Maroc, et Béguet [5] en Algérie, ont préparé, soit par pulvérisation de bouillons, soit par contamination à l'aide de criquets malades, des épizooties très contagieuses et quelquefois très meutrières, mais ils n'ont jamais obtenu la destruction complète des groupes contaminés.

Les résultats obtenus par Killop et Conh en Égypte [6], par Pantanilli [7] en Italie, et d'autres investigateurs furent encore moins favorables.

Paillot [8] a beaucoup étudié les maladies des insectes. Il a isolé toute une série de microbes très virulents mais aucun d'eux n'a été capable de provoquer la mort des insectes par voie digestive, pas même de ceux qui offrent le moins de résistance à l'infection. C'est pourquoi Paillot est resté très sceptique envers la méthode d'infestation artificielle. Il pense que la contamination *per os* ne peut être réalisée dans les conditions ordinaires et, à plus forte raison, dans la nature.

Dans ces dernières années, nous avons beaucoup étudié les maladies des insectes et leur immunité envers différents microbes [9]. Nous avons démontré que les insectes s'adaptent très bien à la lutte contre les microbes. Ils résistent, souvent à des doses énormes, aux microbes les plus terribles (tuberculose, lèpre, diphtérie, tétanos, etc...). Par contre, ils sont souvent très sensibles aux saprophytes non virulents pour les mammifères, tels que *Bacillus subtilis*, *anthracoïdes*, *proteus*, etc. Mais ils s'immunisent très facilement aussi et même plus facilement que les animaux supérieurs. Il suffit d'injecter une petite dose de culture chauffée pour provoquer une immunité solide contre des doses sûrement mortelles.

Tous ces faits prouvent que les insectes sont admirablement armés pour lutter contre les maladies infectieuses. Et cependant ils souffrent d'épizooties. Nous avons

(2) T. D. d'Hérelle (*Ann. de l'Inst. Pasteur*, t. 28, 1914.)
(3) E. Sergent (*Ann. Inst. Pasteur*, 1914, t. 28, p. 408; t. 30, 1916; *Bull. off. Gouv. Alg.*, t. 20, p. 26, 1917).
(4) Velu et Boin (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 30, 1916).
(5) Béguet (*Ann. Inst. Pasteur*, t. 29, p. 520, 1915 et t. 30, p. 225, 1916).
(6) *Govt. Presse*, t. 72, 1916.
(7) *Bull. Inst. Pasteur*, t. 17, 1919.
(8) *Ann. des Épiphyties*, t. 8.
(9) S. Metalnikov, Infection microbienne et immunité chez la mite des abeilles (*Galleria mellonella*). (*Monographie de l'Inst. Pasteur*, Masson, édit., Paris, 1927.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

eu plusieurs fois l'occasion d'observer des épizooties terribles chez les mites des abeilles (*Galleria mellonella*) que nous étudions depuis très longtemps [10].

Toutes les chenilles (c'est-à-dire des milliers) que nous élevions au laboratoire, mouraient en 2 ou 3 jours sans qu'une seule réchappât. Nous avons isolé 5 microbes différents qui provoquaient ces maladies terribles. Ces microbes se présentent sous forme de grands bâtonnets (Gram positif) sporuleux, du type *Megatherium*. L'analyse très détaillée en a été faite dans notre laboratoire par M. Chorine. Nous avons essayé de contaminer les chenilles *per os* en mélangeant l'émulsion de ces microbes à la cire dont se nourrit cet insecte. Nous avons obtenu une grande proportion de chenilles malades et mortes avec des cultures fraîches. Mais peu de temps après, la virulence des microbes diminuait rapidement et disparaissait : les microbes ne conservaient plus leur virulence que par injection dans la cavité du corps de l'insecte.

Qu'il s'agisse d'insectes ou d'animaux supérieurs, nous ignorons presque complètement les causes qui modifient dans un sens ou dans un autre la marche des épidémies et des épizooties, c'est-à-dire l'exaltation ou l'atténuation de la virulence des microbes en dehors de l'organisme.

Les expériences qui vont être décrites font partie d'une étude d'ensemble sur les maladies de *Galleria mellonella* et de la Pyrale du maïs. Elles sont destinées à fournir des bases scientifiques pour la lutte contre les insectes nuisibles. Dans ce but nous avons fait un grand nombre d'expériences avec différents microbes pathogènes tout aussi bien qu'avec des microbes saprophytes.

Les chenilles de la mite des abeilles sont particulièrement désignées pour les expériences les plus variées : elles pullulent prodigieusement dans les conditions de vie qu'on leur fait au laboratoire; elles sont très vigoureuses et résistantes; de plus, elles supportent des températures élevées (37°-40°) ce qui est particulièrement important dans l'étude de l'immunité à l'égard des microbes qui vivent à la température de 37°, qui est celle des animaux à sang chaud.

Pour étudier l'immunité et la sensibilité des chenilles envers tel ou tel microbe, il faut établir d'abord des méthodes précises pour titrer la virulence de chaque microbe en particulier. Nous nous servons pour cela de la méthode suivante :

Nous prenons une culture sur gélose de 24 heures et nous en préparons une émulsion dans 1 cm³ d'eau physiologique; en ajoutant 1, 2, ou 3 anses, ou davantage, de cette émulsion dans 1 cm³ de la solution physiologique et en injectant à l'aide d'une pipette 1/80, 1/100 cm³ d'émulsion, nous pouvons déterminer les doses minima mortelles.

Généralement tous les processus morbides s'accomplissent très rapidement en 24-48 heures, surtout à la température de 30-37°. Ils sont moins rapides à la température du laboratoire. Si la chenille n'est pas capable de venir à bout en 24-48 heures des microbes injectés, elle succombe très vite à la septicémie ou à l'intoxication. Si, par contre, elle prend le dessus, la guérison est non moins rapide.

Nous avons étudié plus de 70 microbes des plus virulents et les saprophytes. Tous ces microbes peuvent être répartis en trois groupes. Le premier groupe comprend les microbes envers lesquels les chenilles possèdent une immunité extra-

(10) S. METALNIKOV (*C. R. de l'Ac. des Sc.*, 1922, p. 68).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ordinaire. Dans ce groupe se trouvent les microbes les plus dangereux pour les mammifères : bacille tuberculeux humain et bovin, tétanos, diphtérie, trypanosomiase, péripneumonie, etc.

Le second groupe comprend les microbes pour lesquels les chenilles jouissent d'une immunité moins forte. Elles ne résistent pas à de fortes doses ; elles succombent dans les premières 24-48 heures. Par contre, elles supportent des doses plus faibles et guérissent très rapidement. Parmi les microbes qui appartiennent à ce groupe il faut noter ceux du choléra, de la dysenterie, le gonocoque, le bacille typhique, le paratyphique, celui du charbon, le *Bacillus Danysz*, etc.

Le troisième groupe comprend des microbes auxquels les chenilles sont très sensibles et vis-à-vis desquels elles ne manifestent aucune immunité. Inoculés même à très petite dose ils provoquent toujours une infection mortelle. Ce groupe contient les microbes les plus inoffensifs pour les animaux supérieurs : le *Bacillus subtilis*, l'*Anthracoïdes*, le *Proteus*, le *Vibrio Metchnikov*.

En comparant les trois groupes de microbes, on est frappé par ce fait étrange, que les chenilles sont réfractaires aux microbes pathogènes les plus terribles pour les animaux supérieurs; en même temps, elles sont très sensibles aux microbes saprophytes.

En outre, les chenilles sont très sensibles aux microbes qui ont été isolés des insectes malades et morts comme, par exemple les coccobacilles de d'Hérelle, le *Bacillus alvei*, le *Bacillus Zotto*, le *Bacillus galleriæ*, n° 1, n° 2, n° 3.

De tous les microbes essayés les moins virulents sont les bacilles tuberculeux.

Les bacilles tuberculeux, si bien protégés par leur capsule cireuse, si résistants et si dangereux pour l'homme et de nombreux animaux, sont complètement inoffensifs pour les chenilles. On peut leur injecter des quantités formidables de bacilles tuberculeux les plus virulents sans produire aucun trouble. Ce qui est surtout important, c'est que tous ces bacilles tuberculeux sont complètement digérés et détruits en quelques jours.

Les microbes les plus virulents sont ceux que nous avons isolés des insectes malades, par exemple des chenilles de *Galleria mellonella* et de la Pyrale du maïs (*Pyrausta nubilalis Hubn*).

Nos expériences, entreprises en collaboration avec M. Chorine, sur les chenilles de *Pyrausta nubilalis Hubn* ont donné les résultats de beaucoup les plus intéressants.

La Pyrale du maïs introduite en ces dernières années dans l'Amérique du Nord, s'y est répandue rapidement et y cause de grand dégâts. En Europe, où son expansion reste généralement limitée, il existe certainement des facteurs gênants pour son développement (insectes parasitaires, maladies microbiennes).

Parmi les milliers de chenilles que nous avons examinées, il y avait beaucoup de malades ou mortes. L'analyse microscopique du sang de ces chenilles nous y a toujours montré la présence d'un nombre considérable de microbes, parfois en culture pure, parfois associés par deux ou trois à la fois. En ensemençant le sang des chenilles malades sur gélose ordinaire, nous avons pu quelquefois obtenir du premier coup les cultures pures des microbes en question.

En premier lieu, nous nous sommes posé la question de savoir comment se comportent les chenilles de *Pyrausta* envers les nombreux microbes qui provoquent des maladies chez les insectes et les autres animaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce but nous avons exécuté un grand nombre d'expériences avec les microbes que nous avions isolés des *Pyrausta* malades, et aussi avec d'autres microbes.

Les résultats que nous avons obtenus sont exposés dans le Tableau I.

Chaque microbe fut expérimenté soit par injection d'une émulsion titrée dans la cavité du corps, soit *per os*. Nous avons utilisé les tiges de l'armoise (*Artemisia vulgaris*) ou du maïs pour nourrir les chenilles. Avant de les donner aux insectes, nous les avions trempées dans une émulsion de microbes développés sur milieu solide.

TABLEAU I. — MICROBES TRÈS VIRULENTS POUR LES CHENILLES DE PYRAUSTA.

| | Virulents *per os.* | Virulents par injection. |
|---|---|---|
| 1. *Coccobacillus Ellingeri* | +++ | ++++ |
| 2. *Vibrio Leonardi* | ++++ | ++++ |
| 3. Grande bactérie du Canada | ++++ | ++++ |
| 4. *Bacterium galleriæ* n° 2 | ++++ | ++++ |
| 5. *Bacterium Thuringiensis* n° 1 | ++++ | ++++ |
| 6. — n° 2 | ++++ | ++++ |
| 7. Bactérie du Canada n° 1 | ++ | ++++ |
| 8. — n° 2 | + | ++++ |
| 9. — n° 3 | ++(+) | ++++ |
| 10. Bactérie de Cazadon n° 1 | ++ | ++++ |
| 11. Bactérie de Cazadon n° 2 | +(+) | ++++ |
| 12. Bactérie de Candon | ++ | ++++ |
| 13. *Bacterium prodigiosus* de Tateiwa | ++ | ++++ |
| 14. Bactérie de Zotto | +(+) | ++++ |
| 15. *Coccobacillus acridiorum* de d'Hérelle | ++ | ++++ |

TABLEAU II. — MICROBES PEU VIRULENTS, NE DONNANT LA MALADIE QUE PAR INJECTION.

| | | |
|---|---|---|
| 16. *Bacterium Pyrausta* n° 3 | — | +++ |
| 17. — n° 4 | — | +++ |
| 18. — n° 5 | — | +++ |
| 19. — n° 6 | — | +++ |
| 20. — n° 7 | — | + |
| 21. *Micrococcus Pyraustæ* | — | ++ |
| 22. *Mycoderma Clayi* | — | ++ |
| 23. *Bacterium galleriæ* n° 3 | — | ++ |
| 24. *Proteus ox-19* | — | ++++ |
| 25. *Bacterium Thirotrix* | — | ++ |
| 26. Bacille paratyphique | — | ++ |
| 27. Staphylocoque blanc | — | ++ |
| 28. *Streptoccus ephestiæ* | — | ++ |
| 29. *Bacterium Danysz* | — | + |
| 30. Bacille tuberculeux de l'homme | — | 0 |
| 31. Bacille tuberculeux des poissons | — | 0 |

++++ Mortalité très forte (jusqu'à 100 p. 100).
+++ Mortalité moins forte (jusqu'à 75 — ).
++ Mortalité moyenne (jusqu'à 50 — ).
+ Mortalité faible (de 10 à 20 p. 100).

D'après ces tableaux, on voit que tous ces microbes peuvent être répartis en deux groupes.

Le premier groupe comprend les microbes les plus virulents qui provoquent une maladie mortelle même par ingestion. Ils sont encore plus virulents par injection. Il suffit d'injecter une dose minima (1 anse d'émulsion-mère dans 1 à 50 cm³ d'eau physiologique) pour tuer à coup sûr l'animal.

Les 6 premiers microbes que nous avons isolés des *Pyrausta* malades, de *Galleria mellonella* et des chenilles d'*Ephestia* sont particulièrement dangereux. La

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande bactérie du Canada, *Bacterium galleriæ* n° 2, les bactéries d'*Ephestia* (*B. thuringiensis*) sont sporulées et conservent leur virulence pendant très longtemps. Les bactéries de Cazadon et de Candon (nos 10, 11, 12) avaient été isolées des chenilles malades ou mortes que nous a envoyées M. Parker, directeur de la Station entomologique (américaine) d'Hyères (Var). Toutes les chenilles que nous avons reçues de Cazadon et de Candon étaient infectées et moururent bientôt. Pour la première fois, nous avons eu l'occasion d'observer ici une vraie épizootie des chenilles de *Pyrausta*. Cependant, les microbes que nous avons isolés de ces chenilles n'étaient pas aussi virulents que les précédents.

Le second groupe comprend les microbes moins virulents ou complètement avirulents. Ils ne donnent la maladie que par inoculation. Les chenilles résistent très bien aux faibles doses de ces microbes et ne meurent que si on en injecte des doses assez fortes (1-5 gouttes d'émulsion-mère dans 1 cm³ d'eau physiologique).

Notons encore un fait intéressant. Parmi tous les microbes essayés (plus de 30 espèces) c'est le bacille tuberculeux qui est le moins virulent pour les chenilles de *Pyrausta*; on peut leur en injecter des quantités formidables sans produire aucun trouble. Ce qui est important, c'est que tous ces bacilles tuberculeux sont complètement digérés et détruits dans l'organisme des chenilles. Tous les autres microbes que nous avons étudiés sont plus ou moins virulents pour les chenilles de *Pyrausta*.

En comparant l'immunité naturelle de *Pyrausta* à celle de *Galleria mellonella* que nous avons beaucoup étudiée, nous voyons que les *Pyrausta* sont beaucoup plus sensibles au virus microbien que les *Galleria mellonella*. Nous n'avons jamais pu donner une maladie mortelle aux chenilles de *Galleria mellonella* par ingestion (sauf dans quelques cas pour lesquels nous avons utilisé des microbes fraîchement isolés). Chez les chenilles de *Pyrausta*, au contraire, l'infection par ingestion réussit très bien avec plusieurs microbes, mais elles sont surtout sensibles si ces microbes sont injectés.

Les nombreuses recherches que nous avons faites sur divers insectes démontrent qu'ils s'immunisent très facilement. Il suffit souvent d'injecter une petite dose d'une culture chauffée pour obtenir en 15-24 heures une immunité solide envers le microbe donné.

La question se pose donc de savoir si la facilité avec laquelle s'acquiert l'immunité présente des obstacles insurmontables dans l'emploi des méthodes bactériologiques pour lutter contre les insectes nuisibls. Pour résoudre cette question nous avons entrepris une série de recherches sur l'immunité des chenilles de *Pyrausta*.

Nos premières expériences sur ces chenilles ont été très décourageantes. Toutes nos tentatives d'immunisation des chenilles contre les microbes les plus dangereux (*Coccobacillus Ellingeri*, *Vibrio Leonardi*, *bactéries de Galleri*, *d'Ephestiæ* et du *Canada*) n'ont pas donné de résultats positifs.

Les chenilles prétendues immunisées mouraient souvent plus vite que les chenilles non immunisées. Nous avons essayé toutes les méthodes usuelles : immunisation par les vaccins chauffés, tués, atténués; par des cultures très vieilles, par ingestion, etc. : les résultats ont toujours été négatifs.

L'étude du sang sur des frottis nous a démontré que tous ces microbes ne sont pas phagocytés. Ne trouvant pas de résistance dans l'organisme, les microbes se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

multiplient avec une grande rapidité et l'animal meurt de septicémie en quelques heures. Cette chimiotaxie négative des phagocytes envers les microbes virulents est peut-être la raison principale pour laquelle l'immunisation ne s'acquiert pas.

De plusieurs dizaines de microbes que nous avons découverts chez les insectes, 15 infectent les cheniles de Pyrales par ingestion (voir Tableau I), mais ce sont surtout les microbes *sporogenes* qui nous ont paru intéressants au point de vue pratique, car les spores sont extrêmement résistantes et peuvent conserver leur virulence pendant plusieurs mois. Toutes les expériences que nous avons faites au laboratoire ont toujours donné des résultats très démonstratifs.

En voici quelques-unes.

*Expérience n° 36.* — Des morceaux de tiges de maïs ont été mouillés avec une culture de 24 heures de *B. Galleina* n° 2 sur bouillon. Ces morceaux ont été ensuite placés dans un bocal avec 10 chenilles de Pyrale du maïs. Nous avons obtenu les résultats suivants à la température de 30°.

Après 24 heures, 8 chenilles mortes, 2 vivantes.
— 48 — 10 chenilles mortes.

*Expérience n° 39.* — Des morceaux de tiges de maïs ont été mouillés par une culture de *B. Thuringiensis* que nous avions isolé de chenilles d'*Ephestia*. Ces morceaux ont été placés dans un bocal avec 10 chenilles.

Après 24 heures, 9 chenilles mortes.
— 48 — 10 —

*Expérience n° 40.* — Des morceaux de maïs ont été mouillés avec une culture de *B. canadensis* que nous avons isolé de chenilles malades reçues du Canada. Ces morceaux ont été placés dans un bocal avec 10 chenilles.

Après 24 heures, 5 chenilles mortes, 5 vivantes.
— 48 — 7 — 3 —

*Expérience n° 45.* — 10 chenilles sont infectées *per os* avec une culture de *Coccobacillus Ellingeri*.

Après 24 heures, 4 mortes, 6 vivantes;
— 48 — 8 — 2 —

*Expérience n° 46.* — Des morceaux de tiges d'armoise ont été mouillés avec une émulsion de *B Galleriæ n° 2* (Une culture de 3 jours sur gélose inclinée, émulsionnée dans 5 cm³ d'eau ordinaire). Ces morceaux ont été ensuite placés dans un bocal contenant les chenilles (à 30°),

Après 24 heures, 6 mortes, 4 vivantes;
— 48 — 10 —

*Expérience n° 48.* — Nous avons fait les mêmes expériences avec des cultures de *B. Thuringiensis* préparées sur un bouillon de pommes de terre additionnées de peptone (1 p. 100). Des microbes poussent très bien sur ce bouillon et conservent leur virulence. 5 chenilles sont placées dans un bocal avec les morceaux de maïs dans ces cultures.

Après 48 heures toutes les chenilles étaient mortes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons eu l'occasion de faire quelques expériences sur d'autres insectes tels que : *Ocneria dispar* L., *Aporia crataegi* L., *Vanessa urtica* L., *Chorthippus pulvinatus* F. W., *Chorthippus dorsatus* Zell., *Stauroderus biguttulus* L. et *Calliptamus italicus*. Nous avons obtenu des résultats fort intéressants sur des chenilles très nuisibles pour l'agriculture : *Ocneria dispar*, *Aporia* et d'autres; toutes s'infectaient très facilement par nos microbes et mouraient en 2-5 jours.

Les sauterelles et d'autres insectes sont moins sensibles à nos microbes.

Nous donnons ici quelques-unes de nos expériences :

*Expérience n° 9.* — 4 chenilles d'*Aporia crataegi* L. sont placées dans un bocal avec des branches de *Crataegus oxyacantha* mouillées avec une émulsion de *Bact. thuring.* 4 jours après toutes les larves sont mortes.

*Expérience n° 10.* — 5 chenilles d'*Aporia crataegi* L. sont placées dans un bocal avec des feuilles de *Crataegus* pulvérisées avec des émulsions de bactéries. 2 jours après, toutes les chenilles sont mortes.

*Expérience n° 12.* — 10 larves d'*Ocneria dispar* L. sont placées dans un bocal avec des feuilles de *Quercus robur* pulvérisées avec des émulsions de nos cultures. 4 jours après toutes les larves sont mortes.

*Expérience n° 13.* — 5 larves d'*Ocneria dispar* L. furent infectées par nos microbes. 4 jours après 3 larves étaient mortes; les deux autres sont mortes plus tard.

Nos expériences sur la contamination des chenilles par ingestion ont été exécutées à différentes températures, depuis celle du laboratoire (15°-20°) jusqu'à 37°. Avec *Coccobac. Ellingeri* et *Bact. galleriæ* n° 2, on peut constater que la vitesse de l'infection diminue avec l'abaissement de la température.

Voici quelques-unes de nos expériences.

*Expérience n° 70.* — 10 chenilles de *Pyrausta* sont infectées *per os* avec une culture de 24 heures de *Coccobac. Ellingeri* préparée dans le bouillon ordinaire.

| | A 20°. | A 30°. | A 37°. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Après 24 heures | 0 m., 10 v. | 4 m., 6 v. | 6 m., 4 v. |
| — 3 jours | 5 m., 5 v. | 7 m., 3 v. | 8 m., 2 v. |
| — 12 jours | 7 m., 3 v. | 8 m., 2 v. | 8 m., 2 v. |

*Expérience n° 78.* — Les chenilles sont infectées *per os* avec une culture de 24 heures de *Coccob. Ellingeri* faite dans un bouillon de viande peptoné.

| | A 20°. | A 30°. | A 37°. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Après 24 heures | 1 m., 14 v. | 6 m., 9 v. | 6 m., 9 v. |
| — 3 jours | 7 m., 8 v. | 12 m., 3 v. | 11 m., 4 v. |
| — 12 jours | 14 m., 1 v. | 13 m., 2 v. | 11 m., 4 v. |

*Expérience n° 80.* — Les chenilles sont infectées *per os* avec une culture de 24 heures du *Bact. galleriæ* n° 2 faite dans du bouillon de viande peptoné.

| | A 20°. | A 30°. | A 37°. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Après 24 heures | 2 m., 14 v. | 8 m., 7 v. | 9 m., 6 v. |
| — 3 jours | 10 m., 6 v. | 13 m., 2 v. | 15 m., 0 v. |
| — 12 jours | 15 m., 1 v. | 14 m., 1 v. | 15 m. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons cru intéressant de savoir si, dans les conditions d'une anaérobiose plus ou moins stricte de la culture, la virulence des microbes varie d'une manière appréciable. Nous avons utilisé comme milieu de culture le bouillon de viande peptoné et nous nous sommes servis, pour les cultures anaérobies, de la méthode de l'absorption d'oxygène par l'acide pyrogallique. Les cultures des microbes se sont développées à 30°.

*Expérience n° 33.* — Les chenilles sont infectées *per os* avec les cultures de 20 heures de *Coccobac. Ellingeri* :

| | Culture aérobie. | Culture anaérobie. |
|---|---|---|
| Après 24 heures | 3 m., 9 v. | 3 m., 9 v. |
| — 3 jours | 7 m., 5 v. | 8 m., 4 v. |
| — 10 jours | 10 m., 2 v. | 12 m., 0 v. |

*Expérience n° 44.* — Les chenilles sont infectées *per os* avec des cultures de 24 heures de *Bact. galleriæ n° 2.*

| | Culture aérobie. | Culture anaérobie. |
|---|---|---|
| Après 24 heures | 1 m., 11 v. | 7 m., 6 v. |
| — 3 jours | 4 m., 7 v. | 11 m., 2 v. |
| — 10 jours | 9 m., 3 v. | 12 m., 1 v. |

Nous avons souvent répété ces expériences; elles nous ont toujours donné les mêmes résultats. Il est certain que le degré d'anaérobie est très important et il est intéressant de constater que les cultures faites dans les conditions les plus strictes d'anaérobie commencent à perdre leur virulence. Il reste à déterminer la quantité optima d'oxygène.

La composition chimique du milieu a une très grande importance; dans nos expériences nous avons pu établir que les sucres en faible concentration (0,50 p. 100) agissent favorablement sur nos microbes.

La concentration en ions hydrogène du milieu de culture a une grande influence sur les microbes. Comme nos expériences l'ont démontré, le pH optimum est d'environ 7,2 pour nos cultures.

D'Hérelle a observé que le *Coccobac. acridiorum* cultivé sur gélose perd très rapidement la possibilité de contaminer les sauterelles *per os*. De même, nous avons indiqué qu'il est possible d'infecter les chenilles de *Galleria mell.* avec une culture de *Bact. galleriæ* n° 2 récemment isolé de chenilles mortes. Après plusieurs repiquages sur des milieux artificiels, cette propriété du microbe disparaît complètement bien qu'il reste très virulent lorsqu'il est injecté.

La meilleure méthode pour conserver la virulence du microbe consiste en des passages continus d'une chenille à l'autre. Nous avons poursuivi ces passages pendant tout l'hiver 1928-1929; au mois de juin 1929 nous en avions effectué 86. Ce procédé est très bon pour conserver la virulence fragile des microbes.

Pour être sûr que ces expériences de laboratoire ont une valeur pratique, il fallait les répéter dans les conditions naturelles, c'est-à-dire dans le champ.

Nous avons pu exécuter ces expériences pendant l'été 1929 au Jardin botanique de Zagreb, grâce à la bienveillance et au concours de M. Vouk, directeur du Jardin botanique, et de M. Hergula.

Le champ d'expériences du Jardin botanique, mis à notre disposition, avait été ensemencé pendant les derniers jours du mois d'avril avec la « dent de cheval » non

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sélectionnée, l'espèce de maïs la plus cultivée en Yougoslavie et surtout aux environs de Zagreb.

Nous avons isolé jusqu'à présent plusieurs microbes très virulents pour les *Pyrausta*, c'est-à-dire les microbes qui donnent la maladie aux chenilles *per os*.

Nous avons pu expérimenter avec plusieurs de ces microbes : *Bacterium n° 2*, *Coccobacillus Ellingeri*, *Bac. canadensis* et deux souches que nous avons isolées des

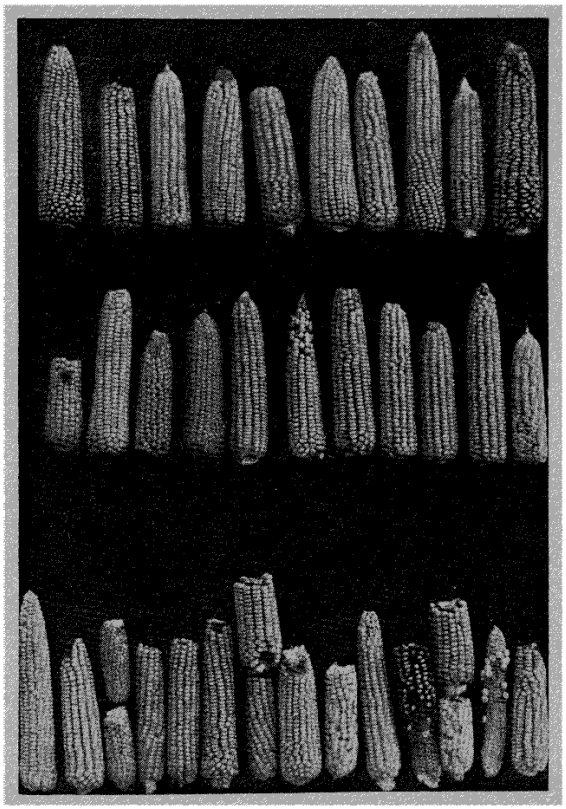


Fig. 1. — Les deux rangs supérieurs représentent les épis de maïs fructifiés fournis par 15 plants traités par les *Bacterii ephestiæ*. Le troisième rang représente les épis fructifiés fournis par 15 plants témoins, non traités.

chenilles d'*Ephestia B. Thuringiensis*. Les microbes sont sporulés sauf le *Coccobacillus Ellingeri*.

Les expériences furent exécutées en juin et en juillet. Des expériences préliminaires nous avaient démontré que les cultures en bouillon donnaient de moins bons résultats que dans d'autres milieux. Les cultures avaient donc été faites sur la gélose nutritive ordinaire. Pour déterminer le liquide qui convient le mieux pour l'émulsion, nous avons exécuté une série d'expériences avec des bouillons, des solutions de peptones, de gélatine, l'eau physiologique, etc. C'est l'eau distillée qui nous a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donné les meilleurs résultats. C'est pourquoi nous l'avons utilisée pour préparer toutes les émulsions.

Les expériences ultérieures nous ont démontré que les vieilles cultures de microbes sporulés (de 5 à 10 jours) donnent de meilleurs résultats que les cultures de 24 à 48 heures qui contiennent peu de spores. C'est juste le contraire pour *Coccobacillus Ellingeri* qui est plus actif en culture de 24 à 48 heures.

Nous avons préparé nos cultures dans des tubes, sur gélose ordinaire. Le contenu de chaque tube était émulsionné dans 100 cm³ d'eau distillée; il nous a servi pour arroser deux plants de maïs. La concentration optima de l'émulsion reste encore à déterminer. Pour chaque expérience nous avons pris 15 plants qui furent arrosés avec des pulvérisateurs. Trois à dix jours après cette pulvérisation, nous avons infecté les plants avec de petites chenilles de *Pyrausta*. Chaque plant a reçu 50 chenilles. Comme contrôle, nous avons infecté par le même procédé 15 plants qui n'avaient pas été pulvérisés avec les émulsions de bactéries.

Deux à trois semaines après l'infection, nous avons pu remarquer les premiers signes de l'activité des chenilles sur les plants de contrôle et sur les plants arrosés d'émulsions de *Coccob. Ellingeri* et de *B. galleriæ* n° 2.

TABLEAU III. — NOMBRE DE CHENILLES TROUVÉES SUR CHAQUE PLANT TRAITÉ ET NON TRAITÉ (témoin).

| Numéros des plants. | *Bact. Thuring.* n° 2. | *Bact. Thuring.* n° 2. | *Bact. Canadensis.* | *Coccob. Ellingeri.* | *Bact. galleriæ.* | Mélange. | Témoin. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 . . . . | 4 | 3 | 14 | 22 | 45 | 10 | 10 |
| 2 . . . . | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 6 | 13 |
| 3 . . . . | 1 | 0 | 12 | 9 | 9 | 6 | 10 |
| 4 . . . . | 0 | 1 | 2 | 12 | 18 | 2 | 16 |
| 5 . . . . | 1 | 2 | 6 | 12 | 10 | 4 | 15 |
| 6 . . . . | 0 | 0 | 9 | 17 | 10 | 7 | 10 |
| 7 . . . . | 0 | 0 | 6 | 14 | 17 | 6 | 16 |
| 8 . . . . | 0 | 0 | 5 | 20 | 15 | 4 | 29 |
| 9 . . . . | 2 | 1 | 4 | 14 | 13 | 6 | 14 |
| 10 . . . . | 1 | 2 | 4 | 14 | 8 | 4 | 12 |
| 11 . . . . | 2 | 1 | 12 | 16 | 7 | 5 | 25 |
| 12 . . . . | 1 | 1 | 5 | 8 | 9 | 6 | 19 |
| 13 . . . . | 3 | 3 | 7 | 16 | 14 | 0 | 19 |
| 14 . . . . | 2 | 2 | 7 | 3 | 11 | 3 | 23 |
| 15 . . . . | 3 | 3 | 4 | 4 | — | 1 | 20 |
| Totaux . . . | 21 | 20 | 99 | 163 | 167 | 64 | 257 |
| Nombres moyens. | 1,4 | 1,3 | 6,6 | 10,9 | 11,1 | 4,3 | 16,7 |

Les plants arrosés avec des émulsions de *B. Canadensis* sont presque indemnes, tandis que ceux arrosés avec *B. ephestiæ* ne portent aucun signe d'infection. Cette différence est apparue plus nettement à la fin de l'été. En étudiant, à la fin d'août, les plantes qui avaient été traitées par les microbes, surtout par *B. Thuringiensis* nous avons constaté que celles qui présentaient quelque signe de la présence de la pyrale du maïs étaient peu nombreuses.

Le maïs fut récolté le 1er septembre. Le nombre des chenilles fut compté sur chaque plante infectée. Les chiffres obtenus sont des plus démonstratifs. Nous donnons dans le tableau III, le nombre de chenilles trouvées sur chaque plante traitée ou non. Il est très intéressant de noter que les chenilles trouvées à l'intérieur des tiges des plantes traitées par les deux espèces de *B. Thuringiensis* et d'autres microbes étaient très petites et chétives, souvent deux fois plus petites que les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chenilles des plantes témoins. Nous avons trouvé plusieurs fois dans les plantes traitées par les microbes, des chenilles mortes, complètement noires.

On observe une très grande différence dans la taille et le nombre d'épis fructifiés des plantes traitées ou non traitées (fig. 1). La figure 2 représente les grains de maïs donnés par 15 plantes traitées ou non traitées.

Dans le tableau IV nous donnons le nombre des épis fructifiés développés sur chaque plante et le poids moyen de 100 grains de chacune d'elles.

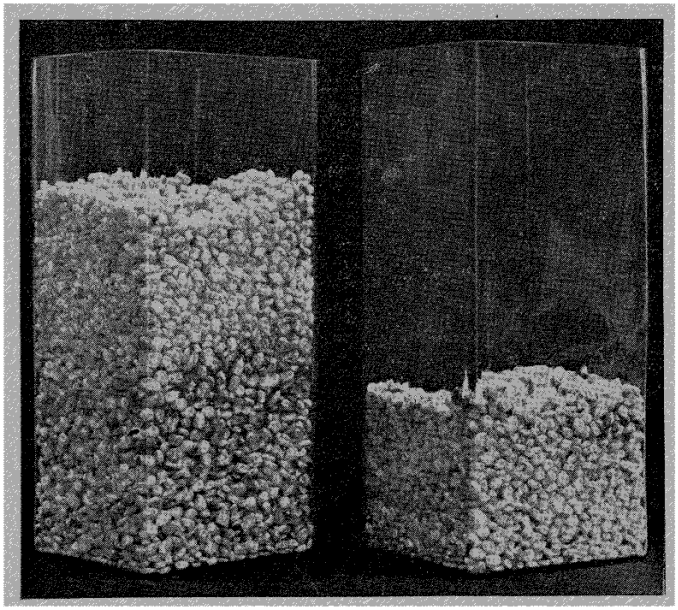


Fig. 2. — A gauche, la quantité totale de grains de maïs récoltés sur les 15 plants traités par les *Bacterii ephestiæ*. A droite, la quantité totale de grains de maïs recoltés sur 15 plants témoins, non traités.

TABLEAU IV.

| | Nombre d'épis. | Poids moyen de 100 grains (grammes). |
|---|---|---|
| *Bacterium Thuringiensis* | 22 | 36,6 |
| *Bacterium Canadensis* | 22 | 36,6 |
| *Coccobacillus Ellingeri* | 19 | 31,3 |
| Mélange de microbes | 24 | 35,8 |
| *Bacterium galleriæ* n° 2 | 21 | 35,6 |
| Témoins | 17 | 30,9 |

Ainsi que nous l'avons montré dans nos travaux antérieurs, nous connaissons donc plusieurs microbes très virulents pour les *Pyrausta*. Les expériences que nous avions faites au laboratoire, à l'Institut Pasteur de Paris, avec *Bacterium galleriæ*, *Coccobacil. Ellingeri*, *Vibrio Leonardi* et *Bact. Canadensis* nous avaient donné les mêmes résultats qu'avec le *Bact. Thuringiensis*. Quelle est donc la raison pour laquelle à,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Zagreb, ce dernier microbe a donné de meilleurs résultats que tous les autres microbes isolés par nous de *Pyrausta* malades et d'autres insectes? Nous pensons que cette différence s'explique par ce fait que les microbes d'*Ephestiæ* avaient été récemment isolés, alors que tous les autres microbes avaient été conservés sur milieux artificiels depuis deux ans et même plus.

Nous recherchons actuellement de nouveaux milieux pour ces microbes et des méthodes pratiques pour conserver et stimuler leur virulence.

CONCLUSION. — Les résultats obtenus avec nos bactéries et surtout avec le *B. ephestiæ* sont très encourageants. Il est évident que le nombre des plantes sur lesquelles nous avons opéré est encore peu important, et que les expériences doivent être répétées sur une plus grande échelle. Plusieurs points relatifs à l'emploi des microbes dans la lutte contre la Pyrale du maïs et les autres insectes restent encore obscurs, mais les premiers résultats que nous avons obtenus dans ces dernières années nous font espérer que le problème de l'utilisation des microbes dans la lutte contre les insectes sera résolu.

## PERFECTIONNEMENT DE LA MACHINE FRIGORIFIQUE A VAPEUR D'EAU SCAM-FOLLAIN

Le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* a donné en 1929 (p. 164) une description de la machine frigorifique Scam-Follain, perfectionnement de la machine à vapeur d'eau imaginée par le regretté Maurice Leblanc.

M. Follain vient de donner quelques détails sur de nouveaux perfectionnements qu'il a apportés à cette machine, grâce auxquels la dépense de vapeur et d'eau de refroidissement a été réduite, et des températures très basses peuvent être obtenues, tandis qu'en pratique, l'emploi de la machine paraissait limité aux refroidissements modérés. C'est ainsi qu'elle dessert les chambres à vivres de certains paquebots, avec entretien de la saumure à la température de — 10°.

Les essais d'une machine nouvelle à la Poudrerie de Toulouse ont donné les résultats suivants (moyennes de plusieurs essais) :

| | |
|---|---|
| Température de l'eau du condenseur | 20°,7 |
| — — à refroidir | 20°,8 |
| — — refroidie | 3°,1 |
| Frigories extraites par heure | 273.500 |
| Dépense de vapeur — | 1202,5 kg, |

soit 228 frigories par kilogramme de vapeur.

Une machine plus ancienne, dans la même poudrerie, ne produisait que 143 frigories par kilogramme de vapeur.

Une notice de M. Follain, dans le *Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique*, de juin 1930, rend compte des progrès récents et des principales applications de la machine.

Quelques documents s'y rapportant sont déposés à la bibliothèque de la Société (pièce 13.630). ED. SAUVAGE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA NAVIGATION DU RHIN

par J. ROUCH, *capitaine de frégate, commandant la flottille du Rhin.*

## INTRODUCTION

Cette étude sur la navigation du Rhin a été rédigée d'après les documents rassemblés par les officiers de la Flottille du Rhin et de la Commission interalliée de Navigation de Campagne pendant l'occupation de la Rhénanie par les troupes françaises.

Il est donc de mon devoir de leur en faire hommage et, puisque je ne puis pas les citer tous, qu'il me soit permis de faire figurer, dans cette page liminaire, les noms de mes prédécesseurs dans le commandement de la Flottille du Rhin : le contre-amiral Darlan ; les capitaines de vaisseau Fernet, Chevalier, Boistel ; les capitaines de frégate Charmettant et Farret.

Les documents imprimés, dont j'ai fait mon profit et auxquels je renvoie le lecteur qui désirerait compléter ses connaissances sur le Rhin, sont les suivants :

*Le Rhin politique, économique, commercial*, par Gaston HAELLING (Léon Eyrolles, 1921) ;

*Le Rhin et le port de Strasbourg*, par Marc LUCIUS (Dunod, 1928) ;

*Notice descriptive et statistique sur le Rhin* (Service géographique de l'Armée, 1923) ;

*Le Rhin et la France*, par J. AULNEAU (Plon, 1921) ;

*Manuel du batelier du Rhin*, par Jean LHOTELLIER (Strasbourg, 1928) ;

*La navigation du Rhin* (périodique mensuel) ;

*Die Arbeiten der Rheinstrom-Bauverwaltung*, 1851-1900 (Berlin, 1901) ;

*Ergebnisse der Untersuchung der Hochwasserverhältnisse im deutschen Rheingebiet* (Berlin, 1908) ;

*Guide des voies navigables de la rive gauche du Rhin* (Paris, 1919) ;

*Cartes du Rhin* et *Instructions nautiques* établies par la FLOTTILLE DU RHIN.

Les cartes sont l'œuvre du Service géographique de l'Armée du Rhin.

A tous j'exprime ma reconnaissance.

## CHAPITRE I. — LE CADRE GÉOGRAPHIQUE.

*Le Rhin de sa source au lac de Constance.* — Le Rhin prend sa source dans les glaciers du massif du Saint-Gothard et de l'Adula : le Rhin antérieur près du mont Badus, à 2.344 m d'altitude, le Rhin postérieur à 2.216 m, près des glaciers de l'Adula. Les deux Rhins, après un cours d'une soixantaine de kilomètres, se réunissent à Reichenau, à 586 m d'altitude.

Ils n'ont été jusque-là que des torrents aux débits extrêmement variables, passant en quelques heures de 10 m³ : sec à plus d'un millier, coulant dans des gorges encaissées, ou se divisant en plusieurs bras au milieu de bancs de sables et de graviers, dont l'aspect est modifié à chaque crue.

Les villages, redoutant les inondations subites, se sont construits assez loin du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fleuve, sur les épaulements rocheux. Et l'homme a dû se livrer à d'importants travaux pour protéger contre les dévastations du fleuve ses routes, ses cultures, et la voie de chemin de fer qui suit la vallée du Rhin antérieur.

A Reichenau, la pente du fleuve est encore de 4,6 m : km.

De Reichenau au lac de Constance, le Rhin coule dans une plaine de plus en plus large qu'il a formée de ses alluvions. Il a fallu enserrer son lit entre des digues pour l'empêcher d'inonder toute la plaine, creuser des canaux pour assécher ses rives marécageuses. Là encore, les villages ne sont pas au bord du fleuve, mais sur des éperons rocheux, ou sur des cônes de déjections ou sur des coteaux d'éboulis. La plus grande de ces agglomérations humaines est Coire, qui a 10.000 habitants.

Le Rhin devient bientôt un cours d'eau important, dont la largeur, aux eaux moyennes, dépasse 100 m. A son embouchure dans le lac de Constance, sa pente n'est plus que de 0,6 m : km. Mais son débit reste très variable : il est de 1.000 à 1.300 m³ : sec durant les hautes eaux ordinaires; il peut atteindre 3.000 m³ : sec en période de crue, et il descend à 50 m³ : sec seulement aux basses eaux.

Le lac de Constance, dans lequel se jette le Rhin après un cours de 102 km depuis Reichenau, a une superficie totale de 700 km²; sa plus grande longueur est de 64 km, et le pourtour de ses rives, qui appartiennent à 5 états, Suisse, Bade, Wurtemberg, Bavière, Autriche, a 259 km. Son altitude est de 395 m; sa profondeur maxima de 252 m.

Cette vaste étendue d'eau, que les riverains désignent sous le nom de Bodman, ou de Bodensee, se divise en réalité en deux lacs distincts, séparés devant Constance par un chenal étroit de 3 km de longueur et de 150 à 200 m de largeur.

Le plus grand des deux lacs comprend une partie orientale, l'Obersee, dans laquelle se jette le Rhin par un delta; une partie occidentale, étroite et allongée, l'Ueberlingensee. Le petit lac, l'Untersee, est celui d'où sort le Rhin.

La variation annuelle du niveau du lac est en moyenne de 2 m, ce qui représente une variation de 1.400 millions de mètres cubes. Les basses eaux ont lieu en janvier et février, les hautes eaux en juin et juillet au moment de la fonte des neiges alpestres. Lorsque la fonte des neiges est rapide, par exemple à la suite d'un coup de foehn, vent chaud qui descend du sommet des montagnes, la montée du lac se produit en quelques jours. La crue la plus forte observée jusqu'à ce jour eut lieu le 3 septembre 1890 : le lac atteignit un niveau de 3,40 m au-dessus du niveau moyen des basses eaux.

L'énorme réservoir constitué par le lac de Constance joue pour le Rhin le rôle important de régulateur du débit. En outre, les eaux du fleuve y déposent leurs alluvions et s'y clarifient.

Les tempêtes, surtout celles de l'Ouest, déterminent sur le lac des vagues dont la hauteur peut atteindre 1,50 m, gênantes pour la navigation.

Pour que le lac gèle en entier, il faut des hivers exceptionnellement rigoureux : on en cite au cours de l'histoire une trentaine. Mais, chaque année, des surfaces plus ou moins grandes sont couvertes de glace. Pendant l'hiver de 1929, la glace fut si transparente qu'elle permit d'apercevoir le fond à des profondeurs assez grandes et de découvrir des restes de villages lacustres préhistoriques.

Bordé de montagnes boisées, au pied desquelles se succèdent des châteaux et des demeures de plaisance, le lac de Constance est un centre touristique important, et c'est aux touristes que doivent leur prospérité les petites villes de ses rives : Cons-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tance (27.000 habitants), Friedrichshafen, devenu célèbre comme port d'attache des zeppelins, Lindau, Bregenz.

*Du lac de Constance à Bâle.* — Le Rhin sort du lac de Constance à Stein. Il traverse, sur 150 km, les plateaux du Jura et son cours reste accidenté. Son lit, dont la largeur varie de 80 m à 350 m, est le plus souvent encaissé entre des falaises rocheuses, barré de nombreux rochers, et présente des pentes extrêmement variables. Dans les rapides, dont le plus important est le Grosser Laufen, près de Laufenburg, sa pente atteint 7 p. 1.000, alors qu'en d'autres points très rapprochés elle diminue jusqu'à 0,03 p. 1.000. A Schaffhouse, à 20 km en aval de Stein, un barrage de roches calcaires provoque une chute large de 160 m, séparée en deux sections par un écueil déchiqueté, haute de 15 m sur la rive droite et de 24 m sur la rive gauche. C'est là l'accident le plus pittoresque de tout le cours du fleuve.

Dans cette partie de son cours, le Rhin est sujet encore à des crues importantes, bien que son débit ait été régularisé par son passage dans le lac de Constance. Mais les escarpements de ses rives rendent ces crues peu redoutables.

Tout le long du fleuve s'échelonnent des petites cités industrielles qui utilisent les forces motrices de son courant. La plus importante est Schaffhouse, qui a 24.000 habitants.

Sur la rive droite, le Rhin ne reçoit que de courts affluents, qui descendent des montagnes toutes proches de la Forêt-Noire.

Sur la rive gauche, à Waldshut, à peu près à mi-distance de Schaffhouse et de Bâle, il reçoit l'Aar, tributaire lui-même des lacs de Zurich, des Quatre-Cantons et de Neufchâtel, et qui lui apporte les eaux des versants nord des Alpes bernoises et des Alpes de Glaris. A son confluent avec le Rhin, le débit de l'Aar est plus important que celui du Rhin lui-même, dans la proportion de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$.

*Le Rhin de Bâle à Strasbourg.* — A partir de Bâle, le Rhin, qui a coulé depuis le lac de Constance, sensiblement de l'Est à l'Ouest, change brusquement de direction, et se dirige vers le Nord, entre les Vosges et la Forêt-Noire, plus près d'ailleurs de la Forêt-Noire que des Vosges. Le bassin du Rhin présente alors sa plus faible largeur (85 km) entre le bassin du Doubs à l'Ouest, et le bassin du Danube à l'Est.

Le fleuve conserve son caractère torrentiel avec des pentes de 1 p. 1.000 jusqu'à Brisach, et de 0,6 p. 1.000 jusqu'à Strasbourg. Il se divisait autrefois en bras multiples, encombrés de graviers et de cailloutis, qui se déplaçaient souvent après chaque crue. Les hautes eaux s'étendaient sur plus de 5 km de largeur. Lorsque les eaux baissaient, le fleuve adoptait un lit tout différent de son lit antérieur; c'est ainsi que Vieux-Brisach, sur la rive gauche à l'époque romaine, est sur la rive droite depuis le XIVe siècle; Rheinau, autrefois sur la rive droite, est maintenant sur la rive gauche. Les communes riveraines de France ou du Grand-Duché de Bade possédaient en propriété sur la rive étrangère des terrains qui, situés précédemment dans des îles, s'étaient trouvés, suivant les caprices du fleuve, rattachés à l'une ou à l'autre rive. Il fallut attendre le traité de Versailles pour faire cesser ces anomalies.

Des travaux de régularisation ont supprimé aujourd'hui un nombre considérable de bras du fleuve, qui sont devenus des bras morts

Jusqu'aux environs de Strasbourg, aux hautes eaux, le Rhin charrie des galets dont les plus gros ont la taille d'un œuf.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bâle (135.000 h.), Strasbourg (180.000 h.) commencent la série des villes de plus de 100.000 habitants qui s'échelonnent sur les rives du fleuve à moins de 150 km de distance.

*De Strasbourg à Mayence.* — La pente continue à diminuer, surtout à partir de Mannheim, où elle est réduite à 0,1 p. 1.000.

Si, de Strasbourg à Karlsruhe, le Rhin, qui roule encore des galets de la taille d'une noix, a un caractère un peu torrentiel, modifiant légèrement à chaque crue le profil des bancs qui l'encombrent, en aval de Mannheim son cours est aujourd'hui à peu près fixé, et il ne transporte plus que des sables et de l'argile.

La large plaine qui s'étend entre les collines rougeâtres du Haardt à l'Ouest, les contreforts septentrionaux de la Forêt-Noire et l'Odenwald à l'Est, a été formée par les alluvions du fleuve, ou plutôt du lac immense qui occupait cette vaste zone effondrée, fermée de toutes parts avant la percée du Taunus par le fleuve. Le Rhin y traçait de nombreux méandres, et de larges boucles dont les crues modifiaient la forme. Beaucoup de ces boucles ont été supprimées par les travaux de régularisation. Plusieurs subsistent comme bras morts en forme d'arc de cercle. Lorsqu'ils ont été asséchés, leurs berges sont visibles dans la plaine au milieu des pâturages où elles font figure d'éminences.

Jusqu'à Spire, les villages et les villes évitent les bords du fleuve, couverts d'oseraies et de marécages malsains, où abondent les moustiques. Sur la rive gauche, Strasbourg et Lauterbourg sont à 4 à 5 km, Karlsruhe (140.000 h.) sur la rive droite à 8 km.

En aval de Spire, le long des rives régularisées, au bord même du fleuve large et calme, se succèdent des agglomérations industrielles plus ou moins importantes. Dans plusieurs d'entre elles — et c'est la caractéristique des villes du Rhin — les monuments vénérables d'un passé lointain voisinent avec les usines modernes : Spire (25.000 h.), Ludwigshafen (110.000 h.), Mannheim (250.000 h.), Worms (47.000 h.), Rhein Durkheim, Gernsheim, Oppenheim, Nierstein, Nackenheim, Weisenau, Gustavburg, Mayence (120.000 h.), Kastel.

Les affluents dans cette section sont, sur la rive gauche :

l'Ill, dont le cours depuis la hauteur de Bâle est presque parallèle au Rhin et qui lui amène les eaux de la plaine d'Alsace et du versant oriental des Vosges;

le Zorn ; le Moder;

la Lauter, rivière frontière entre la France et le Palatinat bavarois, qui prend sa source dans le Haardt;

Sur la rive droite :

la Kinzig, la Murg, qui drainent les eaux du versant occidental de la Forêt-Noire;

le Neckar, dont la source est voisine de celle du Danube dans la Forêt-Noire, et qui amène au Rhin, par lui-même et par ses affluents, toutes les eaux du versant septentrional du Jura souabe, drainant un bassin de 14.000 km$^2$; le Neckar passe à Stuttgart (310.000 h.) et à Heidelberg (70.000 h.);

le Main, qui vient de Franconie, et dont le bassin, qui s'étend à l'Est jusqu'à 250 km du Rhin, a une superficie de 27.000 km$^2$; le Main passe à Francfort (450.000 h.), la plus grande ville du bassin du Rhin après Cologne.

*De Mayence à Bonn.* — A Mayence, le Rhin, fleuve imposant de 700 à 800 m de largeur, se heurte aux pentes méridionales du Taunus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

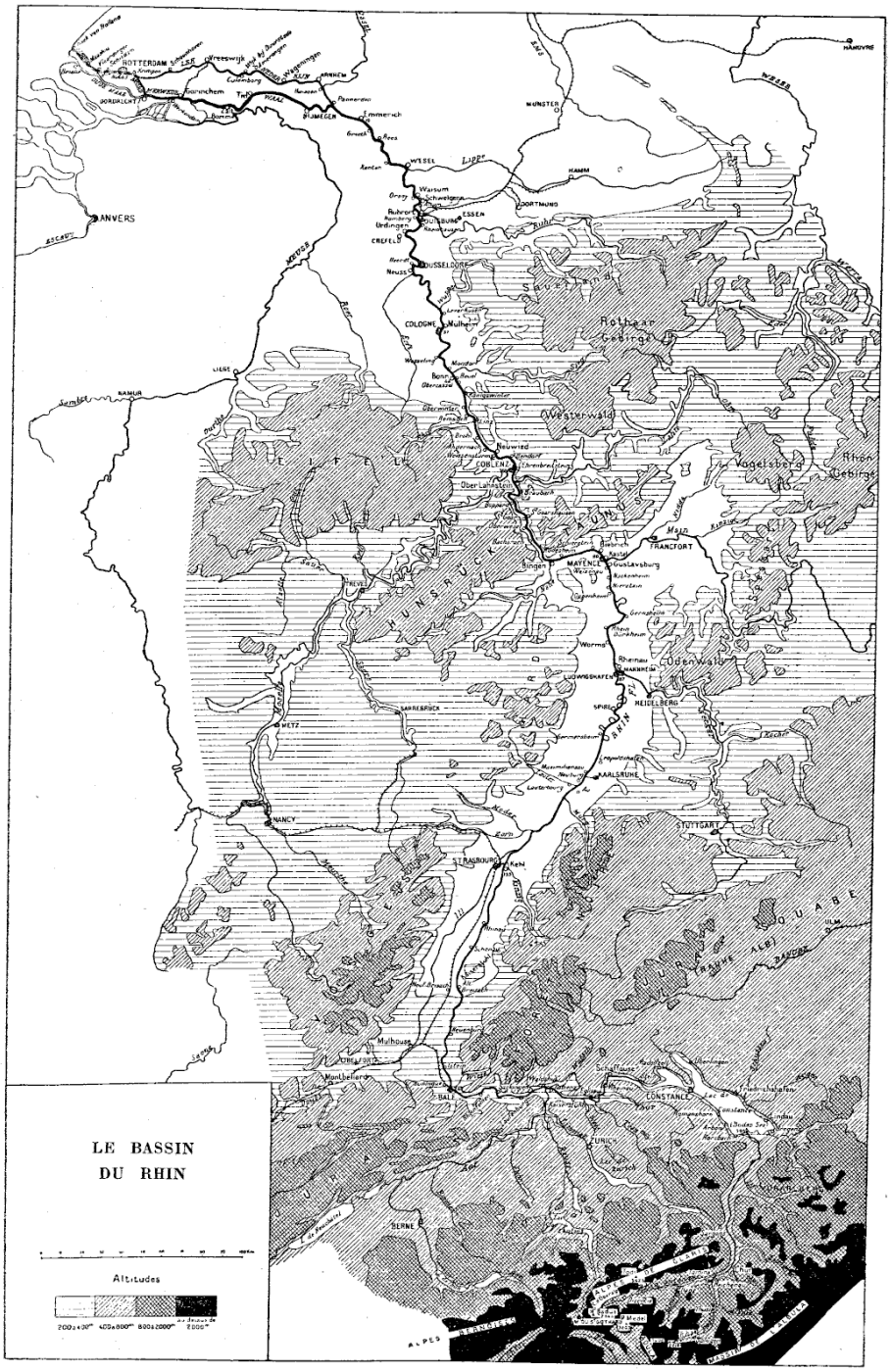



Fig. 1. — Croquis d'ensemble du bassin du Rhin. (*Service géographique de l'Armée*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il aurait pu, en empruntant vers l'Est la vallée du Main et de la Kinzig, rejoindre la Fulda entre le Vogelsberg et le Rhön Gebirge, et se confondre avec la Weser.

Coulant au contraire vers l'Ouest jusqu'à Bingen, il s'est fait une trouée profondément encaissée entre le Taunus à l'Est et l'Hunsrück à l'Ouest. Les massifs primaires du Taunus et du Westerwald, de l'Hunsrück et de l'Eifel, orientés du Nord-Ouest au Sud-Est, dont les points culminants ne dépassent pas 800 à 900 m, coupés de vallées profondément encaissées, séparaient géographiquement les plaines de la Hesse et du Palatinat de la dépression qui s'étend de Cologne à la mer. Le Rhin a fait la jonction entre ces deux régions et les a rendues solidaires.

C'est du haut des plateaux qui bordent le fleuve, beaucoup mieux que du fond de la vallée, qu'on se rend compte de l'importance de cette trouée. A 150 m au-dessus du niveau actuel, on retrouve les traces de l'ancienne vallée, beaucoup plus large, et qui servait alors de débouché au lac immense qui recouvrait toute la plaine entre le Haardt et l'Odenwald. En limant lentement les schistes et les quartzites du fond de son lit, le Rhin a donné à ce lac un écoulement plus vaste vers la mer et l'a peu à peu asséché.

Aujourd'hui le Rhin n'a pas terminé encore son travail d'affouillement. De même qu'en sortant du lac de Constance, le Rhin reprend des pentes rapides, de même la pente, qui était de 0,08 p. 1.000 à Mayence, reprend entre Bingen et Oberwesel une valeur moyenne de 0,5 p. 1.000, et parfois dépasse 1 p. 1.000.

La largeur du fleuve est extrêmement variable selon la dureté des roches qu'il traverse. De 600 m en certains endroits, elle tombe à 200 m au passage des bancs de quartzites, et même à 113 m à la Lorelei.

Sa profondeur est aussi très variable. Tantôt, comme au Bingerloch, le fleuve n'est qu'un rapide sur les rochers qu'il a fallu faire sauter à la mine pour donner à la navigation un passage suffisant. Tantôt sa profondeur dépasse 20 m (28 m légèrement en amont de la Lorelei).

Toute cette partie du fleuve, surtout de Bingen à Coblence, est le Rhin pittoresque, avec ses rochers abrupts qui dominent les rives, dont le plus célèbre est la Lorelei, ses vieux burgs construits sur les sommets, la succession des petites villes aux maisons anciennes, aux rues étroites, tassées dans le fond des vallées, Baccharah, Oberwesel, Saint-Goar, Boppard sur la rive gauche, Lorch, Caub, Saint-Goarhausen, Braubach sur la rive droite.

Sur la moindre pente praticable s'échelonnent les vignobles fameux qui donnent les meilleurs vins du Rhin : Rudesheim, Eltville, Johannisberg. C'est aussi la région des villes d'eaux : Bad-Ems, Langen-Schwalbach, Schlangenbad, Kreuznach, Bad-Muster et surtout Wiesbaden (120.000 h.).

A Coblence (60.000 h.) la vallée s'élargit. Si elle présente encore des endroits un peu resserrés, comme aux environs d'Andernach, ou aux Sept-Montagnes, en amont de Bonn, elle n'a plus l'aspect d'une gorge étroite et tourmentée comme de Bingen à Coblence. La pente reprend d'ailleurs des valeurs de 0,1 p. 1.000.

Dans cette section, le Rhin se grossit, sur la rive gauche, de la Nahe, qui passe à Kreuznach; de la Moselle qui prend sa source en France et qui draine avec ses affluents, dont les principaux sont la Sarre et la Meurthe, un bassin de 28.000 km²; grâce à la Moselle, le bassin du Rhin s'étend à 200 km à l'Ouest, jusqu'auprès de Verdun.

Sur la rive droite, le fleuve reçoit la Lahn.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*De Bonn à la frontière hollandaise.* — En aval de Bonn, qui n'est qu'à 45 m d'altitude, le Rhin entre définitivement dans la plaine, et il n'aura plus, jusqu'à la mer, à rencontrer d'obstacle. Sa pente continue à diminuer et descend au-dessous de 0,1 p. 1.000.

Au hasard du moindre pli de terrain, son cours traçait autrefois des sinuosités nombreuses, dont plusieurs ont été supprimées dans l'intérêt de la navigation. Aux rives concaves des courbures, on trouve des fosses souvent profondes : celle de Heerdt, auprès de Dusseldorf, a 21 m aux basses eaux.

La largeur moyenne est de 420 à 520 m. Mais, en temps de crue, le fleuve s'étale sur de vastes surfaces, qui s'étendent, à la frontière hollandaise, sur plus de 10 km de largeur de chaque côté des rives.

Le Rhin reçoit sur la rive gauche l'Erft, qui descend de l'Eifel; sur la rive droite la Sieg, la Wupper, la Ruhr et la Lippe, ces deux dernières qui traversent le bassin houiller westphalien.

C'est sur cette partie du fleuve que se trouvent les villes les plus importantes : Cologne (700.000 h.), Dusseldorf (420.000 h.), Duisbourg (250.000 h.).

*Le Rhin hollandais.* — Presque aussitôt après avoir franchi la frontière hollandaise, le Rhin se divise en plusieurs bras, dont le cours a, depuis des siècles, été régularisé par les hommes. A mesure que l'on s'approche de la mer du Nord, la complexité du delta, auquel viennent se joindre les eaux de la Meuse, ne fait qu'augmenter, complexité que n'éclaircissent nullement les nombreux noms différents donnés aux divers tronçons de ce delta.

Deux bras sont surtout importants pour la navigation : le bras du Sud, le Waal, prend, à partir du confluent de la Meuse, le nom de Merwede jusqu'à Dordrecht, puis le nom de Noord, de Dordrecht à Slikkerveer; le bras du Nord, appelé canal de Pannerden, puis Neder Rijn (bas Rhin), puis Lek jusqu'à Slikkerveer.

On appelle souvent pour simplifier, le bras du Sud tout entier Waal, et Lek le bras du Nord.

La réunion du Waal et du Lek sous le nom de Nieuwe Maas (nouvelle Meuse) baigne Rotterdam, puis se jette dans la mer à Brielle. Mais ce n'est pas la nouvelle Meuse qui sert d'accès de la mer au port de Rotterdam, c'est un bras en grande partie artificiel, le Nieuwe Waterweg.

A Dordrecht, l'Oude Maas (la vieille Meuse) rejoint la Nieuwe Maas. Un autre bras, le Kil, permet d'accéder à la mer par le Hollandsch Diep.

Par suite de l'apport constant des alluvions, le lit du fleuve s'est exhaussé au-dessus des plaines voisines, dont le niveau est parfois de plus d'un mètre au-dessous du niveau des eaux moyennes. Sans les digues qui enserrent tous les bras du Rhin, toute la plaine ne serait qu'un vaste marécage.

La marée, dont l'amplitude est de 1,8 m sur la côte, se fait sentir à 93 km de l'embouchure de la Nouvelle Meuse.

## CHAPITRE II. — LE CLIMAT DE LA VALLÉE RHÉNANE.

Au point de vue climatique, on peut dire, dans un but de simplification, que le Rhin, de sa source à son embouchure, traverse trois climats très nettement marqués ; de sa source à Bâle, c'est le climat suisse, avec la note caractéristique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du lac de Constance; de Bâle à Wesel, toute la vallée du Rhin jouit d'un climat sensiblement plus doux que celui d'autres régions européennes situées à la même latitude; de Wesel à la mer, c'est le climat des Pays-Bas.

Nous ne nous occupons ci-après que du climat très particulier de la vallée du Rhin, et nous ne considérons que les trois éléments les plus caractéristiques d'un climat : la température, la pluie, le vent [1].

*Température.* — Dans toute la vallée rhénane qui va de Bâle à la frontière hollandaise, la température moyenne de l'année est voisine de 10° en janvier, 18° à 20° en juillet.

L'amplitude moyenne annuelle, c'est-à-dire la différence entre les températures moyennes de janvier et de juillet varie de 19 degrés du côté de Strasbourg à 16 degrés au voisinage de la frontière hollandaise.

La constance très remarquable du climat thermique de la vallée rhénane est mise nettement en relief par le tableau suivant, qui indique les températures observées sur le Rhin à la hauteur de Colmar, et au voisinage d'Emmerich, à la frontière hollandaise, à 625 km de distance.

| | Colmar (altitude, 189 m). | | | | Clèves (altitude, 48 m). | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Maximum moyen. M | Minimum moyen. m | Température moyenne. | Amplitude. (M-m) | Maximum moyen. M | Minimum moyen. m | Température moyenne. | Amplitude (M-m) |
| | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Janvier . . | 3,0 | — 2,4 | 0,5 | 5,4 | 3,5 | — 1,7 | 1,0 | 5,2 |
| Février . . | 6,1 | — 0,5 | 2,5 | 6,6 | 5,1 | — 1,0 | 2,1 | 6,1 |
| Mars . . . | 10,1 | 2,0 | 5,9 | 8,1 | 8,5 | 0,7 | 4,4 | 7,8 |
| Avril . . . | 15,1 | 5,6 | 10,3 | 9,5 | 13,0 | 3,4 | 8,1 | 9,6 |
| Mai . . . . | 19,7 | 9,4 | 14,7 | 10,3 | 17,9 | 7,5 | 12,6 | 10,4 |
| Juin. . . . | 23,7 | 13,1 | 18,4 | 10,6 | 21,0 | 10,9 | 15,8 | 10,1 |
| Juillet. . . | 25,4 | 14,8 | 20,1 | 10,6 | 22,0 | 12,3 | 17,0 | 9,7 |
| Août. . . . | 24,5 | 14,0 | 19,1 | 10,5 | 21,4 | 11,9 | 16,3 | 9,5 |
| Septembre. | 20,3 | 11,0 | 15,4 | 9,3 | 18,6 | 9,6 | 13,7 | 9,0 |
| Octobre . . | 14,2 | 6,6 | 10,0 | 7,6 | 13,2 | 5,8 | 9,2 | 7,4 |
| Novembre . | 8,2 | 2,7 | 5,4 | 5,5 | 8,1 | 2,2 | 5,0 | 5,9 |
| Décembre . | 4,2 | — 0,3 | 1,9 | 4,5 | 4,3 | — 0,4 | 2,1 | 4,7 |
| Année. . . | 14,5 | 6,3 | 10,3 | 8,2 | 13,0 | 5,1 | 8,9 | 7,9 |

Bien que le climat de Colmar ait un caractère continental plus accusé que celui de Clèves (étés plus chauds surtout), ce tableau montre néanmoins que les différences de température ne sont pas aussi considérables que le laisserait croire la différence de latitude, qui est de 4 degrés.

On observe en moyenne chaque année, sur le bord du fleuve, des minima de — 10° à — 11° en janvier, des maxima de 30° en juillet, les températures extrêmes pouvant exceptionnellement atteindre — 30° et + 37°.

En moyenne, on compte chaque année 60 journées de gelée, c'est-à-dire de jours où le thermomètre descend au-dessous de zéro, et 20 jours de gelée totale, c'est-à-dire où le thermomètre reste constamment au-dessous de zéro.

La température de l'air est sous la dépendance très nette de la situation barométrique.

La situation barométrique qui est accompagnée de froids rigoureux en hiver, en Rhénanie, comme d'ailleurs dans toute l'Europe centrale, est la suivante : des

(1) La plupart des nombres que nous citons sont empruntés à *La climatologie de la région du Rhin*, par G. Barbé (Office national météorologique, 1924).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hautes pressions ont leur centre sur le Nord ou le Nord-Est de l'Europe; elles ne

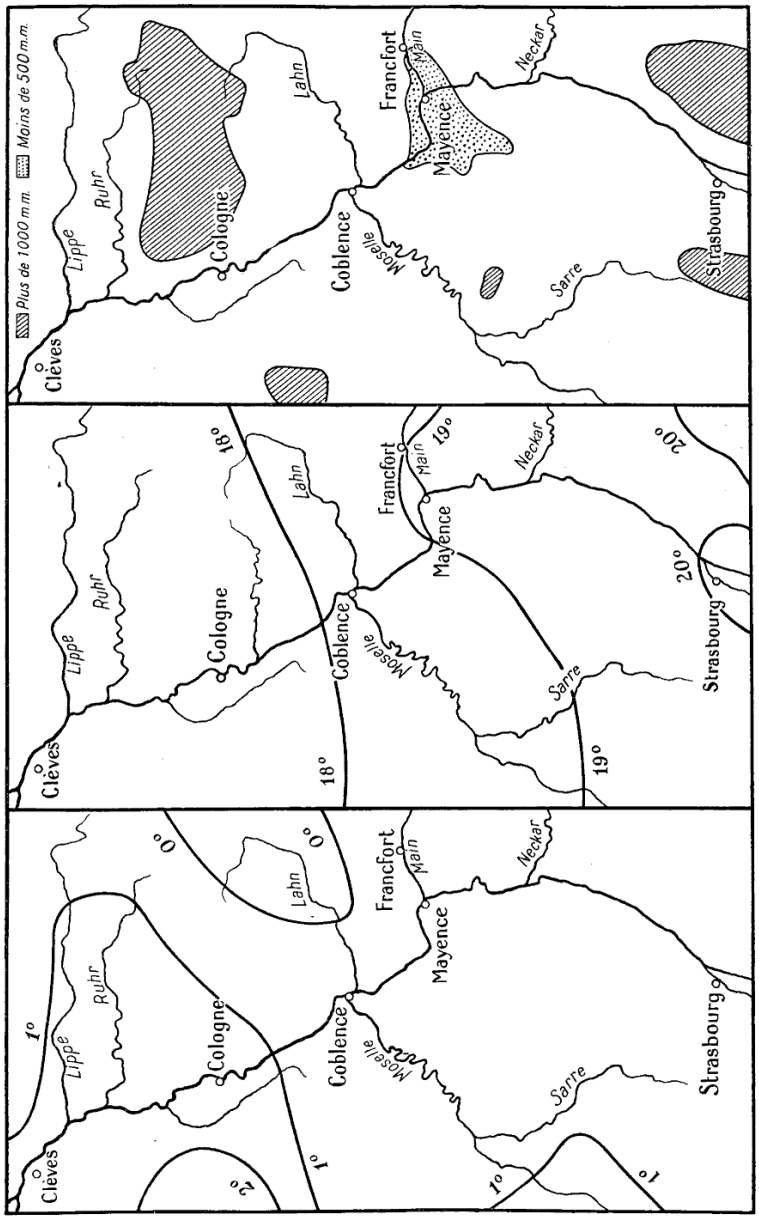



Fig. 2. — Isothermes de janvier.

Fig. 3. — Isothermes de juillet.

Fig. 2, 3 et 4.

Fig. 4. — Hauteur annuelle des pluies.

sont d'ailleurs que l'extension vers l'Europe de l'anticyclone centré ordinaire-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment en hiver sur la Sibérie; les dépressions contournent par le Nord cet anticyclone, qui peut persister sans changement notable pendant plusieurs jours, et même plusieurs semaines. Si le ciel est pur dans les régions centrales de cet anticyclone, ce qui est normal, et si surtout le sol est recouvert de neige tombée au cours des semaines précédentes, le rayonnement nocturne est intense, et le thermomètre peut ainsi s'abaisser à des températures inférieures à — 30°.

Un hiver est doux au contraire lorsque les dépressions barométriques venues de l'Atlantique passent librement sur les Pays-Bas et le Nord de l'Allemagne. Alors un centre de hautes pressions couvre le Sud et le Sud-Ouest de l'Europe.

Quant aux étés très chauds, ils s'observent lorsque les hautes pressions sont centrées sur l'Allemagne ou la région rhénane.

Cette influence directe et importante de la distribution des pressions (elle-même très variable) sur la température explique les dissemblances notables que présentent les années entre elles. Entre les températures moyennes des mois de janvier observées pendant un siècle à Francfort-sur-Main, à 30 km du Rhin, on constate une différence de 15 degrés; la différence entre les températures moyennes des mois de juillet n'est que de 8 degrés. Les étés se ressemblent donc davantage entre eux que les hivers.

*Pluie.* — La hauteur annuelle des pluies varie sur le Rhin même, de Bâle à Emmerich, de 500 mm à 700 mm. Le minimum (450 à 470 mm) s'observe aux environs de Mayence et de Bingen, le maximun (750 mm) vers la frontière hollandaise et entre Strasbourg et Lauterbourg.

La faible quantité d'eau qui tombe de Bingen à Mayence et dans la plaine voisine, ainsi que dans la plaine alsacienne (Colmar : 500 mm) quantité comparable aux régions les plus sèches du Sud de la France, explique que la culture de la vigne y soit prospère, car elle y trouve la forte insolation nécessaire à son développement. Elle justifie aussi l'attirance de cette vallée rhénane pour les populations voisines, qui y voient comme une côte d'azur.

La pluie est plus abondante pendant l'été que pendant l'hiver, ainsi que le montre le tableau suivant des fractions pluviométriques mensuelles pour Mayence, et sensiblement valable pour toute la vallée du Rhin. (La fraction pluviométrique est, en pour cent de la hauteur d'eau annuelle, la quantité de pluie mensuelle.)

| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,7 | 6,0 | 7,4 | 5,9 | 8.2 | 10,7 | 11,0 | 9,5 | 8,3 | 9,5 | 7,8 | 9,0 | 100 |

Il pleut, en quantité, presque deux fois plus en été qu'en hiver. Cette différence est encore plus marquée à Strasbourg et dans le Haut-Rhin, où les fractions pluviométriques de janvier et de juillet sont respectivement 5,1 et 13,3.

Sur les collines qui bordent la vallée, il pleut, au contraire, plus en hiver qu'en été.

Le nombre de jours de pluie montre que, si, au point de vue de la quantité de pluie, la vallée du Rhin est comparable à notre côte d'azur, elle ne l'est pas au point de vue de la fréquence de la pluie. Le nombre de jours de pluie par an, dans les régions rhénanes les plus favorisées, est de 160 à 170 (Strasbourg, Wiesbaden, Mayence); il atteint 180 à Cologne. Il n'est que de 80 à Nice, 82 à Marseille.

La fréquence de la pluie est d'ailleurs répartie sur le Rhin à peu près également tous les mois (12 à 15 jours par mois).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant la saison froide, d'octobre à avril, les pluies qui tombent dans la région rhénane sont dues au passage de dépressions barométriques venues de l'Atlantique, qui déterminent des vents d'Ouest et de Sud-Ouest. Ces vents humides déversant leurs pluies sur les collines qui bordent le Rhin, où l'on observe des hauteurs annuelles qui dépassent 1 m : 1.200 mm dans l'Eifel, 1.000 mm dans l'Hunsrück, 1.500 à 1.800 mm sur les parties élevées des Vosges, 2.000 mm en Forêt-Noire, 1.000 mm dans l'Odenwald, 1.200 mm dans le Sauerland. La vallée rhénane, placée en contre-bas, est relativement épargnée.

En saison chaude, les pluies des dépressions barométriques sont beaucoup plus rares, et ce sont surtout des pluies orageuses qu'on observe, plus fréquentes d'ailleurs dans la vallée que sur les sommets. Les orages proprement dits, avec éclairs et tonnerre, sont au nombre d'une vingtaine par an.

Il faut s'attendre à 20 jours de neige par an en moyenne dans la vallée, à 60 à 80 dans la montagne. La neige commence en novembre et s'observe jusqu'au mois d'avril. Le nombre de jours où le sol est recouvert de neige est de 30 en moyenne à Mayence.

Ces données moyennes sur la pluie et la neige sont le résultat d'années très dissemblables les unes des autres, comme elles le sont pour la température. A Strasbourg, entre l'année la plus sèche (468 mm) et l'année la plus humide (939 mm), il y a une différence du simple au double. A Francfort, l'année la plus humide a donné 936 mm, la plus sèche 366 mm, soit presque une différence du simple au triple. Si, en moyenne, il pleut dans la vallée 12 à 15 jours par mois, des mois entiers où l'on n'a pas reçu une goutte d'eau ont été notés.

Ces variations accidentelles dans la chute de pluie, ainsi que dans la température, ont une influence très importante sur la navigabilité du fleuve.

*Nébulosité.* — L'étude de la nébulosité montre aussi que la vallée rhénane n'est pas tout à fait la Côte d'Azur. La nébulosité moyenne est de 6 dans la vallée (3 à Nice), avec 100 à 130 jours où la nébulosité est supérieure à 8 (jours couverts) et 50 jours où la nébulosité est inférieure à 2 (ciel clair).

Le mois le plus couvert est décembre, le plus clair août. La fraction d'insolation, c'est-à-dire le rapport entre la durée de l'insolation réelle et le temps pendant lequel le soleil passe au-dessus de l'horizon, est voisine de 50 p. 100 en été, tandis qu'elle n'est que de 13 p. 100 en hiver. La durée de l'insolation entre Bingen et Mayence est en moyenne de 7 heures par jour en juin et juillet.

Le brouillard est fréquent d'octobre à décembre. On l'observe 32 jours par an dans les environs de Mayence, 50 jours dans les environs de Strasbourg. Ces brumes sont assez denses pour interdire complètement la navigation sur le Rhin, parfois pendant plusieurs journées consécutives.

*Vent.* — Le courant atmosphérique général est un courant du Sud-Ouest : la fréquence des vents du SW (27 p. 100) est plus de deux fois celle des vents du NE (12 p. 100).

Mais les accidents topographiques agissent d'une façon extrêmement importante pour modifier la direction et l'intensité du courant général. C'est ainsi qu'à Strasbourg les vents les plus fréquents soufflent du Nord et du Sud, à Karlsruhe du SW et du SE, à Cologne du SE et du NW. Qu'il s'agisse du Rhin ou de ses affluents, les vents soufflent suivant la vallée (à Trèves, sur la Moselle, ce sont aussi les vents

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du SW et du NE qui dominent presque exclusivement) et il faut monter sur les plateaux pour trouver le courant atmosphérique général.

Les accidents topographiques non seulement changent la direction du vent mais en diminuent aussi la vitesse : les vents de plus de 10 m : sec sont rares sur le fleuve, et s'observent à peine 3 ou 4 jours par an.

Enfin il faut signaler que quelques vents locaux ont une influence parfois marquée sur le climat. Ces vents, qui sont des vents de montagnes et de vallées, montent les vallées pendant le jour, et descendent le long des pentes pendant la nuit La brise diurne s'établit vers 10 h., la brise nocturne vers 21 h. La plus caractéristique de ces brises de vallée est celle qui souffle dans la vallée de la Wisper, petite rivière qui coule à travers le Taunus et qui débouche dans le fleuve près de Lorch : pendant la saison chaude, la nuit, dans la vallée, il souffle une brise d'Est, froide et assez forte, qui dure souvent jusqu'à 10 h., créant des brouillards sur le fleuve.

## CHAPITRE III. — LE CADRE ÉCONOMIQUE.

Le Rhin n'aurait pas son importance actuelle, quelles qu'aient été par ailleurs ses facilités de navigation, s'il ne traversait pas une des régions les plus riches du monde.

LES RESSOURCES AGRICOLES. — Les plaines et les coteaux des pays rhénans sont admirablement cultivés. Ils bénéficient d'un climat favorable. Les froids prolongés de l'hiver rendent la végétation assez tardive pour qu'elle n'ait pas à redouter les gelées du printemps. L'insolation est assez grande pour permettre des cultures, comme la vigne, qu'on croirait réservées à des pays plus méridionaux. C'est le véritable jardin de l'Allemagne, et l'Alsace serait aussi le jardin de la France, si la France ne jouissait pas tout entière d'une situation agricole privilégiée.

La culture des céréales tient une grande place, surtout le seigle, l'orge, les orges sélectionnées pour les brasseries, le blé, l'avoine. La pomme de terre est aussi très cultivée.

Les arbres fruitiers se comptent par plusieurs millions : cerisiers, abricotiers, pêchers, pruniers, pommiers ; aussi les fabriques de confitures sont-elles nombreuses, ainsi que les distilleries d'eaux-de-vie de fruit (kirsch, quetsche, mirabelle).

Les versants ensoleillés des Vosges, des collines du Haardt et de la Hesse rhénane sont couverts de vignes, accrochées parfois aux pentes les plus raides par le miracle du travail humain, et qui donnent les vins d'Alsace réputés de Riquewhir et de Ribeauvillé, et les crus allemands, peut-être célébrés au-dessus de leur valeur par une réclame très habile, d'Oppenheim, de Nierstein, d'Ingelheim, de Rudesheim et de Johannisberg.

Il faut citer encore le tabac, cultivé en Alsace, dans le Palatinat bavarois et dans la plaine hessoise, la betterave à sucre, les choux, le houblon, le colza, les cultures maraîchères au voisinage des grandes villes si nombreuses tout le long du Rhin, et enfin les forêts, qui couvrent tous les hauts plateaux, et dont l'exploitation donne lieu à la confection de radeaux de bois qui descendent encore en assez grand nombre le Rhin, bien qu'ils soient beaucoup moins nombreux qu'autrefois.

Ajoutons à tant de ressources l'élevage, bêtes à cornes et porcs surtout.

Ces différentes ressources agricoles ont favorisé dans toute la vallée du Rhin la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fabrication de produits alimentaires : conserves, choucroute, pâtes, bière, ainsi que toutes les industries du cuir.

LES RESSOURCES INDUSTRIELLES. — Mais lorsqu'on parle de la richesse des pays rhénans, c'est surtout la richesse industrielle que l'on a en vue.

Les gisements miniers voisins du fleuve ont joué un rôle considérable dans le développement de la navigation, car ils fournissent la plus grande partie du fret transporté, une autre partie étant d'ailleurs constituée par les matières alimentaires nécessaires à la population considérable qui exploite ces gisements miniers.

*La bassin de la Ruhr.* — En première ligne viennent les charbons du bassin rhénan westphalien, appelé communément le bassin de la Ruhr.

Au Nord des plateaux schisteux du Sauerland, entre la Ruhr et la Lippe, affluents de droite du Rhin, s'étend, à des profondeurs de plus en plus grandes en remontant vers le Nord, ce gisement houiller, dont la contenance a été évaluée à 200 milliards de tonnes. A l'Ouest du Rhin, on retrouve ce gisement jusqu'à la Niers, affluent de la Meuse.

175 mines sont en exploitation, dont la production annuelle est de 100 à 120 millions de tonnes, et pourrait atteindre 150 millions. Avec le rendement actuel, il faudrait 2.000 ans pour épuiser tout le bassin.

La moitié de ce charbon est consommée sur place par la grande industrie métallurgique de la région, le reste est dirigé vers l'Allemagne ou vers l'étranger. Une vingtaine de millions de tonnes de charbon de la Ruhr sont transportées chaque année sur le Rhin et ces 20 millions de tonnes représentent le tiers environ de tout le trafic rhénan.

Le charbon de la Ruhr se prête excellemment à la fabrication du coke métallurgique, capable de supporter dans les hauts fourneaux de lourdes charges sans se rompre, fabrication qui atteint 25 millions de tonnes par an.

On évalue la population du bassin minier proprement dit à 3.500.000 habitants, comprenant 600.000 personnes travaillant dans les exploitations houillères, et 600.000 dans la métallurgie. La densité dépasse 1.500 au kilomètre carré.

Quatorze villes dépassent 100.000 habitants. Ce sont Essen (415.000), Dusseldorf (415.000), Dortmund (312.000), Duisbourg (253.000), Gelsenkirchen (176.000), Barmen (160.000), Elberfeld (160.000), Mörs (155.000), Bochum (148.000), Crefeld (124.000), Mulheim (123.000), Hamborn (117.000), Mettmann (117.000), Oberhausen (104.000).

Toutes les houillères de la Ruhr appartiennent à de nombreuses sociétés dont la majorité se sont groupées, en 1893, en un Syndicat des Houillères de la Province Rhénane et de la Westphalie (Rheinische Westfälischer Kohlen-Syndicat). Ce syndicat, dont le siège est à Essen, et qui comprend 95 p. 100 de la production totale du bassin, règle de façon souveraine la production, les prix de vente et l'exportation. Les industriels qui sont à sa tête sont les grands chefs de l'Allemagne industrielle, car la houille commande les quatre branches vitales de notre économie moderne : la métallurgie, l'industrie chimique, l'électricité et le gaz. Ils ont fondé dans leurs fiefs de véritables dynasties, et ils ont vraiment entre leurs mains les destinées de l'Allemagne, et aussi de l'Europe, car ce sont eux les véritables responsables de la guerre ou de la paix : les Krupp, les Thyssen, les Carl

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Funcke, les Haniel, les Mannesmann, tous dominés pendant longtemps par la puissante personnalité de Hugo Stinnes, dont l'activité débordante a dépassé les frontières de l'Allemagne et dont on a pu dire que « jamais, depuis Jacques Cœur, on ne vit sur le continent, un personnage établir, à l'intérieur d'un état, et rayonnant sur les états voisins, une puissance aussi variée, aussi complète et aussi autonome ».

*Le bassin de la Sarre.* — Le bassin houiller de la Sarre est à peu près partagé par moitié par la Sarre, affluent de la Moselle, et se prolonge au delà de la frontière franco-allemande en Lorraine, qui possède environ le quart de la superficie totale du bassin.

La quantité de charbon renfermée dans le bassin de la Sarre est évaluée à 16 milliards de tonnes. La production totale du bassin, sous l'énergique direction des ingénieurs français, a atteint 17 millions de tonnes, dont 4 millions pour la Lorraine.

On pouvait espérer que les charbons de la Sarre fourniraient au bassin ferrifère lorrain voisin les cokes métallurgiques nécessaires. Malheureusement, les charbons de la Sarre donnent un coke poreux et friable. En le mélangeant avec les charbons de la Ruhr, des résultats satisfaisants ont été obtenus. Il n'en reste pas moins que le bassin lorrain est tributaire du bassin houiller de la Ruhr pour sa production de fonte.

Il faut d'ailleurs noter que le bassin houiller de la Sarre n'est pas relié directement au Rhin par voies fluviales. La Sarre n'est navigable que pour des embarcations en aval d'Ensdorf, à 77 km de son confluent avec la Moselle, qui, elle-même, est à peine navigable. La Sarre canalisée et le canal de la Sarre mettent le bassin houiller en communication avec le canal de la Marne au Rhin, et, par là, avec Strasbourg, mais bien peu de charbons de la Sarre, pour ne pas dire pas du tout, sont transportés sur le Rhin.

*Les lignites.* — Intermédiaire entre la houille et la tourbe, le lignite s'est révélé récemment comme un combustible intéressant et bon marché, lorsqu'on eut découvert le procédé d'en faire des briquettes par une très forte compression. Beaucoup d'usines électriques allemandes l'emploient de préférence à tout autre combustible.

Le bassin de lignites, qui existe aux environs de Cologne entre le Rhin et l'Erft, affluent de la rive gauche, est presque à fleur de sol, ce qui facilite son exploitation. Il produit chaque année 5 millions de tonnes de briquettes, dont un million environ sont transportées par le Rhin.

*L'industrie chimique.* — Une importante industrie chimique s'est développée le long du Rhin pour traiter tous les sous-produits de la houille, matières colorantes, produits pharmaceutiques, parfums, gamme infinie des dérivés du goudron, benzols, naphtols, etc., ainsi que les engrais à base d'ammoniaque.

Qui ne connaît, au moins de nom, les fabriques de matières colorantes d'Elberfeld dans la Ruhr, de Leverkusen à Cologne, la Badische Anilin-und Soda-Fabrik de Lugdwigshafen, les Farbwerke Lucius Meister de Höchst sur le Main, les Etablissements Casella de Francfort, ou les produits pharmaceutiques Bayer?

*Les minerais de fer et l'industrie métallurgique.* — Le gisement de minerai de fer de Lorraine, dont le centre est à Longwy et à Briey, est très riche. Sa produc-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion annuelle peut atteindre facilement 50 millions de tonnes. Mais, pas plus que le bassin houiller de la Sarre, il n'a de débouché direct sur le Rhin. Le port de Strasbourg expédie cependant chaque année par le fleuve 1.500.000 t de minerais lorrains (1.619.000 t en 1928), qui lui parviennent par le canal de la Marne au Rhin. Ce sont surtout les usines métallurgiques de Westphalie qui absorbent ces minerais. Quant aux fers fabriqués dans les nombreuses usines métallurgiques de Lorraine, le Rhin en transporte environ 60.000 t par an.

En Westphalie, en plein bassin de la Ruhr, il s'est formé aussi de très importantes usines métallurgiques, alimentées au début par un gisement local, bien vite épuisé. Aujourd'hui, ces puissantes usines, qui produisent par an plus de 5 millions de tonnes de fers et de fontes, s'alimentent en minerais de Suède, d'Espagne, ou de Lorraine, transportés en grande partie par la voie fluviale. Si l'on se rappelle qu'il faut 3 t de minerai pour fabriquer une tonne de fonte, c'est donc chaque année une quinzaine de millions de tonnes de minerais qui sont nécessaires au centre métallurgique de Westphalie.

C'est encore le consortium métallurgique de Hugo Stinnes qui vient en tête sous le nom de Siemens-Rheinelbe-Schuckert-Union. Les filiales de ce groupement s'étendent sur toute l'Allemagne, la Russie, jusqu'au Brésil, au Japon, au Transvaal. A lui seul, il produit 2 millions de tonnes de fonte et 2 millions de tonnes d'acier.

Viennent ensuite le consortium Haniel, le consortium Thyssen, le consortium Krupp, qui a transformé ses fabriques d'armes de guerre en fabriques de locomotives, la société Phœnix, les établissements Mannesmann.

*Les potasses d'Alsace.* — Dans le bassin de l'Ill, au nord de Mulhouse, fut découvert, en 1904, un important gisement de sels de potasse, dont l'utilisation comme engrais se développe de plus en plus. La richesse du gisement alsacien est estimée à 300 millions de tonnes, réparties en deux couches, situées entre 550 et 870 m de profondeur. Il se compose de sylvinite, mélange de chlorures de potassium et de sodium, contenant 20 à 22 p. 100 de $K^2O$, et pouvant d'ailleurs être employée telle quelle par l'agriculture, après un simple broyage à la sortie de la mine.

La production annuelle peut atteindre 3 millions de tonnes, dont 500.000 t sont transportées par le Rhin.

La sylvinite chargée sur wagons spéciaux est acheminée vers le port de Strasbourg, où elle est mise en chalands et transportée à Anvers, qui possède un entrepôt de stockage et où se fait le chargement des navires.

*Industries textiles.* — Parmi les autres industries importantes du bassin du Rhin, qui sont intéressées à la navigation du fleuve, il faut citer les industries textiles, coton, laine, soie, dont les matières premières sont importées par la voie fluviale : filatures de coton et de laine d'Alsace, qui consomment par an 100.000 t de coton, 20.000 t de laine brute; fabriques de rubans, passementeries, coton mercerisé de Barmen et d'Elberfeld; soieries et velours de Crefeld; filatures et teintureries de Munchen-Gladbach.

LES COURANTS COMMERCIAUX. — Cet exposé rapide des ressources industrielles de la vallée rhénane montre que les trois courants commerciaux principaux, qui remontent ou descendent le fleuve, sont un courant de charbons, un courant de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minerais de fer, un courant de céréales, toutes matières lourdes et relativement bon marché, se prêtant parfaitement au trafic fluvial.

Le courant de charbons part de Duisbourg-Ruhrort, les ports du bassin de la Ruhr, et se divise à peu près également entre l'aval vers les ports de Hollande et de Belgique, et l'amont jusqu'à Strasbourg, en se ramifiant dans toutes les rivières et les canaux navigables.

Le courant de minerais est d'abord un courant d'importation par Rotterdam vers les usines métallurgiques de la Ruhr; un courant aval, moins important, aboutit aux mêmes usines venant de Strasbourg.

Le courant de céréales est des plus simples. Il entre par Rotterdam et Anvers et est peu à peu absorbé à mesure qu'il remonte le fleuve.

A ces trois grands courants, qui, à eux seuls, forment la plus grande partie du trafic, il faut joindre : un courant de pétroles, qui entre à Rotterdam et Anvers et décroît à mesure qu'il progresse vers l'amont (123.000 t de pétrole sont entrées en 1929 dans le port de Strasbourg); un courant de bois (bois pour cellulose entrant par les ports maritimes, bois de construction et surtout pour mines, allant de Strasbourg et des régions montagneuses forestières vers la Ruhr); un courant de fers fabriqués, assez complexe, chaque port recevant et expédiant des produits métallurgiques; un courant de potasse de Strasbourg vers Anvers (574.000 t en 1929).

C'est de Duisbourg à Rotterdam que le trafic du fleuve est le plus intense : le Rhin transporte par an une quarantaine de millions de tonnes dans ce secteur, tandis que, dans l'ensemble de la voie navigable, il transporte une soixantaine de millions de tonnes.

## CHAPITRE IV. — LE RÉGIME DU FLEUVE.

*Les variations moyennes du niveau.* — Si l'on considère une carte orographique du bassin du Rhin, on voit que le fleuve, dans sa partie supérieure, en amont de Bâle, draine les eaux de montagnes dont les sommets dépassent 2.000 et 3.000 m, tandis que, en aval de Bâle, les affluents du Rhin ne drainent les eaux que de montagnes et de collines peu élevées, atteignant rarement 800 m. Seules les Vosges et la Forêt-Noire dépassent cette altitude.

Il résulte de cette disposition orographique que le cours supérieur du fleuve est alimenté surtout par la fonte des neiges et des glaces qui recouvrent les hautes montagnes de son bassin; tandis que, dans son cours moyen et inférieur, l'appoint de la fonte des neiges est insignifiant et que ce sont surtout les pluies qui alimentent ses affluents.

Or la fonte des neiges et des glaces se produit surtout en été : c'est en été que, de ce chef, le niveau du Rhin doit monter. Les pluies, au contraire, surtout sur les collines qui bordent la vallée du Rhin, sont plus abondantes en hiver qu'en été (en été d'ailleurs la pluie est en partie absorbée par les infiltrations, la végétation et l'évaporation) : c'est donc en hiver que l'appoint des pluies est sensible. En toutes saisons, par suite, qu'elles résultent des pluies ou de la fonte des neiges, les eaux que roule le Rhin sont abondantes.

Tel est le schéma général du régime du fleuve, et c'est à cet heureux balance-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment entre les pluies et la fonte des neiges que le fleuve doit d'être navigable toute l'année sur une grande partie de son cours.

Examinons maintenant d'un peu plus près les différentes phases de ce régime.

A Bâle, le fleuve a déjà un débit qui, même aux basses eaux (330 m³ : sec), est la moitié du débit à Cologne (660 m³ : sec). C'est dire que le niveau des eaux à Bâle a une influence considérable sur le niveau en aval, et sur tout le cours du fleuve.

Le tableau suivant donne, en centimètres, le niveau des eaux chaque mois à Bâle par rapport au niveau moyen de l'année, les nombres négatifs correspondant aux hauteurs d'eau inférieures à ce niveau moyen.

| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| — 63 | — 65 | — 35 | — 6 | 36 | 80 | 75 | 56 | 23 | — 9 | — 34 | — 48 |

La courbe est régulière, avec minimum en février, maximum en juin. La fonte des neiges commence à la fin d'avril dans les parties basses de la montagne, continue en mai, juin, juillet et août par la fonte des glaces alpestres. De mai à septembre, les eaux sont au-dessus du niveau moyen. En hiver presque toutes les précipitations se produisent en Suisse sous forme de neige, le ruissellement est insignifiant et le niveau du fleuve ne cesse de baisser jusqu'à la fin de l'hiver.

Les lacs que traversent le Rhin et ses affluents (lacs de Constance, de Neuchâtel, des Quatre-Cantons, de Zurich) jouent un rôle important pour régulariser le débit du fleuve. Ces grands lacs se vident plus lentement qu'ils ne se remplissent et étalent ainsi sur plusieurs jours, et même plusieurs semaines, les crues rapides et torrentielles du Rhin supérieur et de ses affluents. Ils clarifient en outre les eaux à leur passage et ils diminuent les alluvions que le fleuve charrie en aval.

De Bâle à Mannheim, le Rhin se grossit des affluents qui viennent des Vosges et de la Forêt-Noire, et qui augmentent son débit moyen de 200 à 250 m³ : sec (débit moyen à Bâle 865 m³ : sec ; à Mannheim 1.160 m³ : sec). Mais le régime de ces affluents est sensiblement le même que celui du Rhin suisse, si bien que la variation annuelle du niveau du fleuve à Strasbourg et à Mannheim est très sensiblement analogue à la variation à Bâle, ainsi que le montre le tableau suivant, correspondant à Strasbourg et à Mannheim.

| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Strasbourg | | | | | | |
| — 12 | — 57 | — 51 | — 8 | 63 | 76 | 66 | 32 | — 3 | — 25 | — 40 | — 41 |
| | | | | | Mannheim | | | | | | |
| — 45 | — 49 | — 27 | 1 | 43 | 90 | 76 | 45 | 5 | — 38 | — 53 | — 49 |

Le maximum a toujours lieu en juin, le minimum en février à Strasbourg, en novembre à Mannheim, mais nous avons en janvier une montée légère du niveau, due aux pluies qui tombent en cette saison sur les Vosges et la Forêt-Noire.

L'amplitude des deux variations, 147 cm, à Bâle, 133 cm à Strasbourg, 142 cm à Mannheim est sensiblement analogue.

Ce n'est pas simplement la variation annuelle du niveau qui conserve la même allure ; les variations accidentelles se propagent entre Bâle et Mannheim avec une vitesse à peu près toujours la même : 38 heures de Bâle à Strasbourg, 100 heures de Bâle à Mannheim.

En aval de Mannheim, les apports que reçoit le fleuve ne dépendent plus de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fonte des neiges, mais des pluies, dont le ruissellement est beaucoup plus important en hiver qu'en été. A mesure qu'on se rapproche de l'embouchure, l'influence des pluies d'hiver est d'autant plus marquée. La courbe de la variation annuelle présente deux maxima, comme celle de Strasbourg; le maximum d'hiver finit par être plus important que le maximum d'été, qui n'est que la propagation vers l'aval du maximum de Bâle, de plus en plus atténué.

| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Mayence | | | | | | |
| 57 | — 10 | — 14 | 24 | 25 | 53 | 42 | 12 | — 12 | — 32 | — 27 | — 18 |
| | | | | | Cologne | | | | | | |
| 17 | 21 | 81 | 5 | 2 | 26 | 12 | — 14 | — 38 | — 49 | — 29 | 16 |
| | | | | | Emmerich | | | | | | |
| 45 | 44 | 37 | 4 | — 6 | 14 | 3 | — 26 | — 49 | — 59 | — 35 | 28 |

A Mayence, les maxima de janvier et de juin sont sensiblement égaux; l'amplitude de la variation annuelle est de 94 cm.

A Cologne, l'amplitude annuelle continue à décroître; elle n'est plus que de 79 cm. Les eaux ne sont nettement au-dessous du niveau moyen que pendant 4 mois de l'année, août, septembre, octobre, novembre. Le maximum de la saison froide commence à être nettement prépondérant.

A Emmerich, l'amplitude annuelle augmente de nouveau : 113 cm, car l'influence de la fonte des neiges est de plus en plus faible, tandis que l'influence des précipitations d'hiver est de plus en plus grande : le maximum d'été est ainsi à peine marqué, le maximum d'hiver est de beaucoup prépondérant.

On peut remarquer, en outre, qu'aux trois stations, c'est le mois d'octobre qui présente les eaux les plus basses : la fonte des neiges est terminée et les pluies d'hiver n'ont pas encore commencé.

*Les variations accidentelles de niveau.* — Les niveaux moyens mensuels, que nous venons d'examiner, ne donnent, comme toutes les moyennes, qu'un aspect général du régime du fleuve. Puisque ce régime dépend de deux facteurs météorologiques essentiellement variables d'une année à l'autre, les précipitations et la température, il faut s'attendre à enregistrer des variations accidentelles importantes dans le niveau du fleuve.

Si la neige est peu abondante, ou si la température d'été est basse, la fonte des neiges n'apportera pas des eaux abondantes, et le maximum d'été du niveau du Rhin suisse sera à peine marqué. Si l'hiver est froid dans le bassin inférieur, et si les précipitations ont lieu sous forme de neige, le ruissellement sera très faible, et le maximum d'hiver sur le Rhin inférieur sera très atténué.

Si, à un hiver très neigeux, succède un printemps très doux et pluvieux, la fonte des neiges coïncidant avec les précipitations causera une montée rapide et importante du niveau.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que le Rhin coule sur plus de 5 degrés de latitude, et que les conditions météorologiques qui règnent en Suisse peuvent être fort différentes de celles qui règnent au même instant dans les Pays-Bas; les effets qui en résultent pour le régime du Rhin peuvent s'ajouter ou se combattre.

Beaucoup d'affluents du Rhin, même dans son cours moyen, conservent un caractère torrentiel, et leurs crues peuvent être très rapides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces considérations expliquent que le niveau du Rhin varie, en réalité, dans des limites beaucoup plus étendues que celles indiquées plus haut pour les amplitudes annuelles des niveaux moyens mensuels. Le débit est passé à Kehl de 380 à 5.000 m³ : sec, à Mayence de 750 à 7.500, à la frontière hollandaise de 780 à 12.000. Mais les variations du niveau ne sont pas uniquement fonction du débit : elles dépendent en un point donné de la forme du lit et de la forme des rives.

Voici l'amplitude des écarts extrêmes du niveau du Rhin observés jusqu'ici.

| | |
|---|---|
| Bâle | 6,61 m. |
| Strasbourg | 5,85 m. |
| Maxau | 6,69 m. |
| Mannheim | 7,54 m. |
| Mayence | 6,17 m. |
| Caub | 8,63 m. |
| Coblence | 9,52 m. |
| Cologne | 9,52 m. |
| Ruhrort | 7,75 m. |
| Nimègue | 7,33 m. |

Les grandes inondations, comme les plus bas niveaux observés, ont lieu pendant la saison froide, de décembre à mars.

La propagation des crues le long du fleuve se fait à peu près à la vitesse du courant; elle augmente avec le débit et la pente, et décroît si la section transversale s'élargit.

En moyenne, de Bâle à Bingen, elle va de 8,2 à 3,4 km : h de Bingen à Emmerich de 7 à 5,6 km : h.

*La vitesse du courant.* — La vitesse du courant dépend du niveau du fleuve, de la largueur du lit et de sa pente (celle-ci étant la pente de sa surface et non celle du terrain sur lequel il coule).

L'expérience montre qu'un cours d'eau est difficilement navigable lorsque sa pente est supérieure à 1 p. 1.000. Cette pente est largement dépassée en beaucoup de points du Rhin suisse.

De Bâle à Strasbourg, la pente est supérieure à 1 p. 1.000 seulement sur de courtes distances (1,09 p. 1.000 en moyenne entre Schusterinsel et Rheinweiller sur 15 km, 3 p. 1.000 à la barre d'Istein). En aval de Mannheim, elle n'est plus que de 0,1 p. 1.000. A la traversée du Taunus, elle reprend une valeur de 0,5 p. 1.000, avec, sur 110 m, une valeur de 2,64 p. 1.000 au Bingerloch. Elle ne cesse ensuite de décroître progressivement jusqu'à la frontière hollandaise, où elle est de 0,1 p. 1.000, comme en amont de Bingen.

C'est de la vitesse du courant que dépend l'effort de traction des convois à la remonte, et, par suite, le prix de revient des transports. Le tableau suivant donne, en mètres à la seconde, la vitesse du courant en différents points du fleuve.

| | Basses eaux. | Hautes eaux. |
|---|---|---|
| Huningue | 3,05 | 3,75 (5 à la barre d'Istein) |
| Brisach | 3,16 | 4,42 |
| Strasbourg | 2,27 | 2,80 |
| Spire | 1,38 | 1,80 |
| Mayence | 0,82 | 1,44 |
| Caub | 1,57 | 2,19 (3,4 au Bingerloch) |
| Coblence | 1,02 | 1,91 |
| Lobith | 0,91 | 1,39 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau montre que, en amont de Strasbourg jusqu'à Bâle, la vitesse, même aux basses eaux, est supérieure à 3 m : sec; elle est normalement de 4 m : sec (15 km : h) et peut atteindre 5 m : sec (18 km : h). Ce sont ces vitesses, autant que les faibles profondeurs qu'on rencontre dans ce secteur, qui rendent la navigation commerciale d'un médiocre rendement de Strasbourg à Bâle.

En aval de Strasbourg, sauf au Bingerloch, la vitesse du courant n'atteint jamais 3 m : sec. Les endroits où le courant est maximum se rencontrent à Heerdt, à Urmitz, au Drachenfels, à Saint-Goar, à Caub, à Lorhausen, au Clemens-Grund, au Niederloch, et surtout au Bingerloch.

*Les glaces.* — Presque tous les ans, le Rhin charrie des glaces qui interdisent la navigation pendant une vingtaine de jours. Ces glaces se forment à la surface dans

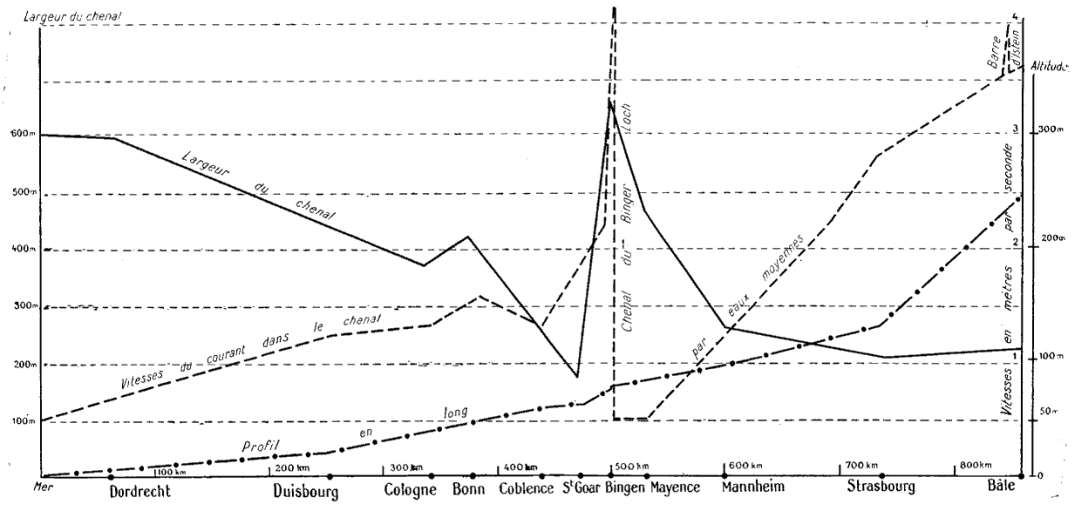



Fig. 5. — Pente, largeur et vitesse du Rhin depuis Bâle jusqu'à la mer.

les parties du fleuve où le courant est moins rapide, le long des berges, à l'abri des épis ou des bancs, dans les bras morts. Elles se forment aussi dans les affluents, comme le Neckar, le Main, la Nahe, la Lahn, la Moselle, qui présentent des profondeurs assez faibles et dont le cours est sinueux.

La glace peut se former aussi au fond du fleuve, quand le sol est suffisamment refroidi. Le courant finit par arracher la glace du fond, et elle apparaît à la surface en blocs irréguliers, plus ou moins mélangés de terre. Mais les glaces formées de cette façon ne sont jamais très importantes : les eaux profondes du fleuve doivent être en effet normalement plus chaudes en hiver que les eaux de surface, le maximum de densité de l'eau douce étant à 4°, et non à zéro. Si l'hiver est rigoureux et prolongé, les glaces que charrie le fleuve deviennent chaque jour plus nombreuses. L'eau du fleuve étant elle-même au voisinage de zéro, elles ne cessent d'augmenter de volume : la banquette de glace collée à la berge gagne vers le milieu du fleuve tout en devenant plus épaisse. Si, pour une cause ou pour une autre, les glaces s'arrêtent, elles s'agglutinent, et finissent par former un barrage. Les passages

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

resserrés et sinueux présentent naturellement des endroits favorables à la constitution de ces barrages.

Une fois le barrage produit, les glaces s'accumulent en amont. Poussées par le courant, elles se chevauchent, se soudent entre elles si la température reste basse, arrivent à former ainsi des épaisseurs de plusieurs mètres. Cette éventualité est d'ailleurs assez rare. C'est celle qui s'est produite pendant l'hiver de 1929, où le fleuve a été complètement gelé sur une grande partie de son cours, et où la navigation a dû être complètement interrompue du 1er février au 12 mars.

Des inondations désastreuses se produisent souvent au moment de la débâcle, car les glaces, qui forment barrage, empêchent l'écoulement normal.

## CHAPITRE V. — LA PROFONDEUR DU FLEUVE.

Un marin, qui vient naviguer sur le Rhin, est surpris qu'il n'existe pas de cartes de navigation du fleuve, indiquant en tous points sa profondeur, analogues aux cartes dont se servent les navigateurs sur les côtes et dans les grands fleuves accessibles aux bateaux de mer.

Il existe bien les *Schiffahrts-und Industriekarten des Rheins*, éditées à Duisbourg. Mais ces cartes, très complètes sur les établissements des rives, ainsi que sur le balisage, les bacs, les ponts, etc., ne donnent, pour le cours du fleuve, que le tracé en pointillé du chenal généralement suivi.

Le batelier rhénan ne consulte pas du tout ces cartes.

« L'absence de cartes, écrit M. Haelling, directeur du port autonome de Strasbourg, rend la conduite des bateaux plus difficile qu'elle pourrait ne l'être. Chaque marinier apprenti reçoit de son patron la tradition orale relative aux points de repère. Dresser des cartes serait mettre à la portée de tous la tradition, et par conséquent supprimer un privilège corporatif. »

La Flottille française du Rhin, pendant l'occupation de la Rhénanie, a dressé des cartes de ce genre, à l'usage de ses propres pilotes, mais ce ne sont que des croquis mnémoniques, et pas du tout des cartes hydrographiques indiquant en détail les profondeurs.

Ces cartes, d'ailleurs, n'auraient qu'une exactitude momentanée, car les profondeurs sont variables, non seulement parce que le débit est variable, mais aussi parce que les alluvions, que dépose le fleuve, modifient souvent la forme de son lit.

Toutefois, il existe, dans la topographie du lit du Rhin des accidents fixes, fosses et seuils.

Les fosses de plus de 10 m de profondeur sont assez nombreuses. On en compte une quinzaine, toutes situées en aval de Mayence. La plus profonde, légèrement en amont de la Lorelei, a 28 m. Une autre, au voisinage de Heerdt, a 21 m.

Quant aux seuils, il en existe plusieurs, en amont de Coblence, qui ne présentent pas des profondeurs de 2 m quand les eaux sont basses. Ce sont eux, plus que les fosses, qui intéressent le navigateur, car c'est la hauteur d'eau que l'on trouve sur eux qui règle l'enfoncement à donner aux chalands.

Cet enfoncement est très suffisamment indiqué au marinier, sans qu'il ait besoin de consulter des cartes détaillées, par les nombreuses échelles, ou cadrans indicateurs du niveau, qui existent sur les rives du fleuve. Ces échelles, placées à l'origine d'une façon arbitraire, n'indiquent pas directement la profondeur du chenal : ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont de simples points de repère, et pour avoir la profondeur, il faut apporter à leurs indications une correction, différente pour chacune d'elles. Il semble qu'il serait facile de modifier la graduation de ces échelles pour leur faire indiquer cette profondeur sans correction. Mais le particularisme des états allemands riverains du Rhin, ainsi d'ailleurs que la routine des bateliers, s'opposent à l'adoption d'une mesure aussi simple. Il faut savoir qu'il y a 3 m dans le chenal lorsque l'échelle de Mayence marque 1,28 m, celle de Worms 1,43 m, celle de Bingen 2,35 m, etc.

Les corrections à apporter aux indications des échelles sont variables, surtout dans le Rhin supérieur, où son lit n'est pas fixe. La hauteur d'eau marquée à une échelle du rivage ne correspond pas à la même profondeur du chenal avant et après une crue. Dans ces régions-là, les pilotes doivent aller reconnaître la profondeur du chenal correspondant à une graduation donnée des échelles, et la correction qui en résulte sera valable jusqu'à la prochaine crue.

Au point de vue pratique, on peut s'attendre à trouver les profondeurs minima suivantes, suivant les saisons :

| | |
|---|---|
| De la mer à Cologne. . . . . | de 2,80 m à 3,50 m |
| De Cologne à Saint-Goar . . . . . | de 2,30 m à 2,90 m |
| De Saint-Goar à Bingen. . . . . | de 2,00 m à 2,50 m |
| De Bingen à Mannheim . . . . . | de 2,30 m à 2,80 m |
| De Mannheim à Strasbourg. . . . . | de 1,70 m à 2,50 m |

Les bateliers laissent généralement 30 cm entre la quille de leur chaland et le fond du fleuve, une revanche de 30 cm comme ils disent. On voit donc que, lorsque les eaux sont basses, on ne peut remonter à Mannheim qu'avec un tirant d'eau de 1,70 m et à Strasbourg de 1,40 m. Et il arrive, par sécheresse exceptionnelle, que ces tirants d'eau ne peuvent pas être atteints.

Ces résultats n'ont été obtenus qu'à la suite des travaux de régularisation du fleuve.

*La régularisation du fleuve.* — Les travaux de régularisation du Rhin, dont les plus anciens remontent peut-être au XIV^e^ siècle, ont deux buts :

1° D'abord, et ce fut le seul but primitivement visé, limiter les inondations du fleuve, mettre à l'abri les cultures et les villages;

2° Rendre le lit du chenal stable et suffisamment profond pour les besoins de la navigation.

On donne parfois aux travaux de la première sorte le nom de *travaux de correction*, réservant le nom de *travaux de régularisation* aux travaux qui ont pour but de rendre la navigation plus facile, en fixant le chenal et en l'approfondissant.

Sauf dans la région montagneuse du Gebirge, où les rives sont escarpées, le lit majeur avait souvent plus de 10 km de largeur[2]. Aux hautes eaux, le fleuve, sortant de son lit mineur, envahissait la plaine, créait des îles nouvelles, et mettant en danger les villages ou les villes riveraines qui, comme nous l'avons signalé, s'installaient, dans les régions particulièrement menacées, à plusieurs kilomètres du fleuve.

Pour limiter la zone envahie par les crues, on a construit, tout le long du fleuve, et à des distances de ses rives habituelles pouvant atteindre 1.500 m, des digues,

(2) Le *lit majeur* d'un fleuve est le lit atteint aux plus hautes eaux. Le *lit mineur* est le lit du fleuve en temps normal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont la partie supérieure dépasse les plus hautes eaux connues, et qui fixent ainsi le lit majeur. Ces digues ont isolé du fleuve de nombreux bras, qui sont devenus des bras morts, ou des vieux Rhins (*alt Rhein*); en cas de fortes crues, pour en diminuer l'impétuosité, le fleuve peut encore s'y répandre par des ouvertures ménagées dans les digues. A l'abri des digues, de vastes terrains, autrefois ravagés par les inondations, ont pu être cultivées.

Les travaux de correction du lit mineur ont été beaucoup plus complexes.

On a d'abord donné au fleuve un tracé fixe et plus court en supprimant de nombreuses boucles, de nombreux lacets, qui non seulement avaient l'inconvénient de

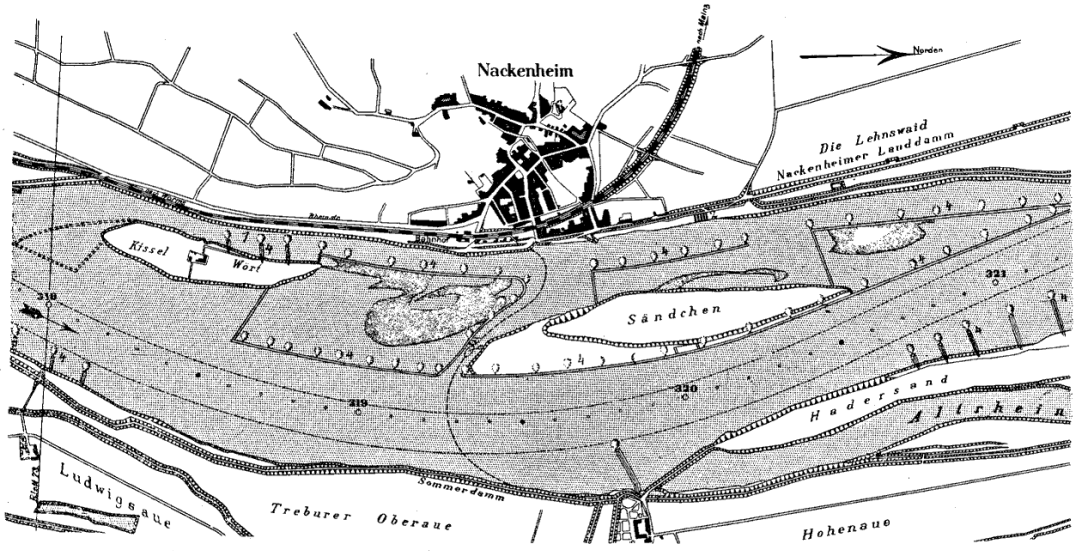



Fig. 6. — Exemple de travaux de régularisation : digues, traverses, épis.

changer de forme après chaque crue importante, mais qui présentaient des courbures prononcées, rendant difficile la navigation des longs convois à la remorque.

Parmi les raccourcissements les plus importants, on peut citer celui de Rheinsheimer, en amont de Spire, qui remplaça par un canal de 1.500 m une boucle de 8.500 m; à Erfelden, entre Mannheim et Mayence, un raccourcissement de 10 km fut réalisé; entre Strasbourg et Bâle, la voie d'eau fut raccourcie de 81 km.

Ces raccourcissements ont bien eu pour résultat de fixer les rives du fleuve; ils ont aussi augmenté la vitesse du courant. L'augmentation de vitesse du courant a eu, dans bien des cas, l'avantage escompté d'approfondir le chenal et d'empêcher la formation de bancs de sables et de graviers; mais elle a eu l'inconvénient, au moment où furent réalisés les premiers travaux de régularisation, de rendre plus difficile, et même parfois impossible, la remontée du fleuve avec les moyens de halage à bras d'homme ou à chevaux dont on disposait uniquement à l'époque. Il fallut attendre la mise en service de remorqueurs à vapeur puissants pour reprendre la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

navigation en amont de Mannheim, où le courant atteint normalement 6 à 8 km : h et dépasse cette vitesse en amont de Strasbourg.

L'établissement de rives fixes ne suffit pas à donner au fleuve la profondeur désirée. Il fallait réduire la largeur du chenal pour conserver au courant une puissance d'affouillement suffisante. On construisit dans ce but des épis perpendiculaires au rivage, qui ne laissent au fleuve qu'un passage déterminé où le courant a assez de force pour empêcher le dépôt des alluvions, dépôt qui ne se produit normalement qu'entre les épis. Lorsque ces épis ne suffirent pas à fixer le chenal, on établit des digues parallèles au courant, reliées aux rives par des traverses. Par des digues analogues, on ferma le passage des eaux dans les bras secondaires, on relia les îles aux rives principales.

Tous ces travaux ne furent réalisés que par à-coups, dans le courant du siècle dernier. D'abord il fallut établir une entente à leur sujet entre les états riverains, et cette entente ne fut pas facile. Les populations soulevèrent des objections dont la plus curieuse fut celle des vignerons du Rheingau, qui prétendirent que la réduction du plan d'eau du Rhin nuirait à leurs vignes, en supprimant une partie des rayons réfléchis du soleil.

Puis les travaux primitiment réalisés ne se montrèrent pas tous efficaces. Quelques-uns même se révélèrent nuisibles par les affouillements qu'ils déterminèrent. Au début, il fallut tenir compte des moyens de halage employés sur les rives, pour ne pas établir d'ouvrages, tels que des épis par exemple, qui auraient rendu ce halage difficile. Dans certains cas (à Istein, par exemple, en aval de Bâle), le courant plus fort, en érodant le fond du fleuve, fit apparaître des seuils rocheux qui émergèrent de plus en plus.

Les épis et autres ouvrages de correction ne suffirent pas d'ailleurs à atteindre le résultat cherché. Il fallut en bien des cas approfondir le lit du fleuve par des dragages, qui se poursuivent continuellement. Il fallut aussi procéder à des dérochements dans le Gebirge, et faire sauter à la mine les rochers qui obstruaient le fleuve. Ce travail ne fut vraiment efficace que lorsqu'on eut à sa disposition des explosifs puissants, tels que la dynamite. Ce ne fut qu'en 1900 que, de Bingen à Saint-Goar, on obtint un chenal de 2 m de profondeur aux eaux moyennes, alors que les premiers travaux de dérochement avaient commencé en 1830. Il avait d'ailleurs fallu tâtonner pendant assez longtemps pour trouver une formule d'équilibre : un approfondissement trop prononcé du Bingerloch aurait en effet l'inconvénient de vider le Rhin en amont et d'aller ainsi en sens inverse du résultat cherché.

L'entretien de tous ces travaux de régularisation doit être constant, et coûte encore par an une dizaine de millions de marks. On voit que le Rhin navigable n'est pas un simple cadeau de la nature : c'est autant le résultat des efforts tenaces des hommes.

•

*Le balisage.* — En principe le chenal est indiqué en aval de Mannheim, par des balises ou des bouées peintes de couleurs conventionnelles, rouge pour celles que le bateau montant doit laisser à droite, noire pour celles qu'il doit laisser à gauche. Mais, sauf en Hollande où ce balisage est très soigneusement entretenu, il ne faut pas trop compter sur lui, car il peut être enlevé par les crues, les glaces, les trains de bois ou encore les mariniers maladroits. Le balisage est enlevé par les services fluviaux lorsqu'on craint une débâcle de glaces.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le marinier rhénan, qui tient d'ailleurs à conserver le monopole de la navigation sur son fleuve, n'insiste pas trop pour que le balisage soit toujours maintenu en état, ce qui rendrait la navigation trop facile. Nous avons rencontré le même état d'esprit sur les rivières d'Afrique : souvent les pilotes indigènes étaient les premiers à détruire les balises, qui rendaient leur science inutile.

Le balisage du Rhin n'est pas lumineux. C'est encore une surprise de constater que l'on ne navigue pas la nuit sur ce grand fleuve, alors que ce serait très facile s'il existait quelques points de repère éclairés.

## CHAPITRE VI. — LA NAVIGATION DANS LES DIFFÉRENTS SECTEURS DU FLEUVE.

En amont de Bale. — Jusqu'ici les seules parties du Rhin pratiquées par la navigation en amont de Bâle sont la partie Schaffhouse-Stein (20 km) et Bâle-Rheinfelden (15 km); ces deux sections ne sont d'ailleurs parcourues que par des bateaux de voyageurs.

Depuis longtemps la Suisse se préoccupe d'établir une voie navigable entre Bâle et Constance, en canalisant le fleuve, en reliant par des écluses les différents biefs, en contournant les chutes de Schaffhouse par un canal latéral. Les différences de niveau successives seraient utilisées pour l'installation d'usines hydro-électriques plus importantes que celles qui fonctionnent déjà sur le cours du fleuve.

Le projet complet comporte l'établissement de 14 écluses, accessibles à des chalands de 1.200 à 1.500 t. Il a déjà reçu des commencements d'exécution.

L'Aar doit être aussi canalisé, ainsi que le Rhin en amont, du lac de Constance, jusqu'à Sainte-Marguerite (13 km).

Quant au lac de Constance, il se prête parfaitement à la navigation et il est sillonné par toute une flottille de bateaux. Une quarantaine de bateaux à voiles et à moteur auxiliaire transportent entre les différents ports du lac, Constance, Stein, Radolfzell, Uberlingen, Friedrichshafen, Lindau, Bregenz, Rorsbach, Arbon, Romanshorn, 30.000 t de marchandises par an (pierres de taille, briques, gravier, bois de construction et de chauffage, fruits et céréales). Mais la navigation la plus importante est assurée par une trentaine de navires à vapeur et une vingtaine de chalands ou gabarres, en liaison avec les voies ferrées aboutissant aux rives du lac. Les vapeurs sont des bateaux à roues de 55 m de longueur, 1,50 m de tirant d'eau, auxquels une puissance de 600 ch donne une vitesse de 20 km : h. Les chalands peuvent porter 150 à 250 t. Les gabarres sont aménagées pour transporter les wagons chargés d'une rive à l'autre. Le trafic dépasse un million de tonnes par an.

De Bale a Strasbourg. — *Allure générale du Rhin.* — Divers travaux ont régularisé le cours du fleuve. D'abord une haute digue de protection suit les deux rives pour mettre les populations à l'abri des inondations. Puis le lit mineur a été lui-même enserré entre des rives parallèles, distantes de 200 à 250 m, et solidement établies. Les débouchés des anciens bras du fleuve ont été presque tous obstrués.

Les travaux de correction, à peu près terminés vers 1850, supprimèrent ainsi de nombreux méandres et raccourcirent de 80 km le cours du fleuve entre Bâle et Strasbourg. Mais, par là même, la pente du fleuve fut augmentée, et par suite le courant, ainsi que sa puissance d'érosion.

La pente moyenne est maintenant de 0,86 p. 1.000. Elle dépasse 1 p. 1.000 en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs endroits. La vitesse du courant, qui augmente sensiblement en même temps que s'élève le niveau du fleuve, est presque toujours supérieure à 3 m : sec, et elle dépasse fréquemment 4 m : sec aux hautes eaux.

Ces courants rapides interdirent la remontée du fleuve ux bateaux à voiles ou halés par des chevaux sur les berges : il fallut attendre la mise en service de puissants remorqueurs à vapeur pour voir reprendre la navigation sur cette partie du fleuve.

L'érosion due à ce courant a causé un abaissement du lit du Rhin de 3,50 m en 38 ans, soit de 9 cm par an, et a fait apparaître, à la hauteur du village badois d'Istein, un seuil calcaire s'usant beaucoup plus lentement que le sol de gravier qui l'environne, et dont l'exhaussement apparent cause une gêne de plus en plus forte pour la navigation. En 1906, ce seuil passait presque inaperçu; en 1914, on ne s'inquiétait que des roches de la rive badoise, et le chenal, rectiligne, suivait la rive française. Aujourd'hui, le chenal traverse le fleuve en biais et n'a plus, aux basses eaux, qu'une trentaine de mètres de largeur. La barre forme deux chutes espacées d'une centaine de mètres, avec un courant de 5 m : sec.

*Pratique de la navigation.* — Il n'existe pour le Rhin supérieur aucune carte, aucun document sérieux de pilotage pouvant être utile à la navigation.

Le pilotage est obligatoire, et le règlement du 6 septembre 1917 est toujours en vigueur : « Avant le premier voyage de chaque période de navigation, ainsi qu'après chaque crue du Rhin, les pilotes devront parcourir le secteur du Rhin entre Strasbourg et Bâle et étudier le chenal ainsi que les courants, particulièrement aux passages des ponts. »

Le chenal suit sensiblement une sinusoïde entre les bancs que chaque crue déplace vers l'aval d'une quantité variable, qui, d'après les pilotes, serait de l'ordre de 500 à 600 m par an. Il y a cependant des parties de chenal à peu près fixes, puisque les ponts de bateaux s'ouvrent au même endroit pendant des années consécutives.

On admet que le chenal navigable a la profondeur qu'indique l'échelle de Huningue. Or l'échelle de Huningue donne 260 jours par an une profondeur supérieure à 1 m, c'est-à-dire qu'un bateau dont le tirant d'eau ne dépasserait pas 0,80 m pourrait naviguer avec une sécurité suffisante pendant environ 260 jours par an.

La cote supérieure des bancs ne dépasse pas 1,50 m à l'échelle de Huningue : lorsque cette cote est dépassée aucun banc n'est visible.

La navigation commerciale commence en principe à la cote 1,80 m de Huningue, et se pratique alors avec un tirant d'eau de 1,40 m. Pendant une centaine de jours par an, de mai à août, on peut naviguer avec des tirants d'eau variant de 1,40 à 1,80 m. En 1924, un chaland suisse est remonté à Bâle avec un tirant d'eau de 2,07 m et un chargement de 1 048 t. Ce fut le record.

A la montée, les convois ne comprennent que deux chalands au plus, remorqués par un puissant remorqueur : un cheval-vapeur, qui remorque sur le Rhin inférieur de 5 à 7 t, ne remorque que 0,6 t de Strasbourg à Bâle. Souvent, en amont de Brisach, les convois sont dédoublés et ne comportent qu'un seul chaland. Il faut même parfois deux remorqueurs pour franchir la barre d'Istein.

A la descente, les convois comprennent au maximum deux chalands accouplés. Souvent d'ailleurs les chalands vides se laissent dériver au fil du courant sur des chaînes traînant sur le fond.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Malgré l'expérience des pilotes, les échouages et autres accidents sont nombreux, car le chenal est très sinueux, et la violence du courant rend la manœuvre très difficile. La tension d'esprit des pilotes est telle qu'ils arrivent au bout du voyage complètement exténués, au point d'être parfois obligés de se coucher aussitôt.

Le trafic par le Rhin de Strasbourg à Bâle est très variable d'une année à l'autre. C'est ainsi qu'en 1921 il a été complètement nul, tandis qu'il a atteint 286.000 t en 1924. Le prix de transport de la tonne de Strasbourg à Bâle (125 km) est le même que celui de Duisbourg à Strasbourg (487 km).

*Les ponts.* — On rencontre de Bâle à Strasbourg trois ponts fixes et sept ponts de bateaux. Le tirant d'air du pont fixe de Brisach, qui est le plus faible, est de 4,10 m aux plus hautes eaux navigables. Quand l'échelle de Huningue marque 4 m, la navigation est suspendue. D'ailleurs, la faible hauteur des ponts de Kehl, qui ne dépasse pas 3,16 m au-dessus des plus hautes eaux navigables, arrête les remorqueurs bien avant, et oblige les chalands vides à prendre du lest pour diminuer leur tirant d'air.

Les ponts de bateaux ont leurs portières manœuvrées à l'aide d'un treuil commandé par des roues à aubes, mues elles-mêmes par le courant du Rhin. C'est là la réalisation d'un curieux paradoxe nautique : remonter le courant en utilisant la force du courant. Ce système ingénieux fonctionne depuis quelques années seulement et donne toute satisfaction.

*Les travaux de Kembs.* — Le principal obstacle à la navigation de Strasbourg à Bâle est, comme nous l'avons indiqué plus haut, la barre rocheuse d'Istein. Les travaux entrepris à Kembs, sur la rive française, ont pour but d'éviter cette barre, qui sera complètement impraticable dans quelques années, si l'érosion du lit du fleuve continue à se manifester avec la même puissance.

Les travaux de Kembs consistent d'abord dans la percée d'un canal qui s'amorcera au kilomètre 5 sur la rive française, rejoindra le Rhin au kilomètre 12 en aval de la barre d'Istein, après une éclusée au voisinage du village de Kembs.

Réduits à l'établissement de ce canal de dérivation sur une longueur de 7 à 8 km, les travaux de Kembs n'auraient pas pris l'ampleur considérable qu'ils ont actuellement. Mais on a lié au canal de dérivation la construction d'une usine hydro-électrique, et comme la chute naturelle des eaux entre la prise d'eau du kilomètre 5 et le canal de fuite du kilomètre 12 n'est que de 10 m, on a prévu, pour augmenter cette chute, un exhaussement du niveau du Rhin de 8 m, en amont de la prise d'eau.

Les travaux prévus se présentent donc actuellement de la façon suivante :

1° Construction sur le Rhin au kilomètre 5,5 d'un barrage à vannes mobiles, comprenant 5 piles en béton établies sur un seuil fixe en maçonnerie au niveau du lit du Rhin. Les piles centrales sont espacées de 30 m, les autres de 17,50 m. Les travées seront fermées par des vannes de 11,50 m de hauteur.

Ce barrage fera monter le Rhin de 8 m, la montée des eaux, le remous comme l'on dit, se faisant sentir jusqu'en amont de Bâle.

2° Le canal de dérivation, qui s'amorcera entre les kilomètres 4 et 5 sur la rive française du Rhin, aura 10 à 12 m de profondeur, 30 m de largeur au fond. Il se divisera en deux branches parallèles à 4 km après la prise d'eau : la branche orientale, réservée à la navigation, permettra, au moyen de deux grands écluses, l'une de 185 m, l'autre de 100 m de longueur, et toutes deux de 25 m de largeur, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

regagner le canal de fuite et le Rhin; la branche occidentale sera réservée à l'usine hydro-électrique, dont la puissance variera, suivant l'état des eaux, de 67.000 à 120.000 ch;

3° Le niveau des eaux dans le canal d'amenée étant à plusieurs mètres au-dessus du terrain actuel, toute la plaine voisine serait inondée, par suite des infiltrations, si d'importants travaux de drainage n'étaient prévus. Un canal de drainage suivra le canal d'amenée et se raccordera au canal de fuite.

Au mois de juin 1929, au moment où nous les avons visités, les chantiers de Kembs étaient en pleine activité, et occupaient 1.300 ouvriers.

La construction du barrage et le creusement du canal sont menés de front. Les piles principales du barrage sont en place.

De puissants excavateurs, de modèles allemand et américain, enlèvent par jour des milliers de mètres cubes de terre, le total des déblais devant atteindre 7.100.000 m³. Les draglines, du type Bucyrus, montées sur caterpillars, enlèvent par minute un godet de 3 m³ de déblais, qu'ils déposent à 45 mètres de distance. Un excavateur Lubeck, dont le moteur est alimenté directement par un courant de 6.000 V, enlève par minute 20 godets de 0,5 m³ soit 10 m³ de déblais à la minute. Des pompes ne cessent d'assécher les parties déjà creusées, continuellement envahies par les eaux. On compte que dans quatre ans tout sera terminé et que les frais dépasseront 400 millions.

Ce canal de Kembs ne sera d'ailleurs que l'amorce du futur grand canal d'Alsace, qui doit se continuer jusqu'à Strasbourg sur 114 km de longueur, avec, sur son parcours, l'établissement de 8 écluses et de 8 usines hydro-électriques, pouvant fournir ensemble une puissance de 800.000 ch. Le trafic du canal d'Alsace pourra atteindre par an 10 millions de tonnes, avec navigation de nuit si c'est nécessaire. La dépense de traction sera très diminuée, puisque le courant dans le canal ne dépassera pas 1 m:sec, alors qu'il est actuellement de 3 à 5 m:sec sur le Rhin. La montée de Strasbourg à Bâle ne demandera plus que 26 heures, éclusage compris, au lieu de 36 heures actuellement nécessaires.

Pour faire pièce à ce canal d'Alsace, et vraisemblablement pour s'opposer dans la suite à sa construction, l'Allemagne a signé avec la Suisse, à la date du 28 mars 1929, une convention ayant pour objet la régularisation du lit du fleuve même de Strasbourg à Istein.

De Strasbourg a Mannheim. — La vitesse du courant, de Strasbourg à Lauterbourg, est de 7 à 8 km:h, de Lauterbourg à Mannheim, de 6 à 7 km:h. Ce fort courant charrie encore des alluvions assez abondantes, qui rendent variables la profondeur et le lit du fleuve.

Ce ne fut qu'à une époque récente que les travaux de correction ont abouti à des résultats favorables pour la navigation. L'ingénieur français Fargues avait montré qu'un chenal suffisamment stable serait obtenu en faisant décrire au fleuve une sinusoïde allongée. Sur le Rhin, de Strasbourg à Sondernheim (à 29 km en aval de Lauterbourg), les sinuosités touchent l'une ou l'autre rive en des points distants d'un kilomètre, des épis de longueur variable maintiennent le fleuve dans ce chenal sinusoïdal. Les galets et les sables se déposent surtout entre les épis.

On comptait que les travaux de correction donneraient, aux basses eaux moyennes, une profondeur de 2 m. Ce résultat n'a pas été complètement atteint et, en certains

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

points, le chenal n'a qu'une profondeur de 1,70 m. D'autre part, les alluvions ne se déposent pas toutes entre les épis, et des bancs encombrent parfois le milieu du chenal. Il arrive souvent que cette profondeur de 1,70 m n'est pas atteinte : une trentaine de jours par an en année normale et parfois beaucoup plus longtemps (208 jours en 1921, année très sèche). La profondeur dans le chenal est descendue à 1,33 m au début de 1930.

Enfin, la faible largeur du chenal (90 m) ne permet pas aux bateaux de tourner partout : il a fallu interrompre à certains endroits les travaux de correction pour laisser une place suffisante pour virer, et, en ces endroits-là, les profondeurs restent variables.

Pour naviguer avec sécurité et avec le tirant d'eau maximum permis par l'état des eaux, il est donc nécessaire de bien connaître cette partie du fleuve. Le pilotage est obligatoire pour les convois fluviaux entre Strasbourg et Mannheim.

Les deux ponts de Strasbourg à Kehl mis à part, qui n'offrent aux plus hautes eaux navigables qu'un tirant d'air de 3,16 m, il existe, sur le parcours de Strasbourg à Mannheim trois ponts fixes : Roppenheim, Germersheim, Mannheim-Ludwigshafen, qui ne présentent aucun obstacle à la navigation sauf en cas de forte crue : leurs arches ont plus de 65 m de largeur, et la hauteur du tablier au-dessus des plus hautes eaux navigables est au minimum de 8,80 m.

En outre, on rencontre 6 ponts de bateaux, dont les portières s'ouvrent à la demande, sauf cependant les ponts de Maxau et de Spire, qui sont fermés à certaines heures pour le passage des trains.

La navigation vers Strasbourg se pratique à peu près sans interruption. Les glaces, par suite de la vitesse du courant, se forment rarement en assez grande abondance pour devenir gênantes. Mais les tirants d'eau, qui en été, à l'époque des hautes eaux, dépassent 2 m et même 2,50 m, s'abaissent en hiver à 1,50 m et même 1,20 m.

Au départ de Mannheim, les convois montants ne comprennent généralement pas plus de 5 chalands. Ils en larguent deux à Sondernheim ou à Maxau et ne rentrent à Strasbourg qu'avec trois. A la descente, entre Strasbourg et Sondernheim, les convois comprennent au maximum 4 chalands accouplés deux à deux.

De Mannheim a Bingen. — De Mannheim à Bingen, les travaux de régularisation et de correction ont consisté surtout en épis perpendiculaires aux rives, en raccords entre parties saillantes de rives, ou en digues parallèles aux rives. Ils ont donné au chenal, large d'au moins 300 m, une profondeur qui n'est pas inférieure, aux basses eaux moyennes, à 2 m, mais qui cependant, les années de sécheresse, tombe à 1,50 m. Digues et épis sont noyés aux eaux moyennes de façon à ne pas réduire la surface du plan d'eau, conformément aux vœux des vignerons riverains.

De Mayence à Bingen, et surtout d'Ostrich à Rudesheim, il se produit parfois des dépôts de sable qui momentanément réduisent la profondeur. Ces bancs sont balisés dès qu'ils sont reconnus et dragués aussitôt.

Le fleuve lui-même est, en certains endroits, très large. Il dépasse 700 m aux eaux moyennes, en aval de Mayence, et atteint, aux hautes eaux, 1.600 m à Budenheim. Il est encombré de nombreuses îles, dont plusieurs ont été reliées à la rive voisine par des digues, afin de maintenir le courant principal dans le chenal. Trois de ces îles, Biebricher Aue, Mariannen Aue, Rudesheimer Aue, situées toutes trois en aval de Mayence, séparent le fleuve en deux bras navigables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le courant dans toute cette partie du fleuve, où la pente est faible, ne dépasse pas 5 km : h. Ce courant faible n'empêche pas la formation des glaces, qui rendent la navigation impossible pendant une douzaine de jours chaque année (40 jours en 1929) et qui obstruent complètement le fleuve pendant les hivers très rigoureux.

Sur le parcours Mannheim-Bingen, on franchit 6 ponts fixes, 2 à Worms, 3 à Mayence et 1 à Rudesheim.

Courant faible, chenal fixe, large et profond, ponts aux arches larges et élevées, autant de conditions qui rendent la navigation facile.

Aussi est-ce dans cette section qu'on rencontre les plus longs convois, qui comprennent normalement 7 et 8 chalands, et parfois davantage (nous avons vu un convoi de 11 chalands). A la descente, les convois comprennent généralement 6 chalands, amarrés à couple deux à deux.

De Bingen a Coblence. — Le fleuve est encaissé entre des rives rocheuses; il décrit de nombreux coudes; sa largeur est presque partout inférieure à 300 m, et descend à 170 m à la Lorelei; son lit est encombré d'îles et de rochers et ses profondeurs sont variables. C'est dans cette section qu'on trouve les fosses les plus profondes, 28 m en amont de la Lorelei, 16 m auprès de la Pfalz, 15 m en amont de Saint-Goar, et aussi les seuils les plus élevés, comme le Bingerloch, qu'il a fallu faire sauter à la mine. En certains endroits où s'accumulaient les alluvions, des épis et des digues longitudinales ont fixé le chenal. On peut compter que les profondeurs les plus faibles, qui se rencontrent au Bingerloch, sont de 2 m aux basses eaux moyennes.

Le chenal navigable est souvent très étroit : le Bingerloch n'a que 30 m, et le Cauber Wasser 50 m. Des rochers et des îles le séparent en plusieurs bras. Il est d'usage de pratiquer l'un d'entre eux, ordinairement celui qui a le courant le plus faible, à la montée, l'autre à la descente.

La pente du fleuve, qui était tombée à moins de 0,1 p. 1.000, reprend de Bingen à Coblence des valeurs plus fortes : 0,5 p. 1.000 de Bingen à Oberwesel, 0,2 p. 1.000 d'Oberwesel à Coblence. Aussi le courant atteint-il 6 à 7 km : h sur cette section; il dépasse même 10 km : h au Bingerloch, sur une longueur de 110 m. La faible longueur sur laquelle se fait sentir ce violent courant n'empêche pas les convois montants de franchir le Bingerloch, car, en réglant convenablement la longueur des remorques, on peut ne présenter successivement qu'un seul chaland dans le fort du courant.

Sauf à Coblence, où il existe deux ponts fixes et un pont de bateaux, il n'existe pas de ponts sur ce parcours.

Le fort courant, l'étroitesse du chenal, les coudes brusques, les nombreux écueils, les mauvais mouillages par fonds rocheux, rendent la navigation assez difficile. Aussi est-il de pratique courante de prendre un pilote de Saint-Goar à Bingen.

D'ailleurs, l'impossibilité de se croiser dans de nombreux points, et la visibilité restreinte à cause des tournants ont obligé à créer un service de postes avertisseurs chargés d'annoncer aux bateaux montants, au moyen de pavillons et de boules, l'approche des bateaux descendants. Ces postes avertisseurs indiquent aussi aux bateaux descendants les chenaux libres.

Entre Bingen et Saint-Goar, il est interdit de remorquer plus de trois chalands

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la montée, et plus de quatre chalands à la descente. Les convois plus nombreux sont donc dédoublés généralement à Salzig et à Bingen.

Lorsque les eaux sont très basses, les faibles profondeurs obligent les chalands trop chargés à stationner dans ces rades en attendant la montée des eaux. Il arrive ainsi que plus de 100 chalands encombrent à Salzig tout le fleuve sur plus d'un kilomètre de longueur.

De Coblence a la frontière hollandaise. — Dans ce secteur, la navigation est facile; le chenal est fixe aujourd'hui. Plusieurs îles furent raccordées aux rives; les embouchures des affluents furent corrigées par des épis et des dragages. Les bancs de sable sont maintenant invariables.

Le fleuve présente de grandes profondeurs dans les parties concaves : Wiesdorf (13 m), Monheim (10 m), Benrath (10 m), Volmerswerth (10 m), Heerdt (21 m), Dusseldorf (15 m), Niederhalen (14 m), Wesel (10 m). On peut compter, dans les parties les moins profondes, sur 2,50 m, entre Coblence et Cologne, sur 3 m en aval de Cologne, en basses eaux moyennes.

En aval de Cologne, le lit moyen du fleuve, comme dans le Rhin supérieur, est contenu entre de hautes digues pour défendre la plaine contre les inondations.

Le courant ne dépasse pas 4 à 5 km:h, et le nombre des chalands des convois n'est limité que par la puissance des remorqueurs.

On trouve sur ce parcours un pont de bateaux à Mulheim et 15 ponts fixes.

de la frontière hollandaise a la mer. — Le Rhin, après son entrée en Hollande, s'oriente vers l'Ouest et commence les ramifications de son delta.

A Millingen, à 162 km de l'embouchure, il se sépare en deux bras principaux, qui sont les seuls utilisés par la navigation :

le bras du Sud, le Waal, qui, à partir du confluent de la Meuse prend le nom de Merwede, jusqu'à Dordrecht, puis de Noord, de Dordrecht à Slikkerveer;

le bras du Nord appelé canal de Pannerden, puis Leck jusqu'au Slikkerveer, où il retrouve le bras du Sud.

La réunion des deux bras, sous le nom de nouvelle Meuse, baigne Rotterdam et se jette dans la mer du Nord auprès de Brielle.

La marée de la mer se fait sentir jusqu'à 93 km de l'embouchure, et la profondeur, à marée basse, n'est pas inférieure à 5 m dans la nouvelle Meuse, 4 m dans le Noord, 3,40 m dans la Merwede.

Dans le Leck la profondeur n'est que de 2 m.

Ces résultats n'ont pas été obtenus sans de grands travaux : épis pour le partage judicieux des eaux, digues, dragages, etc.

La navigation est aujourd'hui facile : le chenal est indiqué par des alignements et un balisage très net.

Le nombre des chalands des convois n'est limité que par la puissance des remorqueurs. Un remorqueur peut remorquer, en amont de Rotterdam, 6 t par cheval-vapeur.

Dordrecht communique avec Anvers par un parcours semi-maritime entre les îles de la Zélande et un canal à écluses qui traverse l'île de Zuid-Beveland. Les profondeurs sont souvent inférieures à 2 m à marée basse.

Quant à Amsterdam, il est relié au Rhin par le Merwede Kanal, qui offre des profondeurs de 3,50 m en eaux moyennes.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CHAPITRE VII. — LA NAVIGATION SUR LES AFFLUENTS DU RHIN.

Les affluents du Rhin en partie navigables sont les suivants :
sur la rive gauche, l'Ill et la Moselle;
sur la rive droite, le Neckar, le Main, la Lahn, la Ruhr, la Lippe.

*L'Ill.* — L'Ill est canalisée sur quelques kilomètres à la traversée de Strasbourg et de ses faubourgs, et n'est accessible qu'à des bateaux de 1,40 m de tirant d'eau, de 34,50 m de longueur et de 5,10 m de largeur.

Le canal de l'Ill au Rhin relie l'Ill au port de Strasbourg et au Rhin lui-même, car l'Ill, qui se jette dans le fleuve à 10 km au Nord de Strasbourg, n'est pas navigable à son confluent.

*La Moselle.* — La Moselle, qui prend sa source en France, au ballon d'Alsace, est flottable à partir d'Épinal mais il ne s'y pratique aucune navigation jusqu'à Frouard. Le canal de l'Est, qui relie Épinal au canal de la Marne au Rhin et à Frouard y supplée.

La Moselle est canalisée de Frouard à Metz, sur une longueur de 52 km. Tantôt on a canalisé le lit de la Moselle, tantôt on a construit des petits tronçons de canal latéral, lorsque l'aménagement du lit lui-même fut impossible. La pente est rachetée par 6 barrages mobiles et 13 écluses. Les bateaux de 35 m de longueur et de 1,80 m de tirant d'eau peuvent y circuler. Il est toutefois prudent de ne pas dépasser le tirant d'eau de 1,40 m. Les hautes eaux, les glaces, rendent la navigation impossible pendant plus de 60 jours par an (de novembre à mai).

En aval de Metz, la Moselle n'est navigable que pour des bateaux de faible tirant d'eau, et elle ne l'est pas en tout temps. Le régime approximatif est le suivant : hautes eaux de novembre à mai, eaux moyennes de mai à juin, basses eaux de juillet à octobre. L'alimentation n'est pas continue; elle dépend essentiellement des précipitations atmosphériques, et des séries de hautes eaux sont séparées par des périodes d'eaux basses. Les crues sont violentes et de courte durée. Les montées d'eau de 2 m en 24 heures ne sont pas rares. La vitesse de propagation de la crue est, en moyenne, d'une dizaine de kilomètres à l'heure.

Les glaces s'observent presque tous les hivers, et elles arrêtent parfois la navigation pendant plusieurs semaines.

De Metz à Perl, frontière franco-allemande (59 km), la Moselle ne présente actuellement, aux eaux moyennes, que des profondeurs d'un mètre, et n'est pratiquement navigable que pour des petites embarcations. Des travaux de canalisation, analogues à ceux qui ont été réalisés de Frouard à Metz, sont entrepris de Metz à Thionville, et seront terminés probablement à la fin de 1930. Le chenal en rivière comprendra 12 km, le reste du parcours (18 km), en canal de dérivation. Il doit y avoir 2 barrages et 4 écluses. Ce canal, qui desservira l'important bassin métallurgique de Lorraine, pourra assurer un trafic de 1.500.000 t par an.

De Perl à Trèves, sur 49 km, il ne faut pas compter, aux eaux moyennes, sur un tirant d'eau supérieur à 1,50 m.

A 7 km en amont de Trèves, la Moselle reçoit la Sarre, canalisée de Sarreguemines à Ensdorf sur 44 km (tirant d'eau, 1,60 m). D'Ensdorf à son confluent avec la Moselle, la Sarre ne présente plus que des profondeurs de 1 m aux eaux moyennes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la partie canalisée, la Sarre assure un trafic de 1.200.000 t (1927), dont 600.000 t d'importation à la descente (minerais de fer surtout), et 600.000 t d'exportation à la remonte (charbon).

De Trèves à Coblence, sur 193 km, la Moselle coule dans une gorge étroite et pittoresque, au parcours sinueux. Sa pente est de 0,3 p. 1.000, assez analogue à celle du Rhin navigable. La correction du fleuve, à l'aide d'épis et de digues, n'a cependant pas donné de résultats importants, car le débit du cours d'eau est irrégulier, et le fond du lit rocheux en maints endroits.

Actuellement, les profondeurs atteignent ou dépassent 1,40 m pendant 6 mois de l'année seulement. La violence du courant, les coudes brusques, l'étroitesse du lit qui, en certains endroits, n'atteint pas 30 m, le déplacement des bancs de galets après chaque crue, rendent la navigation sur la Moselle fort difficile.

A part les bateaux de promeneurs, qui assurent un service à peu près régulier entre Trèves et Coblence, du 15 mai au 30 septembre, ne naviguent en Moselle que quelques chalands d'une cinquantaine de mètres de longueur, et de 1,50 m de tirant d'eau.

La canalisation de la Moselle est une question toujours à l'ordre du jour. Ce serait en effet la voie la plus courte entre la Ruhr et la Lorraine, appelées à se compléter mutuellement au point de vue économique, la première fournissant à l'industrie métallurgique lorraine les cokes nécessaires, la deuxième fournissant à l'industrie métallurgique de la Ruhr les minerais de fer.

*Le Neckar.* — Le Neckar est médiocrement navigable jusqu'à Heilbronn, à 113 km du confluent, avec des profondeurs variant de 1,30 m à 1,10 m aux eaux moyennes. Il est fréquenté par des chalands de 150 à 180 t qui utilisent à la remontée des toueurs à chaîne et qui se laissent dériver à la descente. Le trafic annuel est de 300.000 t environ.

D'importants travaux, qui doivent rendre le Neckar accessible aux chalands de 1.200 t, sont en cours d'exécution. De grandes écluses doivent le diviser en biefs présentant au moins une profondeur de 2,30 m. Les travaux doivent être terminés en 1935 entre Mannheim et Heilbronn. Ultérieurement, le Neckar canalisé doit être relié au Danube à Ulm, par Stuttgart et Geishingen. Il desservira ainsi la région wurtembergeoise, et on compte sur un trafic annuel de 4 millions de tonnes.

*Le Main.* — Le Main est canalisé du confluent jusqu'à Aschaffenbourg, à 86 km. Des biefs successifs, fermés par des barrages à aiguilles, assurent la profondeur de 2,50 m. De grandes écluses doubles, dont les plus grandes ont 255 m de longueur et 20 m de largeur, permettent l'éclusage simultané d'un convoi de chalands.

Les plus grands chalands qui circulent sur cette section du Main ont 85 m de longueur, 10 m de largeur, 2,30 m de tirant d'eau et portent 1.600 t. Ces chalands sont de construction assez solide pour naviguer sur le Rhin aussi bien que sur le Main.

Le trafic annuel de cette section du Main atteint deux millions de tonnes. (Entrées et sorties du port de Francfort en 1928 : 2.056.000 t.)

L'amélioration de cette partie du Main est en cours. Le nombre des écluses doit être réduit, leurs dimensions augmentées, et la profondeur du chenal navigable portée à 3,50 m, de façon à permettre l'accès à Francfort des chalands de 2.000 t.

En amont d'Aschaffenbourg, le trafic se fait jusqu'à Kitzingen, à 286 km du confluent, par bateaux de 180 à 500 t suivant l'état des eaux. Les plus communs ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1,10 m de tirant d'eau. Le remorquage à la montée s'effectue uniquement par toueurs à chaîne, et les chalands se laissent dériver à la descente avec le courant.

De Kitzingen à Bischberg, à 393 km du confluent, et de Bischberg à Bamberg sur la Regnitz, circulent encore des chalands portant de 35 à 190 t, halés par des chevaux à la montée, guidés par des perches à la descente.

A Bamberg s'amorce le canal du Rhin au Danube, ou canal Louis.

L'amélioration du Main en amont d'Aschaffenbourg, ainsi que du canal Louis, est projetée de façon à permettre aux chalands de 1.500 t de naviguer du Rhin au Danube. Les travaux ont été commencés en 1927.

*La Lahn.* — La Lahn est navigable pour les petits bâtiments jusqu'à Giessen, à 142 km de son confluent avec le Rhin.

Elle est, depuis 1928, canalisée jusqu'à Limburg, sur une longueur de 62 km, et est accessible en tout temps aux chalands de 200 t, avec un tirant d'eau de 1,50 m à 1,60 m. La navigation qui s'y pratique, et qu'on pense devoir atteindre un trafic de 800.000 t par an, est donc une navigation de péniches, et non de chalands rhénans proprement dits.

*La Ruhr.* — La Ruhr est canalisée de Witten à son confluent avec le Rhin, et accessible à des bateaux de 160 t.

Une importante amélioration a été réalisée en 1927 : Mulheim, grande ville industrielle, est reliée au Rhin par une voie d'eau accessible aux bateaux de 1.700 t.

A la Ruhr, à 4,5 km du confluent, s'amorce le canal du Rhin à Herne, qui communique aussi avec le port de Ruhrort. Ce canal, long de 68 km, est accessible aux chalands de 1.200 t, et muni de moyens de chargement perfectionnés. Les remorqueurs remorquent des trains de 2 ou 3 chalands. Le trafic annuel atteint 7 millions de tonnes (charbon et minerais de fer surtout).

Le canal du Rhin à Herne est relié avec le Dortmund-Ems-Kanal et de là avec les ports maritimes de Emden, Brême, Hambourg, par le réseau fluvial intérieur allemand, accessible à des bateaux de 600 t.

*La Lippe.* — La Lippe est canalisée jusqu'à Lippstadt, à 182 km du confluent, mais elle n'est accessible qu'à des chalands d'une vingtaine de mètres de longueur, portant 80 t. La navigation y est peu importante, alimentée surtout par les produits de dragage, sables et galets.

*Canaux en communication avec le Rhin.* — Le Rhin est en communication avec trois canaux importants : sur la rive gauche, le canal de la Marne au Rhin, le canal du Rhône au Rhin, qui aboutissent tous deux à Strasbourg; sur la rive droite le canal du Rhin à Herne.

Le canal de la Marne au Rhin s'étend de Strasbourg à Vitry-le-François et réunit ainsi Paris et le Nord de la France avec l'Est et l'Allemagne. Le mouillage normal est de 2 m et les bateaux y circulent avec 1,80 m d'enfoncement de 250 à 300 tonnes.

Le canal du Rhône au Rhin a son origine sur la Saône auprès de Saint-Jean-de-Losne et finit à Strasbourg. Un embranchement réunit le canal à Huningue, un autre à Brisach. Des travaux récents ont amélioré le mouillage de façon à permettre aux péniches de 250 à 300 t d'y naviguer.

Le canal de Herne au Rhin, qui débouche dans le port de Ruhrort, pourrait être considéré comme une véritable annexe du port. Sur son parcours existent 19 ports,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans lesquels le charbon arrive directement aux chalands dans les bennes mêmes qui l'ont extrait des mines.

## CHAPITRE VIII. — LA FLOTTE RHÉNANE.

Soixante millions de tonnes (67 millions en 1927) sont transportées annuellement sur le Rhin par une flotte de 12.000 bateaux de toutes sortes, qui peuvent se classer en 5 catégories principales :

les chalands;
les chalands à propulseur ou bateaux porteurs;
les remorqueurs;
les bateaux à passagers et de plaisance;
les barques à voiles.

Il faut mettre à part, car ce ne sont pas à proprement parler des bateaux, les radeaux de bois.

*Chalands.* — On rencontre actuellement sur le Rhin des chalands de tonnage très varié. Leur capacité totale de chargement atteint 6 millions de tonnes. Environ 7.000 chalands ont plus de 300 t et 2.500 plus de 750 t.

Le type le plus courant, et qui est par suite le véritable chaland rhénan, est le chaland d'un tonnage voisin de 1.500 t. C'est un chaland de 80 à 85 m de longueur, 10 à 11 m de largeur, 2,50 m d'enfoncement. Le rapport de la longueur à la largeur oscille autour de 8; le rapport de la longueur au creux est de 30 à 35 (il est de 12 sur les navires de mer). Il y a sur le fleuve près d'un millier de chalands dont le tonnage est compris entre 1.200 et 1.700 t. Dans l'avenir, les chalands de ce type ne feront que se multiplier, car ce sont ceux qui ont accès au canal du Rhin à Herne, traversent ainsi le bassin houiller westphalien, et vont directement charger les charbons aux mines de la Ruhr.

Les deux plus grands chalands actuellement en service sont : un chaland de 3.580 t, long de 123 m, large de 14 et de 2,85 m de tirant d'eau; un chaland de 4.322 t de 130 m de longueur, de 14,30 m de largeur, de 3 m de tirant d'eau. Il n'y a que 7 chalands qui dépassent 3.000 t, et il ne semble pas que l'emploi de ce type de très grand chaland ait des chances de se généraliser.

Le chaland rhénan est solidement construit en acier. Ses extrémités surélevées sont bien défendues contre les remous des grands remorqueurs à roues. Attelé à des remorqueurs puissants, et obligé de lutter contre des courants assez violents, il est construit assez fin; son coefficient de finesse, c'est-à-dire le rapport du déplacement en charge au prisme construit sur ses trois dimensions : longueur, largeur, tirant d'eau, est compris entre 0,8 et 0,9 (il est de 0,95 à 0,99 sur les péniches de canaux).

L'étrave et l'étambot sont verticaux, et celui-ci est débordé sur l'arrière par un couronnement arrondi, supportant l'appareil à gouverner mû à la main par une grande roue horizontale. Le safran du gouvernail est très grand et peut être encore augmenté par un volet mobile.

De l'avant à l'arrière, des cloisons verticales, séparent le chaland en cales distinctes, dont chacune a une longueur de 5 à 7 m. Ces cales sont largement ouvertes par des panneaux qui occupent presque toute la largeur du bateau et dont la fermeture est étanche.

Ces grandes cales, sans aucune épontille et sans aucun renfort susceptible de les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encombrer, rendent le chaland assez fragile. Le marinier doit exercer une surveillance constante pour équilibrer son chargement : un chaland qui aurait ses cales du milieu pleines et celles des extrémités vides se casserait immédiatement.

A l'avant, on trouve le logement de l'équipage : 1 matelot sur les chalands de moins de 500 t, 4 matelots sur ceux de plus de 3.000 t; à l'extrême arrière, le logement du patron, complété par un roof construit au-dessus de la cale arrière.

Un chaland rhénan bien entretenu peut être en service pendant 60 ans.

*Chalands pétroliers.* — Parmi les types divers de chalands qu'on rencontre sur le Rhin, les chalands pétroliers méritent une place à part car leur nombre augmente d'année en année. Ils sont en acier, très solidement construits pour résister aux pressions du chargement liquide, divisés en citernes étanches, qu'un système de tuyautages sur le pont permet de vider et de remplir séparément. Le pont est recouvert d'un revêtement en bois pour diminuer l'échauffement. Deux cofferdams remplis d'eau séparent les citernes du logement de l'équipage et de celui du patron.

Le tonnage des chalands pétroliers varie de 1.200 à 3.000 t. Le plus grand a 117 m de longueur, 13,60 m de largeur, 2,72 m d'enfoncement au chargement de 3.000 t. Ses deux pompes peuvent débiter 400 m³ à l'heure.

*Bateaux porteurs.* — Le remorquage étant à très bas prix sur le Rhin, il n'y a pas intérêt à doter les chalands de moyens propres de propulsion, qui resteraient d'ailleurs inutilisés pendant les stationnements dans les ports pour les opérations de chargement ou de déchargement (ces stationnements sont normalement d'une dizaine de jours pour un chaland de 1.500 t).

Toutefois, quelques chalands rhénans, au nombre de 250 environ, sont munis d'un propulseur. Leur avantage est de marcher à une plus grande vitesse que les convois remorqués, et d'assurer ainsi le transport plus rapide de certaines marchandises.

Ils arrivent à couvrir la distance Anvers-Strasbourg en 84 heures de navigation, soit en 7 jours, puisqu'on ne navigue pas de nuit sur le Rhin. Les convois remorqués mettent au moins deux fois plus de temps.

Ces porteurs ont une capacité de chargement de 400 à 1.300 t. Leur propulseur est à vapeur. Quelques-uns cependant, de plus en plus nombreux, utilisent des moteurs à explosion, bien qu'*a priori*, il semble paradoxal d'utiliser, sur un fleuve charbonnier comme le Rhin, un autre combustible que le charbon. Mais le moteur Diesel présente de tels avantages : diminution du poids de l'appareil moteur, de la main-d'œuvre, de la consommation, grand nombre de tours permettant l'emploi d'hélices relativement petites, et par suite un tirant d'eau réduit, que, même sur le Rhin, il concurrence la machine à vapeur.

*Remorqueurs.* — Le seul mode de traction de chalands sur le Rhin est le remorquage. Le halage à chevaux, très pénible à la montée, n'existe plus depuis longtemps. Le touage à chaîne n'est utilisé que sur quelques affluents.

Les remorqueurs du Rhin sont de deux types : les remorqueurs à roues et les remorqueurs à hélice.

Les dimensions usuelles des remorqueurs à roues sont : longueur 70 à 80 m, largeur hors tout 19 à 22 m, tirant d'eau en charge 1,20 m à 1,50 m.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La machine est au milieu, les deux roues sont commandées par le même arbre et ne sont pas indépendantes. Les roues sont à aubes articulées, c'est-à-dire que les aubes sont munies d'un système d'articulation qui les maintient dans une position à peu près verticale pendant qu'elles agissent sur l'eau. Les remorqueurs les plus puissants ont de chaque bord deux roues juxtaposées, ce qui a permis d'augmenter la surface portante des aubes sans augmenter d'une façon trop considérable l'échantillonnage des pièces qui les supportent. Le diamètre des roues est de 2,70 m à 3 m, et leur vitesse de rotation de 35 à 40 t:mn.

Le compartiment de la machine est encadré à l'avant et à l'arrière par les compartiments des chaudières. Les soutes à charbon sont contiguës aux chaudières et les logements du personnel sont aux extrémités du bateau.

La puissance des remorqueurs varie suivant le service qu'ils ont à assurer. Les plus modernes ont une puissance de 1.500 à 1.700 ch et un équipage d'une quinzaine d'hommes.

On admet qu'un cheval-vapeur de remorqueur monte de Strasbourg à Bâle 0,6 t, de Mannheim à Strasbourg 1,5 à 1,75 t, et 7 t partout ailleurs.

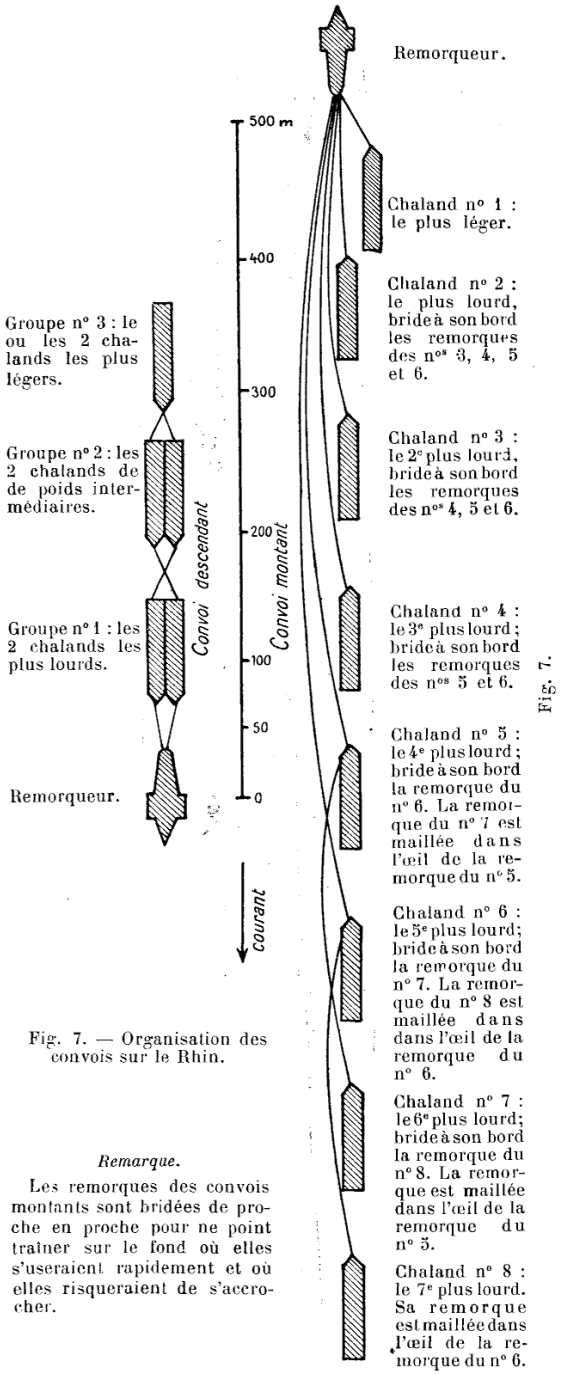



Fig. 7. — Organisation des convois sur le Rhin.

Fig. 7.

*Remarque.*

Les remorques des convois montants sont bridées de proche en proche pour ne point traîner sur le fond où elles s'useraient rapidement et où elles risqueraient de s'accrocher.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le remorqueur à hélice est de dimensions beaucoup plus réduites que le remorqueur à aubes. Mais il a un tirant d'eau plus fort, qui dépasse parfois 2 m. Le remorqueur à hélice, assez fréquent jusqu'à Strasbourg, se rencontre surtout en aval de Mannheim; en aval de Ruhrort il n'y a plus que des remorqueurs de ce type, car la profondeur du chenal ne s'oppose pas à l'emploi de ces remorqueurs à fort tirant d'eau. Leur puissance est de 500 à 600 ch en général, au maximum de 1.400. Beaucoup d'entre eux ont deux hélices. Les hélices tournent dans une cage ou dans une voûte pratiquée à l'arrière du navire, afin que leur rendement ne soit pas diminué lorsqu'elles travaillent à fleur d'eau : la voûte en effet se remplit d'eau dès que l'hélice est en marche.

*Remorquage des chalands.* — Les remorqueurs ont généralement 6 remorques, enroulées sur des tourets placés à l'avant du bateau par groupes de trois de chaque bord. Un moteur à vapeur actionne ensemble ou séparément ces tourets. Les remorques passent chacune dans un stoppeur, qui les bloque à la longueur voulue et leur sert de point d'attache en cours de route.

A la montée, chaque chaland remorqué a une remorque spéciale, bridée simplement sur les chalands qui le précèdent, afin d'empêcher les remorques de traîner sur le fond, à l'exception cependant du chaland le plus près du remorqueur qui est remorqué indépendamment des autres.

L'intervalle entre le remorqueur et le premier bateau remorqué ne doit pas dépasser 120 m sauf quand il n'y a qu'un seul bateau remorqué : dans ce cas, l'intervalle peut atteindre 200 m. La distance des chalands entre eux est de 30 à 50 m et ne doit pas excéder 80 m.

Les convois descendants ne comprennent le plus souvent que 4 chalands, jamais plus de 6, et 2 seulement en amont de Strasbourg. Les chalands sont accouplés, les chalands chargés, s'il y en a, en tête, les remorques passées en croix. La distance entre les chalands est d'une vingtaine de mètres; entre les remorqueurs et les deux premiers chalands, elle varie de 25 à 60 m, étant d'autant plus faible que le chenal à parcourir est plus étroit ou plus sinueux.

*Bateaux à passagers et de plaisance.* — Les vapeurs à passagers, très nombreux sur le Rhin en aval de Mayence (une soixantaine environ) sont de types divers. Entre Mayence et Cologne et Duisbourg, ils sont généralement à roues; les plus grands ont une longueur de 80 m, une largeur de 17 m, un tirant d'eau de 1,30 m, une puissance de 1.250 ch. Leurs roues ont un diamètre de 4 m et tournent à 45 t:mn.

La vitesse de ces navires est d'une vingtaine de kilomètres à l'heure à la descente, 12 à la montée.

Plusieurs d'entre eux peuvent prendre plus d'un millier de passagers. Quelques-uns transportent aussi des marchandises (300 t). Quelques bateaux à passagers, plus petits, sont à moteurs Diesel.

Les bateaux de plaisance sont, eux aussi, d'un type très varié, depuis le simple canot à voiles jusqu'aux luxueux houseboats.

*Vapeurs de mer.* — Les navires de mer remontent le Rhin jusqu'à Cologne. Il en existe une soixantaine qui relient le Rhin, soit à Londres, soit aux autres ports allemands Emden, Brême, Hambourg, soit aux ports de la Baltique, Danzig, Stettin,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Königsberg. Ce sont des bateaux qui peuvent porter un millier de tonnes de marchandises (le plus grand en porte 1.900 t). Le tonnage total du commerce maritime rhénan (Rotterdam à part) s'élève à 500.000 t.

*Bateaux à voiles.* — Les bateaux à voiles, autrefois très nombreux sur le Rhin, ont à peu près disparu en amont de Cologne. On ne rencontre plus, dans cette partie du fleuve, que de rares barques de pêche à voiles. Sur le Rhin inférieur, au contraire, les bateaux à voiles sont encore assez nombreux. Ce sont des bateaux hollandais à deux mâts, appelés *aak* ou *kast*, d'une portée de 400 t, longs de 45 m, et de 2 m de tirant d'eau. Ils sont munis par le travers de deux dérives ou driveurs, panneaux de bois verticaux articulés le long de la coque et qu'ils laissent tomber dans l'eau pour naviguer vent de travers ou au plus près.

*Les radeaux de bois.* — On constitue environ par an une centaine de radeaux de bois, qui, presque tous, sont remorqués par des vapeurs. Ce flottage n'existe pas en amont de Mannheim. Les plus grands radeaux comprennent 2.500 à 3.000 t de bois, les plus petits 200 t. Le flottage se chiffre dans les ports rhénans à 200.000 t de bois par an. Sur le Main, le flottage atteint 150.000 t.

*Difficultés de la navigation sur le Rhin.* — Les difficultés de la navigation sur le Rhin sont plus grandes qu'on ne le croit généralement. Ces difficultés sont dues :

au courant qui rend certaines manœuvres très délicates surtout pour les bateaux descendants ;

aux nombreux écueils, bancs de sable et graviers, qui, en plusieurs endroits, rendent le chenal praticable très étroit et très sinueux ;

sur le Rhin supérieur s'ajoute l'incertitude de la situation exacte de ces bancs, qui se déplacent après chaque crue ;

à la longueur des convois, qui dépasse souvent 500 m ;

enfin à la densité de la navigation : il n'est pas rare qu'il y ait dans la largeur du fleuve 3 convois qui se croisent ou se rattrapent.

D'après les statistiques de la Commission centrale du Rhin, qui ne relèvent que les accidents les plus importants, il se produit par an sur le fleuve 250 accidents, causant la perte complète de plus de 30 bâtiments, et la mort d'une dizaine de personnes.

La plupart de ces accidents sont dus à des échouages, à des abordages, à des avaries au passage des ponts.

La construction relativement frêle de tous les bateaux rhénans rend les accidents toujours assez graves, et il n'est pas rare qu'un chaland ou un remorqueur échoués et en porte-à-faux se casse aussitôt en deux.

Outre les accidents que relève la Commission centrale, il en existe quotidiennement d'autres de moindre importance. Parmi ceux-ci, les plus fréquents sont dus à l'entraînement des masses d'eau du fleuve par les bateaux qui vont trop vite dans les parages peu profonds : ces entraînements d'eau cassent les remorques ou les amarres des bateaux voisins. Aussi doit-on à tout instant non seulement se préoccuper des règles d'abordage habituelles, mais encore de la hauteur de l'eau.

On peut dire sans exagération que dans certains secteurs du Rhin, la navigation est de l'acrobatie.

*Nationalité de la flotte rhénane.* — La proportion du tonnage allemand dans la navigation du Rhin est d'environ 45 p. 100, du tonnage hollandais 35 p. 100, du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tonnage belge 12 p. 100, du tonnage français 7 p. 100, du tonnage suisse 2 p. 100.

Les chalands allemands, au nombre de 3.400, représentent 2.700.000 t, les chalands hollandais 2.100.000 t, les chalands belges 800.000 t, les chalands français, au nombre de 260, représentent 350.000 t.

520 remorqueurs portent le pavillon allemand, dont 57 ont une puissance supérieure à 1.000 ch; 540 remorqueurs sont hollandais, dont un seul a une puissance supérieure à 1.000 ch; 83 remorqueurs sont belges; 53 français, dont 11 ont une puissance supérieure à 1.000 ch.

La flotte française rhénane dont nous venons de parler, chalands et remorqueurs, provient presque en totalité des cessions faites par l'Allemagne à la France en vertu du traité de Versailles.

Les 60 bateaux à passagers sont tous allemands, à l'exception de 4 qui sont hollandais.

*Personnel de la flotte rhénane.* — On estime à une cinquantaine de mille le nombre des marins qui naviguent sur le Rhin.

Ces bateliers rhénans peuvent se diviser en 4 catégories :

les simples matelots;

les matelots patentés, qui seuls peuvent être patrons mariniers;

les chauffeurs et mécaniciens;

les pilotes.

L'embarquement des simples matelots, qu'ils soient appelés novice, mousse, compagnon, aide-marinier, etc., est à l'agrément du patron du remorqueur ou du chaland; des ordonnances et des règlements de police ont fixé la composition des équipages suivant le tonnage et la puissance des moteurs.

A l'exception des matelots hollandais, qui ne sont soumis à aucune formalité, les matelots rhénans doivent, dès qu'ils sont embauchés, posséder un livret de service sur lequel le patron inscrit les emplois successifs du titulaire.

Nul ne peut être nommé patron d'un bateau naviguant sur le Rhin sans avoir reçu une patente spéciale, délivrée par les autorités des divers états représentés à la Commission centrale du Rhin, c'est-à-dire la Belgique, les états allemands, la France, l'Angleterre, la Hollande, l'Italie et la Suisse.

La patente n'est délivrée que si certaines conditions d'âge et de navigation sont remplies par les candidats : pour les patrons des bâtiments munis de moyens mécaniques, 7 ans de navigation dont 12 mois au moins sur le fleuve; pour les chalands, 6 ans de navigation.

Des écoles de navigation rhénane, au nombre de huit, permettent de diminuer très sensiblement le temps de navigation exigé pour l'obtention d'une patente de batelier. Il existe à Strasbourg une école de ce genre pour les bateliers français.

Le pilotage n'est pas obligatoire sur le Rhin. Il existe cependant plus de 300 pilotes, dont 20 français. Pratiquement, on ne navigue pas sans pilote dans les sections difficiles, comme de Bâle à Strasbourg, de Strasbourg à Mannheim, de Bingen à Saint-Goar. Les compagnies d'assurance exigent d'ailleurs l'emploi des pilotes dans ces sections-là.

Pour obtenir une patente de pilote, il faut être patenté batelier et avoir 7 années de navigation sur le Rhin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Nationalité des bateliers rhénans.* — Il serait naturel que la nationalité des bateliers rhénans se répartît à peu près proportionnnellement à l'importance de chaque flotte rhénane. Si cette proportion est respectée en ce qui concerne les Allemands, les Hollandais et les Belges, il n'en est rien en ce qui concerne les Français. La flotte française, qui occupe environ 1.500 mariniers, n'emploie pas 100 Français. Ce sont des bateliers rhénans allemands qui naviguent sous pavillon français.

Cette anomalie se justifie pour les raisons suivantes :

En 1921, au moment où l'Allemagne a cédé à la France une partie de sa flotte rhénane, il n'existait aucun batelier rhénan alsacien.

Les compagnies françaises de Strasbourg, chargées d'exploiter les bateaux rhénans, ont obtenu que le personnel allemand restât à leur disposition pendant 5 ans. Ce personnel a donné toute satisfaction aux compagnies ; il fut fidèle en temps de grève, et il est plus docile que les équipages français. Aussi les compagnies ne mirent-elles pas beaucoup d'empressement à le remplacer par un personnel français, difficile d'ailleurs à recruter.

Les mariniers allemands ont donc été conservés; l'Allemagne reste, en définitive, maîtresse de la navigation française sur le Rhin, puisqu'elle fournit plus des 9 dixièmes du personnel, et qu'elle pourrait le retirer à son gré.

*L'exploitation de la batellerie rhénane.* — La batellerie rhénane est aujourd'hui répartie, presque en totalité, en grandes sociétés.

En Allemagne, 4 cartels principaux se partagent la flotte : ce sont le Kohlenkontor, filiale du Kohlen-Syndikat, qui groupe les principaux établissements miniers de la Ruhr, le cartel prussien, le cartel bavarois et le cartel badois.

Ces cartels font partie du système de combinaisons dites verticales, actuellement très répandues en Allemagne, qui groupent les sociétés industrielles s'occupant du même champ de production, depuis les matières premières jusqu'aux produits finis, en y comprenant les moyens de transport, les entrepôts et les appareils de déchargement (transbordeurs, grues, etc.). Dans ces combinaisons, les moyens de transport, tels que la batellerie rhénane, ne sont que des accessoires ; ils n'ont pas à faire par eux-mêmes de bénéfice, ce qui permet de maintenir les frets très bas.

On comprend que, dans ces conditions, la concurrence des sociétés qui gèrent uniquement du matériel flottant soit très difficile, et que le marinier qui possède un chaland ne puisse gagner sa vie sans s'affilier lui-même à une de ces sociétés. Ces mariniers propriétaires ont formé un groupement nommé *Jus et Justitia*, pour sauvegarder leurs intérêts corporatifs contre la concurrence des grandes compagnies de navigation. Mais leur existence reste précaire.

En Hollande, en Belgique et en France, les remorqueurs et les chalands sont aussi groupés en sociétés. En France, la Compagnie générale pour la Navigation du Rhin exploite tous les remorqueurs français; les chalands sont répartis en plusieurs sociétés et cet éparpillement est sans doute préjudiciable aux intérêts de la flotte rhénane française considérée dans son ensemble.

*Réglementation de la navigation du Rhin.* — Le Rhin, traversant plusieurs pays, a dû être soumis à une réglementation très stricte. Péages arbitraires exigés par les seigneurs riverains qui rançonnaient sans pitié les bateliers, relâches forcées dans toutes les villes pour y acquitter des droits exorbitants, monopole des bateliers de chaque état pour la traversée de cet état, tous ces privilèges ne furent abolis qu'au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

début du XIXe siècle. Diverses conventions réglementèrent alors la navigation, qui fut considérée comme libre, sous le rapport du commerce.

La convention encore en usage, celle de Mannheim, date de 1868. Elle a institué dans les pays riverains des tribunaux spéciaux pour la navigation du Rhin, ainsi qu'une Commission centrale qui juge en dernier ressort de tous les litiges relatifs au fleuve. C'est la Commission centrale qui est chargée d'unifier tous les réglements des divers états et d'établir les ordonnances de police de la navigation valables pour tous.

Le traité de Versailles a maintenu en vigueur la Convention de Mannheim, tout en ordonnant sa revision, afin de moderniser, dans la mesure du possible, la règlementation actuelle, un peu routinière. La Commission centrale, dont le siège est désormais à Strasbourg, comprend des représentants de la France, des états allemands, de la Suisse, des Pays-Bas, de la Belgique, de la Grande-Bretagne et de l'Italie. L'Allemagne n'a plus la prépondérance à la Commission et la présence de délégués de nations qui n'ont pas d'intérêts directs dans la navigation rhénane fait espérer que les questions soumises à la Commission seront désormais traitées avec impartialité et que le principe de la liberté de la navigation sera strictement maintenu.

## CHAPITRE IX. — LES PORTS RHÉNANS.

Tout le long du Rhin navigable s'échelonnent des ports, dont quelques-uns se classent parmi les premiers ports d'Europe pour l'importance du trafic.

Ces ports comprennent non seulement des quais aménagés sur les rives du Rhin lui-même, mais surtout d'énormes bassins creusés dans l'intérieur des terres et raccordés au fleuve par de larges chenaux. Les quais sont très élevés comme ceux d'un port à marée sur l'océan, car le niveau du fleuve varie, suivant l'état des eaux, sur une grande échelle, qui dépasse 8 m.

Sur ces quais sont construits de vastes entrepôts, dans lesquels les chalands, obligés de s'alléger en cours de route par la baisse des eaux, déposent leurs marchandises. La variation du niveau du fleuve oblige d'ailleurs à travailler à force pendant la période des eaux favorables, et à constituer des stocks qui seront écoulés petit à petit au moment des basses eaux.

Très souvent, le long des quais s'installent des établissements industriels, qui reçoivent ainsi directement par le fleuve leurs combustibles et leurs matières premières.

Des grues nombreuses et puissantes, des ponts de transbordement pour charbons, des élévateurs à grains forment l'outillage très moderne, et très approprié au trafic fluvial, de ces ports, que de nombreuses voies ferrées raccordent aux réseaux des chemins de fer rhénans.

Il existe 70 ports sur le Rhin, une quinzaine sur la rive gauche, les autres sur la rive droite. Les plus importants sont, d'amont en aval : Strasbourg, Kehl, Karlsruhe, Spire, Rheinau, Ludwigshafen, Mannheim, Worms, Gustavburg, Mayence, Coblence, Wesseling, Cologne, Neuss, Dusseldorf, Crefeld, Rheinhausen, Duisburg-Ruhrort, Walsum, Schwelgern-Alsum, Wesel.

Le trafic total des ports du Rhin, les ports maritimes exclus, est de 65 millions de tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant donne la liste des ports dont le trafic a dépassé un million de tonnes en 1928 et en 1929 :

| | 1928 | 1929 |
|---|---|---|
| Strasbourg | 5.372.000 t | 4.773.000 t |
| Karlsruhe | 2.141.000 t | 2.321.000 t |
| Mannheim-Rheinau | 5.828.000 t | 5.835.000 t |
| Ludwigshafen | 4.110.000 t | 4.002.000 t |
| Mayence | 1.613.000 t | 1.529.000 t |
| Wesseling | 2.357.000 t | 2.432.000 t |
| Cologne | 2.529.000 t | 2.418.000 t |
| Dusseldorf | 2.018.000 t | 1.901.000 t |
| Rheinhausen | 2.243.000 t | 2.500.000 t |
| Duisburg-Ruhrort | 20.232.000 t | 22.303.000 t |
| Ruhrort-Meiderich | 1.008.000 t | 1.073.000 t |
| Walsum | 2.592.000 t | 2.526.000 t |
| Schwelgern-Alsum | 5.461.000 t | 6.353.000 t |

PORT DE STRASBOURG. — Le port rhénan de Strasbourg ne date que de 1892. Auparavant, Strasbourg ne figurait pas dans la navigation rhénane, qui s'arrêtait pratiquement à Mannheim.

Le premier port fut le *port de la Porte d'Austerlitz*, creusé le long du canal dit de jonction, qui relie entre eux, et au Rhin, le canal du Rhône au Rhin et le canal de la Marne au Rhin. Il communique avec le Rhin par une écluse de 107 m de longueur, 12 m de largeur, 2,75 m de profondeur, accessible donc aux chalands rhénans.

Le port d'Austerlitz, qui a près de 4 km de rives utilisables, est surtout un port charbonnier, comprenant d'importantes fabriques de briquettes; l'une d'elles peut fabriquer 65 t de briquettes à l'heure. La briquette de houille est un produit fragile, qui exige un arrimage délicat, et par suite coûteux, à bord des bateaux. Il y a donc intérêt à ne la fabriquer qu'au terminus du transport des charbons par la voie fluviale et c'est pourquoi Strasbourg possède de nombreuses briquetteries.

*Le port du Rhin* fut terminé en 1901. Il communique directement avec le fleuve, sans passage d'écluse, par le petit Rhin, approfondi et élargi.

Il comprend deux bassins, creusés dans l'île de l'Éperon, que le petit Rhin forme avec le Rhin : le *bassin du commerce* (2.800 m de rives), le *bassin de l'industrie* (2.700 m de rives).

Le bassin du commerce est surtout affecté au commerce des céréales et aux moulins. Les entrepôts, les moulins et les silos à grains, munis d'élévateurs à grains à godets, et de grues électriques à portiques, peuvent contenir 200.000 t de céréales et la puissance de mouture des moulins est de 7.000 sacs en 24 heures.

Le bassin de l'industrie possède divers établissements industriels (forges, constructions mécaniques) et de puissantes installations charbonnières, qui permettent de décharger plus de 500 t de charbon à l'heure, et de stocker 500.000 t.

Les installations dont il vient d'être question existaient avant 1914. Elles ont été complétées depuis 1918 par les suivantes :

Le canal de jonction, qui relie le port d'Austerlitz à l'écluse du petit Rhin, en longeant les anciens remparts de la ville, a été élargi et est devenu le *bassin des Remparts*, beau bassin de 60 m de largeur et de 1.500 m de longueur. Ce bassin est particulièrement affecté au chargement des potasses.

Un bassin spécial pour les pétroles, de 900 m de longueur, a été aménagé au nord du port du Rhin actuel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces premiers travaux, combinés avec l'amélioration des anciennes constructions, ont permis à Strasbourg d'effectuer un trafic qui a dépassé, en 1928, 5 millions de tonnes — trafic qui classait Strasbourg, cette année-là, au quatrième rang des ports de France, après Paris, Marseille, Rouen. Mais comme on envisage que ce trafic continuera à se développer encore, pour atteindre dans un avenir assez rapproché 10 millions de tonnes, on a entrepris la construction d'un nouveau port, qui comprendra 6 grandes darses, sera placé au Sud de la ville et débouchera sur le Rhin en amont des ponts de Strasbourg à Kehl.

Ces ponts ayant un tirant d'air trop faible pour permettre le passage des bateaux rhénans, le nouveau port communiquera avec le bassin des Remparts par une grande écluse. On envisage d'ailleurs la surélévation des ponts de Strasbourg à Kehl, si le besoin du trafic l'exige.

*Rôle et importance du port de Strasbourg.* — Le port de Strasbourg doit son importance à deux raisons principales :

1° Il est situé au point où le Rhin cesse d'être commercialement navigable;

2° Il dessert par un réseau de voies navigables et de chemins de fer commodes tout un arrière-pays, qui s'étend jusqu'à Toul, Épinal, Dijon, Lyon, et qui n'a pas d'autre débouché plus pratique vers la mer.

Strasbourg est avant tout un port d'importation de charbon et de céréales, et un port d'exportation de potasse et de minerais de fer.

Les charbons proviennent surtout du bassin westphalien de la Ruhr. Mais, le cas échéant, Strasbourg peut importer des charbons anglais, dont le prix, rendu à Strasbourg, est sensiblement le même qu'à Rouen. Pas moins de 18 départements français ont intérêt, au point de vue des tarifs de transport, à s'approvisionner de charbons à Strasbourg, et ces départements consomment plus de 3 millions de tonnes.

Les céréales proviennent d'outre-mer, par Anvers et Rotterdam.

Les potasses proviennent de la haute Alsace, et les minerais de fer du bassin lorrain.

A Strasbourg, aboutissent deux canaux importants : le canal de la Marne au Rhin, auquel sont reliés le canal de la Sarre et le canal de la Moselle, qui aboutira bientôt à Thionville; le canal du Rhône au Rhin, avec ses embranchements vers Colmar, Mulhouse, et Huningue, ce dernier permettant à Strasbourg d'être relié en toute saison avec Bâle par voie d'eau, même lorsque le Rhin supérieur n'est pas navigable.

*Trafic du port de Strasbourg.* — Le trafic du port de Strasbourg n'a cessé de croître jusqu'en 1928. Il semble provisoirement stabilisé aux environs de 5 millions de tonnes. Voici le résultat des dernières années :

| | |
|---|---|
| 1913. . . . . | 1.988.000 t |
| 1922. . . . . | 1.905.000 t |
| 1924. . . . . | 2.730.000 t |
| 1925. . . . . | 3.570.000 t |
| 1927. . . . . | 4.331.000 t |
| 1928. . . . . | 5.329.000 t |
| 1929. . . . . | 4.773.000 t |

En 1928, les entrées (2.758.000 t) sont sensiblement égales aux sorties (2.571.000 t). En 1929, les entrées n'ont pas diminué sensiblement (2.735.000 t) tandis que les sorties n'ont été que de 2.038.000 t.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



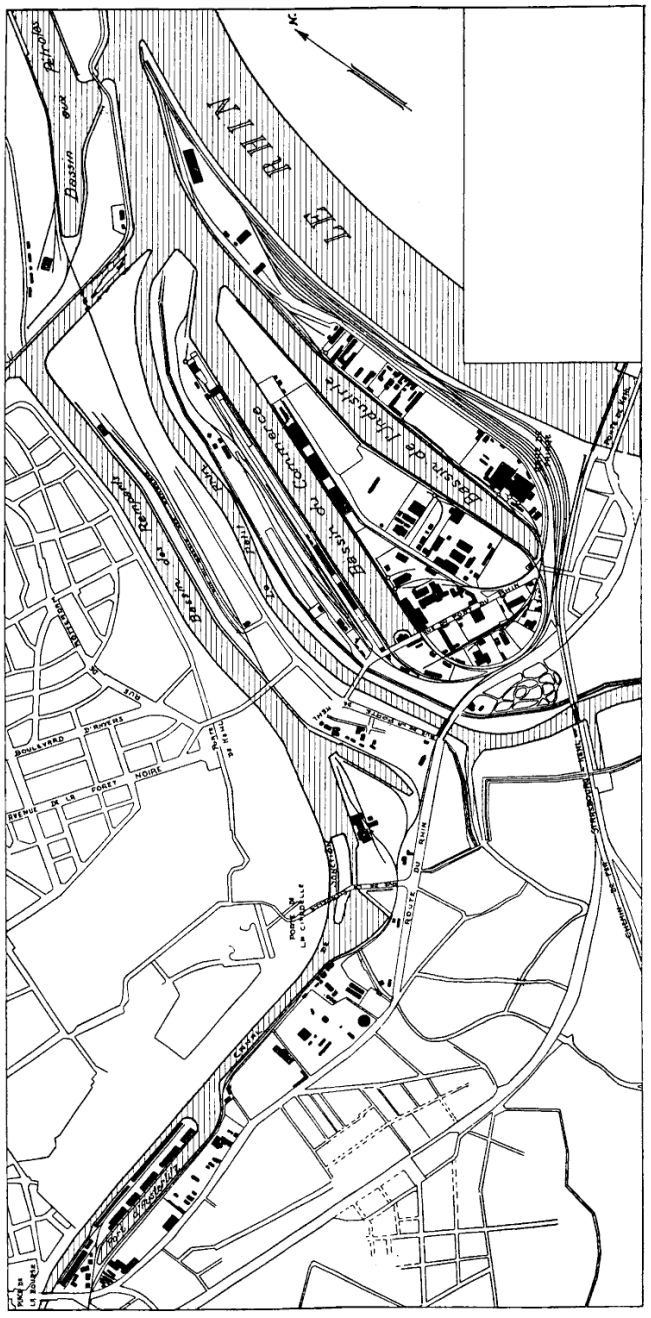



Fig. 8. — Le port de Strasbourg.

Les marchandises ont été transportées, à l'entrée en 1928, à bord de 4.071 chalands et 220 porteurs, à la sortie à bord de 3.946 chalands et 222 porteurs.

Les principales marchandises importées sont : les charbons (1.789.000 t), les céréales (624.000 t); les principales marchandises exportées sont : les minerais de fer (1.619.000 t en 1928; 1.141.000 t en 1929), les potasses (572.000 t). Il faut noter en outre à l'importation : les pétroles (80.000 t en 1928; 123,000 t en 1929), les matériaux de construction (77.000 t); à l'exportation les soudes de Lorraine (139.000 t).

Port de Kehl. — Le port de Kehl fut construit par le duché de Bade pour faire concurrence au port de Strasbourg et pour lui enlever le trafic destiné à la Suisse ou à l'Italie. Deux grandes darses, l'une de 2.700 m de longueur, l'autre de 1.700 m, furent creusées avec un débouché dans le Rhin à 2 km en aval de l'entrée du port de Strasbourg. Une troisième darse fut amorcée, mais elle est restée inachevée. Les 10.800 m de rives utilisables furent dotés de vastes entrepôts, de silos à céréales, de grues, de ponts roulants pour déchargement du charbon, de voies ferrées, afin d'en faire un port rhénan de premier ordre.

Ces installations magnifiques n'eurent pas le résultat escompté, car Kehl n'a pas l'arrière-pays dont dispose Strasbourg : il n'existe pas de ville importante entre le Rhin et les montagnes de la Forêt-Noire, d'ailleurs toutes proches du fleuve, et Kehl n'est qu'une petite ville de 10.000 habitants.

Après la guerre, afin de permettre à Strasbourg d'assurer le trafic que le retour de l'Alsace à la France allait lui procurer, les ports de Strasbourg et de Kehl furent constitués en un organisme unique. Mais ce régime a cessé en 1928. Dans les conditions normales, le trafic du port de Kehl atteignait avant la guerre 500.000 t par an (510.000 t en 1913). Toutefois, il est probable que, par tous les moyens, l'Allemagne essaiera de profiter du port de Kehl pour nuire au développement du port de Strasbourg. Diverses ententes économiques conclues avec la Suisse ne paraissent pas avoir d'autre but. Le trafic du port de Kehl, en 1929, a dépassé 1.500.000 t.

Port de Mannheim. — Port de transbordement de marchandises dès le début du XIX$^{e}$ siècle, Mannheim, situé au confluent du Rhin et du Neckar, n'est devenu un grand port rhénan qu'à partir de 1880, après l'achèvement des travaux de régularisation du Rhin, qui permirent aux chalands de remonter à Mannheim en toutes saisons, avec un tirant d'eau de 2 m au moins. C'est alors que furent construits les bassins du port, dont l'ensemble ne fut terminé qu'en 1902.

Le port de Mannheim comprend :

1° Le *Rheinhafen*, c'est-à-dire les quais sur le Rhin lui-même, qui s'étendent sur une longueur de 4 km. Sur ces quais sont installés des entrepôts, des greniers à grains, des scieries, des moulins, desservis par 42 grues, 7 élévateurs à grains, 6 ponts roulants électriques.

La France dispose, en vertu du traité de Versailles, de 200 m de quais, d'un grenier à grains, afin de pouvoir alléger à Mannheim, sans compter sur le bon vouloir des Allemands, les chalands qui ne peuvent remonter jusqu'à Strasbourg avec leur plein chargement.

Au nord de ces quais, de l'autre côté de l'entrée du Mühlauhafen, se trouve le dépôt des pétroles, dont les citernes contiennent 55 millions de litres;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

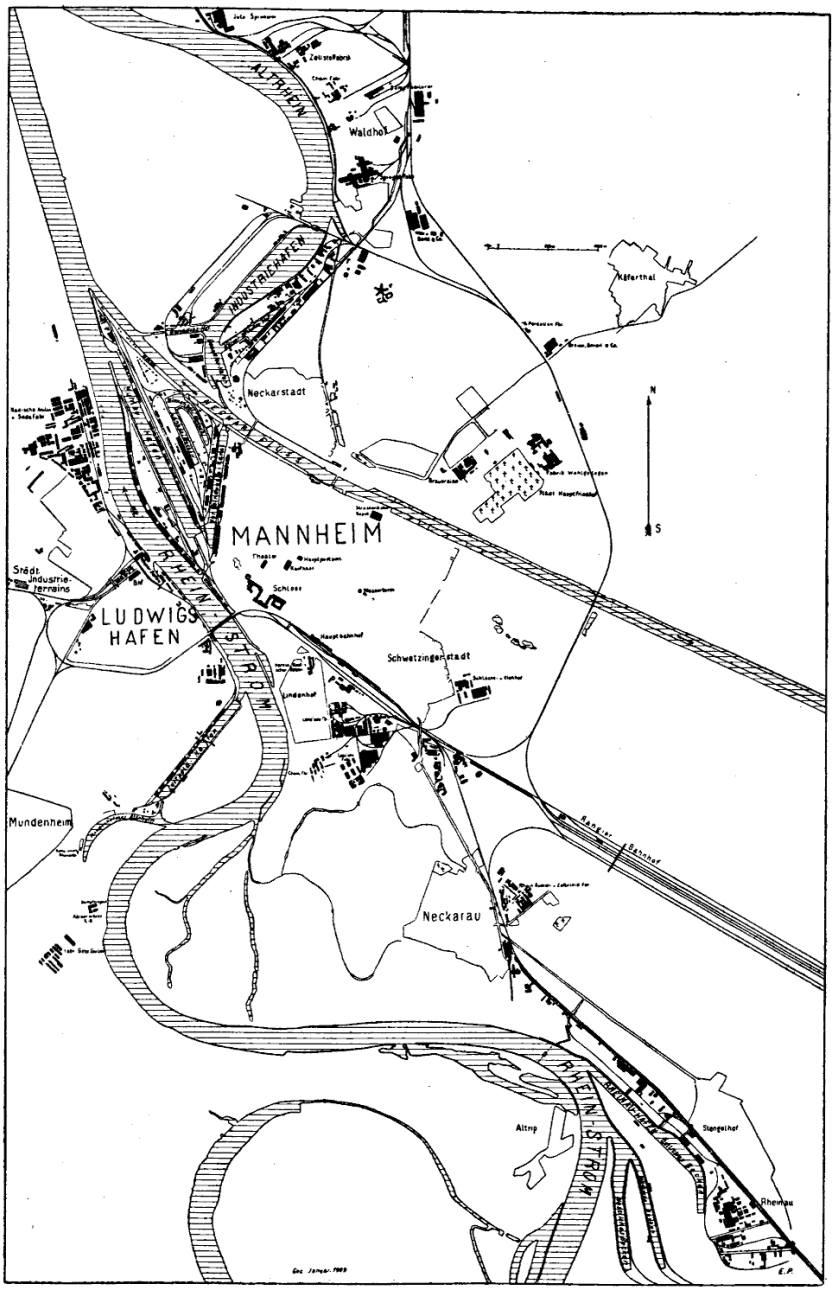



Fig. 9. — Ports de Mannheim, Ludwigshafen, Rheinau.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Les quais du Neckar* sur une longueur de 4 km, où accostent surtout les bateaux qui proviennent du Neckar ;

3° Le *Mühlauhafen*, bassin creusé parallèlement au Rhin, long de 2 km, large de 120 m. Il s'ouvre sur le Rhin en aval du Rheinhafen, et communique en amont avec le Rhin par une écluse de 96 m de longueur et avec le Neckar par le Verbindungskanal (canal de jonction). Sur les quais du Mühlauhafen sont des scieries, des dépôts de charbon, des fabriques de briquettes de houille ;

4° Le *Binnenhafen* aboutit au Neckar et se compose de deux bassins parallèles de 500 m et de 700 m de longueur. Il est principalement affecté aux manutentions de charbon ;

5° Tous les établissements dont il vient d'être question sont construits entre le Rhin et le Neckar. Le port industriel a été établi sur la rive droite du Neckar dans un ancien bras du Rhin. Il comprend 4 bassins, dont le plus important, l'*Industriehafen*, a 6 km de longueur et 300 m de largeur.

Le trafic du port de Mannheim se maintient à environ 6 millions de tonnes. C'est surtout un port d'importation. Les charbons occupent la première place. Viennent ensuite les minerais, les fers, les graines oléagineuses, le ciment (à l'exportation), les engrais, les pétroles, les céréales, le sol, le tabac, le sucre.

Le port de Mannheim n'atteindra probablement plus l'importance qu'il avait avant la guerre. Les raisons du déclin sont multiples. Elles sont partiellement la conséquence des corrections de frontière consécutives au traité de Versailles, qui ont privé Mannheim d'une partie de son arrière-pays. L'amélioration du cours du fleuve en amont de Mannheim a détourné au profit de Strasbourg une partie du trafic qui, autrefois, s'arrêtait à Mannheim. Les industries locales, machines agricoles, automobiles, produits chimiques sont toujours très importantes.

Port de Rheinau. — Le port de Rheinau n'est qu'une annexe du port de Mannheim.

Il s'amorce sur le Rhin à 8 km en amont de Mannheim et comprend 4 bassins, dont un appartient à la puissante firme Thyssen. C'est avant tout un port charbonnier : le Rheinische Braunkohlen-Brikett-Syndikat y possède des installations importantes. Mais on trouve aussi des fabriques de chaînes, des usines de produits chimiques (les savons Sunlight), des fabriques de celluloïd.

Le port de Rheinau assure chaque année un trafic de 2 millions de tonnes environ. Il a prospéré à côté du port de Mannheim non seulement parce qu'il possède des installations très commodes, mais aussi parce que le trafic de transit, en passant par Rheinau, bénéficie, pour la Bavière, le Wurtemberg et la Suisse, d'un raccourcissement des transports par voie ferrée qui, quoique très faible, 8 km, donne une réduction de prix appréciable.

Port de Ludwigshafen. — Construit sur la rive gauche du Rhin, en face de Mannheim, le port de Ludwigshafen remplit, pour l'arrière-pays situé sur la rive gauche, le même rôle que Mannheim pour l'arrière-pays situé sur la rive droite.

Le port comprend d'abord 5 km de quais aménagés sur le Rhin lui-même, sur lesquels sont installés de puissants établissements industriels : les usines de produits chimiques Guilini, la Ludwigshafener Walzmühle, et surtout la Badische Anilin- und Soda-Fabrik.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le *Winterhafen* est la partie la plus ancienne du port. Le *Luitpoldhafen* a son entrée à 1 km en amont.

L'outillage du port de Ludwigshafen est très perfectionné; on y remarque de grands transporteurs aériens électriques, au mouvement incessant.

Le trafic annuel est de l'ordre de 4 millions de tonnes. Comme Mannheim, c'est un port d'importation de charbons et de céréales.

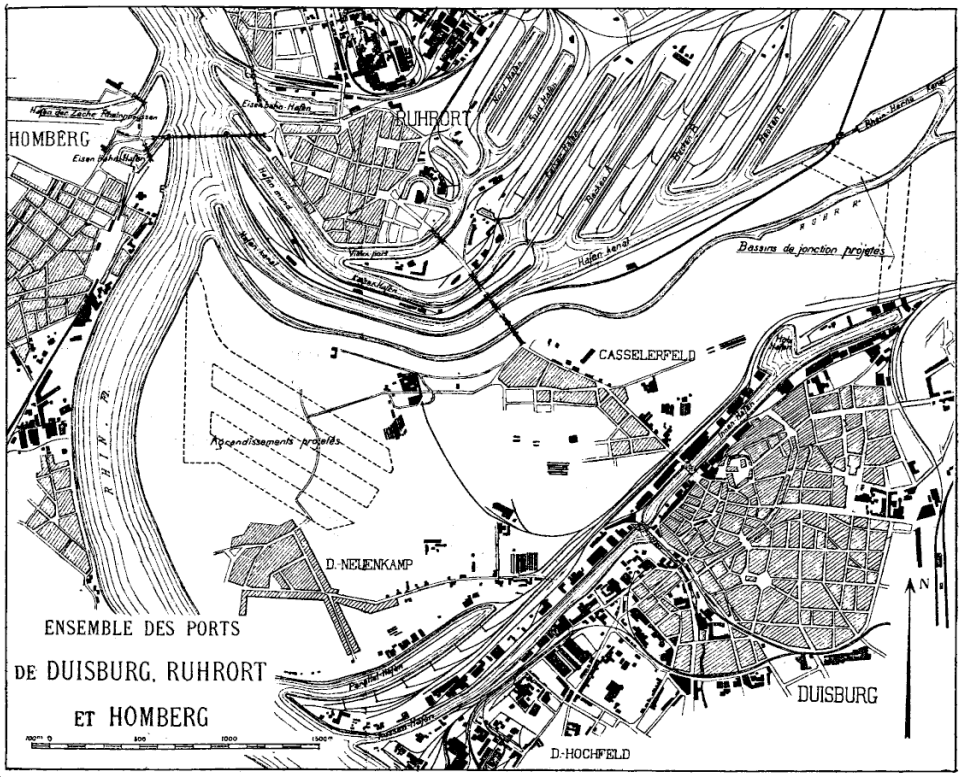



Fig. 10. — Les ports de Duisburg-Ruhrort.

Étant donné le particularisme des états allemands, Mannheim, port de l'état de Bade, ne cesse pas de faire concurrence à Ludwigshafen, port du Palatinat (Bavière), et d'essayer de nuire à son développement. Malgré cette concurrence, le port de Ludwigshafen est un des rares ports allemands dont le trafic ait augmenté depuis 1913 (2.872.000 t en 1913; 4.110.000 t en 1928). Cette augmentation est due au développement considérable de l'industrie dans les environs du port.

Ports de Duisburg-Ruhrort. — L'ensemble des trois ports voisins de Mannheim, Ludwisghafen et Rheinau constitue le principal centre d'importation du Rhin. Les ports jumelés de Duisburg-Ruhrort, au confluent de la Ruhr, sont les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principaux ports d'exportation, le principal élément de trafic étant le charbon de la Ruhr.

Tous deux d'origine ancienne, et après des vicissitudes diverses et une longue rivalité, les deux ports de Duisburg et de Ruhrort, dont la distance à vol d'oiseau est de 1 à 2 km, sont depuis 1905 intimement associés et constituent un organisme unique.

Le port de Duisburg comprend trois bassins, le port extérieur, le port intérieur, le port parallèle, ayant ensemble 11 km de rives. L'outillage comprend 20 élévateurs à grains, 30 grues, dont quelques-unes ont une portée de 20 m, et des basculeurs à charbon, ou kippers, qui permettent de basculer un wagon entier et d'en déverser d'un seul coup tout le contenu dans un chaland. Trois hommes seulement suffisent à la manœuvre, et le rendement de chaque appareil est de 300 t à l'heure.

Le port de Ruhrort s'ouvre sur le Rhin juste au Nord du confluent de la Ruhr, à 2,5 km en aval de l'entrée du port de Duisburg. Ses bassins, bassin du canal, darses A,B,C, Hafenmund, bassin de l'empereur, vieux port, bassin du chemin de fer ont ensemble 20 km de rives aménagées. L'outillage comprend en outre des ponts de transbordement, grues, basculeurs de wagons, une quantité d'épis de déchargement de charbon. Ces épis sont de petites estacades perpendiculaires à la rive et très rapprochées, dont l'extrémité porte une goulotte dans laquelle le charbon est déversé par des wagonnets, pour glisser jusqu'aux cales des chalands.

Le trafic annuel du port de Duisburg-Ruhrort est normalement voisin de 25 millions de tonnes (28 millions en 1913; 20,4 millions en 1928; 22,3 millions en 1929), dont 15 millions de tonnes à l'exportation, 10 millions de tonnes reçues.

Les exportations portent presque uniquement sur le charbon : on charge de 40.000 à 50.000 t de charbon par jour ouvrable.

Les importations comprennent 4 millions de tonnes de minerais de fer destinés à alimenter la puissante industrie métallurgique du bassin de la Ruhr; près de 2 millions de tonnes de sable, de marnes constituant le fondant nécessaire aux usines métallurgiques, et plus de 2 millions de tonnes de céréales et farines pour l'alimentation de la nombreuse population ouvrière.

*Canal de Herne au Rhin.* — Le canal de Herne au Rhin, qui débouche à Ruhrort dans le bassin du canal, est une véritable annexe du port de Ruhrort. Ce canal a 58 km de longueur; il traverse la région minière comprise entre la Ruhr et la Lippe; accessible à des chalands de 1.300 t, il assure un trafic annuel de 19 millions de tonnes. Sur son parcours existent 19 ports, dans lesquels le charbon arrive directement aux chalands dans les bennes mêmes qui l'ont extrait des mines.

*Gross-Duisburg.* — Le port de Duisburg-Ruhrort est en train de déborder sur la rive gauche du Rhin, et va bientôt englober les villes de Homberg et de Hamhorn. Le « Gross Duisburg » qui résultera de cette expansion aura 800.000 habitants, et sera le plus grand port fluvial du monde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CHAPITRE X. — LES PORTS MARITIMES.

Les ports maritimes directement reliés au Rhin par des voies fluviales, courtes et pratiques, sont les ports de Rotterdam, d'Anvers et d'Amsterdam, ce dernier étant d'ailleurs moins important que les deux autres.

Le trafic rhénan de ces 3 ports atteint 32 millions de tonnes, dont 14 millions viennent du Rhin (charbons surtout) et 18 millions sont expédiés vers le Rhin (surtout minerais de fer provenant d'Espagne et de Suède, céréales de Roumanie, des États-Unis, d'Argentine).

Port de Rotterdam. — Le port de Rotterdam, dont on a fêté en 1928 le six centième anniversaire, est un des premiers ports du monde. En 1928, le trafic des marchandises a été de 35 millions de tonnes (20 millions à l'importation, 15 millions à l'exportation), alors que le trafic de Marseille n'a pas dépassé cette année-là 9 millions.

Le trafic rhénan proprement dit passant par Rotterdam est de 29 millions de tonnes (14 millions de tonnes venant du Rhin, 15 millions allant vers le Rhin). Les trois quarts du trafic du port de Rotterdam ont donc le Rhin pour base.

Rotterdam est situé à 33 km de la mer, sur la nouvelle Meuse, qui se raccorde aux deux bras principaux du delta du Rhin, le Waal et le Lek. Il est accessible aux bateaux de mer par un chenal presque entièrement creusé par la main des hommes, le Nieuwe Waterweg, qui a une profondeur de 10 m à marée basse. Ce chenal doit être encore approfondi et élargi, de façon à présenter, sur une largeur de 100 m, une profondeur de 11 m à marée basse, de 12,50 m à marée haute.

Le grand avantage de Rotterdam, en ce qui concerne le trafic rhénan, le seul qui nous occupe ici, est de posséder une nappe d'eau spacieuse, où les navires de mer peuvent transborder directement leurs marchandises dans les chalands rhénans, et *vice versa*.

Parmi les bassins, le Waalhafen, le plus grand du monde, a une superficie de 300 ha, une longueur de 2.500 m, et, sur lui, se greffent huit darses de 1.000 m chacune.

L'outillage du port comprend un grand nombre d'appareils flottants sur chalands, grues de toutes sortes, transbordeurs et élévateurs pour charbons, élévateurs pneumatiques à céréales.

Les élévateurs à grains sont des sortes de châteaux forts d'une vingtaine de mètres de hauteur, construits sur des pontons de 30 m de longueur et de 10 m de largeur.

Les transbordeurs de charbon, qui puisent directement le charbon dans les chalands et le déversent par un tapis roulant dans les navires, ont un débit atteignant 1.000 t à l'heure.

*Le grand Rotterdam.* — En 1929, la ville de Rotterdam s'est annexé huit communes, si bien que son port s'étendra à l'avenir sur une longueur de plus de 22 km, englobant Schiedam et Wlaardingen, et sur la rive gauche Pernis, où seront creusés de nouveaux grands bassins.

Port d'Anvers. — Le port d'Anvers est, lui aussi, un des premiers ports d'Europe, avec un trafic annuel de 25 millions de tonnes (24.326.000 t en 1929).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce trafic, il entre normalement 6 millions de tonnes de marchandises en provenance ou à destination du Rhin.

Au point de vue du trafic rhénan, le port d'Anvers présente deux infériorités notables sur le port de Rotterdam :

1° D'abord la liaison avec le Rhin n'est pas directe. C'est par un détour en territoire néerlandais qu'Anvers communique avec le Rhin; les bateaux fluviaux, entre Anvers et le Rhin, suivent l'estuaire de l'Escaut jusqu'à Hansveert, sur la côte méridionale de l'île de Zuid-Beveland; de Hansveert à Wemeldingen, ils traversent Zuid-Beveland par un canal maritime, fermé à chaque extrémité par de grandes écluses; de Wemeldingen, les bateaux gagnent le Waal dans les environs de Dordrecht par les canaux néerlandais. Les bateaux rhénans ont ainsi une cinquantaine de kilomètres de plus à parcourir pour aller à Anvers que pour se rendre à Rotterdam, avec la sujétion de passer deux écluses. D'autre part, dans cette partie du parcours, la navigation est souvent rendue dangereuse par les tempêtes; les chenaux ne cessent de s'ensabler, la profondeur est réduite en certains endroits à moins de 2 m. Depuis la fin de la guerre, Anvers s'efforce d'obtenir une voie fluviale plus directe et plus commode avec le Rhin. Le mauvais vouloir de la Hollande ne cesse de s'y opposer;

2° Anvers est l'aboutissement d'un très important réseau ferré et toutes les dispositions de son port ont été prises en vue surtout d'un débarquement et d'un embarquement faciles sur wagons. Des quais très bien aménagés ont été construits, des bassins à flot ont été creusés pour mettre les navires à l'abri de l'important mouvement de la marée (4,20 m d'amplitude moyenne), mais Anvers est loin de posséder les nombreux postes d'amarrage en pleine eau et l'important matériel flottant de Rotterdam.

Malgré cette infériorité, Anvers ne laisse pas d'être un port maritime rhénan important, dont le trafic fluvial proprement dit dépasse tout le trafic de nos ports du Havre ou de Bordeaux. En effet, les très nombreux navires qui relâchent à Anvers ont intérêt à se réapprovisionner en charbon de la Ruhr, transporté par le Rhin, malgré la proximité des mines belges. D'autre part, les négociants anversois, dont le port en eau profonde est situé à 80 km à l'intérieur du continent, dans la partie la plus peuplée de l'Europe, sont en relations d'affaires avec le monde entier (Anvers est le port qui possède le plus de lignes régulières de cargos pour toutes les parties du monde), et leur esprit d'initiative draine vers leur port toutes sortes de marchandises. Ils n'hésitent pas à prendre à leur charge les frais supplémentaires dus à la liaison insuffisante d'Anvers avec le Rhin. C'est ainsi que le port d'Anvers bénéficie actuellement d'accords particuliers avec le port de Strasbourg qui permettent aux marchandises à destination ou en provenance de Strasbourg de passer en franchise à Anvers, alors que, si elles transitent par Rotterdam, elles payent des surtaxes d'entrepôt atteignant une trentaine de francs par tonne.

Port d'Amsterdam. — Amsterdam est relié au Rhin par le canal de la Merwede, long de 71 km, accessible aux chalands rhénans de 1.500 t, mais coupé de plusieurs écluses qui ralentissent la navigation.

Toutefois, Amsterdam a un trafic rhénan qui dépasse 2 millions de tonnes (en 1928, 1.834.000 provenant du Rhin, 620.000 t expédiées vers le Rhin).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 11. — Le port de Rotterdam.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CONCLUSION.

Si le Rhin a pris une importance de symbole dans les relations internationales, ce n'est pas simplement parce que son cours, imposant ou pittoresque, a été chanté par de grands poètes, a inspiré des musiciens de génie, ou a servi de cadre aux légendes primitives de l'Allemagne. Ce n'est pas simplement parce que, sur ses rives, depuis des siècles, n'ont cessé de se heurter les plus belles races de soldats. Ce n'est pas simplement parce que la vaste région qu'il traverse lui doit son modelé géographique, plaines qu'il a couvertes de ses alluvions, montagnes qu'il a percées de son cours impétueux.

La raison prédominante de son importance, c'est d'être navigable. C'est au Rhin navigable que les pays riverains sont redevables de leur prospérité. C'est parce que le Rhin est navigable que la Hollande et la Belgique, au voisinage de son débouché dans la mer, possèdent des ports — Rotterdam et Anvers — qui se classent aux tout premiers rangs des ports européens.

Et c'est aussi — je me hasarde avec précaution sur ce terrain réservé — c'est aussi parce qu'il est navigable que le Rhin n'a plus ce caractère de frontière qu'on lui prête parfois inconsidérément. Il ne constitue pas une séparation naturelle entre deux pays, comme le fait par exemple une chaîne de montagnes ou un désert; il n'est pas, pour employer le vocabulaire des géographes, une zone de dispersion, mais au contraire une zone d'attraction. Par la navigation intense qui se pratique sur le fleuve, il réunit vraiment, du Nord du Sud, et de l'Est à l'Ouest, les régions qui le bordent, les rend solidaires des mêmes intérêts économiques, leur donne une physionomie commune, en fait des « pays rhénans ».

Peut-être ce fleuve, qui fut pendant si longtemps l'objet de compétitions et de querelles, finira-t-il, pour des raisons économiques et géographiques, par unir les peuples au lieu de les diviser.

Qu'il me soit permis de terminer sur ce vœu cette étude sur la navigation du Rhin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'INDUSTRIE MINIÈRE DANS LES COLONIES FRANÇAISES, SON PRÉSENT, SON AVENIR[1],

par M. F. BLONDEL, *Ingénieur en chef des Mines.*

L'industrie minière est un élément de richesse importante pour les pays neufs; non seulement elle entraîne des dépenses de salaires et de constructions qui enrichissent le pays, mais encore elle crée un mouvement d'échanges qui facilite l'organisation d'exploitations agricoles de plus longue durée. Quel est donc l'état de l'industrie minière dans nos colonies? Quel peut être son avenir? Telles sont les questions auxquelles nous nous sommes efforcés de répondre en nous limitant d'ailleurs aux questions générales pour ne pas déborder le cadre nécessairement restreint de cet exposé.

## I. — LA SITUATION ACTUELLE DE L'INDUSTRIE MINIÈRE COLONIALE

*Valeur totale de la production minière coloniale. Son importance par rapport à la production métropolitaine et la production mondiale.* — Quand on parle des mines des colonies, même à un public un peu averti, mais qui n'a pas eu l'occasion de s'intéresser spécialement à ces questions, on se rend compte aisément que l'image inconsciente qui est dans l'esprit des auditeurs est celle du prospecteur isolé, pittoresque, qui se précipite vers les placers d'or. Les exploitations, pense-t-on, doivent être bien rudimentaires, avec les arbres de la forêt proche ou avec les bambous voisins, et tout cela ne paraît pas avoir une importance économique bien considérable.

Il faut dissiper dès l'abord ces idées fausses : les mines des colonies existent réellement et beaucoup d'entre elles sont de très grandes entreprises dont la métropole pourrait être fière si elle les avait sur son sol. Un chiffre pour le montrer : la valeur de la production minière dans les colonies a dépassé depuis plusieurs années la somme de *un milliard* de francs[2]; il existe plusieurs sociétés dont la production annuelle est supérieure à 100 millions de francs. Ces chiffres sont significatifs.

Ce chiffre de un milliard de francs n'est pas négligeable : il ne faut pas oublier, en effet, que la production minière de la France est évaluée à 8 ou 9 milliards de francs; c'est dire que les colonies, si jeunes par rapport à la métropole, peuvent soutenir la comparaison avec elle : ce rapprochement, mieux encore que le chiffre lui-même montre bien l'importance de l'industrie minière coloniale.

Par contre, si on rapporte ce chiffre à la production minière mondiale, on s'aperçoit vite que c'est peu de chose : on peut, avec beaucoup d'incertitude, évaluer la production minière mondiale à 350 milliards de francs, principalement en pétrole et en houille. C'est dire que l'ensemble de la production minière française, métropole et colonies, représente environ 3 p. 100 de la production mondiale. C'est

(1) Conférences faites par l'auteur en séance publique le 8 mars 1930 et le 10 mai 1930.
(2) On trouvera à la fin de cette étude des statistiques qui précisent les chiffres indiqués ici.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dire également que si, comme le prouve le chiffre global de la production, nous avons déjà beaucoup fait pour nos colonies, il reste encore beaucoup à faire.

*Production des diverses colonies. Valeurs totales.* — Près de 90 p. 100 de cette production proviennent de l'Afrique du Nord et de l'Indochine, c'est-à-dire d'un peu moins d'un tiers de notre domaine colonial; les deux autres tiers fournissent à peine 10 p. 100 du total.

Dans cet ensemble, la Tunisie vient en tête avec une production de plus de 300 millions de francs; l'Algérie et l'Indochine viennent ensuite avec près de 250 millions chacune; enfin le Maroc suit avec plus de 150 millions.

Les autres colonies sont très loin en arrière : Madagascar, dont la réputation minière est pourtant établie, n'atteint pas 60 millions; la Nouvelle-Calédonie ne dépasse pas 40 millions; et la Guyane si décriée, peut-être injustement, fournit son contingent de 22 millions. Par contre, les énormes possessions de l'Afrique occidentale et de l'Afrique équatoriale qui, à elles deux, constituent une surface égale aux trois quarts de l'Europe, ne donnent pas plus de 8 millions. Je signalerai pour terminer la production des Établissements français de l'Océanie d'un peu plus de 15 millions de francs et qui constitue une richesse sûre de ces îles perdues dans le Pacifique.

Ce tableau montre l'un des caractères principaux de la situation actuelle de l'industrie minière dans nos colonies; l'inégalité de sa répartition.

*Valeur de la production par kilomètre carré.* — Il serait d'ailleurs à la fois injuste et inexact de s'en tenir à ce classement pour apprécier l'effort minier de chacune de nos colonies. Il est évidemment nécessaire de tenir compte de l'étendue des territoires intéressés; pour simplifier, je vais donc comparer les valeurs des productions par kilomètre carré.

Dans ce classement, la Tunisie vient encore en tête avec une production de près de 2.500 fr au kilomètre carré; ce chiffre paraît élevé si l'on remarque que, pour la France métropolitaine, la production peut être évaluée à environ 14.000 fr : km². La Tunisie nous apparaît donc, à tous les points de vue, comme l'une de nos colonies les plus évoluées en ce qui concerne l'industrie minière.

Par contre, le deuxième rang est obtenu par la Nouvelle-Calédonie, avec environ 1.600 fr : km². Notre possession lointaine du Pacifique est donc une véritable île minière; et, si la production totale, d'environ 35 millions de francs, n'est pas très considérable, c'est que la superficie est elle-même assez faible (moins du vingtième de celle de la France).

Le Maroc et l'Indochine viennent ensuite, à peu près sur le même rang, avec un peu plus de 300 fr : km²; si l'on prend pour l'Algérie, le territoire correspondant administrativement à ce titre, elle descend assez bas, après la Guyane; par contre, si l'on réserve le nom d'Algérie au seul territoire des trois départements du Nord, en laissant de côté les énormes territoires du Sud, l'Algérie se retrouve à son rang général.

D'ailleurs, avec la Nouvelle-Calédonie, le seul changement notable dans le classement des colonies est la Guyane qui passe avant Madagascar; il convient, en effet, de se souvenir que la Guyane est une colonie assez peu étendue, à peine 4 fois plus grande que la Nouvelle-Calédonie; Madagascar est, au contraire, très grande, plus grande que la France.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, nous arrivons à nouveau à ces immenses territoires africains qui constituent d'ailleurs la plus grande partie du domaine colonial français; leur production minérale est bien faible; elle n'atteint pas 1 fr : km². C'est donc là surtout qu'il nous reste à accomplir un effort considérable.

Dans une vue d'ensemble, on peut dire que la production minière des colonies françaises représente à peine 90 fr : km² si l'on tient compte des territoires africains et 300 fr : km² si l'on n'en tient pas compte; pour donner une comparaison, je dirai que la production minière de l'Empire britannique (Grande-Bretagne non comprise) atteint presque 600 fr : km² (3).

Ainsi apparaît — plus nettement peut-être que dans les comparaisons du début — l'inégalité de la répartition de la production minière coloniale; à côté des colonies déjà bien développées au point de vue minier, comme la Tunisie et la Nouvelle-Calédonie, nous en avons d'autres qui le sont moins et d'autres enfin — tout le centre et le Sud de notre Empire africain — qui s'ouvrent à peine à la vie minière.

*Importance relative des divers produits miniers.* — L'étude des produits qui constituent la production minière coloniale nous montrera un autre caractère.

L'élément essentiel de cette richesse est le *phosphate*. La production du phosphate dans les possessions françaises représente plus de 400 millions de francs, c'est-à-dire presque la moitié de la production totale.

La question du phosphate mérite que nous nous y arrêtions quelque peu, non seulement parce que c'est la production minérale principale de nos colonies, mais surtout parce que c'est la seule substance minérale pour laquelle nous soyons maîtres du marché mondial.

La production française de phosphate représente, en effet, environ 60 p. 100 de la production mondiale — bien en avant des États-Unis qui ne produisent qu'un peu plus de 30 p. 100. Le reste des autres pays du monde ne donne pas plus de 6 p. 100.

Mais il y a plus; non seulement, en effet, nous possédons les gisements les plus considérables du monde — la Tunisie à elle seule produit presque autant de phosphate que les États-Unis et ses réserves sont formidables — mais encore, ce qui est plus curieux, nous avons retrouvé des gisements dans toutes les parties du domaine colonial français. D'ailleurs, si l'Afrique du Nord, principal producteur, représente à elle seule 56 p. 100 de la production mondiale, les autres pays français ont encore une production égale à celle de tous les autres pays du monde, en dehors des États-Unis. La France métropolitaine elle-même a des gisements qui lui assurent une production supérieure à celle de tout l'Empire britannique; nous exploitons des phosphates à Madagascar, en Indochine et jusqu'en Océanie, où ils constituent la seule richesse minérale exploitée jusqu'à présent.

On voit ainsi l'importance de cette question des phosphates dans l'économie minière française.

Après les phosphates, les deux productions minérales les plus importantes dans nos colonies sont le fer et le charbon et chacune de ces productions représente environ pour nos colonies 200 millions de francs, un peu moins de la moitié des phosphates. Mais les conditions sont bien différentes.

(3) Voir les statistiques à la fin de cette étude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que la France, sans dominer le marché du *minerai de fer*, y a cependant une place très importante, immédiatement après les États-Unis : la production française de minerai de fer est sensiblement les deux tiers de celle des États-Unis et est plus de 4 fois plus grande que celle du producteur qui vient immédiatement après la France et qui est la Grande-Bretagne. Mais il s'agit là surtout de la production métropolitaine; de telle sorte que la production coloniale, qui est importante, paraît peu de chose à côté de la production métropolitaine. L'ensemble de cette production coloniale est voisine de 3 millions de tonnes : elle provient uniquement de l'Algérie et de la Tunisie et plus spécialement de la première.

Pour le *charbon*, la situation est malheureusement tout autre : la France métropolitaine n'arrive qu'au quatrième rang des producteurs mondiaux, après les États-Unis, la Grande-Bretagne et l'Allemagne : cette production métropolitaine est insuffisante pour nos besoins et nous devons subir une importation considérable. Or, de toutes nos colonies, seule l'Indochine a une production houillère importante; d'ailleurs, en dehors d'elle, on ne peut citer parmi les producteurs de houille que l'Algérie et la Nouvelle-Calédonie qui n'ont en fait qu'une petite production : on peut penser que d'autres productions se révéleront ailleurs — par exemple à Madagascar ou au Maroc — dans un délai assez court; mais je m'en tiens ici à la situation actuelle.

Le charbon indochinois, qui ne peut d'ailleurs en raison de son éloignement venir combler le déficit métropolitain, constitue à l'heure actuelle, l'élément principal de la richesse de l'Indochine : les gisements sont considérables, la qualité excellente, l'exploitation facile, et la production n'est, pour le moment, limitée que par des questions commerciales qui, sans doute, grâce à des mesures qui viennent d'être prises récemment, s'amélioreront rapidement.

Bien que ne venant qu'assez loin en arrière avec environ seulement 100 millions de francs, on peut joindre aux trois principaux produits que nous venons de citer, le *plomb* et le *zinc*. On sait que ces deux substances se rencontrent en général associées dans les mêmes gisements et c'est pourquoi nous les lions ici.

Nos colonies produisent plus de zinc que de plomb (le double sensiblement) mais au total des quantités assez faibles qui ne représentent guère que 4 p. 100 de la production mondiale du zinc et un peu plus de 1,5 p. 100 de la production mondiale de plomb. Toute cette production vient pratiquement de l'Algérie, de la Tunisie et de l'Indochine. Cette dernière ne produit guère que du zinc, tandis que les deux autres ont une production nettement panachée, avec une prédominance du zinc en Algérie et, au contraire, une prédominance de plomb en Tunisie.

Phosphate, fer, charbon, zinc et plomb, tels sont les principaux éléments de notre production minière coloniale : ils représentent, en effet, 90 p. 100 de la valeur totale de cette production : aussi a-t-on pu dire parfois, avec il est vrai quelque exagération, que le reste était un musée d'échantillons.

Il est cependant utile de signaler quelques-uns de ces autres produits qui le méritent par quelque considération particulière.

D'abord le *graphite*, dont l'exploitation, presque entièrement concentrée pour les colonies françaises à Madagascar — il y a également une petite production en Indochine — dépasse 30 millions de francs. Le graphite, comme on sait se pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sente sous deux formes : la forme dite amorphe et la forme dite cristallisée, la plus appréciée. Pour cette dernière, Madagascar et Ceylan sont les deux principaux producteurs et sont à peu près à égalité. Bien qu'au total, sa valeur ne soit pas très grande, en raison du faible tonnage consommé, il y a donc là un produit pour lequel nous faisons bonne figure dans le monde.

On pourrait répéter à peu près les mêmes paroles en ce qui concerne le *nickel* et le *chrome*, principaux éléments de la production de la Nouvelle-Calédonie. Là aussi, notre situation mondiale, sans être prépondérante, est importante — 10 à 20 p. 100 de la production mondiale — et l'on peut espérer certaines améliorations grâce aux efforts notables de sociétés actives. Ces deux produits ne représentent, il est vrai, qu'une vingtaine de millions de francs pour le nickel et qu'une quinzaine pour le chrome, mais les emplois de ces métaux — spécialement les emplois métallurgiques — paraissent en voie de développement de plus en plus considérable.

Enfin, bien que la production d'*étain* de l'Indochine soit encore assez faible (elle n'atteint pas 1 p. 100 de la production mondiale, tout en représentant environ 25 millions de francs) on doit la signaler ici car il paraît bien vraisemblable qu'elle est susceptible d'un accroissement notable.

En regard de ce que nous produisons dans nos colonies, il est nécessaire d'esquisser le tableau de ce qui nous manque.

Le *pétrole*, d'abord. A l'heure actuelle, seule l'Algérie a une production, bien faible, il est vrai. Elle ne dépasse guère en valeur un million de francs. C'est là une de nos faiblesses minières les plus regrettables et les espoirs de combler un peu cette lacune sont encore bien vagues.

Notre production est également bien pauvre en *cuivre* : 2 millions de francs tout au plus, un peu en Algérie et un peu en Afrique équatoriale. Là aussi, cette pauvreté est bien fâcheuse, mais de ce côté il y a peut-être plus d'espoir dans les vastes domaines africains à peine explorés.

Enfin l'*or*. Alors que la production mondiale d'or est de l'ordre de 10 milliards de francs, les colonies françaises n'en produisent guèrent qu'une trentaine de millions : 22 en Guyane, 4 en Afrique occidentale, 3 à Madagascar. On sait d'ailleurs que 70 p. 100 de la production d'or sont entre les mains de l'Empire britannique.

De cette énumération des différents produits miniers de nos colonies, on peut dégager quelques remarques générales : sauf pour le phosphate, et dans une certaine mesure le graphite, nos colonies ne nous donnent la supériorité pour aucun produit; dans la plupart des cas, la production minière coloniale s'inscrit pour quelques pour 100 de la production mondiale; enfin des produits essentiels tels que le pétrole et la houille nous font défaut (sauf en Indochine pour le charbon). Par contre, il existe une assez grande variété de produits. On peut donc espérer que, pour un nombre important de produits, nos colonies pourront nous être d'un puissant secours, lorsque les conditions de leur mise en valeur auront été réalisées.

*Conclusion sur l'état actuel de l'industrie minière.* — On peut, en résumé, retenir de cet exposé d'ensemble deux conclusions :

La première que, contrairement à ce que certains pensent, l'industrie minière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux colonies est non seulement une réalité mais une source considérable de richesses. L'effort qui y a été entrepris et qui date en général de moins de quarante ans, a permis à la production minière coloniale d'atteindre un chiffre respectable qui la place en bon rang auprès de la production minière métropolitaine.

La seconde conclusion est que, cependant, nos mines aux colonies sont encore bien peu de chose dans l'ensemble du monde — comme d'ailleurs les mines métropolitaines; mais ces dernières ne sont guère susceptibles d'extension, et si nous voulons garder quelque espoir de tenir dans l'avenir un rang notable au point de vue minier, tout cet espoir repose sur les mines de nos colonies.

## II. — L'AVENIR DE L'INDUSTRIE MINIÈRE COLONIALE

L'étude du présent a surtout pour but de préparer l'avenir en améliorant, si possible, les conditions qui présideront à son évolution. De l'étude que nous venons de faire de la situation actuelle de l'industrie minière dans les colonies, quelles conclusions pouvons-nous tirer pour l'avenir? Pouvons-nous dès maintenant nous faire une idée de cet avenir; pouvons-nous surtout entrevoir les mesures qu'il y aurait lieu de prendre pour donner au développement minier de nos colonies toute l'ampleur qu'il comporte?

A la vérité, ce problème de prévision et de préparation des gisements miniers de tout un ensemble de pays ne diffère pas, sinon par l'échelle et par l'imprécision des résultats, du problème analogue pour un gisement déterminé. Dans l'un et l'autre cas, il faut examiner deux sortes d'inconnues : celles qui ont trait au gisement lui-même, à ce qu'on pourrait appeler la richesse du gisement : sa nature, la teneur moyenne du minerai, le tonnage total probable, les facilités plus ou moins grandes de l'exécution technique de l'exploitation, etc.; les autres inconnues sont indépendantes du gisement et leur étude s'impose d'ailleurs à l'occasion d'autres problèmes : ce sont les conditions économiques : les débouchés, les possibilités en main-d'œuvre, les voies de communication.

Ces mêmes questions se posent à nous si nous voulons nous faire une idée de l'avenir minier de nos colonies. Il n'est pas dans mon intention de les étudier ici en détail; je voudrais simplement en esquisser quelques traits caractéristiques, en insistant plutôt sur la question de la richesse possible de nos colonies en gisements miniers. C'est par ce problème que nous terminerons cet examen et je voudrais auparavant indiquer rapidement quelques particularités relatives aux conditions économiques extérieures, c'est-à-dire aux débouchés, à la main-d'œuvre et aux voies de communication.

*Étude des débouchés.* — Il va de soi qu'il ne sert à rien de produire si l'on ne vend pas. Vérité évidente, vérité trop souvent méconnue, comme toutes les vérités évidentes qu'il est par conséquent nécessaire de rappeler. Il ne serait pas difficile de montrer qu'il y a trop souvent, dans l'industrie en général et dans l'industrie minière en particulier, une séparation entre le domaine technique et le domaine commercial; c'est d'ailleurs tantôt l'un, tantôt l'autre qui, dans une affaire particulière, domine et dirige; il est rare que l'harmonie soit réalisée.

Cette règle, qui est vraie pour les affaires particulières, est non moins vraie pour l'ensemble d'un pays. Aussi bien convient-il, avant de susciter toute recherche minière dans une colonie, de se demander si la production a quelques chances rai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sonnables d'être vendue. Pourrait-on affirmer que cette question n'a été perdue de vue dans aucun cas?

Tout d'abord une sorte de question préalable se pose — avec une vigueur d'autant plus grande que nous sommes actuellement en période de crise. Nous voyons une surproduction dans la plupart des domaines, mais plus spécialement dans le domaine minier; tous les prix baissent. Est-il raisonnable, peut-on penser, d'envisager l'ouverture de nouveaux centres de production et l'industrie minière ne va-t-elle pas connaître pendant longtemps une stagnation sérieuse? Je ne pense pas être très optimiste en affirmant le contraire. Les consommations de métaux n'ont pas cessé de croître depuis 50 ans et si le rythme de la production a devancé celui de la consommation, ce phénomène ne doit pas nous masquer cependant l'accroissement de la consommation elle-même. Par ailleurs, les mines actuellement en exploitation s'épuisent, tout particulièrement pour les petits métaux, zinc, plomb, étain, etc..; ce n'est certainement pas être imprévoyant que de penser à l'ouverture de nouvelles mines.

D'autre part, de même que l'Empire britannique essaie, à l'heure actuelle, d'organiser sa production de manière à se suffire à lui-même dans la plus large mesure possible, de même pouvons-nous essayer d'envisager un Empire français constituant un tout économique aussi indépendant que possible du monde extérieur; or la métropole est largement déficitaire dans le domaine minéral et, à supposer même que, dans l'ensemble du monde, la surproduction se maintienne encore longtemps, peut-être serait-il avantageux de pouvoir répondre à certains protectionnismes trop outranciers en utilisant la production de nos colonies.

On peut également défendre une politique toute différente : celle qui consisterait à garder en réserve les gisements minéraux de nos colonies pour l'avenir, alors que les grands centres producteurs actuels commenceront à s'épuiser. Encore faudrait-il avoir une idée de ce que l'on met en réserve, encore faudrait-il avoir fait une sorte d'inventaire des ressources minérales : comme je le montrerai plus loin, on peut dire que, pratiquement, cet inventaire n'est pas fait. Notre production minière coloniale est, à l'heure actuelle, si faible, que nous agissons comme si nous appliquions la politique de réserve que je viens de définir, mais nous ignorons totalement si ce que nous conservons ainsi intact représente une grande richesse ou est au contraire à peu près nul.

En tout cas, comme on voit, il y a là des problèmes généraux auxquels il serait intéressant de donner une solution ferme. Je sais bien que les conseils qui entourent le Ministre des Colonies se préoccupent des questions minières, mais, sauf erreur, je ne crois pas que la question ait jamais été posée sous cette forme : « Y a-t-il lieu d'encourager au maximum la production minière coloniale ou bien, au contraire, ne vaudrait-il pas mieux ralentir ce mouvement? » Il semble que l'on ait admis comme évident que la production maximum soit nécessairement la meilleure solution. Bien que, pour ma part, je serais volontiers de cet avis pour bien des raisons qu'il serait trop long d'exposer, à la réflexion on peut se demander si cette politique est toujours défendable. J'ai l'impression que dans les avis émis on s'est toujours préoccupé de la production, mais que l'on a un peu négligé l'autre partie : les débouchés possibles.

Quelle que soit la solution adoptée, je crois que l'on pensera comme moi que cette question ne peut pas être résolue sans discussion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par ailleurs, dans le détail même de la production minière il y a lieu de faire des distinctions. Il ne faut pas oublier qu'à l'heure actuelle les centres de consommation des matières premières minérales sont géographiquement assez limités : l'Europe occidentale, les États-Unis et certaines parties de l'Extrême-Orient. Sauf les exceptions sur lesquelles je reviens plus loin, on peut dire que, dans la plupart des cas, nos colonies sont très éloignées de ces centres de consommation. Aussi bien ne peut-on envisager pour le moment, et sauf cas particuliers, que la mise en exploitation des gisements de substances chères qui peuvent supporter des frais de transport élevés. Il y a naturellement des exceptions, mais encore faut-il les examiner de près. En voici un exemple :

J'ai signalé que les gisements de charbon de l'Indochine constituent une réserve considérable, facile à exploiter, et sont d'ailleurs, à l'heure actuelle, l'essentiel de la richesse minière de ce pays. Néanmoins, avec des réserves qui se comptent certainement par milliards de tonnes, la production n'atteint guère que deux millions. Nous sommes loin des 50 millions de la métropole. A supposer même que les difficultés d'exploitation ne permetteut pas maintenant une telle production, il serait certainement techniquement facile de produire au moins 5 millions de tonnes; cependant, dès qu'on a voulu, en 1927-1928, forcer un peu le rythme de l'accroissement de production, la réponse a été inévitable : on a dû stocker plus de 250.000 t. Et pourtant, la situation de l'Indochine est à ce point de vue très enviable. Transportons par la pensée, en effet, les gisements indochinois ailleurs, à Madagascar, par exemple : ils perdront considérablement de leur valeur. Une étude particulièrement intéressante, parue il y a quelques mois, sur les gisements de charbon de Madagascar, évaluait au maximum à 150.000 t les possibilités de vente ; pour une production aussi faible les milliards de tonnes de l'Indochine seraient presque sans utilité; si les gisements de l'Indochine sont une source considérable de richesse, cela tient non seulement aux gisements eux-mêmes, mais à leur situation géographique au milieu d'un marché local, principalement Chine et Japon, qui est susceptible d'une grande absorption.

Je ne veux pas insister sur ces questions évidentes. J'ai voulu simplement, en évoquant cette question des débouchés, écarter des formules toutes faites et rappeler que ces questions sont extrêmement complexes. Il fut un temps où l'on disait, à propos des mines des colonies et pour réagir contre certaines tendances : « La vraie mine d'or, c'est une mine de charbon. » On se rend compte maintenant que ce n'est pas toujours exact et qu'il y a des mines de charbon, si importantes soient-elles, qui seront peut-être, dans un avenir très éloigné, des sources considérables de richesses, mais qui, à l'heure actuelle et probablement encore pendant de nombreuses années, ne sont guère susceptibles d'une exploitation imposante. Chaque cas doit être étudié en détail.

Ces remarques permettent cependant, je crois, une certaine conclusion. Au point de vue des débouchés miniers, nos colonies se séparent nettement en deux groupes : le groupe proche des grands centres de consommation, savoir : l'Afrique du Nord, proche de l'Europe, et l'Indochine, au centre du marché d'Extrême-Orient; dans ce groupe on peut rechercher à peu près toutes les substances minérales car elles sont plus ou moins assurées de trouver des débouchés; dans les autres colonies, au contraire, l'effort doit surtout se porter sur les substances chères, pétrole, or, étain, cuivre, etc., tandis que pour les autres substances, charbon, fer, on ne doit compter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que sur des exploitations très restreintes qui ne seront payantes que si les gisements sont particulièrement riches et faciles.

Sans doute ces questions sont bien connues; on aimerait cependant qu'elles fussent davantage présentes à l'esprit de ceux que tente la recherche minière aux colonies. Et peut-être pourrait-on souhaiter que ceux-ci pussent trouver aisément les éléments détaillés d'information dont on a besoin pour se faire une idée précise de ces questions. Sans doute tout le monde peut énoncer plus ou moins des idées générales dans le genre de celles que je viens d'évoquer; mais c'est une tout autre question lorsqu'il s'agit de les préciser. Les informations sont rares, dispersées, et comme l'état des marchés évolue rapidement, il est bien difficile d'être exactement au courant de leur situation. Peut-être ne serait-il pas inutile qu'il existe à ce sujet un centre où les intéressés pourraient trouver aisément la documentation dont ils peuvent avoir besoin.

*Les possibilités en main-d'œuvre.* — La question qui se présente ensuite est celle de la main-d'œuvre. Tout développement important de l'industrie ou de l'agriculture aux colonies soulève immédiatement cette question de la main-d'œuvre et l'on pourrait assez facilement montrer que les pays coloniaux les plus riches sont également ceux dont la densité de population est la plus grande; faut-il rappeler que Java, que l'on peut sans doute considérer comme la réussite coloniale la plus brillante, possède une population dont la densité est au moins triple de celle de la population de la France; cette simple remarque explique bien des choses.

Il y a d'abord à ce sujet une légende qu'il convient de dissiper : on admet généralement que nous sommes défavorisés au point de vue de la population de nos colonies et qu'en particulier l'Empire britannique est proportionnellement beaucoup plus peuplé. S'il ne faut pas abuser des statistiques, encore ne faut-il pas les remplacer par des intuitions mal fondées. Or, que nous disent les chiffres [4]? Si incertains qu'ils puissent être à ce sujet, ils nous apprennent que l'Empire britannique a une population d'environ 12 habitants par kilomètre carré, tandis que dans nos colonies nous ne trouvons que 5 habitants. Mais cette comparaison globale ne signifie rien; elle est entièrement faussée par le fait que l'on compte dans l'empire britannique l'ensemble des Indes anglaises qui, à elles seules, renferment le sixième de la population du monde et les quatre cinquièmes de la population de l'Empire britannique; mettons donc les Indes à part et, pour être également justes, enlevons de l'Empire colonial français, l'Indochine très peuplée. Voici alors ce que nous trouvons : l'Empire colonial britannique, moins les Indes, et l'Empire colonial français, moins l'Indochine, ont sensiblement la même densité de population, un peu plus de 3 habitants par kilomètre carré. Cessons donc de nous croire défavorisés par la faiblesse numérique de la population de nos colonies.

Ce qui est plus exact, c'est l'inégalité de la répartition de la population entre nos diverses colonies. En nous limitant ici aux principales possessions, on voit que l'Indochine vient en tête avec 27 habitants au kilomètre carré; c'est là une des causes principales de son évolution rapide et brillante; la Tunisie et le Maroc ont respectivement 17 et 11 habitants par kilomètre carré; mais les autres colonies importantes ont entre 4 et 6 habitants seulement; l'A. E. F. n'a pas 2 habitants par kilomètre carré et cela explique son retard.

(4) Voir les statistiques à la fin de cette étude.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On ne peut pas faire abstraction de cette réalité lorsqu'on essaie d'entrevoir l'avenir de l'industrie minière ; sans doute aussi longtemps que les exploitations resteront petites, le problème de la main-d'œuvre pourra-t-il se résoudre plus ou moins aisément ; mais du jour où les exploitations deviendront un peu plus importantes, elles seront gênées dans les pays peu peuplés. Faut-il signaler que, dès maintenant, presque toutes les entreprises minières de l'Afrique du Nord se plaignent du manque de main-d'œuvre ; que cette question n'a cessé de hanter les mineurs de la Nouvelle-Calédonie ; qu'elle se pose également à un point aigu en A. E. F.?

Mais cette situation peut être améliorée ; c'est un problème dont nous connaissons les éléments actuels et, dans une certaine mesure, la solution. L'augmentation de la population dans nos colonies est surtout pour le moment une affaire d'hygiène et d'organisation médicale : tous les coloniaux le savent ; mais si j'insiste ainsi sur ce point, c'est que le public métropolitain ne se rend peut-être pas suffisamment compte de l'importance de la question ; et que l'argent serait bien placé qui serait dépensé à développer l'assistance médicale sur une autre échelle que l'échelle actuelle ; je sais malheureusement qu'en dehors de la question financière qui pourrait sans doute être résolue si la métropole se rendait mieux compte de la situation, l'on se heurte à une difficulté du même ordre que celle que je signalerai plus loin pour le développement des prospections : on manque de médecins, on ne trouve pas assez de médecins pour les colonies ; dans tous les domaines de la technique, le développement des colonies est actuellement bridé par une crise de recrutement analogue.

En tout cas, les mineurs doivent savoir qu'à l'heure actuelle et en supposant toutes les autres conditions favorables, le développement important de l'industrie minière dans les colonies se heurterait très vite au problème de la main-d'œuvre. En conséquence, ceux d'entre eux qui pensent que, nécessairement un jour ou l'autre et le plus tôt possible, nous devrons amplifier notre effort minier colonial devraient donc, sur le problème de la main-d'œuvre, s'unir aux autres organisations, les entreprises agricoles, par exemple, qui, autant et plus qu'eux encore, ont besoin de voir ce problème résolu par l'Administration, seule susceptible d'un effort efficace dans ce sens.

Il faudrait d'ailleurs pour cela que les mineurs coloniaux fussent unis entre eux. Je reviendrai sur cette question plus loin.

*Les voies de communication.* — Enfin, dernière question extérieure aux conditions de gisement et qui est cependant importante pour l'avenir de l'industrie minière : le problème des voies de communication.

Je me garderai bien ici d'intervenir dans un domaine qui n'est pas le mien et je me contenterai d'examiner la question du seul point de vue minier, sachant par ailleurs que ce n'est pas le seul point de vue qui doive entrer en ligne de compte.

Il est presque puéril, semble-t-il, d'insister sur la liaison obligatoire entre les mines et les voies de communication. L'examen d'un projet d'exploitation ne comporte-t-il pas toujours cette question essentielle? La valeur pratique d'un gisement ne dépend-elle pas de sa proximité plus ou moins grande d'un port d'abord, de voies de communication ensuite? Cette question, me semble-t-il, est moins simple que de telles affirmations paraissent le supposer et peut-être n'est-il pas inutile de l'analyser quelque peu.

Il faut d'abord remarquer que les voies de communication conditionnent beau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coup plus la prospection qu'on pourrait le croire. Sans doute, comme je le dirai plus loin, une vraie prospection devrait porter sur tout l'ensemble du pays; à la suite de cette première prospection générale se placent des prospections privées qui devraient, elles aussi, porter d'abord sur des territoires assez vastes, mais qui, je le crains, seront encore longtemps restreintes aux régions facilement accessibles. Cette restriction n'est peut-être pas rationnellement défendable, mais il faut compter avec les hommes et les réalités : une région traversée par une route aura beaucoup plus de chances d'être prospectée qu'une région où ne courent que d'étroits sentiers indigènes. Ainsi donc, un pays que l'on désirerait voir prospecter rapidement aurait, à ce seul point de vue, intérêt à posséder un quadrillage déjà assez serré de routes automobilables, suivant le néologisme en usage en Indochine, c'est-à-dire de routes praticables en automobiles légères à la bonne saison.

L'influence des voies de communication sur les exploitations proprement dites est très différente suivant qu'il s'agit d'une substance chère à faible tonnage, telle que l'étain, ou d'une substance bon marché à gros tonnage telle que le charbon. Dans le premier cas, la voie de communication est surtout nécessaire au début, pour équiper le gisement, faire venir le matériel d'exploitation; ensuite on s'accommode — plus ou moins bien — mais on s'accommode cependant, de voies de communication médiocres; par contre, pour les substances bon marché à gros tonnage, la voie de communication reste essentielle pendant toute l'exploitation; dans le premier cas, une route, même de second ordre, suffira, à condition qu'elle résiste pendant le temps de la mise en œuvre; dans le second cas, on sera généralement conduit à construire une voie ferrée.

Ces différences, essentielles, obscurcissent singulièrement le débat sur cette question, débat qui, au fond, revient toujours à ceci : qui doit faire les frais de la construction et de l'entretien de la voie de communication? L'État ou la mine? Pour le premier type, comme l'étain, les mineurs sont naturellement enclins à demander l'aide presque complète de l'État parce qu'ils ne voient dans la route que quelque chose qui ne leur servira, en quelque sorte, que temporairement; dans le second cas, pour le charbon par exemple, les mineurs admettent très volontiers que l'établissement de la voie ferrée est une dépense presque inévitable de leur installation. Or, dans les pays neufs, cette question de l'établissement des voies de communication, routes et voies ferrées, constitue une dépense tellement lourde pour le budget que tout naturellement l'Administration cherche à alléger le plus possible son programme. Cette question des voies de communication pour les mines est donc particulièrement délicate, chacune des deux parties — l'État et les mines — essayant d'obtenir le plus possible de l'autre. Où est la solution du problème? Il est bien difficile de la dire. Peut-être n'y a-t-il pas *une* solution et faut-il varier la réponse suivant les cas particuliers envisagés. Peut-être les mines ne doivent-elles pas oublier le vieil adage « aide-toi le ciel t'aidera », le ciel étant en espèce, l'Administration?... Je n'oserai trop prendre parti et je me contenterai simplement de souligner l'importance de la question pour le développement minier des colonies en souhaitant que de chaque côté on aborde toujours le problème avec la pleine connaissance de l'ensemble de la situation.

*Les richesses minières de nos colonies.* — Toutes ces questions que nous venons d'examiner — débouchés, main-d'œuvre, voies de communication — sont exté-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieures aux gisements et il ne servirait à rien de les résoudre si ces gisements eux-mêmes n'existaient pas. Nous arrivons donc à cette question principale : y a-t-il réellement des richesses minérales importantes dans nos colonies qui ne soient pas connues à l'heure actuelle? Et si oui, comment faut-il faire pour les découvrir?

Dans les réponses à cette question, il y a comme toujours les pessimistes et les optimistes. Les pessimistes disent : « Il n'y a rien à faire de neuf dans nos colonies au point de vue minier; on a déjà dépensé beaucoup d'argent en prospections et l'on n'a rien trouvé. » Il y a les optimistes qui disent : « Essayons toujours; on n'a rien sans peine; mettons notre domaine colonial en valeur; c'est notre seule richesse. Ayons confiance en l'avenir. »

Qui a raison? Rappelons-nous que nos colonies sont très inégalement exploitées au point de vue minier; les unes, comme la Tunisie, sont déjà arrivées à un stade qui, d'après la moyenne mondiale, laisse à penser qu'une partie importante de leurs richesses minérales est déjà connue et plus ou moins mise en exploitation; pour les autres, comme l'Indochine, bien que le développement soit déjà encourageant, on peut penser qu'il reste encore beaucoup à découvrir; pour d'autres enfin — et en particulier pour tout notre domaine africain, autre que l'Afrique du Nord, c'est-à-dire en définitive pour les quatre cinquièmes de nos possessions d'outre-mer, la production actuelle est si faible qu'il n'est pas exagéré de dire que tout ou presque tout reste à découvrir. Si l'on remarque, en outre, que cette situation, comme je viens de le dire, est celle de la plus grande partie de notre empire colonial, on peut, un peu schématiquement, dire que nous avons encore à découvrir ce que ce domaine peut recéler de richesses minérales sur l'importance et l'existence desquelles nous ne savons à peu près rien.

Il n'est peut-être pas inutile d'insister sur cette remarque; une simple extrapolation limitée et prudente des résultats acquis, mettons dans ces 10 ou 20 dernières années, ne signifierait à peu près rien sur le développement futur de notre industrie minière coloniale, parce que cette extrapolation ne porterait réellement que sur une très petite fraction de notre domaine colonial; pour la plus grande partie de ce domaine, l'extrapolation consisterait à admettre que les immenses territoires qui ne produisent actuellement à peu près rien continueront dans l'avenir à ne produire également rien. On voit donc l'importance de cette inconnue fondamentale qui est de savoir ce que nos possessions peuvent contenir de richesses minérales.

Les pessimistes résolvent aisément ce problème en disant : « Nos territoires africains ne produisent rien parce qu'ils ne renferment rien; déjà, à plusieurs reprises, des tentatives, qui ont d'ailleurs coûté fort cher, ont essayé de mettre sur pied des exploitations minières dans ces pays; elles ont toutes abouti à de piteux échecs, qui ont démontré surabondamment que les gisements réputés riches sont en réalité inexploitables économiquement parlant. » Cette argumentation pouvait être soutenue il y a encore une dizaine d'années; il est bien difficile de l'admettre aujourd'hui. Les régions de l'Afrique occidentale et équatoriale ne sont pas des pays déshérités au point de vue minier; la preuve est fournie par la brillante réussite des entreprises minières britanniques et belges qui représentent à l'heure actuelle, la Gold Coast, 250 millions de francs, la Nigeria, 300 millions, et le Congo belge plus d'un milliard. Et si ceux qui sont pessimistes même contre l'évidence objectent que l'exemple du Congo belge ne prouve pas grand'chose, car ses mines sont en général assez éloignées de l'Afrique équatoriale française — encore que la disposition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

géologique générale soit la même dans ces deux pays — comment peuvent-ils résister à l'exemple de la Gold Coast et de la Nigeria qui sont entièrement enclavées dans l'ensemble A. O. F. et A. E. F. et qui, par conséquent, participent aux mêmes conditions géologiques et économiques? Ou sinon, il faut admettre qu'un hasard vraiment extraordinaire a fait en sorte que les gisements exploitables aient été concentrés dans les territoires britanniques. Je ne crois pas qu'on puisse sérieusement soutenir cette argumentation et qu'il est plus raisonnable d'admettre que si les Anglais ont trouvé quelque chose et nous rien, c'est que leurs méthodes de recherches sont plus efficaces que les nôtres.

*La prospection en pays neuf.* — Et nous voici amenés au problème fondamental pour l'avenir, problème que je ne peux qu'esquisser ici et qui est celui de la prospection en pays neuf. Notre prospection n'a rien donné; celle des Anglais et des Belges a donné quelque chose; n'est-il pas sage, avant d'affirmer que nos territoires ne contiennent rien, d'examiner s'il n'y a pas une différence entre nos méthodes et celles de nos voisins et si nous n'avons pas quelques enseignements à tirer de cette comparaison. En fait, les méthodes de prospection utilisées dans ces possessions étrangères n'ont en elles- mêmes rien de bien extraordinaire; elles n'emploient pas une technique nouvelle, des instruments nouveaux; elles consistent en réalité à se poser le problème et à admettre qu'il est soluble théoriquement et pratiquement; au fond, c'est là leur seule nouveauté; mais il faut croire qu'elle est cependant considérable puisque ce sont de rares exemples d'une telle recherche. A la question : « Peut-on, dans un pays *où l'on ne connaît absolument rien*, entreprendre une prospection systématique pour rechercher les gisements minéraux que le pays peut renfermer? » il est trois réponses possibles : — C'est techniquement irréalisable — c'est techniquement réalisable, mais c'est une entreprise qui ne paie pas — c'est techniquement réalisable et c'est une entreprise qui paie. L'originalité des Anglais et des Belges a consisté à adopter la troisième réponse et à agir en conséquence; chez nous au contraire, le plus souvent nous oscillons entre l'une ou l'autre des deux premières réponses, lorsque d'ailleurs nous nous posons le problème; ce qui n'arrive pas fréquemment.

Bien qu'il me soit impossible, pour ne pas sortir du cadre de cette étude, d'analyser en détail ce problème de la prospection en pays neufs que j'évoquerai ailleurs plus complètement [5] je ne peux pas cependant ne pas répondre à quelques objections qui peut-être viennent à l'esprit du lecteur.

Comment peut-on dire qu'on n'a pas fait jusqu'ici des prospections dans les colonies françaises? Nous savons bien cependant que, dans telle ou telle affaire, des sommes considérables ont été dépensées en prospection et que, d'ailleurs, elles ont conduit parfois à des découvertes intéressantes. Il m'est facile et même indispensable de répondre à cette remarque. Je dois dire tout d'abord qu'il y a effectivement quelques exceptions et que, tout spécialement en Afrique équatoriale française mais seulement dans ces toutes dernières années, telle société minière s'est lancée résolument et méthodiquement dans cette voie, mais je crois que l'on peut considérer encore ces cas comme des exceptions et la presque totalité des territoires des colonies françaises n'a pas été encore soumise à une telle prospection. Cette réserve

(5) Cette question fera l'objet d'une communication détaillée au Congrès international des Mines de Liége (juin 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faite, je dirai qu'il est une distinction essentielle entre la prospection ordinairement menée par les sociétés minières et la prospection qu'exige la mise en valeur de notre domaine colonial; ce n'est pas seulement une différence d'ordre de grandeur, c'est une différence d'esprit. Dans la prospection menée par les sociétés minières, on ne part pas de l'inconnu : on sait que dans la région considérée se trouve telle ou telle substance utile; dans la prospection plus générale dont que je parle, il faut au contraire partir de l'inconnu : il faut trouver les premiers indices qui permettront ensuite à la prospection habituelle de travailler. Et si, évidemment, on pourrait citer beaucoup d'exemples de recherches, fructueuses on non, faites sur le premier plan, je ne crois pas que l'on puisse en citer un seul de prospection entreprise avec la seconde idée. C'est justement pourquoi il est intéressant de mettre cette question en évidence.

*Les services géologiques coloniaux.* — Une autre objection qui apparaît est sans doute la suivante : n'y a-t-il donc pas dans les colonies françaises des services géologiques dont le but est entre autres d'exécuter ce travail? Cette question est également importante, mais je suis obligé de la résumer ici pour ne pas être trop long; je la reprendrai ailleurs [6]. Cette question en soulève d'ailleurs trois autres distinctes. D'abord, à l'heure actuelle, il n'y a, à proprement parler que l'Algérie, la Tunisie et l'Indochine qui possèdent un service géologique réellement organisé; dans les autres colonies, il y a des géologues, plus ou moins guidés, plus ou moins encadrés, mais pas de service géologique réel, c'est-à-dire avec un chef responsable qui organise et dirige le travail et dispose de crédits spéciaux; il faut ajouter que cette nécessité d'une exploration géologique systématique de nos territoires n'a été admise que très récemment pour une grande partie de nos possessions et c'est surtout à l'initiative de M. Perrier, alors ministre des Colonies, qu'on le doit; jusque-là, on s'était contenté de missions plus ou moins temporaires; il est d'ailleurs remarquable de constater, en dépit de ces mauvaises conditions de travail, l'intérêt des résultats obtenus. Donc première question : dans beaucoup de nos colonies, les services géologiques sont seulement en voie d'organisation. Deuxième question : à part quelques tentatives assez récentes en Afrique occidentale ou quelques cas isolés, on doit dire que l'esprit général des recherches géologiques dans nos colonies a toujours été très différent de celui de la prospection; on s'est attaché dans presque tous les cas à faire des recherches théoriques pures, en l'espèce à construire la carte géologique ou même à recueillir des renseignements géologiques un peu épars; l'idée même de la construction systématique de la carte géologique est assez récente dans la plupart de nos colonies. Mais, sauf quelques exceptions, on n'a jamais posé aux géologues le problème de rechercher systématiquement les substances utiles. En disant que les recherches entreprises jusqu'ici ont été presque exclusivement théoriques, je ne veux en aucune façon déprécier le travail accompli; les études géologiques pures sont indispensables pour les applications; en particulier le levé de la carte géologique ne peut pas être différé et devrait être poursuivi avec la plus grande vigueur; je fixe simplement une mentalité pour expliquer que les recherches géologiques en pays français n'ont pas donné les résultats pratiques qu'elles ont obtenus dans certains pays étrangers; c'est que tout simplement on ne s'est pas posé le problème d'entre-

(6) Cette question fera l'objet d'une communication prochaine (21 mai 1930) à l'Académie des Sciences coloniales et d'une note dans la *Revue de l'Industrie minérale* (Saint-Etienne).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prendre en même temps que le levé de la carte géologique, la recherche des indices de substances utiles.

*Crise de recrutement du personnel technique.* — Enfin, troisième question : eût-on voulu aiguiller ainsi les recherches géologiques vers des buts pratiques en même temps que théoriques qu'on n'eût pas pu le faire, faute de personnel nécessaire; j'irai même plus loin : la décision prise, en principe, d'organiser des services géologiques dans presque toutes nos colonies se heurte à une impossibilité matérielle : on ne peut pas trouver le personnel géologue suffisant. Cette crise de recrutement sévit d'ailleurs aussi bien dans les administrations publiques que dans les sociétés privées et aussi bien pour le personnel géologue que pour le personnel ingénieur des mines. Nous manquons à l'heure actuelle de géologues et d'ingénieurs pour nos colonies; et c'est, je crois, d'abord à ce problème qu'il faut s'attaquer. Quelques chiffres pour fixer les idées : on peut évaluer à 25 environ l'effectif de géologues et d'ingénieurs qu'il faudrait pouvoir fournir annuellement à nos colonies [7] pour les sociétés et l'Administration; on en trouve péniblement une dizaine. Le déficit, qui est à l'heure actuelle d'une trentaine, va donc aller sans cesse en croissant, déficit en quantité et à plus forte raison en qualité; heureusement, je puis annoncer que ce problème, d'ailleurs complexe et délicat, est dès maintenant attaqué vigoureusement et que toute une série de mesures sont en projet ou en voie d'exécution pour améliorer la situation.

Je me permettrai à ce sujet d'attirer l'attention des sociétés de mines coloniales sur l'intérêt qu'elles auraient à se grouper pour l'étude et la solution de ces problèmes généraux. Dans ces domaines, ces sociétés ne sont pas concurrentes; bien au contraire, elles ont les mêmes intérêts : or, lorsqu'à l'heure actuelle, on veut essayer d'aborder pratiquement les divers problèmes que j'indique, on ne trouve en face de soi aucun organisme central, au courant des besoins de chacun et permettant d'avoir les éléments et les solutions. Je signalerai ici que les mineurs de l'Indochine ont eu les plus grands avantages à se grouper en une association avec laquelle il m'a été facile de traiter ces problèmes généraux du temps où j'avais l'honneur de faire l'intérim de directeur du Service des Mines; il existe, je crois, un groupement analogue à Madagascar. Mais ce sont des groupements locaux; et pour traiter les problèmes qui sont les mêmes pour toutes les colonies, quels avantages ne retirerait-on pas de l'existence à Paris d'une association des sociétés de mines coloniales. Je suggère cette idée en espérant la voir un jour se réaliser.

## CONCLUSIONS.

Ainsi donc, pour revenir à notre question principale, l'inconnue à laquelle on se heurte lorsqu'on veut se faire une idée de l'avenir de l'industrie minière coloniale, c'est évidemment de savoir ce que le sous-sol de ses colonies peut contenir; or notre ignorance est quasi totale pour la très grande partie de nos territoires coloniaux. Il est donc nécessaire de les prospecter, pour essayer d'y voir un peu clair. Cette prospection est d'ailleurs un peu différente de celle qui est généralement entreprise par les sociétés minières; pratiquement, ce devrait être l'un des

(7) Afrique du Nord non comprise.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

buts des services géologiques officiels. D'où la nécessité de créer ces services là où ils n'existent pas encore, de faire admettre pour eux les principes précédents et surtout de remédier à la crise de recrutement qui les paralyse actuellement. Aussi longtemps que ces conditions ne seront pas remplies, l'industrie minière coloniale ne pourra prétendre à aucun développement important.

Telles sont les réflexions qui s'imposent à qui essaie d'étudier l'avenir de notre industrie minières aux colonies : question des débouchés, question de la main-d'œuvre, question des voies de communication, question surtout de la prospection.

Il est certainement toujours téméraire de faire des pronostics, mais encore plus dans le cas présent est-il impossible de vouloir décrire l'avenir des mines de nos colonies avec un tel faisceau d'ignorances et de problèmes.

Aussi bien, lorsque j'ai voulu parler de l'avenir de l'industrie minière coloniale. était-ce moins pour présenter une extrapolation sans aucune base que pour insister sur les problèmes que la préparation de cet avenir nous commande de résoudre. Comme toujours, dès qu'on analyse une question, on s'apercoit qu'elle est plus complexe qu'elle ne le paraissait au premier abord. Développer les mines de nos colonies, cela semble assez simple : il suffit de fournir les capitaux nécessaires. C'est sans doute une condition, mais ce n'est pas la seule, et il en est d'autres tout aussi importantes que j'ai essayé d'étudier rapidement.

Par ailleurs, si nous ne pouvons rien dire de précis sur l'avenir minier de nos colonies, il nous semble raisonnable de penser et d'agir en admettant que nous n'avons pas été plus défavorisés que d'autres; notre domaine colonial est suffisamment vaste pour qu'on puisse lui appliquer des moyennes générales; et nous avons vu que nous sommes encore très en-dessous d'une moyenne raisonnable de production : c'est pour moi un argument suffisant pour croire que, dans notre immense empire colonial, il y a beaucoup à trouver et beaucoup à faire pour l'exploitation rationnelle de son sous-sol.

---

## STATISTIQUES

### SURFACE ET POPULATION DES DIFFÉRENTES POSSESSIONS FRANÇAISES D'OUTRE-MER

| AFRIQUE | Surface (km²). | Population. | Densité par kilomètre carré. |
|---|---|---|---|
| Tunisie | 125.000 | 2.200.000 | 17 |
| Algérie | 2 195.000 | 6.000.000 | 3 |
| Maroc | 415.000 | 5.000.000 | 11 |
| A. O. F. | 4.800.000 | 13.500.000 | 3 |
| A. E. F | 2.370.000 | 3.100.000 | 1 |
| Togo | 52.000 | 750.000 | 14 |
| Cameroun | 425.000 | 1.900.000 | 4 |
| Madagascar et dépendances | 616 000 | 3.700.000 | 6 |
| Côte des Somalis | 22.000 | 90.000 | 4 |
| La Réunion | 2.500 | 190.000 | 76 |
| Total des possessions africaines | 11.022.500 | 36.430.000 | 3 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| ASIE | Surface (km²). | Population. | Densité par kilomètre carré. |
|---|---|---|---|
| Établissements de l'Inde | 500 | 270.000 | 540 |
| Indochine | 738.000 | 20.000.000 | 27 |
| Syrie et Liban | 150.000 | 3.100.000 | 20 |
| Total des possessions d'Asie | 888.500 | 23.370.000 | 27 |

| AMÉRIQUE | Surface (km²). | Population. | Densité par kilomètre carré. |
|---|---|---|---|
| Saint-Pierre et Miquelon | 200 | 5.000 | 25 |
| Guadeloupe | 1.800 | 250.000 | 150 |
| Martinique | 1.000 | 250.000 | 250 |
| Guyane | 88.000 | 50.000 | 0,5 |
| Total des possessions d'Amérique | 91.000 | 555.000 | 6 |

| OCÉANIE | Surface (km²). | Population. | Densité par kilomètre carré. |
|---|---|---|---|
| Nouvelle-Calédonie et dépendances | 20.000 | 50.000 | 2,5 |
| Établissements d'Océanie | 4.000 | 35.000 | 9 |
| Total des possessions d'Océanie[8] | 24.000 | 85.000 | 3 |
| Total général des possessions françaises. | 12.026.000 | 60.440.000 | 5 |

VALEUR DES PRODUCTIONS MINIÈRES DES DIVERSES COLONIES FRANÇAISES EN 1928

| | |
|---|---|
| Tunisie | 305.500.000 francs. |
| Algérie | 246.500.000 — |
| Indochine | 231.500.000 — |
| Maroc | 155.000.000 — |
| Madagascar | 58.500.000 — |
| Nouvelle-Calédonie | 33.000.000 — |
| Guyane | 22.000.000 — |
| Océanie | 15.000.000 — |
| A. O. F | 7.000.000 — |
| A. E. F | 1.000.000 — |
| | 1.075.000.000 francs. |

VALEUR DE LA PRODUCTION MINIÈRE RAPPORTÉE A LA SUPERFICIE

| PAYS | VALEUR DE LA PRODUCTION EN MILLIERS DE FRANCS | SUPERFICIE EN MILLIERS DE KILOMÈTRES CARRÉS | VALEUR DE LA PRODUCTION EN FRANCS PAR KILOMÈTRE CARRÉ |
|---|---|---|---|
| *Colonies françaises :* | | | |
| Ensemble | 1.075.000 | 12.026 | 87 |
| Tunisie | 305.500 | 125 | 2.480 |
| Algérie | 246.500 | 2.195 | 110 |
| Maroc | 155.000 | 415 | 370 |
| Indochine | 231.500 | 738 | 320 |
| Madagascar | 58.500 | 616 | 95 |
| Nouvelle-Calédonie | 33.000 | 20 | 1.650 |
| Guyane | 22.000 | 88 | 250 |
| A. O. F. | 7.000 | 4.800 | 1,4 |
| A. E. F. | 1.000 | 2.370 | 0,4 |
| *Empire britannique :* | | | |
| Ensemble | 20.000.000 | 34.173 | 580 |
| Canada | 6.870.000 | 9.834 | 700 |
| Union de l'Afrique du Sud | 7.640.000 | 1.223 | 6.270 |
| Gold Coast | 250.000 | 208 | 1.200 |
| Nigeria | 310.000 | 871 | 350 |

(8) Non compris le condominium francc-anglais des Nouvelles-Hébrides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TONNAGE ET VALEUR DES PRODUCTIONS MINIÈRES DES COLONIES FRANÇAISES EN 1928

| SUBSTANCE | TONNAGE | VALEUR |
|---|---|---|
| Phosphates | 5.111.000 t | 451.000.000 fr |
| Minerai de fer | 2.895.000 t | 189.000.000 fr |
| Combustibles solides | 2.000.000 t | 183.000.000 fr |
| Minerai de plomb | 31.300 t (9) | 57.000.000 fr (10) |
| — de zinc | 40.500 t (9) | 41.000.000 fr |
| Graphite | 17.000 t | 33.000.000 fr |
| Or | 1.850 kg | 29.000.000 fr |
| Minerai d'étain | 810 t (9) | 24.000.000 fr (11) |
| Nickel | 4.100 t (9) | 20.000.000 fr |
| Mica | 850 t | 19.000.000 fr |
| Minerai de chrome | 57.000 t | 12.000.000 fr |
| — titane | 7.000 t | 3.000.000 fr |
| — manganèse | 5.000 t | 3.000.000 fr |
| Pierres précieuses | » | 3.000.000 fr |
| Kieselguhr | 9.000 t | 2.000.000 fr |
| Pierres d'industrie (12) | 150 t | 2.000.000 fr |
| Minerai de cuivre | 550 t (9) | 2.000.000 fr (13) |
| Pyrite de fer | 13.000 t | 1.000.000 fr |
| Pétrole | 1.240 t | 1.000.000 fr |
| Argent | 10.100 kg | » (14) |
| Minerai de tungstène | 30 t | » (15) |
| Arsenic | 300 t (9) | » (16) |
| Valeur totale | | 1.075.000.000 fr |

SURFACE ET POPULATION DES DIFFÉRENTES PARTIES DE L'EMPIRE BRITANNIQUE (17)

| | SURFACE EN KILOMÈTRES CARRÉS | POPULATION |
|---|---|---|
| *Afrique :* | | |
| Union of South Africa | 1.223.000 | 7.700.000 |
| Gold Coast | 208.000 | 2.095.000 |
| Kenya | 583.000 | 2.870.000 |
| Nigeria | 871.000 | 18.766.000 |
| Nyasaland | 125.000 | 1.307.000 |
| Uganda | 245.000 | 3.157.000 |
| Southern Rhodesia | 393.000 | 988.000 |
| Northern Rhodesia | 747.000 | 1.162.000 |
| Sierra Leone | 71.000 | 1.600.000 |
| Sudan | 2.628.000 | 7.400.000 |
| Tanganyika | 967.000 | 4.350.000 |
| Autres | 1.908.000 | 3.182.000 |
| Total des possessions africaines | 9.969.000 | 54.577.000 |
| *Amérique :* | | |
| Canada | 9.834.000 | 9.580.000 |
| Autres | 410.000 | 2.566.000 |
| Total des possessions américaines | 10.244.000 | 12.146.000 |

(9) Métal contenu.
(10) Y compris la valeur de l'argent et de l'arsenic contenus dans les minerais de plomb.
(11) Y compris la valeur des minerais de tungstène.
(12) Principalement cristal de roche et corindon.
(13) Y compris la valeur de l'argent contenu dans les minerais de cuivre.
(14) Valeur comptée dans celle des minerais de plomb ou de cuivre.
(15) Valeur comptée dans celle des minerais d'étain.
(16) Valeur comptée dans celle des minerais de plomb.
(17) Le détail n'est donné que pour les possessions ayant plus de 1.000.000 d'habitants (D'après les statistiques de la Société des Nations, 1928).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | SURFACE EN KILOMÈTRES CARRÉS | POPULATION |
|---|---|---|
| *Asie :* | | |
| British India | 4.668.000 | 331.500.000 |
| Ceylon | 66.000 | 5.289.000 |
| British Malaya | 136.000 | 3.870.000 |
| Iraq | 302.000 | 3.175.000 |
| Autres | 283.000 | 8.754.000 |
| Total des possessions asiatiques | 5.455.000 | 352.588.000 |
| *Europe :* | | |
| | 1.000 | 246.000 |
| *Océanie :* | | |
| Australia | 7.704.000 | 6.235.000 |
| New Zealand | 269.000 | 1.450.000 |
| Autres | 531.000 | 1.164.000 |
| Total des possessions de l'Océanie | 8.504.000 | 8.849.000 |
| Total de l'Empire | 34.173.000 | 428.406.000 |

PRODUCTION MINIÈRE DE L'EMPIRE BRITANNIQUE (18) EN 1927 (Grande-Bretagne non comprise).

| | |
|---|---|
| Bauxite | 198.000 t |
| Amiante | 325.000 — |
| Minerai de chrome | 273.000 — |
| Houille | 69.800.000 — |
| Minerai de cuivre (19) | 96.000 — |
| Diamants | 5.348.000 carats |
| Or | 430.000 kg |
| Graphite | 15.000 t |
| Minerai de fer | 4.675.000 — |
| Minerai de plomb (19) | 453.000 — |
| Minerai de manganèse | 1.559.000 — |
| Nickel (19) | 30.000 — |
| Pétrole | 2.790.000 — |
| Phosphate | 132.000 — |
| Minerai d'argent (19) | 1.303.000 kg |
| Minerai d'étain (19) | 70.000 t |
| Minerai de tungstène | 1.000 — |
| Minerai de zinc | 336.000 — |

(18) D'après le Statistical Abstract britannique, 1929.
(19) Métal contenu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE COGNEMENT DANS LES MOTEURS, LES CARBURANTS NON DÉTONANTS [1]

par M. A. GREBEL, *ingénieur conseil.*

On sait que le rendement thermique théorique $\eta$ des moteurs à combustion interne augmente assez rapidement d'abord, assez lentement ensuite, avec la compression réelle au point mort haut où débute le temps moteur dit de combustion et de détente.

Pour les anciens moteurs lents, sans avance sensible à l'allumage ou à l'injection, on pouvait écrire, en supposant la combustion instantanée et par suite sous volume constant, que le rapport de l'énergie transformée en travail sur le piston à l'énergie latente du mélange tonnant est :

$$\eta = 1 - \left(\frac{V_\varepsilon}{V_\varepsilon + V}\right)^{\gamma - 1}$$

où $V_\varepsilon$ est le volume de la chambre de combustion ;

V, le volume engendré par le piston dans le cylindre ;

$\gamma$, le rapport des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant.

Cette formule théorique a perdu de sa signification depuis que les combustions se développent pendant toute la course motrice, et surtout depuis qu'elles sont amorcées bien avant le point mort, sous volume décroissant, de façon à accélérer la vitesse de piston. Elle indique cependant encore suffisamment le sens de la relation entre le rendement et la pression initiale du temps moteur.

On conçoit qu'on peut avoir, jusqu'à un certain point, avantage à renforcer les organes mécaniques pour adopter des pressions de régime notablement plus élevées que celles auxquelles on est habituellement limité par les phénomènes du cognement et de l'auto-allumage. Par parenthèse, notons que les moteurs Diesel, dont nous nous occuperons peu ici, ne sont pas exempts des chocs, par suite de combustions vives intempestives, qui portent, par exemple, la pression dans le cylindre jusqu'à 80 kg : cm² au lieu du maximum normal de 40 kg : cm².

Nous allons voir que, tel le rendement, l'apparition du choc, qui est psychophysiologiquement insupportable, qui abrège la vie du moteur et qui abaisse son rendement économique, dépend des dispositions du moteur lui-même et de son allure de fonctionnement, et surtout de la nature du carburant. La combustion de ce dernier ne s'amorce et ne se développe pas toujours progressivement dans certaines conditions de température et de pression, mais il est ridicule de fixer un taux de compression fatidique pour un carburant, indépendant de l'architecture interne du moteur.

Il est nécessaire de dire ici quelques mots de la préoxydation et de la combustion. Nous avons exposé ailleurs qu'il est inconcevable qu'on puisse encore lire dans des ouvrages didactiques :

(1) Communication faite par l'auteur, lauréat et membre de la Société, en séance publique le 22 février 1930. Voir dans le *Bulletin* de mars 1930, p. 252, la discussion qui a suivi cette communication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La flamme suit (*sic*) le piston » comme si c'était la vitesse du piston qui crée la vitesse de combustion et non la vitesse de combustion qui engendre la vitesse du moteur.

Ou bien, « la vitesse de propagation de la combustion doit être supérieure à la vitesse du piston tout en restant de l'ordre du mètre par seconde ». Or les moteurs existants ne peuvent tourner à plusieurs milliers de tours par minute que parce que, grâce à l'allumage *forcé*, les vitesses de combustion atteignent 100 m:sec et plus. Ce sont d'ailleurs les mêmes auteurs qui s'obstinent à considérer le cycle théorique, pointu, à combustion *instantanée*, comme un idéal, sans même s'apercevoir de la contradiction des deux affirmations.

En réalité, le diagramme pression × temps (ou angle de manivelle) (fig. 1), qu'on peut relever avec cet instrument rare qu'est un bon manographe, et dont on déduit le travail indiqué sur le piston, est bien moins intéressant que le diagramme effort tangentiel × parcours circulaire du maneton ou couple × angle de manivelle (fig. 2) qui se déduit simplement du précédent par les décompositions de forces et dont on peut déduire le travail indiqué sur l'arbre.

Nous laisserons de côté les forces d'inertie que nous ne faisons intervenir que dans la détermination finale de ce que nous appelons le rendement thermodynamique global.

Il apparaît clairement, sur les mêmes figures 1 et 2, que ce doit être un diagramme pression × course de piston, compris entre II et III qui se traduit par le meilleur diagramme force tangentielle × course de maneton. Ces diagrammes correspondent à un accroissement suffisamment ralenti et progressif de la pression dans le cylindre (10 kg:cm² par 1/1.000 sec) et de la force tangentielle sur le maneton; le maximum de pression n'est pas excessif par rapport à la moyenne et il en est de même pour la force tangentielle qui serait exagérée dans le Diesel théorique. De plus, on n'a pas encore à craindre des pertes exagérées à l'échappement et par la paroi, telles qu'on les constate avec des diagrammes plus surbaissés et à détente très tronquée comme IV, V, VI. De même encore, les pertes d'énergie par frottement du piston sur le cylindre, de la tête de bielle sur le maneton ne sont pas excessives, comme nous l'a montré une étude plus approfondie des transformations cinématiques des forces. Enfin, il est bien évident que le rendement piézothermique du combustible dans le cylindre va croissant de I (combustion à vitesse infinie) vers II et III, et décroissant de II, III vers VI (combustion lente n'augmentant pas la pression dans le cylindre) et vers VII (sans allumage).

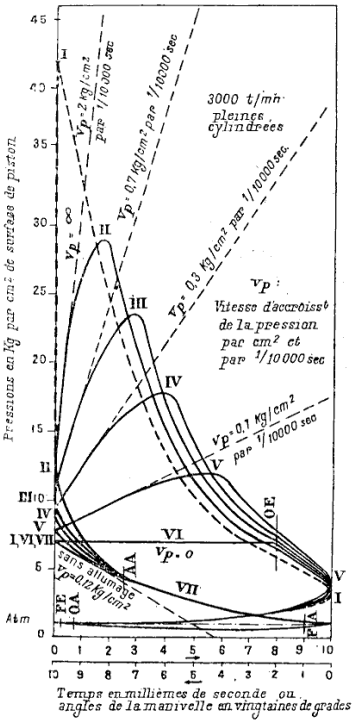



Fig. 1. — Pressions utiles sur le piston pour six types de diagrammes (4 temps superposés).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'existence d'une phase initiale d'amorçage de la combustion des hydrocarbures avant la combustion proprement dite est également démontrée. A l'inverse de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone, qui brûlent directement à l'état de vapeur d'eau et d'acide carbonique, à l'inverse de quelques hydrocarbures qui, véritables explosifs comme l'acétylène, se décomposent et brûlent très rapidement, les hydrocarbures de formation exothermique ou faiblement endothermique ont besoin d'un certain délai pour que s'ébranle suffisamment leur achitecture moléculaire, et qu'une libération partielle d'hydrogène entraîne le démarrage des oxydations finales.

Après la préoxydation, la combustion se poursuit à une vitesse d'abord croissante puis décroissante en raison de l'épuisement de la masse de gaz en éléments combustibles et de l'augmentation de volume de la cylindrée qui va *accelerando* puis *rallentando*. Il est bien évident que la nature du carburant a aussi une grande influence sur les manifestations piézothermiques de la combustion.

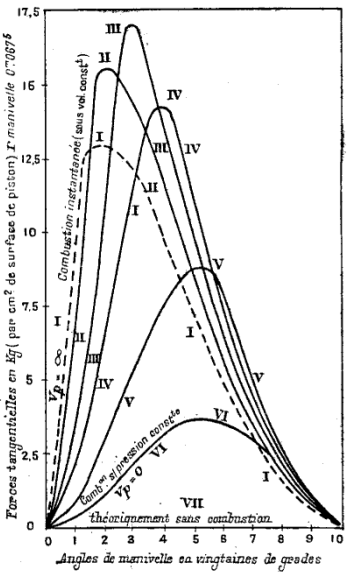



Fig. 2. — Forces tangentielles utiles, (compte non tenu des forces d'inertie) correspondant aux pressions sur le piston de la figure 1, pour six types de diagrammes (sommation des 4 temps).

Plus haut, nous avons fait allusion à l'amorçage *progressif* de la combustion avant le point mort, sous un effet analogue à celui du briquet à air, qui permet d'atteindre les vitesses nécessaires, mais en risquant le choc par emballement de la réaction quand il y a surchauffe locale. C'est d'ailleurs la rançon inéluctable des très grandes vitesses.

Au lieu de s'hypnotiser sur des vitesses de propagation de la combustion dans des bombes ou dans des tubes, même sous une pression statique initiale de quelques atmosphères, il faut regarder les diagrammes de moteurs modernes (fig. 3). En A A, des graphiques II et III (voir aussi fig. 1) point de la mise en feu, la combustion démarre bien à des vitesses de l'ordre des mètres par seconde; sous l'action de la réduction de volume *après* allumage, elle s'accélère vivement sans aller normalement jusqu'à la détonation grâce à cette circonstance de fait que la réduction de volume va « en mourant » par suite du ralentissement du piston, à l'approche du point mort. L'accélération reste positive pendant que la manivelle décrit, au delà du point mort haut, un angle de l'ordre de la dizaine de grades, puis la courbe des pressions s'infléchit, l'accélération devient *apparemment* négative et la vitesse apparente de montée en pression s'annule quand la pression maxima dans le cylindre est atteinte.

La vitesse apparente d'accroissement de la pression est $v_p = k \operatorname{tg} (90^\circ - \beta)$.

La vitesse réelle d'accroissement de la pression $v_{pd}$ est $v_{pd} = k' [\operatorname{tg} (90^\circ - \beta) + \operatorname{tg} \delta]$, $v_{pd}$ peut être approximativement le double de $v_p$ vers le point d'inflexion de la courbe de pression après le point mort haut. Rationnellement, c'est $v_{pd}$ qu'il faut prendre en considération.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ne considérer que $v_p$ revient au fond à supposer que la combustion s'effectue sous volume constant tandis qu'elle s'effectue sous volume croissant. La vitesse réelle de montée en pression $v_{pd}$ est beaucoup plus grande que cette vitesse apparente $v_p$ car elle doit combattre la tendance au vide partiel (détente) résultant du déplacement du piston vers le point mort bas.

Il est bien évident que ce n'est pas la vitesse d'accroissement de la pression

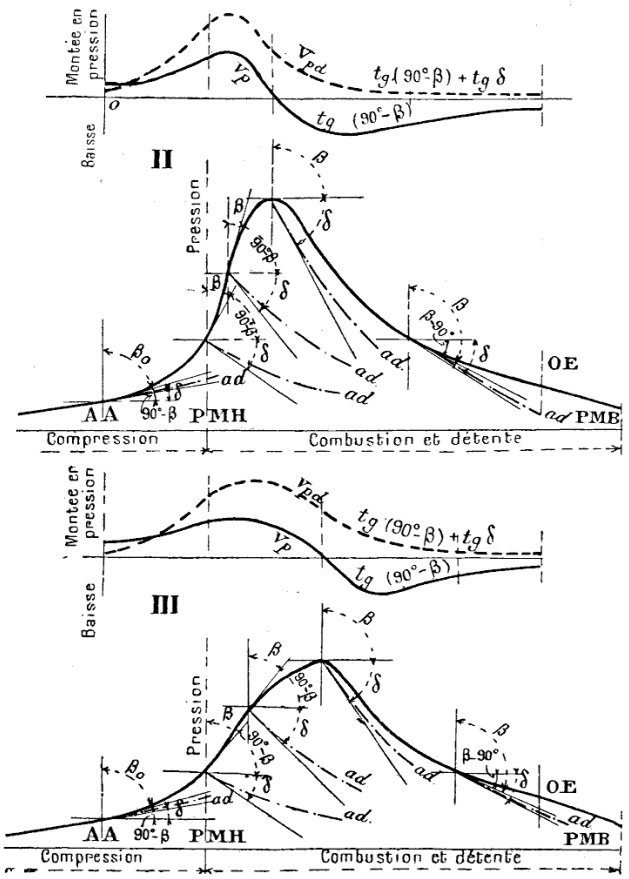



Fig. 3. — Vitesse d'augmentation de la pression nécessaire pour compenser la détente (δ) correspondant aux élongations du piston, $v_{pd} = k\,[tg(90° - \beta) + tg\,\delta]$, et vitesse apparente d'augmentation de la pression, $v_p = k'\,tg(90° - \beta)$.

*Nota.* — Les courbes qui représentent les détentes adiabatiques (ad. $\gamma = 1{,}25$) sont déformées par suite de la substitution en abscisses des angles de manivelle aux courses de piston. De même pour les compressions adiabatiques, avant le point mort haut (ad. $\gamma = 1{,}35$).

elle-même qu'il faut considérer, mais son accélération tangentielle, pour étudier le phénomène dans toutes ses conséquences :

$$j_{p,tg} = k \times \frac{dv_{p,d}}{dt}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et au lieu des tangentes dont il vient d'être question, il faut déterminer les rapports :

$$k' \times \frac{d\,(90^\circ - \beta)}{\cos^2(90^\circ - \beta)} \quad \text{et} \quad k' \times \frac{d\,\delta}{\cos^2\delta}.$$

Nous n'y insistons pas pour ne pas compliquer cet exposé.

Dans les anciens moteurs à gaz lent, l'allumage n'avait lieu que très peu avant ou très peu après le point mort.

Nous n'avons jamais pu lire, sans protester *in petto*, que le rebroussement (non exagéré) RA (*a*, fig. 4) qu'on rencontrait dans le diagramme de l'excellent moteur Simplex « nuisait légèrement au rendement ». On adoucissait ainsi fortement le

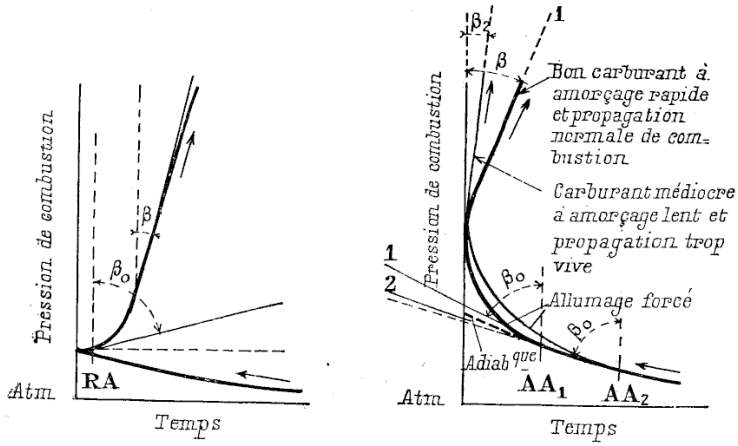



Fig. 4. — Amorçage et propagation de la combustion dans les moteurs à explosion. Qualité des carburants.

a, anciens moteurs lents avec allumage peu après le point mort.
b, moteurs rapides modernes avec forte avance à l'allumage.

choc sur les axes et l'arbre; le rendement, loin d'en souffrir, était amélioré; le moteur n'était pas inutilement fatigué.

Dans les moteurs à explosion modernes à grande vitesse et avec l'allumage forcé, on conçoit que la régularité de l'amorçage et de la propagation de la combustion dépend plus dangereusement des qualités de combustibilité des carburants (fig. 4).

### DÉTONATION, CHOC, COGNEMENT, AUTOALLUMAGE PAR POINT CHAUD.

Il est indispensable de préciser les phénomènes désignés par ces différentes expressions.

On fait trop souvent de la « détonation » et du « choc » des notions plutôt vagues, mal délimitées et presque mystérieuses qui ne distinguent pas entre les causes et les effets d'une combustion indisciplinée dans les cylindres des moteurs. La confusion entre la détonation proprement dite et le cognement nous vient de la terminologie des Anglais. Nous allons voir qu'il est cependant possible d'analyser assez avant les phénomènes plus ou moins bruyants qui se superposent dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moteur, et d'en avoir une vision synthétique suffisamment claire pouvant servir de départ à leur étude méthodique.

Dès le début, il nous faut justifier un peu plus avant l'importance accordée aux moyens de réduire les cognements. La clientèle désire des moteurs puissants, économiques, silencieux et durables. Les cognements limitent la marge des réglages pour l'obtention de la puissance maxima, limitent la diminution du volume des chambres de combustion, favorable au rendement thermodynamique et à la consommation spécifique; ils caractérisent des marches rudes, bruyantes et fatigantes pour les organes mécaniques.

Quant à la force des chocs et à leur localisation mécanique, on les apprécie encore auditivement. Les modes de mesures extrinsèques de l'intensité et de la fréquence des vibrations qu'on a voulu substituer aux impressions psychophysiologiques de l'oreille, évidemment variables avec les individus, ne sont malheureusement pas faciles à relier mathématiquement avec la sensation de bruit.

En fait de bruits, nous ne nous occuperons ni des retours au carburateur provenant de mélanges trop pauvres et d'une mauvaise fermeture des soupapes, ni des explosions dans le pot d'échappement provenant de défauts d'allumage, de retards à la mise en feu et notamment de ratés avec des mélanges trop éloignés comme composition des mélanges correspondant au maximum de puissance. Si son origine est physico-chimique, le choc est en soi un phénomène purement mécanique. Il traduit toute augmentation brutale des poussées qui créent des flexions et vibrations exagérées des organes, tout changement brusque des portages des articulations (axe de piston, maneton, arbre). Même si on ne perçoit pas un bruit métallique, mais seulement un martèlement peu sonore, la marche rude que celui-ci caractérise n'en fatigue pas moins le moteur.

Aux chocs proprement dits, s'ajoutent certains bruits organiques spéciaux dus, par exemple, à une tendance au basculement du piston et à un mouvement vibratoire des segments qui raclent la paroi du cylindre. Ce bruit « de castagnettes » et ce « cliquetis » sont renforcés entre autres par les fortes charges, par les explosions brutales quand, l'accélérateur étant fermé, la voiture lancée entraîne le moteur; ils tiennent notamment aussi au jeu du piston, à la butée des abouts des segments ainsi qu'à la position latérale des bougies par rapport à l'axe du cylindre. Le claquement du piston est évidemment d'autant plus accusé que celui-ci est rejeté plus violemment d'une génératrice du cylindre sur la génératrice opposée. On doit d'ailleurs chercher à éviter ces bruits divers aussi bien que les cognements proprement dits des organes moteurs pour obtenir une marche silencieuse et de moindre usure.

MOTEUR ET COGNEMENT. — On prétend trop souvent étudier le cognement en ignorant l'influence du moteur et de sa marche sur la tendance au cognement, sur l'intensité du choc et du bruit qui en résulte.

Cette intensité du choc augmente, toutes autres choses étant égales, quand :

*Causes dépendant :*

1° *de l'allure de marche :*
- la vitesse de rotation diminue (c'est-à-dire quand la durée du temps de combustion augmente);
- la charge (le couple ou le remplissage de la cylindrée ou la compression réelle) augmente;



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | |
|---|---|
| 2° *de la construction :* | le taux de compression volumétrique augmente;<br>le diamètre de l'alésage augmente;<br>la perte de charge dans le carburateur et la culotte d'admission, le laminage par la soupape d'admission diminuent;<br>la longueur de la bielle diminue;<br>la forme de la culasse, la répartition des soupapes et bougies favorisent la détonation;<br>le jeu du piston et le jeu des segments augmentent;<br>la distance de la bougie au piston diminue;<br>la vitesse maxima du piston diminue;<br>la conductibilité et la surface refroidissante du piston et de la culasse diminuent;<br>la température de l'étincelle d'allumage s'élève; |
| 3° *du réglage :* | l'avance minima à l'allumage augmente;<br>le calage des soupapes (avance ou retard à l'ouverture) favorise la détonation ou l'auto-allumage; |
| 4° *de l'entretien :* | le calaminage et l'encrassement augmentent;<br>la viscosité de l'huile de graissage devient insuffisante; |
| 5° *de la conduite :* | les reprises et accélérations sont brutales;<br>les changements de « vitesses » se font avec perte de vitesse du moteur; |
| 6° *de la nature du carburant :* | la volatilité diminue (c'est-à-dire quand le point d'éclair ou de départ à l'ébullition s'élève);<br>la température d'allumage spontané (résistance à l'oxydation) s'abaisse;<br>l'influence de l'huile de graissage sur le carburant est très détonante; |
| 1° et 2° *de l'allure de marche et de la construction simultanément :* | la température de l'eau de réfrigération s'élève;<br>la température d'admission du mélange tonnant s'élève;<br>la température d'échappement des gaz (et du cylindre en fin de décharge s'élève); |
| 3° et 4° *du réglage et de la conduite simultanément :* | la richesse du mélange se rapproche du dosage correspondant à la puissance maxima (quantité d'air légèrement inférieure au pouvoir comburivore);<br>l'avance variable à l'allumage augmente (sans être contrebalancée par une augmentation de vitesse ou une diminution du remplissage du cylindre). |

Nous ne pouvons entreprendre ici de classer, par ordre d'influence sur le cognement par détonation ou par auto-allumage, ces différentes causes d'augmentation des bruits parmi lesquels on peut essayer de distinguer les révélations auditives de l'onde gazeuse sonore et le choc métallique bien plus sonore, immédiat ou médiat suivant qu'il subsiste ou ne subsiste pas un film de lubrifiant entre les surfaces portantes. Il est certain qu'on passe toujours par l'intermédiaire des manifestations piézothermiques du combustible en ignition dans le cylindre. Nous nous attacherons donc à l'étude de ces derniers phénomènes physiques.

Ce qui est tout à fait typique, c'est que, dans le moteur (monocylindrique) à compression variable comme celui de Ricardo, il suffit d'une très faible variation du taux de compression (2 p. 100 par exemple) pour qu'une oreille exercée saisisse l'apparition ou la disparition du cognement; étant entendu que restent inchangés le carburant, la carburation et la pulvérisation, le remplissage de la cylindrée, la vitesse de rotation, la température des gaz frais à l'admission, la température de rentrée de l'eau de circulation et l'avance à l'allumage; toutefois, la distance de la bougie au fond du piston varie. Un autre moyen moins artificieux, mais moins précis, consiste à repérer, sur un moteur très comprimé, muni d'un carburateur donnant un mélange constant air-carburant, l'ouverture du papillon d'accélération et la dépression manométrique correspondant à un cognement faiblement audible. On peut opérer avec un carburant de référence et noter les différences des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dépressions avec les divers carburants pour un cognement de même intensité. Masson et Hamilton expriment les susdites différences en pourcentage de benzène ou en centimètres cubes de plomb tétraéthyle par gallon américain à ajouter au carburant pour qu'il ne cogne qu'au même degré d'ouverture du papillon. On opère de façon analogue en repérant l'avance à l'allumage qui amène le cognement.

Par suite, on est arrivé à fixer approximativement pour chaque carburant et moteur un taux maximum de compression (il serait plus exact de parler de pression maxima au point mort) tel qu'à l'allure la plus défavorable, avec des températures et une avance normales, il ne se produise ni choc ni « rallumage ». Ces chiffres ne sont valables que pour le moteur d'expérience en question.

En pratique, l'idéal serait, si cette solution n'entraînait de très grandes complications, de faire varier la compression avec le poids de la cylindrée en la ramenant à la normale pour les faibles charges; on augmenterait considérablement le rendement moyen.

Nous ne pouvons étudier en détail tous les facteurs de construction et de marche qui influent sur la combustion et la tendance au cognement; nous nous contenterons de faire ressortir à titre d'exemple :

*a*) l'influence des dispositions des fonds de cylindres;

*b*) l'influence de la pression à la fin du temps de compression;

*c*) l'influence de la température d'admission du mélange tonnant et de la température de sortie de l'eau de refroidissement.

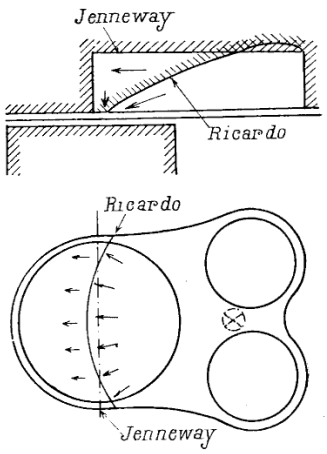



Fig. 5. — Culasses pour moteur à soupapes latérales.

*a*) *Dispositions antidétonantes des fonds de cylindres.* — C'est dans la chambre de combustion, ou du moins dans un volume restreint du cylindre avant et après le point mort, à la fin de la course de compression et au début de la course motrice, que se passe l'essentiel de la combustion : amorçage de celle-ci et premier développement progressif de la pression sur le piston jusqu'à son maximum. Surtout en ce qui concerne la période si courte de démarrage de la combustion, on conçoit tout de suite quelle peut être l'influence de l'emplacement des bougies et des soupapes et celle de la forme de culasse, tant pour augmenter le rendement en travail indiqué sur le piston et en travail disponible sur l'arbre que pour éluder le cognement et la détonation qui limitent les pressions maxima et le rendement lui-même.

Comme R.-V. Janeway, nous estimons que l'influence antidétonante de la chapelle tient essentiellement au refroidissement des dernières fractions du mélange tonnant qui restent à brûler. Ricardo lui-même nie maintenant, paraît-il, l'effet antidétonant de la turbulence, provoquée par l'étranglement de la communication entre le cylindre et la chambre de combustion. Nous montrerons plus loin que l'action des antidétonants et la valeur des carburants indétonants tiennent à ce qu'avec eux, la combustion proprement dite est relativement ralentie. Les chambres antidétonantes et les pistons antidétonants modernes atteignent le même but par l'accrois-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sement de la surface d'échange des parois internes et de leur conductibilité thermique. Une faible turbulence résiduelle, au moment de l'explosion, augmente davantage la vitesse de combustion qu'elle ne favorise le refroidissement des gaz non encore brûlés, mais une turbulence assez forte tend à réduire la détonation. Au point de vue de la limitation de la température des gaz « frais », un faible espace mort entre le piston et une partie du fond de cylindre semble avoir une heureuse influence qu'on ne retrouve pas dans la forme hémisphérique plus rationnelle de la chambre de combustion.

Quant à la forme de la chapelle (fig. 5), M. Janeway, qui préconise une section carrée, estime que la surface d'impact concave de Ricardo ne vaut pas une surface plane ou convexe pour refroidir le courant de gaz qui se rend dans l'espace mort au-dessus du piston.

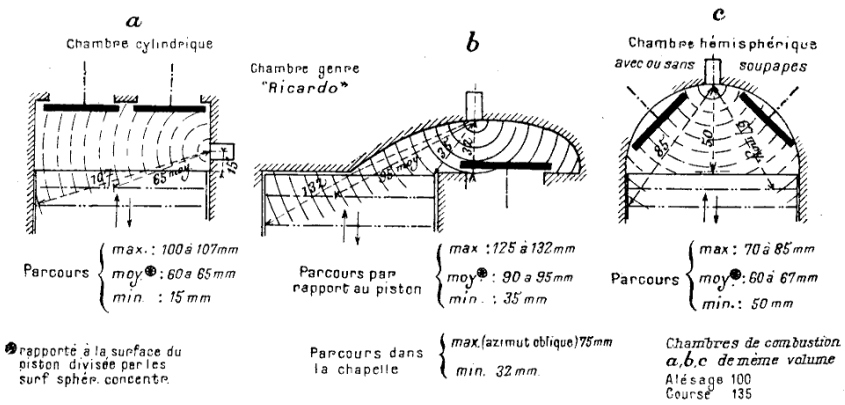



Fig. 6. — Propagation de la combustion dans des chambres de combustion de forme différente à partir de la bougie, avant et après le point mort. (Quand l'allumage a lieu avant le point mort les distances minima 15, 35 et 50 sont à augmenter de la longueur de la course de compression que le piston a encore à parcourir jusqu'au point mort.)

S'il importe d'éluder le cognement, il n'importe pas moins que l'amorçage toujours laborieux de la combustion se fasse avec certitude.

A cet égard, il est bon que la bougie reçoive directement un courant rapide de balayage par les gaz frais pendant l'admission, ce qui ne veut pas dire qu'il faille la placer au-dessus de la soupape d'admission. D'autre part, pour éviter que l'échauffement local des gaz non brûlés par la tête de la soupape d'échappement souvent très chaude, n'occasionne l'auto-allumage, voire la détonation, on doit s'arranger pour que les gaz en contact avec cette tête de soupape brûlent les premiers.

La position centrale de la bougie a le grand avantage de régulariser la mise en feu, de ne pas tendre à créer un mouvement de bascule du piston ayant un jeu notable et de donner un couple maximum. Toute proportion gardée, l'avance à l'allumage nécessaire pour obtenir un couple élevé doit être plus grande avec une bougie désaxée dont la distance au point extrême de la chambre d'explosion et du piston est exagérée. La combustion tend à se propager par couches sphériques concentriques à partir des électrodes entre lesquelles a jailli l'étincelle. La pression maxima n'est atteinte, à notre sens, que lorsque ces ondes (qui ne sont ni de choc ni explosives) sont venues se réfléchir sur les parois les plus éloignées et que toute la masse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du mélange tonnant est entrée en ignition : ce qui ne veut pas dire que la combustion est instantanément complète à ce moment puisqu'elle se poursuit encore pendant et même après la détente. Il est bien évident que le temps nécessaire à cette mise en feu générale varie avec la position de la bougie et la plus ou moins grande distance que doit parcourir la flamme (fig. 6). On sait qu'avec deux bougies fonctionnant simultanément, on atteint, avec une moindre avance à l'allumage, une puissance supérieure de 5 à 15 p. 100 à celle qu'on obtient avec une seule des deux bougies.

Nous avons vu que la propagation de la combustion doit se faire à une vitesse bien supérieure à celle du piston, car la flamme doit parcourir, à cheval sur le point mort, les distances indiquées sur la figure 6, entre le moment où éclate l'étincelle et celui où s'établit le maximum de pression motrice et qui correspond déjà à une élongation notable du piston. Notons encore que la turbulence avec ses effets contraires d'accélération et de retard sur l'inflammation ne change guère l'ordre de grandeur de la vitesse de propagation qu'on constaterait en atmosphère calme et homogène.

*b*) *Limitation de la compression par le cognement.* — On sait que la pression en fin de compression (ou le taux de compression volumétrique suivant l'ancien mode d'estimation) est limitée par l'impression psychophysiologique intolérable du choc, l'abrègement dispendieux de la vie du moteur et l'abaissement de son rendement économique.

Nous voici en plein dans le domaine de l'ingénieur anglais H. R. Ricardo dont les travaux sont célèbres dans le monde entier et que personne n'osait discuter jusqu'en ces derniers temps, même quant aux détails. Les résultats de travaux américains récents cependant ne concordent pas toujours très exactement avec les siens. Son œuvre n'en reste pas moins considérable.

Pour beaucoup de carburants, l'auto-inflammation détonante par surchauffe locale des gaz à la pression régnant dans le cylindre, peu avant ou peu après le point mort, sans l'intervention d'un point chaud, se produit avant le cognement par auto-allumage au contact d'une aspérité (électrodes des bougies par exemple) ou de coke déposé, portée au rouge. A l'inverse, pour l'alcool méthylique [2], l'alcool éthylique dénaturé anglais, le benzène entre autres, l'auto-allumage par point chaud précède la détonation et même le début du régime détonant.

Les Diesel ne sont pas exempts, nous l'avons déjà dit, de combustion explosive intempestive. Dans le moteur à explosion, les troubles de la combustion progressive peuvent se superposer et peuvent être plus ou moins bruyants suivant que la combustion locale indésirable intéresse, plus ou moins brusquement, lors de la compression ou lors de la détente, une quantité plus ou moins grande du mélange tonnant dont la combustion est déjà moins ou plus avancée.

Nous avons traduit, dans le tableau synoptique (fig. 7), toute la gamme des combustions vives, brutales et explosives qui peuvent se produire et qui peuvent se traduire par des chocs variables du coup brusque de pilon au coup de presse, par des bruits secs ou mous, très intenses ou à peine audibles.

(2) Nous avons montré ailleurs que l'alcool méthylique ne peut exister, avec les températures et pression de régime dans les cylindres, qu'à l'état dissocié de gaz à l'eau hydrogéné, ce qui peut expliquer certaines anomalies apparentes de ce combustible liquide volatil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les explications portées sur le dessin même nous dispensent de longs commentaires.

Nous sommes toujours, entre parenthèses, à la recherche d'un mode d'enregistrement du cognement, moins discutable que celui de Midgley, pour remplacer l'appréciation par l'oreille de la puissance et de la nature du phénomène. Mais déjà la mesure de la montée en pression, que nous préconisons, renseigne sur la tendance au cognement, voire à la détonation; ce dernier phénomène est heureusement rare et surtout rarement intégral, car il entraînerait alors une fatigue considérable des

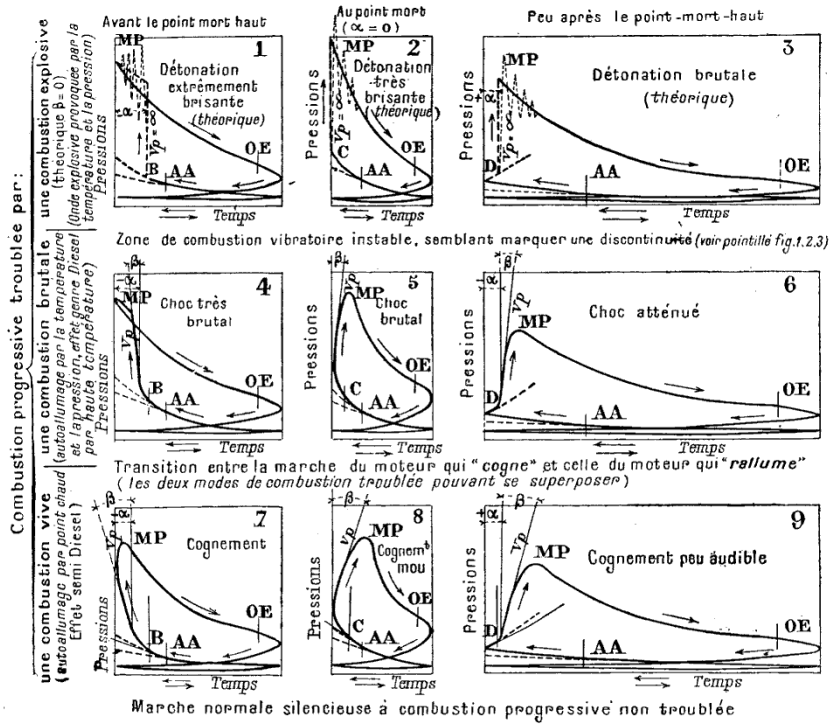



Fig. 7. — Tableau synoptique de la production et de l'importance des cognements dans les moteurs à explosion (certains carburants donnent plus facilement lieu à l'auto-allumage par point chaud qu'au choc).

organes, parfois la rupture ou en tous cas la détérioration de certains d'entre eux (comme les coussinets garnis d'antifriction).

c) *Apparition du cognement avec l'élévation de la température d'admission du mélange tonnant et des parois.* — Le réchauffage à l'admission est une nécessité quand on veut utiliser convenablement les carburants et combustibles liquides peu volatils dans le moteur à explosion. Il en résulte évidemment, par suite de la diminution de masse de la cylindrée, une petite perte de puissance, compensée très largement par l'amélioration de la combustion qui maintient une consommation spécifique convenable, qui évite les encrassements et une fumée intolérable à l'échap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pement. Des expériences récentes ont pleinement confirmé nos prévisions dont on retrouvera la justification dans le *Génie civil* du 9 avril 1927 (p. 362). La figure 8, relative à des essais effectués par M. Quillery, collaborateur de la Société Catalex, sur un moteur Fordson muni d'un carburateur *chimique* et alimenté avec du pétrole russe, montre comment la température du mélange tonnant à son entrée dans les cylindres, limite la charge qu'ils peuvent supporter sans cogner.

De même, la température de sortie de l'eau ne peut être maintenue très haute, quoique la paroi trop refroidie puisse provoquer la dilution de l'huile de graissage. Cependant son action est moins accusée que celle de la température d'admission du mélange, car l'eau n'agit qu'à travers une cloison métallique.

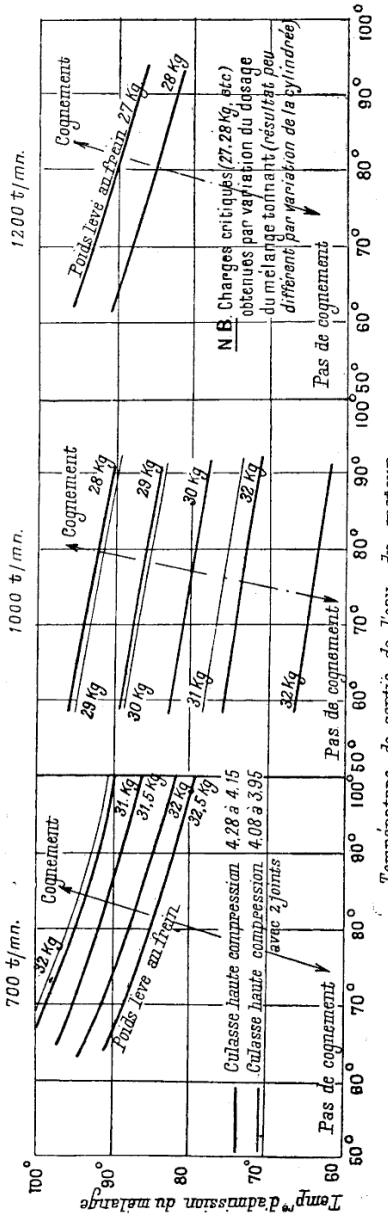



Fig. 8. — Limitation des couples par l'apparition du cognement en fonction des températures du mélange tonnant à l'entrée dans le moteur et de l'eau de réfrigération à la sortie du moteur (moteur Fordson muni d'un Catalex et consommant du pétrole de Bakou).
N. B. — La réduction du taux de compression permet, toutes autres choses égales, d'augmenter la charge de 1 kg ou la température d'admission de 5 p. 100.

COMBUSTION ET COGNEMENT. — Il est très rare — et heureusement d'ailleurs — que la combustion progressive normale soit troublée par une combustion explosive brisante, ou véritable détonation, qui se propage avec des vitesses de l'ordre de plusieurs milliers de mètres par seconde (1, 2, 3, fig. 7). Il faut, en effet, un concours singulier de circonstances favorables à la naissance de l'onde explosive : une pression élevée, une haute température intéressant une masse suffisante de gaz combustibles, une forte proportion dans ceux-ci de corps prodétonants produits au cours de la préoxydation.

Plus couramment, se substitue à la combustion progressive, une combustion brutale déclenchée par une élévation locale de la température alors que la pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est élevée ou une combustion plus vive que la normale amorcée au contact d'un point chaud (4, 5, 6 ou 7, 8, 9, fig. 7). Notons ici qu'on a tort d'attribuer ces combustions rapides intempestives à des surpressions qui ne peuvent se produire dans le cylindre et où, tout au plus, la force vive de courants gazeux peut se transformer en une légère augmentation de la pression uniforme de l'enceinte. Au contraire, la température des gaz est essentiellement variable dans le cylindre depuis le centre jusqu'aux parois, et dans la masse hétérogène, il se produit fatalement des surchauffes locales.

Les mises en feu plus ou moins généralisées, intempestives et brusques (mais jamais instantanées) peuvent se réaliser avant ou après le point mort haut du piston (fig. 7). Nous considérons que, dans les moteurs modernes, avec des grandes avances à l'éclatemement de l'étincelle, qui sont nécessaires pour réaliser des vitesses angulaires de plusieurs milliers de tours par minute, et des vitesses linéaires de piston de plusieurs dizaines de mètres par seconde, ces mises en feu ne se produisent guère avant l'éclatement de l'étincelle. Il ne s'agit donc pas d'auto-allumage ou d'auto-ignition proprement dits, mais de post-allumages fulgurants, superposés à l'amorçage progressif de la combustion, provoquée antérieurement par l'étincelle. D'ailleurs, l'expression auto-allumage ne devrait s'appliquer qu'aux allumages de mélanges préalables par échauffement global ou par compression comme dans le briquet à air. L'allumage ou le « rallumage » d'un mélange comprimé au contact d'un point chaud, dégageant un excédent de calories susceptibles d'amener un vif échauffement local, n'est pas à proprement parler un auto-allumage. Remarquons encore qu'un auto-allumage spontané ou un allumage par point chaud peut être plus ou moins rapide, mais qu'il ne serait *instantané* que si la totalité du mélange tonnant était portée sans délai à la température de combustion [3]. Le cognement est bien plus dur dans le cas où la combustion explosive ou vive, qui se substitue à la combustion normale, est provoquée par la compression et l'échauffement de la masse du mélange, que dans le cas où elle est occasionnée par un point chaud (électrodes de la bougie restant rouges notamment), car l'accélération de la combustion est moindre dans le second cas. On comprend aussi (fig. 7) qu'il y a toute une gradation de la violence du choc, dans le premier cas suivant la vitesse de combustion réalisée, et, dans tous les cas, suivant la quantité de gaz frais ou seulement partiellement brûlés qui entre en déflagration inopinée.

La combustion est d'autant plus suceptible de s'emballer que sa vitesse est plus accrue par l'allumage forcé préalable. Quand cette vitesse est portée à 100 m : sec et plus, il est davantage à redouter qu'on passe à la combustion vibratoire, voire à la détonation.

CARBURANT ET COGNEMENT. — Il n'est pas besoin d'insister longuement sur ce que, sous l'effet d'échauffements locaux du mélange tonnant en ignition, porté à haute pression, la manière dont la combustion normale peut être troublée, dépend essentiellement de la nature chimique du carburant et aussi de son état physique (vapeurs ou gouttelettes).

Le prototype des carburants pouvant donner lieu à l'auto-allumage, et non au choc, est l'alcool méthylique. Comme type des carburants pour lesquels l'auto-allumage précède le choc, on peut citer le benzène. Ce phénomène dépend d'ailleurs

(3) Voir notre communication au 2e Congrès du Chauffage Industriel, juin 1928.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la mauvaise disposition de la chambre d'explosion. Beaucoup de carburants sont d'abord sensibles au choc (essences de pétrole non aromatiques, éther). Enfin, l'alcool éthylique hydraté représente bien les carburants peu sensibles aux deux phénomènes.

Une transformation préalable des combustibles dans le carburateur chimique peut modifier leurs tendances naturelles au cognement. Il en est de même de l'addition d'antidétonants (métaux carbonyles, métaux et métalloïdes combinés aux radicaux éthyle ou autres) et d'indétonants (carbures aromatiques, certaines isoparaffines, alcool éthylique plus ou moins hydraté).

Pour finir, nous étudierons plus particulièrement les carburants du commerce.

### CARBURANTS DÉTONANTS ET INDÉTONANTS. ANTIDÉTONANTS ET PRODÉTONANTS.

Ces épithètes sont relatives et non absolues.

On dit, par comparaison explicite ou non avec la manière dont se comporte un autre carburant dans un moteur fortement « comprimé » qu'un carburant est « détonant » ou « antidétonant ». Il faut réserver les mots « antidétonant » et « prodétonant » aux substances qui, mélangées à très faibles doses aux carburants, ont une action énergique sur la tendance ou la résistance de ceux-ci au cognement. Les carburants aromatiques, par exemple, ne sont pas antidétonants au sens réel du mot, mais « indétonants » par rapport aux essences de pétrole un peu « lourdes » courantes, qui, elles, sont détonantes. Le mélange de 50 et 66 p. 100 de benzol à 50 et 34 p. 100 d'essence donne un carburant indétonant tandis que les additions de 25 à 33 p. 100 dans le mélange n'ont pas grand effet (fig. 9). L'aldéhyde éthylique n'est pas simplement détonant, mais prodétonant. Certains composés organo-métalliques contenant des métaux lourds, l'aniline sont des antidétonants. L'addition d'essence jusqu'à 5 p. 100 au nitrobenzène a un effet prodétonant sur ce dernier.

En fait de mélanges, si l'on connaît la complexité de la combustion dans les moteurs, on peut sourire lorsqu'on lit que le « point de détonation » peut se calculer par la règle des « mélanges en poids ». L'addition de benzène a beaucoup d'influence sur l'essence et peu sur le gas oil; l'addition de toluène agit en sens inverse. La question d'oxydabilité plus ou moins freinée des mélanges n'est malheureusement pas d'une aussi grande simplicité.

Ceci dit, nous rappellerons que les carburants commerciaux sans mélange se classent comme suit, au point de vue de leur emploi dans des moteurs modernes à taux volumétrique de compression atteignant 5.

| | |
|---|---|
| Indétonants. | Benzol;<br>Alcool éthylique, anhydre;<br>Essence riche en aromatiques;<br>Essence de cracking;<br>Essence d'aviation. |
| Détonants. | Essence légère d'automobile;<br>Essence lourde d'automobile;<br>Gas oil;<br>Pétrole. |

Nous verrons que l'ordre de la tendance au cognement des essences est très variable avec leur nature. Si on prend comme terme de comparaison un autre carburant que l'essence, l'alcool par exemple, on peut dire que le benzol est encore

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus réfractaire au choc ou plus indétonant que lui, et que tous les autres carburants de la liste sont plus détonants que lui. Le classement est encore valable.

Un autre point de vue est celui de l'effet indétonant et antidétonant ou détonant et prodétonant, des diverses substances mélangées aux carburants; nous assimilerons ici l'influence sur la possibilité de cognement à l'influence sur la température d'allumage spontané. Le classement est peu différent comme on peut le voir sur la

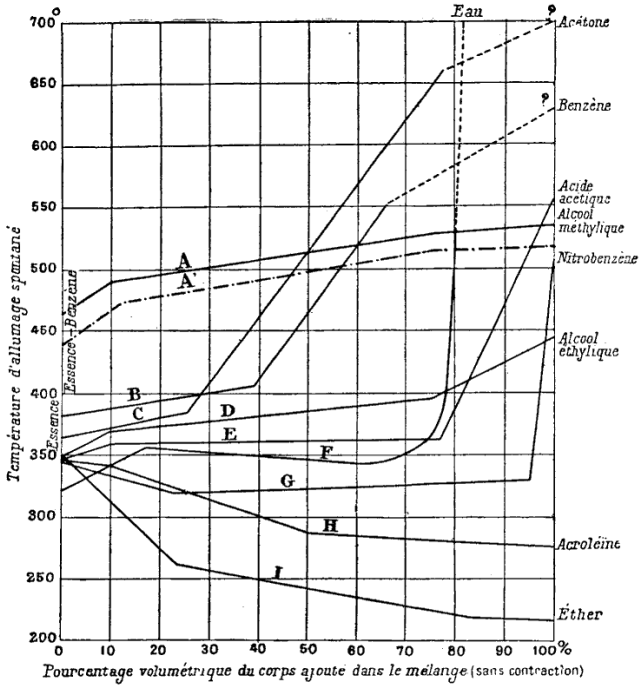



Fig. 9. — Effets du mélange à l'essence définie d'indétonants et de détonants, modifiant la température d'allumage spontané de moins de 50 degrés pour une addition de plus de 15 p. pour 100. Lignes brisées à trois droites (lignes mixtes pour l'eau).

A, essence-benzène + alcool méthylique, H = 763 mm (creuset nettoyé par grattage); — A', idem, (creuset nettoyé par éther); — B, essence + acétone, H = 762 mm; — C, essence + benzène, H = 757 mm; — D, essence + alcool éthylique, H = 760 mm; — E, essence + acide acétique, H = 763 mm; — F, essence + eau (émulsionnée), H = 752 mm; — G, essence + nitrobenzène, H = 763 mm; — H, essence + acroléine, H = 755 mm; — I, essence + éther, H = 761 mm.

liste suivante concernant de faibles additions à l'essence définie qui a servi de base à nos essais.

| | | |
|---|---|---|
| Antidétonants. | « Motyl » (fer-carbonyle).<br>« Éthyl » (plomb-éthyle).<br>Aniline (4). | Provoquant une élévation de température d'allumage spontané de plus de 50 kgm pour une addition de moins de 5 p. 100. |
| Indétonants. | Alcool méthylique (4).<br>Alcool éthylique.<br>Eau (émulsionnée).<br>Acide acétique.<br>Acétone.<br>Benzène. | |

(4) Additionnés à un mélange d'essence et de benzène, car ils sont peu ou pas solubles dans l'essence pure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Détonants. { Acroléine. Pétrole. Nitrobenzène. Huile de graissage. Gas oil. Éther ordinaire.

Prodétonant. — Aldéhyde éthylique. { Provoquant un abaissement de plus de 50 degrés pour une addition de 5 p. 100.

Contentons-nous de signaler que, si l'on considère les mélanges moitié, moitié en volume, le classement devient : aniline, acétone, benzène, alcool méthylique, alcool éthylique, eau, acide acétique; nitrobenzène, pétrole, gas oil, acroléine, « éthyl », huile de graissage, éther, aldéhyde éthylique, « motyl ».

Pour apprécier les qualités indétonantes d'un carburant, on peut faire des essais sur des moteurs spéciaux avec lesquels on cherche le réglage qui fait naître le cognement à peine audible, en agissant soit par augmentation du taux de compression, soit par augmentation du remplissage de la cylindrée ou de l'avance à l'allumage. Dans ces derniers cas, on compare les constatations faites sur les carburants avec les additions à une essence type de quantités variables de carbures aromatiques, d'isooctane ou d'antidétonants organo-métalliques, nécessaires pour reproduire, toutes autres choses étant égales, le même cognement. Comme il n'existe aucun repère absolu pour le cognement de référence, que le « toutes autres choses étant égales » n'est jamais identique à lui-même, on comprend que ces mesures comparatives sont très sujettes à caution.

Tout en reconnaissant qu'il faut toujours en revenir au moteur, et plus exactement à un moteur du type auquel on destine le carburant, ni mieux ni plus mal entretenu, nous donnons la préférence à un critérium plus simple et plus rapide, toujours comparable à lui-même : la température d'allumage spontané $t_{as}$.

La $t_{as}$ est la température la plus basse à laquelle s'enflamme, avec un bruit d'explosion plus ou moins audible et dans un délai variant d'une fraction de seconde à plusieurs secondes, une goutte de liquide qu'on laisse tomber et qui entre en caléfaction, sur une surface appartenant à une masse métallique, chauffée à température croissante ou décroissante et balayée par un courant très lent d'air ou d'oxygène.

Ces phénomènes sont, pour ainsi dire, un agrandissement macro-cinématographique au ralenti des phénomènes fulgurants que subissent, dans les cylindres, les gouttelettes très fines de carburant. C'est ce qui fait l'intérêt pratique de la $t_{as}$ dont les indications sont si remarquablement transposables à la combustion dans les moteurs.

Nous avons adopté l'appareillage de Moore, modifié par la Maison Krupp, dont la masse métallique est formée d'acier inoxydable et dont le comburant est de l'oxygène à la pression atmosphérique, ce qui correspond *grosso modo* à de l'air à la pression de 5 atm.

*Grosso modo*, le classement des carburants et combustibles liquides par ordre décroissant des $t_{as}$ est le même que leur classement par ordre décroissant des taux de compression qu'ils peuvent supporter sans provoquer de cognement dans un moteur dont les chambres de compression peuvent être augmentées de volume. Il est aussi le même que leur classement par ordre croissant de tendance à l'oxyluminescence (flamme froide de Perkin)

*Températures d'allumage spontané de différents carburants purs ou mélangés.* — Nous donnons dans le tableau I les $t_{as}$ relatives à différents carburants, combustibles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liquides et produits divers non mélangés à d'autres. On n'a ordinairement aucune idée des variations, de cette caractéristique utilitaire des carburants commerciaux comme l'essence. On trouve dans ce tableau, où la $t_{as}$ varie de 305° à 385° (différence 80 degrés), alors que l'addition de 40 p. 100 de benzène dans le mélange n'élève pas de 30 degrés la $t_{as}$ de l'essence. De même, la $t_{as}$ des gas oils commerciaux que nous avons analysés varie de 255° à 355°; malheureusement, les gas oils indétonants ne peuvent en général être consommés en France en bénéficiant de droits réduits.

TABLEAU I

EXEMPLES D'ANALYSES DE CARBURANTS ET COMBUSTIBLES LIQUIDES (Laboratoires Catalex).

| PRODUITS | DENSITÉ A 15° | INDICE D'IODE | ABSORPTION SULFURIQUE p. 100. | DISTILLATION ENGLER | | | | TEMPÉRATURE D'ALLUMAGE SPONTANÉ $t_{as}$ | | COULEUR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Départ. | Point sec. | Résidu liquide (cm³) | Coke (gr) | Degrés. | Press. atmosp. (m/m de Hg) | |
| *Essences* commerciales diverses. | 0,7266 | 4,1 | 7,6 | 43° | 198° | 0,7 | » | 325° | 765 | |
| | 0,7665 | 48,4 | 39,7 | 42 | 194 | 0,5 | » | 348 | 763,5 | |
| | 0,7415 | 18 | 16,7 | 35 | 200 | 1 | » | 379 | 757 | |
| | 0,7231 | 12,5 | 9 | 40 | 205 | 0,7 | » | 386 | 755 | |
| | | POINT (à creuset ouvert) | | | | | | | | |
| | | d'éclair. | de combustion. | | | | | | | |
| *Pétroles* : | | | | | | | | | | |
| Pétrole Shell | 0,840 | 73° | 84° | 173° | 315° | 0,8 | » | 290° | 760 | |
| Moteur Bakou. | 0,8251 | 40 | 45,5 | 144 | 322 | 1,3 | 0,004 | 281 | 765 | |
| *Gas oils* : | | | | | cm³ | | | | | |
| SMP Catalex | 0,8704 | 117 | 131,5 | 232,5 | 354,5-97,11 | 1,5 | 0,03 | 262° | 763,5 | coloré en rouge. |
| Olex III-1 | 0,8406 | 105 | 123 | 210 | 366-98,5 | 1,3 | 0,06 | 262 | 760 | jaune clair. |
| SGHP de Courchelettes | 0,8500 | 115,5 | 134 | 218 | 384-96 | 1,5 | 0,023 | 267 | 762 | rouge, légère fluorescence bleue. |
| SGHP-BP | 0,8458 | 106 | 126 | 214 | 380-95,5 | 3,8 | 0,00 | 268 | 762 | rouge, légère fluorescence bleue. |
| Olex II-4 | 0,8671 | 90 | 105 | 198 | 354-98,5 | 1,1 | 0,053 | 270 | 760 | jaune foncé. |
| DAPG | 0,8772 | 102 | 117 | 210 | 397-98 | 1,5 | 0,087 | 275 | 760 | brun foncé. |
| Olex III-8 | 0,8801 | 101 | 116,5 | 206 | 399-97,8 | 1,3 | 0,108 | 276 | 762 | brun, fluorescence bleue-violette. |
| Shell international | 0,8560 | 96,5 | 106,5 | 190 | 373-98,7 | 1,2 | 0,053 | 279 | 760 | brun. |
| Standard Oil | 0,8737 | 97 | 119 | 212 | 378-95,5 | 3,8 | 0,00 | 284 | 762 | brun clair, fluorescence bleue. |
| Shell SMP | 0,8749 | 110 | 119 | 218 | 378-98,5 | 1,0 | 0,03 | 288 | 766 | brun. |
| — | 0,8760 | 112 | 127,5 | 205 | 346-98,7 | 1,0 | 0,042 | 301 | 757 | brun. |
| Jupiter | 0,8635 | 93 | 115 | 216 | 356-98 | 1,1 | » | 345 | 763,5 | brun. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques exemples d'analyses de carburants et combustibles comprenant leur $t_{as}$ et groupés dans le tableau I, montreront le peu d'interdépendance des caractéristiques anciennes et de la nouvelle dont nous avons établi la relation plus directe avec la bonne combustion dans les cylindres et la résistance au choc.

La $t_{as}$ des mélanges de carburants entre eux ou à des substances diverses ne suit pas la loi simple des mélanges. Les nombres relevés par nous peuvent toujours se représenter par des lignes brisées assez bien définies; ces différentes lignes se

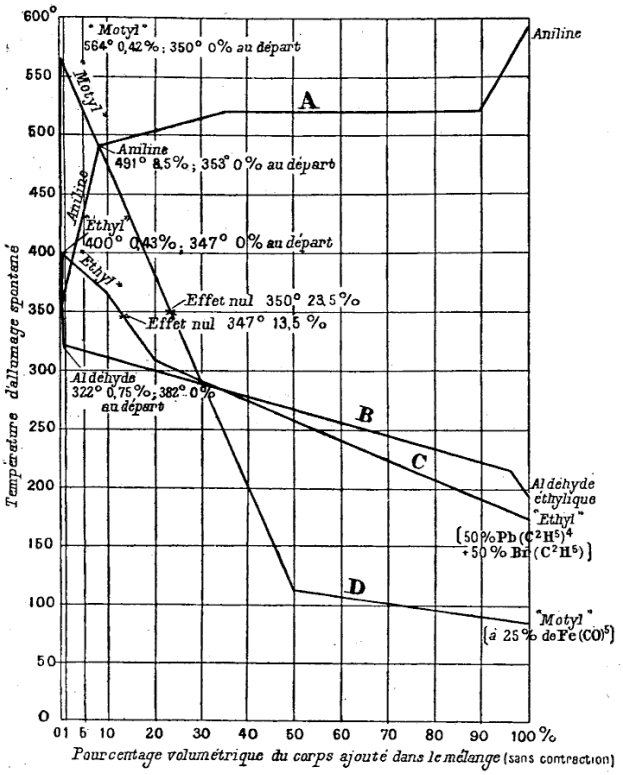



Fig. 10. — Effets du mélange à l'essence définie d'antidétonants et de prodétonant, modifiant la température d'allumage spontané de plus de 50 degrés pour une addition de moins de 5 p. 100. (Lignes brisées à 3 et 4 droites.)

A, essence-benzène + aniline, H = 765 mm; — B, essence + aldéhyde éthylique, H = 754 mm; — C, essence + éthyl, H = 749 mm et 748 mm; — D, essence + motyl, H = 756 et 760 mm.

ramènent à 12 types, si on ne précise que le point de départ $t_c$, le premier ou les deux premiers points anguleux et le point d'arrivée $t_a$. Il importe surtout de connaître l'allure de la montée ou de l'abaissement de la température d'allumage spontané $t_{as}$ par rapport à $t_c$ et à l'oblique joignant $t_c$ à $t_a$.

On a aussi essayé de nombreux mélanges binaires, ternaires, quaternaires, etc., de carburants entre eux ou à des substances diverses et notamment à des antidétonants organo-métalliques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

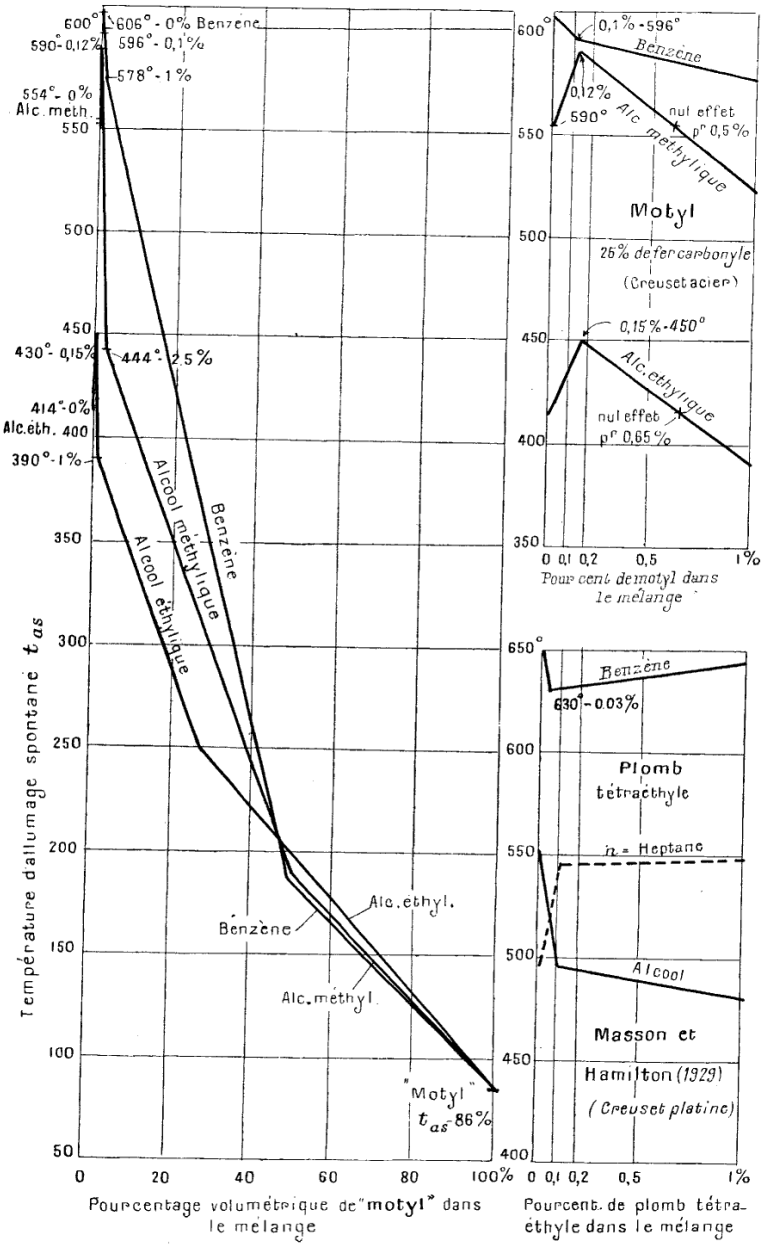



Fig. 11. — Influence des antidétonants métal-carbonyle ou organo-métalliques sur les carburants indétonants. (Lignes brisées à 3 et 4 droites.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les $t_{as}$ des mélanges ne suivent pas la règle des moyennes proportionnelles entre les $t_{as}$ des composants purs des dits mélanges. C'est ainsi qu'il faut beaucoup de carbures aromatiques, qui sont de très bons indétonants, pour remonter notablement le $t_{as}$ d'essences détonantes.

En partant d'une essence à 379°, l'addition de 40 p. 100 de benzène dans le mélange élève la $t_{as}$ de 26 degrés, l'addition de 50 p. 100 de 80 degrés. En partant d'une essence à 331°, l'addition de 60 p. 100 de toluène n'élève la $t_{as}$ que de 4 degrés et l'addition de 75 p. 100 (25 p. 100 d'essence seulement dans le mélange) l'élève de 87 degrés.

Cependant les carbures benzéniques sont encore bien supérieurs à l'alcool éthylique pour remonter la $t_{as}$ de l'essence.

L'effet extincteur de l'eau émulsionnée dans l'essence ou le gas oil ne se fait sentir que pour des teneurs de l'ordre de 75 p. 100 d'eau environ dans l'émulsion.

Quant au tétrachlorure de carbone, il ne peut servir, tout en ayant une $t_{as}$ supérieure à 1.000° (en présence d'air), d'extincteur pour le benzol enflammé, car il augmente son inflammabilité.

Les antidétonants à base de fer ou de plomb qui, purs, sont très détonants, ont un maximum d'action sur l'essence pour des doses très faibles (moins de 0,5 p. 100). Pour des additions pour 100 de l'ordre des dizaines, leur effet antidétonant s'annule. Au-dessus, ils rendent l'essence plus détonante. Au contraire, ils abaissent toujours, même ajoutés en très petite proportion, la $t_{as}$ du benzène qui est indétonant de lui-même (fig. 10 et 11).

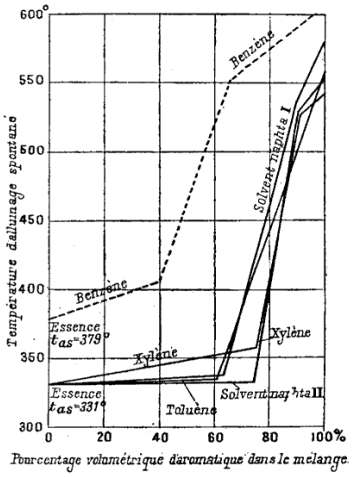



Fig. 12. — Effets du mélange d'aromatiques à l'essence. (Lignes brisées à 3 droites.)

ESSENCES INDÉTONANTES [5]. — Si les courses de vitesse d'automobiles et d'avions munis de moteurs poussés surcomprimés ou suralimentés posent avec acuité le problème des carburants indétonants, ce n'est pas d'aujourd'hui qu'on a étudié le mélange de substances diverses à l'essence ou au benzol et à l'alcool. Les avantages du benzol (purifié chimiquement) ne sont plus discutés; son seul grand défaut est de ne pouvoir être produit en abondance. On a reconnu également la supériorité, sur les essences paraffiniques, des essences de Bornéo, Sumatra, Californie, voire de certaines régions de la Roumanie, contenant naturellement des carbures aromatiques, et enfin des essences de cracking tant méprisées il y a encore peu d'années.

Il a été « inventé » différents mélanges dont la composition, d'ailleurs variable, est tenue secrète, et qu'il suffit d'ajouter à l'essence pour atténuer sa tendance à l'auto-allumage et à la détonation. Nous citerons : le « discol » de Ricardo à base

(5) Nous empruntons une grande partie de ce paragraphe à nos conférences faites à la Société des Ingénieurs civils et à la Société de Chimie industrielle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'alcool et dans lequel il y aurait aussi, a-t-on dit, d'autres produits; « l'elcosine » de l'Italien Annaratone, modifiée par la Société S. A. C. L. A. de Montrouge; cette elcosine contiendrait, paraît-il, de l'alcool, de l'essence de poire (acétate d'amyle) et un émulsionneur qui permettrait d'ajouter de l'eau en proportion élevée jusqu'à ce que le moteur ne « rallume » plus. On attribue aussi à certains produits mystérieux un effet décalaminant. Mais les plus courants des carburants antidétonants sont des mélanges d'essence et de benzol.

Il a été dit que, lors de la dernière « Coupe Schneider », les moteurs des hydravions les mieux classés étaient alimentés avec des mélanges contenant 80 à 40 p. 100 de benzol, de l'essence de Californie ou « bâton rouge » (Bergius-IG), et un peu d' « éthylfluide ».

On connaît la « stellane » créée, il y a une trentaine d'années, par la Société des Huiles minérales de Colombes (actuellement Lille, Bonnières et Colombes), quand le benzol se vendait difficilement, afin d'abaisser son point de congélation et de faciliter les départs. C'est un mélange de 66 p. 100 de benzol et 33 p. 100 d'essence « poids lourds ». La « cosmoline » se présentait sous trois formules, le carburant fondamental pouvant être de l'essence, de l'alcool ou du benzol; ce carburant contenait en dissolution de la naphtaline puis de l'huile « naphtalinique » 200°-250°. Il ne subsiste plus que le mélange à base de benzol appelé « nabol ».

La Maison Lesieur vend sous la désignation « PB » un carburant formé, au début, d'essence, de benzol et d'alcool par tiers.

La Société Lille, Bonnières et Colombes lançait modestement, il y a trois ans, sous le nom de « stellizol », un mélange (teinté en mauve) de 70 p. 100 d'essence et de 30 p. 100 de benzol environ fixé définitivement à 85 p. 100 d'essence tourisme et 15 p. 100 de benzol lavé. Ce carburant ne nécessite pas de réglage du carburateur différent de celui adopté pour l'essence pure courante.

L'Union française des Producteurs de Benzol a déposé, en 1928, la marque « esbol » pour des mélanges d'essences et de benzol, probablement à 30 p. 100 de benzol d'après le contexte d'une note qui annonce que l'Union (« Unibenzol ») est en train d'organiser une distribution d'essence benzolée « aux consommateurs courants ».

Plus récemment, la Société « l'Économique », filiale française de la Standard Oil, qui vend son essence ordinaire sous le nom d' « eco », a lancé en France, par une publicité puissante et bien organisée, l'essence « esso » (teintée en rose). Notons que cette coloration artificielle pourrait masquer le jaunissement des produits de cracking qui gomment et que le violet, couleur complémentaire du jaune, serait plus indiqué. Si les automobilistes qui conduisent des Citroën ne constatent pas, en général, une grande différence de marche en consommant l' « esso » au lieu d'une essence « quelconque », les usagers des Renault trouvent qu'elle rend leurs moteurs plus souples et plus nerveux. Nous verrons par l'analyse complète de l' « esso » que sa teneur en hydrocarbures aromatiques et autres hydrocarbures provenant d'une pyrogénation explique qu'elle peut rendre moins « rude » la marche des moteurs très comprimés qui manquent de souplesse aux reprises et « qui rallument » souvent.

D'autre part, la Shell se propose aussi, paraît-il, de livrer des essences de cracking en France.

Tout dernièrement la « Compagnie industrielle des Pétroles » a mis en vente un mélange d'essence et de benzol, coloré en vert et dénommé « Pégase »; la maison

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Desmarais » a mis en vente un mélange semblable, coloré en bleu et dénommé « azur ».

Sauf variations dues aux natures des essences et benzols mélangés, on peut prévoir, d'après notre communication du 8 juillet 1929 à l'Académie des Sciences, (fig. 9) qu'un carburant essence + benzol, à 20 p. 100 de ce dernier carbure, peut

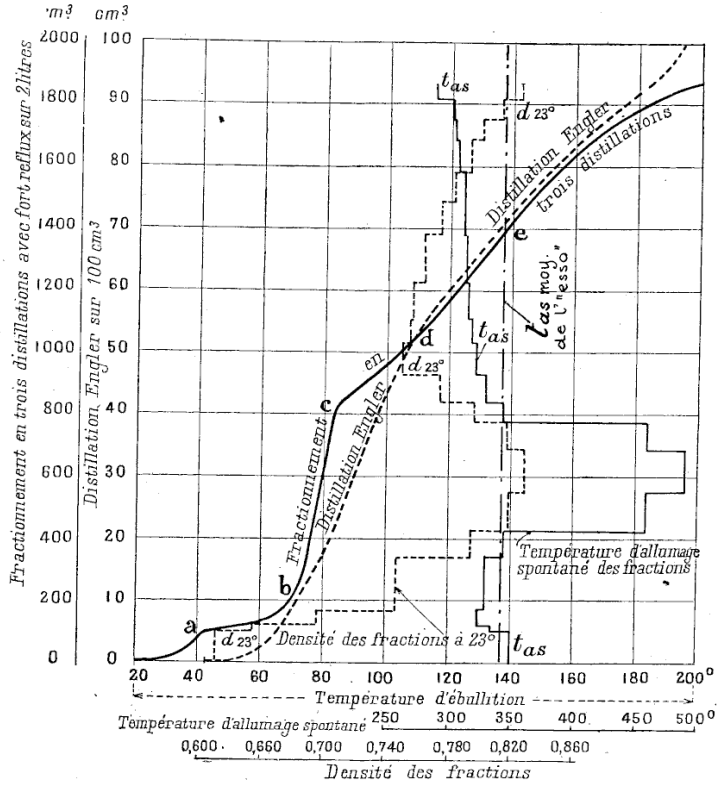



Fig. 13. — Fractionnement Engler sur 100 cm³ et fractionnement en trois distillations avec analyse poussée des vapeurs sur 2 litres. Densité à 23° et température d'allumage spontané à 748 mm des fractions séparées de 10 en 10 degrés.

avoir une température d'allumage spontané supérieure de 13 degrés à celle de l'essence originelle et, à carburant à 15 p. 100 de benzol, une température plus élevée de 10 degrés que celle de ladite essence. Nous avons vérifié ces prémices sur le « stellizol » et l' « esso ». De plus, nous avons complété nos essais en opérant récemment sur une essence plus détonante que la première, mélangée à différents carbures aromatiques purs et commerciaux (fig. 12). Elle est encore plus accusée avec les hydrocarbures benzéniques à plus haute température d'ébullition que le benzène, la nécessité d'atteindre de forts pourcentages (plus de 60 p. 100 pour le toluène et le solvent-naphta I; plus de 75 p. 100 pour le xylène et le solvent-naphta II) pour



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remonter fortement la $t_{as}$ de l'essence. Par contre, le gas oil est plus influencé que l'essence par l'addition d'aromatiques. Cela est conforme à ce que nous savons de l'action des indétonants et antidétonants sur les carburants plus ou moins détonants.

Par transmission verbale, se sont répandus les avis plus ou moins fondés sur de plus ou moins bonnes analyses de l'essence « esso ». On a dit qu'elle contenait 20 à 25 p. 100 de benzine (c'est assez exact comme ordre de grandeur), 2 p. 100 de toluène (la teneur en aromatiques supérieurs a dû varier avec plusieurs échantil-

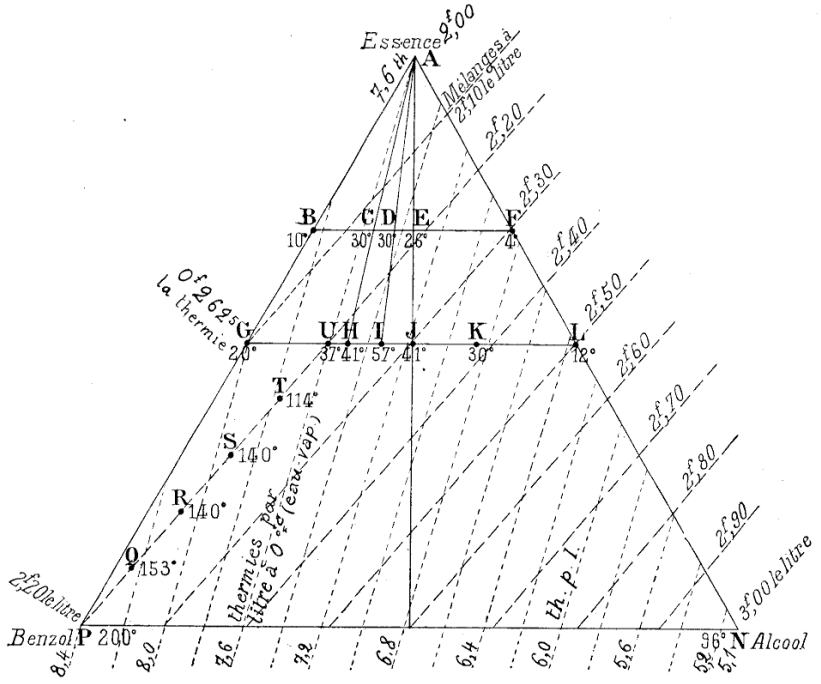



Fig. 14. — Abaque triangulaire donnant : l'élévation de la température d'allumage spontané de l'essence par addition de benzol et d'alcool absolu ; le pouvoir calorifique inférieur et le prix de revient du litre de mélange.

lons), 0, 20 p. 100 de plomb-tétraéthyle, (il a pu y en avoir dans des fournitures faites en Italie et en Angleterre, mais il n'y en a pas dans les livraisons actuelles en France). On a aussi parlé de camphre ajouté comme décalaminant; elle ne contient sûrement pas de camphre naturel. Nous avons aussi constaté qu'il n'y a pas d'alcool dans le mélange.

Les analyses rapides du laboratoire Petroff et des laboratoires de la Société du Catalex, que nous avons données ailleurs, ne semblent pas se rapporter à des échantillons identiques, ce qui ne serait pas pour nous surprendre s'il s'agit bien d'essences de cracking. Le fractionnement Engler du premier (départ 47°, 65 p. 100 à 120°, point sec 180°) est plus serré que celui des seconds (départ 42°, 60 p. 100 à 120°, point sec à 194°), bien qu'ils aient été tous deux effectués avec des appareils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

standard. Certains ont soutenu que c'est une essence de Californie, légèrement aromatique, c'est-à-dire moins riche en benzéniques et surtout en benzéniques supérieurs (toluène en particulier) que les Sumatra ou Bornéo [6], additionnée de benzol léger. D'autres, considérant qu'elle peut être vendue avec une majoration de prix inférieurs à 0,40 fr par litre, ont décrété qu'elle est additionnée de benzol extrait de pétroles benzéniques et non de la houille.

Nous aurions incliné à penser que l' « esso », contenant les aromatiques supérieurs, est un mélange d'essence de cracking et d'essence de Californie. Notre collègue, M. Petroff, qui a la pratique des essences de cracking, des pétroles et goudrons de lignite, qui suit la littérature pétrolière anglo-américaine et qui dirige un laboratoire spécialisé, estime qu'il s'agit, sans aucun doute, d'une essence de cracking; notons qu'il fait déterminer les teneurs en non saturés éthyléniques par un premier traitement à l'acide sulfurique à 80 p. 100, suivi d'un équeutage par distillation; le distillat est ensuite traité suivant la méthode Tizard (sulfonation par l'acide plus concentré et prise du point d'aniline).

Pour mieux étudier la composition et les propriétés de l'essence « esso », nous avons fait procéder à une distillation fractionnée plus poussée au moyen d'un appareillage comportant une analyse des vapeurs grâce à un fort reflux de condensation.

Le premier fractionnement a été fait en 5 parties : 331 cm³ jusqu'à 70°, 369 cm³ de 70° à 90°, 352 cm³ de 90° à 120°, 352 cm³ de 120° à 150°, le reste au-dessus de 150°. Dans les deuxième et troisième séries de fractionnements, les coupages du distillat ont été exécutés de 10 en 10 degrés (voir tableau II).

L'examen de la figure 13 et du tableau II montre que la première fraction (région *a*) contient des pentylènes ou amylènes $C^5H^{10}$ (de la série éthylénique) de densité 0,6549 bouillant à 35-40°. Elle doit contenir aussi un peu de butylène $C^4H^8$ bouillant de — 5° à + 1°, qu'on trouve dans les têtes de benzol passant entre 20° et 30°. La fraction 75-85° (région *b*, *c*) contient une très forte proportion de benzène $C^6H^6$ (de la série aromatique) de densité 0,8846 bouillant à 80°,5. Les caractéristiques du distillat (densité, indice d'iode et température d'allumage spontané) correspondant à la région *d*, indiquent qu'il y a très peu de toluène $C^7H^8$ de densité 0,875 et bouillant à 110°,5. De même pour la région *e*, qui devrait correspondre aux xylènes $C^8H^{10}$ de densité 0,880 environ et bouillant vers 140°. L'échantillon analysé par M. Petroff contenait au contraire, semble-t-il, beaucoup d'aromatiques supérieurs et d'oléfines.

Retenons que les essences naturelles riches en aromatiques, que les essences naturelles additionnées de benzol, que les essences de cracking contenant des carbures pyrogénés non saturés, cycliques (benzéniques ou non), réfractaires à une nouvelle destruction moléculaire par la chaleur et, par conséquent, à une oxydation aisée de leurs éléments hydrogène et carbone, sont avantageuses pour les moteurs à explosion à marche « rude », tangente à la détonation.

Nous ne dirons que peu de mots sur l'essence alcoolisée.

Il ne reste pas, en effet, grand'chose de la dernière campagne académique de 1923 en faveur de l'alcool moteur. Malheureusement, mais logiquement, la *solution politique* de l'alcool absolu essencié n'a pas donné grand'chose comme nous l'avions

(6) Qui contiennent jusqu'à 60 p. 100 en poids de carbures aromatiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prévu il y a 7 ans. Encore que, tout dernièrement, les Chambres aient décidé que l'État achèterait 4 millions d'hectolitres de vins médiocres du Midi et les ferait absorber aux automobilistes sous forme de carburant dit national. C'est ainsi qu'on transforme du vin, qui devrait être très bon marché, en alcool d'un prix de revient très élevé.

TABLEAU II

FRACTIONNEMENT D'UNE ESSENCE « ESSO ».

Densité, indice d'iode, température d'allumage spontané des fractions séparées de 10 en 10 degrés par trois distillations successives avec fort reflux (fig. 14).

| TEMPÉRATURES | FRACTIONS partielles. | FRACTIONS cumulées. | DENSITÉ A 23° | INDICE D'IODE | TEMPÉRATURE D'ALLUMAGE SPONTANÉ $t_{as}$ (Hg=748 mm). |
|---|---|---|---|---|---|
| De 19° à 45° | 97 cm³ | | 0,6307 | 56,5 | 351° |
| 45 à 55 | 19 — | 116 cm³ | 0,6343 | » | 335 |
| 55 à 65 | 48 — | 164 — | 0,6959 | » | 325 |
| 65 à 75 | 171 — | 335 — | 0,7459 | 36,0 | 330 |
| 79 à 81 | | | 0,8275 | 18,4 | 490 |
| 75-85 { 78 à 82 | 500 — | 835 — | 0,8190 | » | 460 |
| 75 à 85 | | | 0,7964 | » | 344 |
| 85 à 95 | 92 — | 927 — | 0,7743 | » | 329 |
| 95 à 105 | 97 — | 1.024 — | 0,7516 | 59,7 | 323 |
| 105 à 115 | 81 — | 1.105 — | 0,7550 | 64,4 | 321 |
| 115 à 125 | 124 — | 1.229 — | 0,7554 | 74,8 | 317 |
| 125 à 135 | 144 — | 1.373 — | 0,7646 | 70,0 | 313 |
| 135 à 145 | 113 — | 1.486 — | 0,7769 | 64,8 | 312 |
| 145 à 155 | 100 — | 1.586 — | 0,7810 | 58,1 | 310 |
| 155 à 165 | 97 — | 1.683 — | 0,7924 | 48,0 | 305 |
| 165 à 175 | 67 — | 1.750 — | 0,8020 | » | 303 |
| 175 à 185 | 64 — | 1.814 — | 0,8135 | » | 301 |
| 185 à 203 | 54 — | 1.868 — | 0,8263 | 35,0 | 287 |
| Résidu liquide | 3 — | 1.871 — | » | 42,0 | » |
| Perte | 129 — | 2.000 — | » | » | » |

Teneur p. 100 en benzène : 21,5.

Notre échantillon d'essence « esso » avait une température d'allumage spontané de 347° à 760 mm, supérieure de 12-13 degrés à celle d'une essence « eco ». Cela correspond d'ailleurs singulièrement aux chiffres que nous avons donnés dans notre communication du 8 juillet, pour un mélange de 80 p. 100 d'essence et 20 p. 100 de benzine :

$$\frac{(405 - 379)20}{39} = 13.$$

Nous ne rappelons que pour mémoire la solution des tiers solvants (alcool isopropylique, alcool butylique ou cyclohexanol) à laquelle on avait songé pour pouvoir employer l'alcool hydraté, mais qu'on a abandonnée car il aurait fallu d'abord créer de toutes pièces des fabrications très importantes du produit choisi.

Si l'on examine l'abaque de la figure 14 et les tableaux III et IV, on voit que le mélange stable le plus avantageux, comme prix de revient au litre, est l'essence pure; comme prix de revient à la thermie (eau-vapeur), l'essence 50 p. 100, benzol 50 p. 100; comme résistance au cognement, le benzol pur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## TABLEAU III

ÉLÉVATION DE LA TEMPÉRATURE D'ALLUMAGE SPONTANÉ DE L'ESSENCE PAR SON MÉLANGE AU BENZOL ET A L'ALCOOL ÉTHYLIQUE ABSOLU (voir fig. 14).

| REPÈRES DE L'ABAQUE EN TRIANGLE | A | MÉLANGES BINAIRES F | B | L | G | MÉLANGES TERNAIRES E | C | D | K | M | U | H | J | I | T | S | R | Q | P |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pourcentage en volume dans le mélange : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Essence | 100 | 70 | 70 | 50 | 50 | 70 | 70 | 70 | 50 | 60 | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 0 |
| Benzol | 0 | 0 | 30 | 0 | 50 | 15 | 21 | 18 | 15 | 24 | 37,5 | 35 | 25 | 30 | 50 | 62,5 | 75 | 87,5 | 100 |
| Alcool absolu | 0 | 30 | 0 | 50 | 0 | 15 | 9 | 12 | 35 | 16 | 12,5 | 15 | 25 | 20 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | 0 |
| Élévation de la température d'allumage spontané de l'essence (en degrés) | 0 | 4 | 10 | 12 | 20 | 26 | 30 | 30 | 30 | 34 | 37 | 41 | 41 | 57 | 114 | 140 | 140 | 153 | 200 env. |
| Prix, en francs, du litre de mélange (alcool à 3 fr, benzol à 2,20 fr) | 2 | 2,31 | 2,06 | 2,50 | 2,10 | 2,18 | 2,14 | 2,15 | 2,38 | 2,22 | 2,20 | 2,23 | 2,30 | 2,26 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 2,20 | 2,20 |

NOTA. — Tous ces mélanges sont stables à — 10°.

## TABLEAU IV

ÉLÉVATION DE LA TEMPÉRATURE D'ALLUMAGE SPONTANÉ DU MÉLANGE I (50 P. 100 D'ESSENCE, 30 P. 100 DE BENZOL, 20 P. 100 D'ALCOOL ABSOLU) PAR DES ADDITIONS D'ACÉTONE ET D'ANILINE.

| MÉLANGES | ADDITION, A 100 DE MÉLANGE INITIAL D' | | POURCENTAGE EN VOLUME DANS 100 DE MÉLANGE FINAL | | | | | ÉLÉVATION DE LA TEMPÉRATURE D'ALLUMAGE SPONTANÉ PAR RAPPORT | | PRIX DU LITRE DE MÉLANGE FINAL (francs) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | acétone. | aniline. | Essence. | Benzol. | Alcool éthylique absolu. | Acétone. | Aniline. | à l'essence. | au mélange I. | |
| Ternaires | 0 | 0 | 50 | 30 | 20 | 0 | 0 | 57 degrés | 0 degré | 2,26 |
| | 0,5 | 0 | 49,75 | 29,85 | 19,9 | 0,5 | » | 58 — | 1 — | 2,30 |
| | 1 | 0 | 49,5 | 29,7 | 19,8 | 1 | » | 75 — | 18 — | 2,34 |
| | 2 | 0 | 49,0 | 29,4 | 19,6 | 2 | » | 80 — | 23 — | 2,43 |
| Quaternaires | 5 | 0 | 47,63 | 28,57 | 19,05 | 4,75 | » | 96 — | 39 — | 2,68 |
| | 0 | 0,1 | 49,95 | 29,97 | 19,98 | » | 0,1 | 57 — | 0 — | 2,27 |
| | 0 | 1 | 49,5 | 29,7 | 19,8 | » | 1 | 72 — | 15 — | 2,35 |
| Quintenaire | 1 | 1 | 49,0 | 29,4 | 19,6 | 1 | 1 | 93 — | 35 — | 2,435 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aux points de vue indétonant et prix de revient comme ne contenant que 50 p. 100 d'essence d'origne étrangère, le mélange I (essence 50 p. 100, benzol 30 p. 100, alcool 20 p. 100) élève la $t_{as}$ de l'essence de 57 degrés tandis que le « carburant national » ne la relève que de 12 degrés, et coûte environ 10 p. 100 de moins que ce même « carburant national » (L du tableau III).

Additionné de 1 p. 100 d'aniline et de 1 p. 100 d'acétone (tableau IV), le métange I élève la $t_{as}$ de l'essence de 93 degrés et coûte encore moins cher que le mélange L.

Le mélange T (essence 40 p. 100, benzol 50 p. 100, alcool 10 p. 100), qui élève la $t_{as}$ de l'essence de 114 degrés, serait encore d'un prix acceptable au litre et à la thermie (eau-vapeur).

Employé dans des moteurs beaucoup plus surcomprimés que les moteurs poussés actuels, les mélanges I et T donneraient des rendement semblables à ceux qu'on pourrait attendre de l'alcool pur dans ces mêmes moteurs.

On pourrait plaider que l'alcool permet d'introduire de l'eau qui est encore le meilleur marché des indétonants. Mais, si on ne fait pas intervenir de tiers solvant — et le benzol est encore un tiers solvant remarquable en l'espèce — il faut introduire l'alcool dilué par un gicleur distinct du gicleur à essence, comme le font Mac Cormick et M. Lioud par exemple. Et alors, on a tout intérêt à introduire l'eau à part et en quantités progressives avec le remplissage de la cylindrée ainsi que le réalise l'hydrocarburateur. On a attribué différents méfaits à l'injection directe d'eau pulvérisée dans les Diesel au temps moteur; il n'en est pas tout à fait de même quand l'injection se fait au temps d'aspiration avec les moteurs à explosion.

En résumé, le benzol est beaucoup plus efficace et moins coûteux que l'alcool pour corriger la trop grande tendance au choc de certaines essences. Le benzol de houille, dont la production mondiale ne représente que 1 p. 100 environ de la production d'essence et qui trouve de nombreux emplois autres que l'alimentation des moteurs, devrait être réservé pour rehausser les qualités d'essences destinées à des usages nobles (avions, canots, voitures automobiles à très grandes vitesses), voire, pour racheter les défauts d'essences détonantes difficilement utilisables dans les moteurs modernes et, par conséquent, de moindre valeur.

Enfin, la meilleure solution immédiate consiste à choisir des essences indétonantes par elles-mêmes. Répétons que nous avons eu, à un moment donné, entre les mains, une essence vendue en France, de densité 0,723, bouillant entre 40° et 205°, d'indice d'iode 12,5 et de pourcentage d'absorption sulfurique 9, qui avait une température d'allumage spontané remarquable de 386°. Au moyen du critère rapide qu'est la température d'allumage spontané, on peut trouver, dans la gamme des essences commerciales, des produits indétonants dont leurs propres fabricants et vendeurs ignorent la supériorité au point de vue énergétique.

*Changement du critérium de fractionnement des pétroles pour les produits destinés aux moteurs à explosion.* — Nos expériences de distillation fractionnée très poussée, sur différents carburants ou combustibles liquides, nous ont permis de scinder dans les produits commerciaux des fractions très détonantes. Le mode de coupage actuel des pétroles en fonction de la température avant le condenseur de l'appareil distillatoire ou de la densité au coulage devrait être remplacé par une sélection en fonction des qualités indétonantes pour ce qui est des dérivés plus ou moins lourds destinés aux moteurs à explosion poussés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Telle était la conclusion de notre communication à l'Académie des Sciences du 12 novembre à laquelle nous venons de faire allusion.

Nous ne voulons pas dire évidemment que le « distillateur » devra se guider directement sur les indications d'un appareil du genre Moore dont le maniement est assez délicat, ni surtout sur les résultats capricieux d'essais avec des « moteurs d'expérience ». Le laboratoire de la raffinerie lui aura fixé les limites de température ou de densité, suivant le mode actuel de coupage, qu'il devra observer pour le changement de bac de recette.

C'est le rôle des chimistes de déterminer la correspondance des $t_{as}$ des fractions avec la $t_{as}$ globale du produit commercial et avec la densité. Par exemple, pour un pétrole brut donné, cette correspondance, étudiée d'abord sur les appareils de laboratoire, sera transposée et vérifiée sur les appareils de fabrication industrielle.

La figure 13 montre quelles peuvent être les variations de la $t_{as}$ des diverses fractions d'une essence commerciale. La $t_{as}$ globale de cette essence n'est pas d'ailleurs une sommation, proportionnelle à l'importance de ces fractions, des $t_{as}$ partielles exprimées en températures ordinaires ou absolues. On peut se rendre compte, en examinant la figure 13, que l'influence favorable du benzène sur la $t_{as}$ est proportionnellement plus grande que l'influence défavorable des queues de l'essence aromatique en question.

Ces considérations, qui mériteraient à elles seules une étude approfondie, devraient intéresser tout spécialement les futurs raffineurs français de pétroles étrangers.

CONCLUSION. — De grands progrès sont encore réalisables dans les moteurs à combustion interne et surtout dans les moteurs à explosion aux points de vue de l'économie et de la puissance massique. On peut beaucoup attendre des progrès de la métallurgie, mais c'est surtout en conjuguant la conception et la construction du moteur même avec le sélectionnement des carbures indétonants dans le pétrole brut qu'on arrivera rapidement à éluder les troubles de la combustion normale qui se manifestent par les cognements et qui limitent le rendement des moteurs.

---

## FÊTE DU TRAVAIL DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE L'EST, (Nancy, 27 juillet 1930)

par M. ED. SAUVAGE, *membre du Conseil de la Société d'Encouragement.*

La distribution annuelle des récompenses, dite fête du travail, de la Société industrielle de l'Est a eu lieu à Nancy le 27 juillet 1930. Cette fête toujours brillante, avait cette année un éclat exceptionnel : elle était présidée par M. André Tardieu, président du Conseil des Ministres, qui avait bien voulu se rendre à l'invitation de la Société.

La statistique des récompenses, inscrites dans un volumineux palmarès, est impressionnante. On y relève :

17 prix exceptionnels, en argent, y compris un prix Prosper Hanrez, de 1.500 francs, donnés à des ménages ayant de nombreux enfants;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

169 médailles d'or, pour un minimum de 40 années de services dans un même établissement;

382 médailles de vermeil, pour 35 années de services;

20 médailles d'argent, grand module, pour services exceptionnels;

1.135 médailles d'argent, pour 20 années de services.

C'est un total de 1.723 récompenses.

La distribution de ces récompenses a été précédée d'un remarquable discours de M. A. Tardieu, dont nous extrayons quelques phrases :

« Pour réaliser, il faut vivre hors des rêves, et hors des systèmes, — hors des rêves qui font peser sur nous le poids d'avenirs incertains; hors des systèmes, qui nous écrasent sous le fardeau de passés périmés. »

« En vérité, si l'on a des yeux pour voir et des oreilles pour entendre, ce n'est pas dans d'hypothétiques révolutions et dans d'arbitraires luttes de classes qu'il faut chercher le progrès pour les ouvriers. Ce progrès doit être fait d'expérience, d'entente, de collaboration. L'État, les patrons, les travailleurs doivent en être les artisans. »

« Le plus grand danger qui vous menace actuellement, comme il menace tous les Français, c'est la progression continue des dépenses publiques et l'incorporation, dans les prix, de l'impôt qui les alimente. »

« Les syndicats de dépensiers, qui sont bien vivants, priment le syndicat des contribuables, qui n'est que théorique et qui n'a jamais su, d'ailleurs, se donner le seul but qui devrait être le sien : la limitation des dépenses. »

A la suite de la distribution des récompenses, un banquet a réuni 600 convives dans les vastes salons de l'hôtel de ville de Nancy. Ces nombreux convives ont été placés dans un ordre parfait, le service a été remarquablement rapide et le repas fort bon, ce qui est un véritable tour de force d'organisation. Le menu, entouré d'un charmant encadrement, avec une vignette représentant Stanislas visitant l'atelier et les ouvrages du sieur Lamour, est un bel exemple des productions artistiques de la ville de Nancy et du goût très pur qui les inspire.

Parmi les convives, on a fêté l'illustre maréchal Lyautey.

Au dessert, une allocution de M. A. Tardieu a été spécialement consacrée à la Lorraine, « où l'on respire une atmosphère imprégnée de vos vertus : robustesse, conscience au travail, fermeté réfléchie, ténacité de l'effort, gravité dans la conception de la vie ».

La Société industrielle de l'Est peut être fière de cette magnifique journée, et on ne saurait trop en féliciter son président, M. Henry Brun, et ses collaborateurs.

Un dossier (pièce n° 13.319) de notre bibliothèque contient diverses pièces relatives à cette cérémonie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# QU'EST-CE QUE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL? [1]

par M. Louis Danty-Lafrance,
*professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers,*
*maître de conférences à l'École centrale des Arts et Manufactures.*

Dans cette séance inaugurale, qui s'adresse à un exceptionnel auditoire, je ne puis songer à entamer directement les leçons que je dois professer. Mais je puis essayer de donner un aperçu des matières que je compte exposer, et de l'esprit dans lequel j'ai l'intention de développer cet enseignement.

C'est de l'organisation scientifique du travail qu'il me faut traiter en cette chaire.

L'organisation du travail. Voilà bien des années qu'on en parle, qu'on en écrit, qu'on en discute.

Des doctrines s'élaborent, des systèmes s'affrontent, des disciples se combattent, des congrès se réunissent. De quoi, au juste, s'agit-il?

Je n'en chercherai pas une définition précise. Je ne m'efforcerai pas, dès le premier contact avec mon auditoire, à enfermer dans une étroite formule, une science immense comme le monde du travail, diverse comme l'infinie variété des industries, des métiers, des formes du labeur humain!

Mais je prendrai une humble tâche parmi les plus humbles accomplies par l'ouvrier manuel, une des plus anciennes aussi : celle à laquelle travaillait, en les hypogées d'Égypte, l'esclave du pharaon, celle qui est de tous les âges, de toutes les nations : la simple besogne du maçon qui élève un mur en briques.

Je vous convie à regarder travailler cet ouvrier. Il est à pied d'œuvre, au pied du mur. Derrière lui, est disposée l'auge pleine de mortier, et en vrac, en tas, des briques.

Suivant le rythme qu'il tient d'une parfaite accoutumance du corps au métier, il accomplit avec dextérité les opérations telles qu'il les a apprises jadis, lui apprenti, d'un compagnon habile.

Il va vers le tas de briques disposé non loin du mur, se baisse, choisit une brique de la main gauche, se relève, fait sauter la brique dans sa main pour la placer sur le champ et en disposer comme il faut le parement le plus beau; va vers l'auge, se baisse, de sa truelle prend du mortier, l'étale sur la brique, se relève, va vers le mur, place la brique et l'assoit en frappant quelques coups; retourne vers l'auge, se baisse, reprend du mortier, se relève, va vers le mur; étend le mortier sur le mur, ramasse le mortier en excès, etc.

Voilà le travail en sa simplicité ancestrale, et cependant, nous l'avons décomposé en une quinzaine de mouvements élémentaires.

*L'observateur.* — Mais un autre que nous a regardé travailler le maçon. Celui-là n'est ni un maître ouvrier qui enseignera au compagnon à mieux faire, ni un chef d'équipe qui lui reprochera sa lenteur ou son manque de soin. Celui-là c'est Taylor ou Gilbreth ou tout autre observateur doué de sens critique et qui s'en sert.

(1) Leçon d'ouverture de la chaire d'organisation scientifique du travail au Conservatoire national des Arts et Métiers faite le 7 janvier 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Celui-là regarde, analyse, réfléchit et s'interroge.

1° Pourquoi l'ouvrier se baisse-t-il si souvent vers le sol?

Il n'a pourtant pas été choisi pour les qualités de souplesse des reins qu'on exigerait d'un moniteur de gymnastique.

Est-ce nécessaire? Ne pourrait-on pas disposer auprès de lui, à gauche, un tréteau qui mette constamment à portée de sa main les briques; à droite, l'auge, les outils?

2° Pourquoi retourne-t-il en sa main chaque brique pour la placer de flanc et en examiner les différentes faces? Ne pourrait-on pas faire exécuter ce travail par son aide qui disposerait à l'avance les briques sur flanc de façon que les parements se présentent toujours dans le même sens?

3° Ce mortier, d'ailleurs, est-il de la composition qui convient le mieux à l'emploi qui en est fait?

4° Cette truelle, cette auge, ces outils, sont-ils rationnellement tracés? L'ouvrier s'en sert-il de la façon la plus propre à diminuer son effort, en augmentant son rendement?

5° Cet ouvrier lui-même est-il apte à l'emploi qu'il occupe? Il atteindra tout à l'heure, le faîte du mur, sur un échafaudage léger. N'est-il pas sujet à des vertiges que son métier rendrait plus particulièrement dangereux? En un mot est-ce bien l'homme qu'il faut à la place qu'il faut?

6° Est-il d'ailleurs convenablement et largement intéressé à la tâche qu'il accomplit? Un système judicieux de salaires, lui assurant une large rémunération correspondant à son activité, ne pourrait-il lui être appliqué?

En un mot, la *préparation du travail* est-elle intervenue pour aider le travailleur à sa besogne, le décharger d'une partie de son effort, le guider par des instructions précises, faire amener, à portée de sa main en temps utile, les matières nécessaires, établir en un mot une collaboration intime et féconde entre le cerveau qui raisonne, qui prévoit, et la main qui exécute?

Spéculations de l'esprit vides de réalités que tout cela? Voici des chiffres résultant d'essais poursuivis en 1924 pendant de longs mois par Michelin à Clermont-Ferrand. Avec l'ancienne méthode : 1.370 briques posées en 8 heures; avec la nouvelle, 2.200. Avec l'ancienne, le maçon gagnait 28 fr par jour, avec la nouvelle 38 fr, et sa fatigue est nettement réduite.

Mais l'esprit, maintenant, l'esprit curieux de notre observateur vise plus haut, plus loin.

7° L'entrepreneur à qui est confiée la construction du mur, a-t-il lui-même organisé son affaire dans la même volonté d'efficacité que nous apportons à la critique des gestes du maçon?

8° Comment a-t-il constitué son entreprise afin que les moyens financiers, sans être en excès — ce qui limiterait le rendement par franc de capital investi — ne lui fassent cependant pas défaut alors qu'il aura besoin de disponibilités pour couvrir la marche de l'exploitation entre le moment où il commence le travail et celui où il en touche le prix?

9° Quelle forme d'organisation administrative a-t-il adoptée psur coordonner les services de son affaire?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

10° Comment a-t-il choisi ses collaborateurs immédiats? Quelles facultés a-t-il exigées d'eux selon les différentes fonctions qu'il leur a confiées?

11° Comment la comptabilité suit-elle le prix de revient? Contrôle-t-elle le résultat? Éclaire-t-elle toute l'exploitation de la rude franchise des chiffres, de cette lumière qui partout éclaire, fouille, dénonce, révèle?

12° Comment cet industriel recrute-t-il la main-d'œuvre? Comment la distribue-t-il aux diverses tâches selon les aptitudes, les goûts des ouvriers?

13° S'efforce-t-il de les retenir par de hauts salaires, des œuvres sociales, une hygiène saine, pour éviter les graves inconvénients de l'instabilité du personnel?

14° Se préoccupe-t-il suffisamment des courants d'opinion qui, parmi son personnel, naissent, se développent, grandissent, conduisent parfois au conflit?

15° Et quelles méthodes, enfin, les services commerciaux ont-ils adoptées pour acheter, manutentionner, conserver en magasin, livrer aux ateliers les matières premières, pour écouler dans la clientèle les produits de l'usine?

Quelle politique des prix ces services pratiquent-ils?

Comment étudient-ils les débouchés, les marchés, la conjoncture(2)?

Comment la publicité, cette renommée moderne, aux cent mille bouches, jette-t-elle, des souterrains du métro, au sommet des tours, le nom de la maison, la marque du produit?

*Ce qu'est l'organisation scientifique du travail* (O. S. T.). — D'observations en observations, de plan en plan, du maçon que l'on voit au pied du mur aux traînées lumineuses que l'on lit au firmament, l'O. S. T., née de la critique méthodique des gestes d'un ouvrier, a grandi, s'est développée, intervenant partout, analysant les faits, recherchant les causes, disséquant les problèmes, faisant surgir les solutions, pénétrant toute l'activité créatrice, de sa critique, de ses méthodes.

*... ne laissant nulle place*
*Où sa main ne passe et repasse!*

Qu'est-ce donc que l'organisation scientifique du travail? Des graphiques et des plans? Une doctrine? Des clichés? Des systèmes? Des écoles? Le taylorisme ou le fayolisme? Ford, Hoover ou Bâtia?

C'est beaucoup moins que tout cela, et c'est bien davantage. C'est un état d'esprit : l'observation critique des faits; un instrument : la pensée; un guide : le bon sens.

*L'observation.* — L'observation critique des faits est la base même, la base solide de toute construction scientifique. N'est-ce pas par l'esprit d'analyse expérimentale que Claude Bernard relie dans la suite des siècles la lumineuse méthode cartésienne aux conceptions fécondes de Taylor.

« Partez toujours d'un fait », recommandait ce dernier à ses disciples. « Ne jamais recevoir aucune chose pour vraie que je ne le connusse évidemment pour telle », écrivait Descartes.

Et tous deux, le génial philosophe français et le célèbre ingénieur américain, affirment ensemble la nécessité pour y voir clair dans les faits, dans les réalités qu'observent nos sens *de diviser chaque difficulté en autant de parcelles qu'il se peut et qu'il est requis pour la mieux résoudre.* Voilà pour la méthode.

(2) Conjoncture : Recherche et analyse des phénomènes qui agissent sur le marché des produits, afin d'établir les prévisions de vente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*La pensée.* — Le travail de la pensée, l'utilisation intensive de cet instrument d'une fécondité incomparable qu'est le cerveau humain, est également la condition même de tout progrès en organisation comme en toute science, peut-être encore davantage en organisation qu'en toute autre science.

C'est d'ailleurs trop souvent ce travail de la pensée qui manque le plus. Ce qui doit nous préoccuper ce n'est pas le rendement plus grand de la machine ou de l'ouvrier, mais du cerveau. « Un bon système vaut 10 machines et 100 hommes. » (Enquête Hoover, 1922.)

« Une simple idée, écrit Harrington Emerson, peut être plus efficace que tout le travail des hommes, des machines et de la terre pendant un siècle entier. »

Puisque l'organisation est la science même de l'efficacité, à plus forte raison ne peut-elle trouver son développement que dans l'utilisation méthodique, intense, complète de la pensée.

L'important, d'ailleurs, n'est pas d'avoir énormément d'idées. Méfions-nous des gens qui ont trop d'idées; généralement aucune de ces idées ne vaut un fifrelin. Ceux qui ont été en contact avec certains prétendus inventeurs en savent quelque chose. Je connais de ces boîtes à idées qui vous tirent de leur poche aussi facilement et indistinctement : un plan de réforme capable d'éteindre radicalement le paupérisme, un obus susceptible de pulvériser un corps d'armée, ou un appareil perfectionné pour fabriquer instantanément certain café maure, où, comme dans leur cerveau, il y a de tout.

L'essentiel est donc, dès qu'on a une idée, de la mettre à exécution. Il ne s'agit pas de prétendre avoir tout prévu. On trace une directive, on fait ce qu'on peut; si des obstacles se présentent, on les surmonte et l'on va de l'avant!

*Le bon sens.* — Le bon sens, enfin, cet impondérable sans lequel les plus belles facultés restent infécondes, les plus ingénieuses combinaisons de l'esprit demeurent stériles ou deviennent dangereuses, sera le guide de nos travaux.

Il n'est en effet pas inutile de rappeler la nécessité du bon sens dans les entreprises humaines. Dans aucune des classes de la société, le bon sens ne peut être confondu avec le sens commun. Et cette faculté est plus rare qu'on ne se l'imagine. En quoi consiste-t-elle? Je serais pour ma part bien embarrassé pour la définir. Le manque de bon sens ne se confond pas absolument avec le défaut d'intelligence, mais souvent avec le manque de sens critique. Et si l'enseignement de l'organisation scientifique du travail avait seulement pour résultat d'augmenter le sens critique d'un certain nombre de nos compatriotes, s'il pouvait leur faire perdre l'habitude de tenir pour vraies, parfaites, bien des choses qu'on ne leur a jamais démontrées telles, mais qu'ils ont accoutumé à considérer ainsi parce que « ça s'est toujours fait comme cela », ceux qui s'efforcent de répandre les idées nouvelles n'auraient pas perdu leur temps!

Mais le bon sens, s'il s'accompagne du sens critique, s'oppose parfois à l'excès de sens critique.

Vers la fin de la guerre, une manufacture d'armes de la région parisienne ayant reçu la commande d'un certain nombre de fusils mitrailleurs, avait décidé d'appliquer les principes d'organisation scientifique du travail. Elle fit appel à un technicien américain, ex-manager d'une firme réputée de machines-outils, et qui débarque un beau matin, auréolé d'une lumineuse réputation et porteur d'une volu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mineuse valise où plusieurs milliers de fiches, toutes habilement classées, renfermaient la sagesse moderne sous la forme d'autant de solutions appliquées à des « cas », et devaient appuyer la mémoire défaillante de notre expert d'outre-Atlantique.

Comme saint Denis, l'expert portait sa tête à portée de la main. Chaque fois qu'un problème nouveau était posé à son ingéniosité, le célèbre Américain prenait un temps, consultait du doigt ses méninges, et trouvait la fiche répondant à la question.

Puis, cet honorable ingénieur entreprit d'organiser la maison selon les principes sacro-saints. On commença par le bureau de dessin, et dans le bureau de dessin, par l'étude des sièges. Il fallut d'abord étudier un tabouret standard. Vous comprenez que sans être assis sur un tabouret standard, il n'est pas possible de dessiner des pièces standards.

Puis, on installa une imprimerie pour débiter les fiches; il y en avait des bleues, des vertes, des rouges, des jaunes, des violettes... et de tous formats; mais, au bout de quelques mois de ces travaux d'approche, la maison était coulée.

On avait voulu calquer en France des méthodes non exactement ajustées au but à atteindre, lequel était de livrer les quantités d'armes commandées dans le délai prescrit. Le dessinateur français n'exige pas un tabouret standard. Le bon sens français — on ne nous reconnaît pas tant de qualités, gardons au moins celle-ci — exige que l'on ne construise pas une cathédrale pour abriter les fidèles d'un humble village. Le bon sens français exige que l'ingénieur fouille dans son cerveau et non pas dans un fichier, pour mettre au point les détails d'une organisation intelligemment adaptée au cas particulier qu'il doit étudier.

C'est donc le bon sens qui sera le flambeau éclairant nos recherches pour l'amélioration du rendement, la suppression du gaspillage sous toutes ses formes, la détermination du maximum de production dans le minimum de temps, but vers lequel s'efforce l'organisation scientifique du travail.

*Le facteur humain.* — Cependant, si cette science dont nous venons de tracer le cadre n'avait pour objet que d'accroître la somme des richesses que le travail humain a accumulées et accumule tous les jours davantage sur cette terre, elle n'aurait pas atteint exactement son but, et il me semble qu'elle aurait gravement manqué à ses devoirs.

Il est vrai que les valeurs qu'envisage l'organisation s'expriment souvent en unités de temps. On peut même affirmer que le temps, la durée des opérations élémentaires, la quantité d'heures de travail incluse dans toute valeur réelle est la seule commune mesure à envisager dans l'évaluation des grandeurs à comparer.

Et puisque, suivant la vieille définition britannique : « Le temps c'est de l'argent », ne s'ensuit-il pas que, comme l'affirmait brutalement Gantt : « Le but de nos efforts n'est pas de produire des marchandises, mais de recueillir des dollars ! »

Et bien non, le temps n'est pas seulement de l'argent; le temps c'est de la vie humaine.

Le temps, ce sont des heures de joie ou de douleur, d'enthousiasme ou de résignation, d'amour ou de tristesse, de misère ou de bonheur pour l'humanité qui travaille.

Et nous n'avons pas le droit ici de nous résigner à ne considérer l'organisation

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

scientifique du travail que comme une technique uniquement préoccupée du rendement du matériel, du matériel inerte et du matériel humain. Nous n'avons pas le droit de séparer le résultat, à la fois de la cause et du but : de la cause, l'effort de l'homme; du but, l'amélioration du bien-être de l'homme.

Cette amélioration, elle ne résultera pas de considérations philosophiques et de discours académiques où étincellent les belles théories sur le pavé des bonnes intentions. Elle résultera d'une révolution morale dans l'art de conduire les hommes. Les grandes écoles, qui développent les connaissances professionnelles, préparent à la conduite des organismes matériels, des machines, des appareils, avouent leur carence en l'art du maniement des êtres vivants qu'on ne dirige pas comme on appuie sur le levier d'une machine et qu'on ne saurait jamais conduire avec efficacité, si le cœur ne s'accorde pas avec le cerveau et si la compétence technique ne s'allie pas au sentiment profond de la justice sociale.

C'est dans cet esprit que nous œuvrerons ensemble, et nous dirons de l'organisation scientifique du travail : qu'elle est *l'art d'atteindre, par l'effort le plus faible, avec la rémunération la plus élevée, dans les conditions de travail les meilleures, la production de richesses pouvant être le plus largement réparties parmi les hommes.*

Cet aspect humain de la science nouvelle la rattache à la sociologie; c'est celui-là même qu'a si éloquemment défini M. le Directeur général de l'Enseignement technique dans ces quelques mots prononcés à l'inauguration du cours de psychologie et de sociologie du travail créé récemment à la Faculté des Lettres de Lille, et que je vous demande la permission de rappeler :

« Personne n'est mêlé à la vie industrielle sans avoir besoin de savoir quel rôle y tient l'homme, et comment il s'y comporte. Nécessité pour ceux qui emploient les hommes, pour ceux qui, ingénieur, technicien, contremaître, ont un poste de commandement, de direction; mais nécessité pour les ouvriers eux-mêmes, afin de se délivrer de beaucoup d'illusions dangereuses, afin de travailler en connaissance de cause à leur progrès, à leur ascension.

« Ma conviction reste toujours que c'est l'homme qui compte le plus. Je pourrai le dire au nom de raisons morales, car il faut en effet que ce soit l'homme qui compte, qui soit la fin et non l'instrument, car toutes les machines n'ont été créées que pour servir l'homme; mais je le tiens également pour vrai dans le seul domaine de la technique. »

Et, en terminant, ces fortes paroles, qui s'appliquent aussi bien au cours que je vais avoir l'honneur de professer ici, qu'à celui à l'occasion duquel elles ont été prononcées :

« J'espère qu'il sortira de ce cours l'opinion que l'homme qui travaille reste un homme, qu'il garde son esprit et son cœur, qu'on le mutile si on n'y voit qu'un certain capital de force, qu'il est conforme, non seulement au devoir moral, mais à l'intérêt de la production, de lui assurer à lui et aux siens une vie normale, d'obtenir de lui moins des services payés qu'une collaboration pleine, volontaire, loyale, la seule qui soit féconde! »

Ces admirables directives tracent ma ligne de conduite, éclairent ma route; je m'y engage résolument.

J'espère y entraîner avec moi beaucoup de ceux qui me font l'honneur de m'entendre, beaucoup de ceux qui suivront mes leçons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Un centre de documentation.* — Et parce que ces problèmes d'organisation scientifique du travail, tels que je viens de les définir à larges traits, me paraissent d'une importance capitale pour la prospérité de la nation; parce que, ainsi que l'a parfaitement indiqué M. Dubreuil, dans un intéressant ouvrage que vous connaissez tous, et qu'il l'a redit ici même avec sa robuste éloquence, à l'inauguration du Comité de l'Orientation professionnelle, il s'agit pour notre industrie de se réformer ou de périr (et je n'en veux comme preuves que la balance déficitaire de notre commerce extérieur et le faible rendement actuel des actions de nos grandes entreprises), ce n'est pas seulement un enseignement *ex cathedra* que je voudrais créer ici. Si mes projets ne sont pas trop ambitieux, je voudrais, en étroite collaboration avec la Chambre de Commerce de Paris, qui œuvre dans la même voie, avec les organes qui déjà travaillent ces questions, que soit constitué un vaste centre de renseignements, de conseils à nos industriels. Je voudrais que, de tous les points de la France, tous ceux qui comprennent la nécessité d'un ordre nouveau à la fois dans la production et dans les rapports entre la direction, le capital et la main-d'œuvre, demandent la collaboration active et cordiale de ceux qui ont approfondi ces problèmes et en discutent avec désintéressement.

Pour ma part, je suis persuadé que cette collaboration serait féconde et je m'efforcerai de la rendre telle; mais ce sont là projets d'avenir : il s'agit aujourd'hui simplement du cours; je veux en tracer maintenant le programme.

*Plan du cours.* — Pour me conformer à un très vieil usage dont je ne médirai pas, je consacrerai une partie de la prochaine leçon à l'historique de cette organisation. Bien que cette science soit par définition beaucoup plus tournée vers l'avenir que vers le passé, il ne me paraît pas inutile de rappeler brièvement ce que fut l'organisation du travail dans l'antiquité; j'arriverai vite à l'époque moderne et j'analyserai très rapidement les raisons qui expliquent la naissance et le développement en Amérique de la technique de l'organisation des ateliers.

Tout en rappelant que la science de l'organisation n'est pas un article d'importation, et qu'à tel pays, à telle industrie, à telle entreprise, il y a telle solution spéciale à découvrir, j'analyserai bien entendu les travaux de Taylor, la doctrine administrative de Fayol et les œuvres plus récentes de Ford (les affaires sont faites pour la communauté et non la communauté pour les affaires!). Je m'efforcerai de donner une vue d'ensemble de ce mouvement vers la réalisation du plus haut rendement auquel on a donné le nom de rationalisation, et dont beaucoup de gens parlent sans savoir exactement de quoi il s'agit.

J'insisterai surtout à ce propos, et je crois être d'accord à ce sujet avec les représentants qualifiés de la classe ouvrière (pas évidemment avec ceux qui mettent dans le même sac tous les efforts vers l'amélioration du sort des travailleurs, et attendent de l'extrême misère une révolution salvatrice) pour démontrer que si les ouvriers reconnaissent la nécessité de l'organisation du travail, s'ils admettent bien que, malgré le chômage momentané, malgré les misères que l'inévitable transformation économique entraîne avec elle (et qu'il est du devoir des hommes de cœur d'éviter et de réduire le plus possible), la rationalisation doit se faire en France comme elle s'opère à l'étranger : elle doit avoir comme fin l'amélioration du bien-être du plus grand nombre, et non l'accroissement des bénéfices de quelques privilégiés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'entreprendrai ensuite un exposé critique des principes de l'organisation scientifique du travail, tels que les ont cru définir un certain nombre d'auteurs américains et français, et tels que je les vois moi-même.

Enfin, je terminerai cette première partie du cours par une classification des fonctions et par un plan de l'organisation générale d'une entreprise, plan qui me conduira ainsi à délimiter mes différents groupes de leçons.

Puisque à mon sens, c'est l'homme qui doit être le but et non pas l'instrument de l'organisation, et parce que toutes les richesses ne sont après tout que de l'effort humain, je placerai le facteur humain au premier plan et j'étudierai de suite tout ce qui concerne le personnel dans l'organisation scientifique.

Toute cette partie, comprenant l'organisation des cadres, la sélection du personnel, sa rémunération, l'hygiène du travail, l'éducation sociale du personnel, la participation du personnel à la gestion, sera souvent appuyée sur les leçons que, dans d'autres amphithéâtres de cet établissement, professent mes éminents collègues.

J'exposerai là les fruits d'une expérience personnellement acquise par le contact d'une classe ouvrière parmi laquelle je suis né, que j'ai senti palpiter à mes côtés pendant toute ma jeunesse, et dont j'ai appris à connaître, par vingt ans de maniement des hommes, les réflexes et les enthousiasmes, les néfastes préjugés et les justes aspirations.

Puis, je compte passer en revue la pratique de l'organisation du travail telle qu'elle semble actuellement adoptée, et telle qu'il serait désirable qu'elle le soit dans les entreprises qui, en Amérique comme en France, ont résolument appliqué les méthodes nouvelles. Et j'examinerai successivement la préparation, l'exécution, le contrôle du travail et enfin l'organisation générale de la production dans une série d'entreprises industrielles.

*Les cas.* — A ce sujet, j'ai l'intention de pratiquer autant qu'il me sera possible de le faire, la méthode d'enseignement que l'Université de Harvard a rendue célèbre, la méthode des cas. On sait de quoi il s'agit :

On place sous les yeux des élèves des cas, non pas imaginaires, mais réels, des problèmes soulevés de la vie d'entreprises existantes, et on leur dit : « Telle difficulté se présente dans telle affaire (on la nomme ou on ne la nomme pas selon que les propriétaires de l'entreprise le permettent ou non); si vous étiez à la place du directeur que feriez-vous?

On leur laisse quelques jours pour réfléchir; le professeur ne dit presque rien ; il se contente d'interroger et de redresser les erreurs.

La Chambre de Commerce de Paris, sous l'impulsion de son éminent président M. André Baudet, a décidé, en accord avec l'Université de Harvard, de créer une école spéciale qui pratiquera uniquement la méthode des cas, et à laquelle j'ai l'honneur de collaborer. Cette méthode suppose évidemment que les élèves connaissent parfaitement les principes, les éléments de l'organisation scientifique, et aient de fortes connaissances en technique générale. Elle exige un recrutement très soigné, car il s'agit en somme d'une école d'application. Ici, nous ne pouvons pas évidemment appliquer dans toute sa rigueur la méthode des cas; mais nous pouvons, et j'ai l'intention de le faire, utiliser cette méthode comme application du cours, et pour donner plus d'intérêt à l'enseignement en y joignant l'attrait de solutions pratiques.

J'aborderai ensuite, et successivement, l'organisation commerciale et l'organisa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion comptable, puisque, après avoir produit, il faut vendre, et puisqu'il faut contrôler, non seulement après avoir produit et vendu, mais encore tandis qu'on produit et tandis qu'on vend. Enfin, les éléments de la production et de la vente étant délimités, je dirai comment l'organisation administrative doit coordonner l'ensemble, et comment l'organisation financière doit donner la vie à l'entreprise et maintenir son activité.

Puis, arrivé au terme du développement prévu pour ce cours, je m'efforcerai de montrer comment les méthodes d'efficacité s'adaptent aussi bien à la production agricole qu'à la production industrielle et aux services commerciaux.

Il y aura évidemment dans mon exposé bien des lacunes; mais n'ayant pas la prétention de faire du premier coup une œuvre parfaite, je remettrai, avec patience et ténacité, l'ouvrage sur le métier, en m'inspirant des conseils et des critiques de ceux qui voudront bien s'intéresser à mon cours.

Comme l'humble maçon construisant un mur en briques, dont je parlais tout à l'heure, j'accomplirai résolument et méthodiquement ma tâche clairement définie, ajoutant une pierre aux pierres déjà posées, dans l'ambition d'élever ainsi un modeste mais solide édifice à la prospérité de l'industrie nationale et au bien-être des travailleurs de ce pays !

---

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 14 JUIN 1930.

Présidence de M. L. Mangin, *président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

M. Esnault-Pelterie (Robert), (O. ✻), président de la Société des Savants et Inventeurs de France, 37, rue des Abondances, Boulogne-sur-Seine (Seine), présenté par le général Ferrié;

M. Caziot (Pierre), (O. ✻), Ingénieur agronome, expert près le Tribunal de la Seine, 2, rue Borghèse, Neuilly-sur-Seine (Seine), présenté par MM. Henri Hitier et Georges Wery;

le Syndicat des Fabricants de Cuirs vernis de France, 64, rue de Bondy, Paris (10e), présenté par M. Jacques Herrenschmidt et M. Eugène Lemaire.

M. Alfred Quinquet, membre de la Société d'Encouragement, Boîte commerciale 17, Paris (11e) a déposé, le 27 mai 1930, un pli cacheté concernant



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*l'exploitation internationale des limons fins* (*création d'un institut*). M. Quinquet, créateur de cette industrie minérale, autorise la Société d'Encouragement à ouvrir ce pli cacheté et à en faire tel usage qu'elle voudra, si M. Quinquet n'en a pas demandé l'ouverture ou le retrait avant le 28 mai 1935.

MM. Ch. de Fréminville et G. Wery, *secrétaires généraux*, présentent et analysent des ouvrages récemment entrés dans la Bibliothèque.

M. de Fréminville présente les ouvrages suivants :

*Table pour la détermination directe des combinaisons d'engrenages. Organisation cinématique des mécanismes. Montages sur machines-outils, à l'usage des ingénieurs, constructeurs, dessinateurs, contremaîtres et conducteurs de machines*, par André Sobeck. Paris, Librairie Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères (6e), 1930;

*La structure des cristaux déterminée au moyen des rayons X*, par Ch. Mauguin. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 6). Paris, Les Presses universitaires de France, 49, boul. Saint-Michel (5e), 1924;

*La technique du vide*, par L. Dunoyer. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 7). Paris, Les Presses universitaires de France, 1924;

*La technique des rayons X*, par A. Dauvillier. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 10). Paris, Les Presses universitaires de France, 1924;

*Les ondes électriques courtes*, par René Mesny. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 12). Paris, Les Presses universitaires de France, 1927. (Don du *Génie civil*);

*Les applications des rayons X. Physique, chimie, métallurgie*, par J.-J. Trillat. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 17). Paris, Les Presses universitaires de France, 1930. (Don de l'auteur);

*La Lorraine métallurgique*, par Alex Sömme. Paris, Éditions Berger-Levrault, 5, rue Auguste-Comte (6e), 1930;

*L'appareillage électrique*, par Louis Lagron. Paris, Albert Blanchard, 3, place de la Sorbonne (5e), 1930;

*Hijschwerktuigen. Een beknopt handenleerboek voor studeerenden en de praktijk*, door J. E. de Vries. Haarlem, Firma Ruijgrok en Co., 1929. (Don du *Génie civil*);

*L'astronautique*, par Robert Esnault-Pelterie. Paris, Imp. Lahure, 9, r. de Fleurus (6e), 1930;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*L'observatoire de Zi-Ka-Wei. Cinquante ans de travail scientifique*, par le R. P. P. LEJAY. Paris, Imp. G. Boüan, 13, rue des Arquebusiers (3e) (Don de l'auteur);

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES, DE LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, MÉTALLIQUE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT (7, rue de Madrid, Paris (8e). — *L'organisation scientifique des Établissements Amouroux frères* (Machines de récolte). Exposé présenté par MM. AMOUROUX, à l'occasion de la visite de leurs établissements par les membres de l'Union des Industries métallurgiques et minières (Commission de l'Organisation scientifique du Travail, 4e session de cours), le 13 février 1930, à Toulouse. Toulouse, Imp. Fournier frères, 39, rue Constantine, 1930;

*Les industries mécaniques françaises, leur situation et les conditions de leur développement*, par E. DALBOUZE. Discours prononcé au banquet du Syndicat des Industries mécaniques de France, le 13 mars 1930. Paris, Synd. des Industries mécaniques de France, 92, rue de Courcelles (8e).

M. WERY présente les ouvrages suivants :

*Les moteurs agricoles. Description. Utilisation*, par G. PASSELÈGUE. (Encyclopédie des connaissances agricoles). Paris, Librairie Hachette, 79, boul. Saint-Germain (6e), 1926;

*Les machines agricoles. Description. Utilisation*, par G. PASSELÈGUE. (Encyclopédie des connaissances agricoles). Paris, Librairie Hachette, 1930;

*Culture générale. Méthode scientifique. Esprit scientifique*, par Louis FAVRE. Paris, Alfred Coste, 8, rue Monsieur-le-Prince (6e), 1922. (Don de l'auteur, membre de la Société):

*Les produits réfractaires*, par Robert LEDUC. Paris, Ch. Béranger, 1929. (Don du *Génie civil*);

*Les industries de l'azote*, par Lucien MAUGÉ. Paris, Ch. Béranger, 1929. (Don du *Génie civil*);

*Les progrès de la technologie du caoutchouc*, par F. KIRCHHOF. Traduit de l'allemand par W. DEMARCHE et A. ANDRIEN. Paris, Ch. Béranger, 1929. (Don du *Génie civil*);

*La main-mise étrangère sur notre industrie nationale. Un grave danger*, par Henry GRELAULT. Toulouse, Imp. Fournier frères;

*Méthodes d'usinage des bois coloniaux* par J. PETITPAS (ex *Actes et C. R. de l'Association Colonies-Sciences*, janv.-fév. 1930). Paris, Assoc. Colonies-Sciences, 60, r. Taitbout (9e);

*Essai d'identification des Héliaciées de la Côte d'Ivoire*, par André AUBRÉVILLE (ex *Actes et C. R. de l'Assoc. Colonies-Sciences*, mars-avril 1930). Paris, Assoc. Colonies-Sciences.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Maurice Bitouzet, administrateur de la Société électrique de Travaux agricoles, directeur des Services commerciaux du Nord-Lumière, fait une communication sur *Le labourage électrique.*

Il y a une vingtaine d'années déjà qu'on a commencé à employer des moteurs pour actionner les diverses machines en usage à la ferme. Ces machines sont actuellement : les batteuses, les presse-paille, les élévateurs de paille, les égreneuses de maïs, les ébarbeurs d'orge, les tondeuses de moutons, les meules à affûter, les pompes, les tarares, les épierreurs, cribleurs et trieurs de grains, les aplatisseurs d'avoine, les broyeurs et concasseurs, les hache-paille, les broyeurs d'ajoncs, les laveurs et décrotteurs de racines, les coupe-racines, les broyeurs de tourteaux ou de tubercules cuits, les broyeurs d'os, les broyeurs et mélangeurs d'engrais.

Toutes ces machines consomment des puissances très faibles, de 0,25 à 6 ch. Aux machines anciennes, mues autrefois à la main ou par un manège, on s'est souvent contenté d'adapter un moteur électrique faisant corps avec chaque machine, ou, plus souvent, un moteur portatif, monté sur brouette ou sur civière, qu'on relie momentanément à l'une ou l'autre des machines à actionner.

A ces machines sont venus s'adjoindre récemment des appareils nouveaux appelés à un certain avenir, tels que ;

1° des *dispositifs de séchage du foin*, qui permettent de mettre en meules le fourrage frais et de l'y sécher : un ventilateur, mû électriquement, permet d'évacuer, par une cheminée ménagée dans la meule, l'air échauffé par la fermentation du foin dès que sa température dépasse 50° ou 60°. Un thermostat met automatiquement le moteur en marche ou l'arrête;

2° des *machines à traire*, qui pallient à la difficulté de trouver des vachers;

3° des *machines à hacher et à ensiler le fourrage frais*;

4° des *dispositifs d'éclairage artificiel* et automatique des poulaillers pendant la nuit, pour intensifier la ponte.

Ce matériel de ferme n'a exigé qu'une adaptation, facile d'ailleurs, pour prendre l'énergie sur les réseaux électriques de distribution à 220 ou 110 V, qui alimentent les agglomérations rurales. Il n'en a pas été de même pour l'outillage des champs, notamment pour le labourage, qui consomme de 10 à 120 ch, et doit utiliser la ligne, généralement à 15.000 V, qui dessert les agglomérations.

Malgré des difficultés nombreuses, le *labourage électrique*, pratiqué dans ces conditions, est entré dans la période d'exploitation industrielle. Une société, constituée par des secteurs de la région parisienne, a acquis un matériel de labour spécial ou pris en charge le matériel de coopératives agricoles, et effectue, d'août à mars, le labourage et toutes autres façons; elle achète son courant au secteur comme un autre abonné, entretient, notamment en fin de campagne, son matériel et traite à forfait avec les agriculteurs, à tant l'hectare, suivant la profondeur du labour, la nature du terrain labouré et les conditions économiques du moment.

Les résultats ont été les suivants :

| | Nombre de matériels exploités. | Hectares labourés. | Recettes brutes. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Campagne 1926-1927 | 7 | 1.200 | 450.000 fr |
| — 1927-1928 | 9 | 1.400 | 680.000 — |
| — 1928-1929 | 9 | 2.000 | 700.000 — |
| — 1929-1930 | 11 | 2.200 | 830.000 — |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le matériel de labourage est conditionné par la nature des terres. Pour les pièces en terres fortes, étendues, très groupées, situées près des routes, on emploie deux treuils pesant chacun 15 à 18 t, à moteurs de 100 à 120 ch, et une charrue double multisoc. Dans le cas contraire, les treuils ne pèsent que 4 à 5 t et leurs moteurs sont de 35 à 50 ch. Ce matériel se déplace sur les routes et sur les pièces au moyen d'un tracteur avec moteur à essence de 50 ch, marchant à 2,5 km : h. Ces matériels peuvent labourer de 3 à 5 ha par jour, à 25 ou 30 cm de profondeur. Quelquefois, en même temps que le labourage, on pratique un fouillage sur 10 à 15 cm de profondeur au-dessous du labour; le fouillage remue la terre sans la retourner; il n'a pour but que de l'aérer.

Les agriculteurs, qui le plus souvent cependant n'ont commencé à faire labourer que des terres extrêmement difficiles, très fortes, caillouteuses, vallonnées, et à grande profondeur, se sont déclarés satisfaits car ils n'ont plus la préoccupation d'avoir à fournir le charbon et l'eau, comme c'est l'usage dans le cas du labourage ou du battage à la vapeur, ce qui les obligeait à conserver une cavalerie importante, inutile par ailleurs, pour charrier eau et combustible.

Les progrès ont été moins sensibles pour les petites exploitations ou dans le cas des vignobles; cependant, depuis quelques années, on emploie en France, à cet effet et avec un certain succès, un matériel léger à treuil unique. La solution paraît devoir être dans l'utilisation de postes de transformation mobiles, qui s'imposent déjà pour le battage des céréales en plaine.

La réalisation et l'utilisation du nouveau matériel n'ont pas rencontré de difficultés techniques; ce qui reste difficile, c'est le recrutement et la conservation du personnel chargé de l'utiliser. Les mécaniciens-électriciens spécialisés des villes ne s'habituent pas à la vie des champs et les ouvriers ruraux, non préparés, mettent le matériel à une dure épreuve. Mais ce personnel, une fois recruté, encore faut-il l'utiliser pendant la saison creuse, d'avril à septembre. La société précitée a trouvé provisoirement une solution assez satisfaisante : d'accord avec les entreprises de construction de lignes de la région, elle y incorpore une partie de son personnel pendant la saison creuse. La campagne dure 5 à 6 mois, y compris un ou deux mois pour la remise en état du matériel en fin de campagne.

D'autres opérations effectuées par la société susdite permettent aussi de garder son personnel et de travailler plus longtemps. Ces opérations sont :

le *battage en plaine* (on branche sur la ligne à haute tension un transformateur mobile);

l'*irrigation* (pendant la nuit, avec mise en marche et arrêt automatiques du moteur de la pompe, au moyen d'un interrupteur commandé par un mouvement d'horlogerie);

l'*électro-culture*, encore à ses débuts, car elle n'a donné que des résultats contradictoires sans qu'on ait trouvé la cause de la contradiction;

l'*arrosage lumineux* des cultures de primeurs, essayé avec succès, depuis deux ans, par M. Truffaut, à Versailles.

Pour éviter le déplacement trop fréquent des treuils ou du poste transformateur mobile, on utilise un câble électrique de 1 km de longueur. La longueur maxima qu'on peut atteindre pour les sillons est de 650 m.

L'immobilisation de capital que représente le matériel, tant fixe que mobile, est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'environ 2.000 fr par hectare labouré pendant la durée de la campagne. Cette question, la plus sérieuse qui se pose pour une entreprise de cette sorte, est de celles auxquelles doivent s'intéresser non seulement les usagers, mais aussi les Pouvoirs publics et tous ceux qui désirent développer notre outillage agricole.

E. L.

La séance est levée à 18 h. 30 m.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN JUIN 1930.

SOBEK (ANDRÉ). — **Table pour la détermination directe des combinaisons d'engrenages.** Organisation cinématique des mécanismes. Montages sur machines-outils, à l'usage des ingénieurs, constructeurs, dessinateurs, contremaîtres et conducteurs de machines. In-8 (25 × 16) de L + 144 p., 5 fig. Paris, Librairie Ch. Béranger, 1930. **17850**

PASSELÈGUE (G.). — **Les moteurs agricoles.** Description. Utilisation. (*Encyclopédie des connaissances agricoles*). In-12 (18 × 12) de 234 p., 131 fig. Paris, Librairie Hachette, 1926. **17851**

PASSELÈGUE (G.). — **Les machines agricoles.** Description. Utilisation. (*Encyclopédie des connaissances agricoles*). In-12 (18 × 12) de 380 p., 199 fig. Paris, Librairie Hachette, 1930. **17852**

MAUGUIN (CH.). — **La structure des cristaux déterminée au moyen des rayons X.** (*Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 6*). In-8 (24 × 16) de 281 p., 125 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 1924. **17853**

DUNOYER (L.). — **La technique du vide.** (*Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 7*). In-8 (24 × 16) de 225 p., 80 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 1924. **17854**

DAUVILLIER (A.). — **La technique des rayons X.** (*Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 10*). In-8 (24 × 16) de 195 p., 90 fig., V pl. Paris, Les Presses universitaires de France, 1924. **17855**

MESNY (RENÉ). — **Les ondes électriques courtes.** (*Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 12*). In-8 (24 × 16) de 163 p., 68 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 1927. (*Don du « Génie civil. »*) **17856**

TRILLAT (J.-J.). — **Les applications des rayons X.** Physique, chimie, métallurgie. (*Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 17*). In-8 (24 × 16) de 298 p., 108 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 1930. (*Don de l'auteur.*) **17857**

SÖMME (ALEX). — **La Lorraine métallurgique.** In-8 (25 × 16) de VIII + 249 p., VII pl., 12 cartes. Paris, Éditions Berger-Levrault, 1930. **17858**

LAGRON (LOUIS). — **L'appareillage électrique.** Le petit appareillage. Le gros appareillage basse tension. L'appareillage haute tension. Tableaux de distribution. Postes de transformations ruraux. Théorie, construction, applications. In-12 (18 × 12) de 587 p., 334 fig. Paris, Albert Blanchard, 1930. **17859**

FAVRE (LOUIS). — **Culture générale. Méthode scientifique. Esprit scientifique.** In-12 (19 × 12) de 155 p. Paris, Alfred Costes, 1922. (*Don de l'auteur, membre de la Société.*) **17860**

DE VRIES (J.-E.). — **Hijschwerktuigen.** Een beknopt handenleerboek voor studeerenden en de praktijk. In-4 (28 × 20) de XIII + 464 p., 460 fig. Haarlem, Firma Ruijgrok en Co., 1929. (*Don du « Génie civil ».*) **17861**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ESNAULT-PELTERIE (ROBERT). — **L'astronautique.** In-8 (25 × 16) de 248 p., 19 fig., IX pl. Paris, Imp. Lahure, 1930. (*Don du « Génie civil ».*) **17862**

LEDUC (ROBERT). — **Les produits réfractaires.** In-8 (25 × 16) de 326 p., 186 fig., XXXV tableaux. Paris, Ch. Béranger, 1929. (*Don du « Génie civil ».*) **17863**

MAUGÉ (LUCIEN). — **Les industries de l'azote.** In-8 (25 × 16) de XLIV + 684 p., 255 fig. Paris, Ch. Béranger, 1929. (*Don du « Génie civil ».*) **17864**

KIRCHHOF (F.). — **Les progrès de la technologie du caoutchouc.** Traduit de l'allemand par W. DEMARCHE et A. ANDRIEN. In-8 (25 × 16) de XII + 259 p., 66 fig. Paris, Ch. Béranger, 1919. (*Don du « Génie civil ».*) **17865**

PONCELET (AUGUSTE). — **La filature anglaise.** In-8 (25 × 16) de 376 p., 84 fig. Paris, Ch. Béranger, 1927. (*Don du « Génie civil ».*) **17866**

HOFFMAN (OSCAR). — **Permeazioni d'acqua e loro effetti nei muri di ritenuta.** In-8 (24 × 16) de VIII + 125 p., 36 fig. Milano, Ulrico Hoepli, 1928. (*Don du « Génie civil ».*) **17867**

BOLL (MARCEL) et FÉRY (ANDRÉ). — **Physique** (Classes de spéciales). Tome I : *Optique.* In-8 (25 × 16) de 141 p., 118 fig.; Tome II : *Chaleur. Gaz. Changement d'état. Électricité et magnétisme.* In-8 (25 × 16) de 376 p., 171 fig. Paris, Dunod, 1927. **17868-9**

BOLL (MARCEL) et FÉRY (ANDRÉ). — **Précis de physique** (introduction à une deuxième étude de la mécanique et de la physique). 2e édition refondue. In-8 (25 × 16). Tome I : *Généralités. Statique et dynamique. Pesanteur et hydrostatique. Optique,* de XII + 312 p., 185 fig.; Tome II : *Chaleur. Gaz. Changement d'état. Électricité et magnétisme,* de 376 p., 171 fig. Paris, Dunod, 1927. **17870-1**

LAFFARGUE (J.) et JUMAU (L.). — **Manuel pratique du monteur électricien.** Cours d'électricité industrielle pratique fait à la Fédération générale professionnelle des chauffeurs-mécaniciens électriciens de France et d'Algérie. 20e édition entièrement refondue par LUCIEN JUMAU. (*Bibliothèque des actualités industrielles, n° 51*). In-12 (18 × 13) de VI + 934 p., 849 fig., V pl. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17872**

DELTHEIL (R.). — **Erreurs et moindres carrés.** (Traité du calcul des probabilités et de ses applications, par Émile Borel. Tome I : Les principes de la théorie des probabilités, fascicule II). In-8 (25 × 16) de 161 p. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17873**

DUBOULOZ (MARIUS). — **Comptabilité à résultats mensuels d'une société de distribution d'énergie électrique.** In-8 (25 × 16) de VIII + 150 p., 27 fig. Paris, Dunod, 1930. **17874**

DÉGOUTIN (N.). — **Étude pratique des minerais.** Guide pour les missions d'études minières et les essais industriels de traitement. In-8 (25 × 16) de IV + 427 p., 75 fig. Paris, Dunod, 1930. **17875**

LÉVI (LUCIEN). — **Technologie et analyse des principales marchandises.** In-8 (25 × 16) de IX + 284 p., 18 fig. Paris, Dunod, 1930. **17876**

REISER (JOSEPH). — **L'organisation du contrôle et la technique des vérifications comptables.** 2e édition. In-8 (25 × 16) de 218 p., 6 fig. Paris, Dunod, 1930. **17877**

CATTO (G.). — **Nouvelle méthode pratique et tables pour le calcul du mouvement des terres et de la zone d'emprise nécessaire à la construction de routes, voies ferrées, canaux.** Traduit de l'italien par O. BOURGEOIS. In-8 (20 × 13) de IX + 251 p., 36 fig. Paris, Dunod, 1930. **17878**

DELANGE (RAYMOND). — **Essences naturelles et parfums.** (*Collection Armand Colin, Section de chimie, n° 115*). In-16 (17 × 11) de VI + 222 p. Paris, Librairie Armand Colin, 1930. **17879**

***

GUILLAUME (JACQUES). — **Les prix de revient dans l'hôtellerie.** In-4 (27 × 21) de 23 p. Paris, Chambre nationale de l'Hôtellerie française, 20, rue Mogador (9e). **Pièce 13613**

SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'ÉCLAIRAGE. — **L'éclairage par projecteur** (Brochure n° 11). In-8 (21 × 13) de 112 p., 77 fig., III pl. Paris, 134, boulevard Haussmann (8e), 1930. **Pièce 13614**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

LEJAY (R. P. P.). — **L'observatoire de Zi-Ka-Wei.** Cinquante ans de travail scientifique. In-4 (28 × 22) de 44 p., fig. Paris, Imp. G. Boüan, 13, rue des Arquebusiers (3e). (*Don de l'auteur.*) **Pièce 13615**

UNION DES INDUSTRIES MÉTALLURGIQUES ET MINIÈRES, DE LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, MÉTALLIQUE ET DES INDUSTRIES QUI S'Y RATTACHENT (7, rue de Madrid, Paris (8e). — **L'organisation scientifique des Établissements Amouroux frères** (Machines de récolte). Exposé présenté par MM. Amouroux, à l'occasion de la visite de leurs établissements par les membres de l'Union des Industries métallurgiques et minières (Commission de l'Organisation scientifique du Travail, 4e session de cours), le 13 février 1930, à Toulouse. In-8 (25 × 16) de 29 p. Toulouse, Imp. Fournier frères, 39, rue Constantine, 1930. **Pièce 13616**

GRELAULT (HENRY). — **La main-mise étrangère sur notre industrie nationale.** Un grave danger. In-12 (19 × 12) de 17 p. Toulouse, Imp. Fournier frères. **Pièce 13617**

DALBOUZE (E.). — **Les industries mécaniques françaises, leur situation et les conditions de leur développement.** Discours prononcé au banquet du Syndicat des Industries mécaniques de France, le 13 mars 1930. In-8 (21 × 14) de 9 p. Paris, Synd. des Industries mécaniques de France, 92, r. de Courcelles (8e). **Pièce 13618**

PETITPAS (J.). — **Méthodes d'usinage des bois coloniaux** (ex *Actes et C. R. de l'Association Colonies-Sciences,* janv.-fév. 1930). In-8 (24 × 16) de 16 p., 4 fig. Paris, Assoc. Colonies-Sciences, 60, rue Taitbout (9e). **Pièce 13619**

AUBRÉVILLE (ANDRÉ). — **Essai d'identification des Méliaciées de la Côte d'Ivoire** (ex *Actes et C. R. de l'Assoc. Colonies-Sciences,* mars-avril 1930). In-8 (24 × 16) de 15 p. Paris, Assoc. Colonies-Sciences. **Pièce 13620**

*
* *

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DU MAROC. — **Mémoires**, n° XIX (31 déc. 1928) : *Étude sur les Buprestides de l'Afrique du Nord,* par ANDRÉ THÉRY, de 586 p., 167 fig., II pl., XXIX cartes. Rabat, Institut scientifique chérifien; Paris, Émile Larose. **Pér. 469**

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. **Proceedings, 1929**, vol. II (June-Dec.). London, S. W. 1, Storey's Gate. St. James's Park. **Pér. 114**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Circulars**, nos **378** : *Alphabetical index and numerical list of Federal specifications promulgated by the Federal specification Board* (complete to Nov. 1, 1929), 18 p. (1929). — **380** : *Architectural acoustics*), 8 p. (1930). **Pér. 61**

BUREAU OF STANDARDS (Washington). — **Miscellaneous publications**, nos **103** : *Weights and measures references,* 26 p. (1930). — **105** : *Certification plan significance and scope*, 13 p. (1930). **Pér. 61**

**Achema Jahrbuch, 1928/30**, herausgegeben von MAX BUCHNER. Seelze bei Hannover und Berlin, Dechema, Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen E. V. **Pér. 62**

*L'agent général, gérant,*

E. LEMAIRE.

**Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. OCTOBRE 1930.

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

## LE CONGRÈS DE LA ROSE ET DE L'ORANGER
### tenu à El Goléa (Algérie) les 28 et 29 janvier 1930 (1)

par M. L. MANGIN, *président de la Société d'Encouragement.*

Ce congrès avait pour objet de rechercher s'il est possible d'organiser mieux encore qu'elle ne l'est actuellement, la production agricole des oasis du sud de l'Algérie. et de rechercher, au cas où une amélioration serait possible, les moyens d'écouler facilement et économiquement les produits de cette exploitation. Ce second problème est d'une importance considérable en raison des difficultés de transport entre ces oasis et les lignes de chemins de fer qui en sont les plus rapprochées; les transports automobiles, qui s'organisent ou sont organisés dans le Sud algérien, notamment pour les visites touristiques (des autocars font déjà le tour du Grand Erg occidental en hiver) permettent peut-être d'entrevoir une solution possible du transport de certains produits. Il fallait donc faire un choix de ces produits.

Je rappellerai tout d'abord que le président du Congrès était M. J. H. Ricard, Ingénieur agronome, ancien ministre, que le général Meynier, directeur des Territoires du Sud algérien, M. Djelloul ben Lakhdar, bach agha de Laghouat et moi en étions vice-présidents; que M. Lemmet, Ingénieur agronome, chef du Service agricole des Territoire du Sud algérien, en était le secrétaire général. Les vues que Mlle Bonny et M. Prudhomme vont vous présenter, et dont vous avez la primeur, sont dues à M. Prudhomme, mon collègue du Conseil de la Société d'Encouragement, directeur de l'Institut national d'Agronomie coloniale, qui était parmi les congressistes, et à qui j'adresse ici mes très vifs remerciments.

Avant de vous parler des travaux du Congrès, je vous raconterai notre voyage d'Alger à El Goléa, en vous signalant surtout les particularités de

(1) Communication faite par l'auteur de séance publique le 10 mai 1930.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'itinéraire que nous avons suivi, en totalité en autocar, et en insistant sur la végétation que nous avons rencontrée.

Pour éviter l'encombrement dans les hôtels, les congressistes furent répartis en deux groupes, disposant chacun de deux autocars. Le premier groupe partit d'Alger à 7 h. le 23 février; le second le lendemain à la même heure. L'itinéraire était le même.

Il convient de remarquer que pour aller d'Alger à El Goléa, on dispose du chemin de fer jusqu'à Djelfa, de routes jusqu'à Laghouat, de pistes carrossables jusqu'à El Goléa. Le premier objectif était Bou-Saâda, à 250 km de la côte; on l'atteint, d'Alger, par une bonne route, passant par Aumale; de Bou-Saâda, on se rend à Djelfa par une piste.

La végétation d'Alger et de ses environs présente des caractères qui rappellent à la fois la végétation tropicale et la végétation subtropicale. Aussi à la station agricole de Maison-Carrée, trouve-t-on un jardin aux cultures fruitières et arbustives extrêmement variées. La plaine de la Mitidja, si malsaine quand nous avons entrepris sa mise en valeur et où le paludisme a coûté la vie à tant de colons et de soldats, est aujourd'hui couverte de champs de tabac, de riches vignobles et d'orangers en pleine prospérité, mêlés aux eucalyptus.

On gravit l'Atlas méditerranéen par une magnifique route entourée de montagnes verdoyantes qui font bientôt place à des massifs rendus stériles par le parcours des chèvres et des moutons.

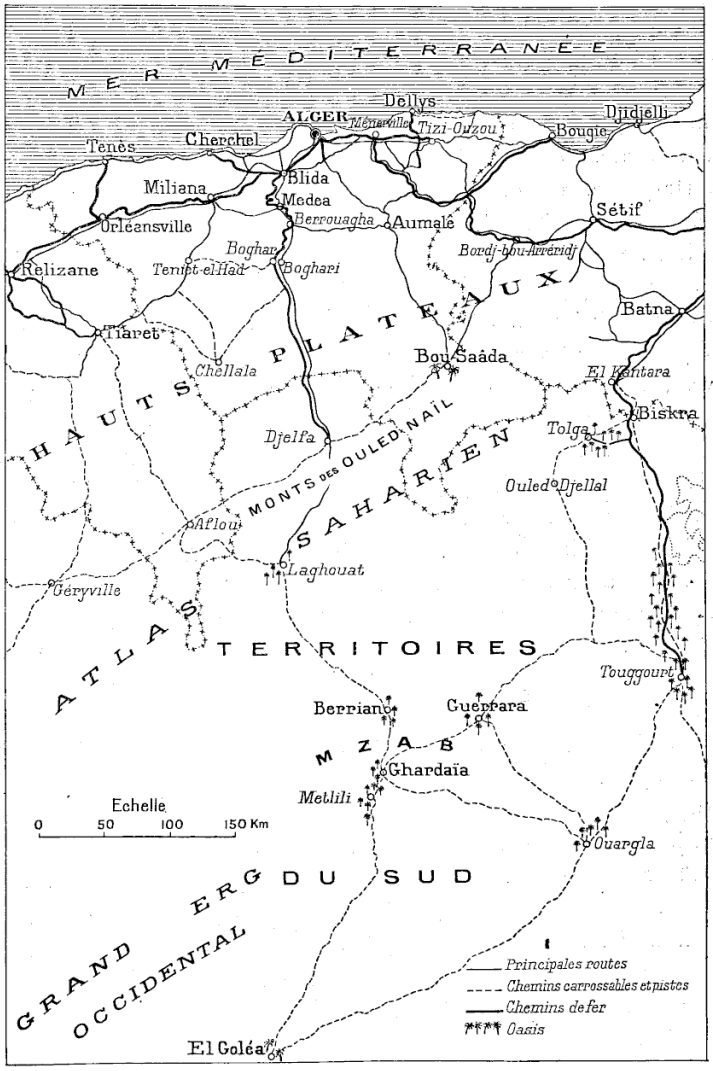
Les hauts plateaux compris entre les deux reliefs de l'Atlas, présentent des plaines où la seule culture est celle du blé; ils sont coupés de massifs montagneux s'étendant sur une centaine de kilomètres. A partir d'Aumale, à 1.200 m d'altitude, il n'y a plus guère que des pâturages où le mouton pullule. C'est la richesse de cette région.

Bou-Saâda est la première oasis saharienne, la plus proche de la côte; elle est à 600 m d'altitude. Elle apparaît comme une masse de verdure au milieu de la région désertique qui l'entoure. Elle est très fréquentée par les touristes et notamment les Algérois. C'est à Bou-Saâda que se trouve la tombe du peintre Dinet, que les congressites visitèrent; Djelfa possède un petit poste militaire; c'est le plus important marché d'élevage de la région des Ouled-Naïl. A partir de ce point, on traverse de nombreuses alfatières en exploitation.

Notre arrivée à Bou-Saâda, et plus tard aussi celle à Laghouat et à Djelfa, a coïncidé avec la pluie, depuis longtemps attendue par les indigènes; aussi notre mission a-t-elle été saluée avec joie : nous avons la *baraka*, et notre congrès restera dans la mémoire des populations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Djelfa possède des maisons à l'européenne, basses et sans caractère. Son altitude, à 1.200 m, l'expose à des hivers rigoureux et à des étés torrides.




Carte du département d'Alger et des Territoires du Sud algérien.

Nous descendons les pentes tristes et désolées de l'Atlas saharien et nous entrons dans le désert. Nous arrivons à Laghouat la nuit, après un parcours extrêmement monotone.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Laghouat, seconde oasis rencontrée, est bâtie sur le versant méridional de l'Atlas saharien. Le lendemain de leur arrivée, les congressistes sous la direction de M. Lemmet, et par un beau soleil, visitèrent des jardins bien irrigués qui révèlent déjà la fertilité du sol; puis l'exposition des productions naturelles et agricoles des Territoires du Sud algérien. Dans les jardins de Laghouat, on trouve des agrumes et des arbres fruitiers d'une belle végétation au milieu de palmiers mélangés à de magnifiques eucalyptus. Les légumes poussent en abondance, et les champs de blé, d'orge, et de mil présentent leur verte parure partout où l'eau peut être amenée. Laghouat est la résidence du bachaga Djelloul dont les jardins sont magnifiques.

De Laghouat à Ghardaïa, la piste, de 200 km de longueur, est jalonnée par des amas de pierres. Elle traverse des steppes pierreuses immenses, couvertes d'une végétation très variée de plantes xérophytes qui n'attendent qu'une pluie pour transformer la steppe en une plaine verdoyante, éphémère il est vrai, mais où paissent cependant des moutons et des chameaux. Jusqu'à Tilrempt, on traverse la région des daïas. Les *daïas* sont des dépressions où l'eau se conserve assez longtemps pour qu'elles se couvrent d'une végétation arbustive où dominent les jujubiers avec, à côté, des pistachiers, dont les fruits médiocres sont vendus sur le marché de Ghardaïa. La plaine est parsemée de collines au sommet aplati, les *garas*. Là, les troupeaux de moutons sont assez nombreux.

La piste aborde ensuite la Chebka du Mzab, pays aride, calciné, tourmenté et très raviné, et atteint la belle oasis de Berriane, puis celle de Ghardaïa.

Le Mzab et ses habitants, les Mzabites, méritent une mention particulière.

Les Mzabites, qu'on a surnommés les « puritains de l'Islam », sont originaires de Syrie. Persécutés dès le IX^e^ siècle, à cause de leurs opinions religieuses, après s'être arrêtés en Égypte, en Tripolitaine et dans le territoire d'Oran, ils vinrent se réfugier et se fixer définitivement au XI^e^ siècle sur un petit plateau stérile, le Ardh Echebka, le Mzab actuel, qu'ils rendirent habitable à force d'énergie et de persévérance dans la recherche et l'utilisation de l'eau. Ils allèrent la chercher jusqu'à plus de 100 m de profondeur, au moyen de puits dont le modèle n'a pas changé depuis 1.000 ans.

Pour se mettre à l'abri des agressions, ils créèrent, à des dates assez rapprochées, sept villes entourées de fortifications : Ghardaïa, Ben Izguen, Melika, Bou-Noura, El Ateuf, Berriane et El Guerrara, qui sont encore pour eux, actuellement, autant de villes saintes, en même temps que les centres d'oasis florissantes. Les cinq premières villes forment un groupe compact dont Ghardaïa est le centre; les deux autres sont à 50 km plus au nord comme deux sentinelles avancées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les Mzabites sont de mœurs austères, sobres, honnêtes, laborieux, industrieux et entreprenants; les hommes émigrent dans les villes de la côte où ils exercent les professions les plus humbles et les plus pénibles, n'ayant pour objectif que de ramasser un petit pécule, avec lequel, de retour au Mzab, ils mettront en culture un nouveau coin de terre désertique. Les femmes ne quittent pas le pays; elles sortent très peu et se dérobent à la vue de tous ceux qui ne sont pas mzabites.

Les Mzabites se refusent au service militaire et à la conscription qui tend, depuis 1912, à englober tous les indigènes, et cela pour deux raisons : parce que leur religion s'oppose à « porter une arme contre leur frère » et parce que, disent-ils, ayant toujours été indépendants, s'étant toujours administrés eux-mêmes, ils n'ont été sujets ni des Arabes, ni des Turcs. Les Turcs, au contraire, leur devaient aide et protection; moyennant quoi un tribut de 12 nègres et de 12 négresses leur était versé chaque année. C'est seulement en 1853 que les autorités françaises entrèrent en relations avec les Mzabites : la convention du 29 avril 1853 les plaça sous le protectorat français moyennant un tribut annuel de 45.000 fr qui remplaçait l'ancien tribut, l'esclavage ayant été aboli. Ce tribut était versé régulièrement chaque année aux autorités françaises de Laghouat par une délégation nommée à cet effet. Le Mzab n'a été occupé par nous qu'en 1882, sans effusion de sang, un décret du 21 décembre 1882 garantissant l'autonomie du Mzab.

Ghardaïa, la plus importante des villes mzabites, à 300 m d'altitude et à 674 km d'Alger, est bâtie en amphithéâtre sur un mamelon dénudé au sommet duquel s'élève la mosquée, dont le minaret a la forme d'une pyramide tronquée, caractéristique des mosquées mzabites. C'est une ville très curieuse et très propre, comme toutes les villes mzabites. Au pied de la ville, sillonnée en tous sens de ruelles étroites, s'étendent de très beaux jardins et des palmeraies arrosés par des centaines de puits dont l'eau est montée sous l'effort des bêtes et des femmes, et d'où partent d'innombrables rigoles d'irrigation coupées de barrages qui ne laissent pas perdre une goutte d'eau.

En approchant de Ghardaïa, on admire la disposition de nombreuses murettes destinées à canaliser l'eau de pluie qui ruisselle sur les roches stériles pour l'amener dans des citernes. Ghardaïa détient le monopole du commerce saharien.

En quittant Ghardaïa, on traverse une zone entièrement désertique sur plus de 300 km avant d'arriver à El Goléa. C'est le Sahara.

Le Sahara, immense région, rendue stérile par l'absence d'eau et grande comme la moitié de l'Europe, est bordé au Nord par l'Atlas saharien et au sud par le Sénégal et le Niger. Au centre se dressent quelques massifs monta-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gneux, dont le plus important est le Hoggar, avec des sommets s'élevant jusqu'à 3.000 m d'altitude.

Contrairement à la croyance populaire, le Sahara n'est pas uniquement un désert de sable. C'est surtout un désert de pierres; le sable ne couvre que le septième environ de sa superficie Les caravanes ne passent guère que par les parties sablonneuses et il en de même des autos; les autres régions sont presque impraticables, car ce sont souvent d'immenses plateaux rocheux, de hautes montagnes granitiques couvertes de blocs rocheux de toutes dimensions. Les grandes étendues de sable y portent le nom d'*erg*. Contrairement à l'opinion populaire, le Sahara n'est pas chaud. C'est « un pays froid où le soleil est très chaud ». Le ciel y est d'une telle pureté et la radiation nocturne si intense que l'eau y gèle fréquemment pendant la nuit.

Partout où l'on dispose d'un peu d'eau, les plantes, et en particulier les palmiers dattiers, y poussent avec une vigueur remarquable. Le Sahara n'est pas entièrement privé de végétation : à côté des vastes étendues rocheuses ou sablonneuses, on trouve, en dehors des oasis, quelques plantes rabougries qui, à la moindre pluie, rentrent en végétation. Ces plantes évoquent, dans le Nord, la flore méditerranéenne, dans le Sud, la végétation soudanaise. Quelques-unes de ces plantes constituent la seule nourriture des chameaux, et les régions où on les rencontre forment ce qu'on appelle leurs pâturages. D'autres plantes sont soigneusement recueillies par les indigènes et sont employées les unes comme appoint alimentaire, les autres comme combustible. La vie était autrefois assez précaire dans les oasis. Vers 1854, on a commencé à y forer des puits artésiens qui leur ont rendu la vie et ont permis la création de nouvelles palmeraies. El Goléa est une de ces oasis. C'est une des plus belles de la région : on l'a surnommée « la Terre des Bienheureux ».

Contrairement à Laghouat et surtout à Ghardaïa, où la ville est distincte de son oasis, il n'existe pas de groupement important d'habitations à El Goléa, celles-ci étant presque toutes dispersées et au milieu de jardins. On y trouve : de superbes dattiers qui constituent sa principale richesse, des agrumes d'une vigueur remarquable, de nombreux arbres fruitiers d'Europe, comme l'abricotier, d'innombrables rosiers, des eucalyptus, des cyprès, des néfliers du Japon, des caroubiers. El Goléa est arrosée par des puits artésiens qui lui fournissent, en surabondance, l'eau nécessaire à ses cultures puisqu'on y trouve un petit lac d'agrément où poussent des roseaux de France (*Phragmites communis*). El Goléa possède une douzaine de puits profonds de 55 à 83 m débitant de 500 à 3.000 litres par minute.

C'est un pays enchanteur : les roses de Damas, les myrtes, les violettes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mêlent leurs effluves dans l'air embaumé, et le sol libre entre les arbustes est couvert de légumes de toutes sortes : asperges, pois, fèves, carottes, etc. On demeure émerveillé devant cette splendide végétation, à quelques centaines de mètres du grand désert, aride et silencieux.

La splendeur d'El Goléa est due à l'inititiative d'un Mzabite, Mohamed ben Brahim Abbaza, aujourd'hui Si Mohamed Abbaza, qui, il y a 30 ans, arriva à El Goléa n'ayant pour toute fortune que son âne et 500 fr. Il y avait 27 ans que le général de Gallifet y était entré à la tête d'un peloton de méharistes. L'eau commençait à jaillir des puits artésiens, l'oasis commençait à renaître, mais le paludisme y régnait encore. Le nouveau venu, aidé des officiers et des Pères blancs, s'adonna passionnément à la culture des fleurs, des vergers, des palmiers et des arbres. Il possède aujourd'hui une vingtaine de jardins et des pépinières dont il a fait lui-même les honneurs aux congressistes.

Le 29 janvier, le Congrès de la Rose et de l'Oranger fut ouvert sous la présidence de M. RICARD qui en exposa le but : *faire ressortir l'œuvre agricole réalisée par la France dans le Sahara, attirer l'attention publique sur les résultats obtenus, notamment dans les oasis, rechercher les moyens d'améliorer cette production et, si possible, de l'écouler.*

Plusieurs communications et visites étaient à l'ordre du jour.

Le commandant DE LA FARGUE donna un bref *historique d'El Goléa*. Le commandant CAUVET retraça les *premiers travaux horticoles des Français*, dont il fut le principal et le meilleur artisan.

SI MOHAMED ABBAZA entretint l'assemblée de son *jardin de roses et d'orangers*, jardin qui fut visité le lendemain et qui est remarquable par le choix et la bonne culture des plantes qui y figurent. Sous une tonnelle, garnie de jasmins en fleurs (*Jasminum grandiflorum* L.), furent dégustées des oranges et des mandarines délicieuses.

Le lieutenant DE BRUCE, chef du poste d'El Goléa, s'applique à *l'introduction et à l'expérimentation des végétaux nouveaux* pour la contrée, dans ses jardins où se trouvent des arbres remarquables, notamment d'énormes et beaux *Eucalyptus rostrata*, des *Casuarina torulosa* Ait. (*C. tenuissima* Sieber), *Tamarix articulata* Vahl, *Schinus Molle* L., *Melia Azedarach* L. *Acacia Farnesiana* Willd., *Jacaranda ovalifolia* R. Brown (*J. mimosoefolia* Don), etc., et des *cultures vivrières* parfaitement soignées. Il parla des *roses* d'El Goléa.

Une communication d'une importance particulière sur *les agrumes d'El Goléa* fut faite par le Père PERRIER, de l'Ordre des Pères blancs, et entraîna d'utiles observations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les Pères blancs qui, avec les Sœurs blanches, jouent un si grand rôle dans l'œuvre de civilisation de l'Afrique saharienne, possèdent à El Goléa de superbes jardins, riches en plantes utiles de toutes sortes, entretenus par les méthodes de culture les meilleures, et que les congressistes ont admirés sous la conduite du P. LANGLET qui s'efforce de faire progresser l'horticulture et l'agriculture autour de lui. Sous sa conduite, eut lieu une visite au village chrétien de Saint-Joseph. Auprès des belles cultures dirigées par les religieux, reposent, dans un tombeau, les restes du Père Charles de Foucauld, l'apôtre du Sahara. Au Nord, se trouve le lac d'El Goléa, autour duquel ont été plantés des *Populus euphratica* Olivier, qui sont dans un bon état de développement.

En ce qui concerne l'arboriculture fruitière à El Goléa, on peut se demander si la culture des agrumes doit y être intensifiée pour l'exportation.

Dans cette oasis, comme à Ghardaïa, il y a des orangers, des mandariniers et des citronniers superbes, portant des fruits abondants de toute beauté et d'excellente qualité. Malgré cela, il est évident que ces fruits ne peuvent guère servir qu'à la consommation locale ou à celle des régions voisines, car leur transport au loin entraînerait des frais disproportionnés aux prix de vente.

Il en serait également ainsi pour les grapes-fruits, ou pamplemousses, dont la consommation ne cesse de s'accroître en France, et qui trouveront un jour de nombreux amateurs, grâce au développement progressif du tourisme dans le Sahara.

Le cédratier réussit à El Goléa, et les agrumes y prospèrent.

Certaines d'entre elles devraient-elles y être expérimentées en vue de l'obtention des essences employées en distillerie, en parfumerie et en droguerie, essences qui, de poids et de volume minimes, et se vendant à des prix élevés, peuvent ainsi procurer des bénéfices appréciables aux producteurs? Cette question mérite d'être envisagée.

M. JOURDAIN, directeur du Réseau du P.-L.-M. algérien, donna une étude des *moyens commerciaux à employer pour tirer le meilleur parti des fleurs et des agrumes d'El Goléa* et des autres oasis sahariennes. Cette communication fut suivie d'une autre de M. BONHOMME, directeur de la Société des Transports automobiles, sur le *rôle commercial et industriel de la locomotion automobile pour la vente des produits agricoles d'El Goléa* et des autres oasis. M. BOUILLOUX-LAFONT a signalé les possibilités *d'emploi de l'avion pour le développement commercial des oasis*. M. FAWCETT, phytopathologiste, professeur à l'Université de Californie, questionné au sujet des *maladies ou des insectes nuisibles* qu'il avait pu observer sur les plantes des oasis qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ont été visitées, déclara n'avoir vu que des végétaux indemnes de tous parasites dangereux. Il mit en garde contre la possibilité de pénétration de l'extérieur.

MM. CHIPP, sous-directeur du Jardin royal botanique de Kew; HARVEY MASON, membre de la Société royale d'Horticulture de Londres; ROYE, attaché agricole à l'Ambassade d'Espagne, à Paris; PRUDHOMME, directeur de l'Institut national d'Agronomie coloniale, à Nogent-sur-Marne; NOMBLOT, député, secrétaire général de la Société nationale d'Horticulture de France; GRAVEREAUX (H.), délégué de la Section des Roses de la Société nationale d'Horticulture de France; GATTEFOSSÉ, ingénieur de la Société des Roseraies de l'Oued Iquem (Maroc), émirent leur avis sur les questions posées.

Enfin, M. LEMMET, chef du Service agricole des territoires du Sud algérien, envisagea les *possibilités d'avenir et d'évolution horticole d'El Goléa* et des autres oasis sahariennes.

Le soir, un banquet, donné à l'hôtel Transatlantique, réunit les congressistes et les autorités locales.

Dans son rapport sur *les richesses essentielles du Sud-Algérien*, M. LEMMET évalue à 220 millions d'hectares, en nombre rond, la superficie des territoires du Sud algérien, desquels il faut mettre à part environ 200 millions d'hectares correspondant à de grands espaces désertiques (Sahara algérien proprement dit), où la vie est impossible, faute d'eau, c'est-à-dire faute de pluies, de sources ou de nappes aquifères souterraines. Il reste donc, 20 millions d'hectares présentant des conditions biologiques plus ou moins favorables, par suite, soit de précipitations atmosphériques dont la périodicité et l'importance sont, d'ailleurs, très variables, soit encore de réserves d'eau particulières.

Dans le premier cas, on a principalement des zones de pacages, de valeur inégale mais précieuses au plus haut point pour l'élevage des moutons, des chèvres, des chameaux, et autres animaux dont le nombre total s'élevait, en nombre rond, en mars 1929, à 2.810.000 têtes comprenant : espèce ovine, 1.950.000; espèce caprine, 680.000; espèce caméline, 140.000; espèces chevaline, asine et mulassière, 45.000; espèce bovine, 25.000. La valeur totale de l'ensemble atteint actuellement 500 millions de francs, avec un revenu annuel d'environ 160 millions de francs.

La partie la plus favorable des surfaces propres au pacage (Hauts Plateaux algériens et versant Sud de l'Atlas saharien), qu'on nomme le « pays du mouton », englobe par endroits (Sud oranais et Sud algérois) d'importantes étendues où croît l'alfa (*Stipa tenacissima L.*), soit environ un million et demi d'hectares. Leur revenu général annuel peut être évalué à environ 8 millions de francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les forêts, qui ne comportent presque exclusivement que des pins d'Alep (*Pinus halepensis* Miller), couvrent une étendue d'à peu près 130.000 ha, située en majeure partie dans le Sud algérois (annexe de Djelfa). Elles sont une source de recettes atteignant chaque année de 250.000 à 300.000 fr, mais leur surveillance et leur entretien sont coûteux. Pourtant, elles sont précieuses comme protection des pâturages et des cultures, et surtout comme facteur essentiel de climat.

Dans quelques points privilégiés des régions septentrionales du Sud algérien, où l'approvisionnement en eau est assuré de manière convenable grâce à une certaine pluviosité et à une disposition topographique avantageuse (bas-fonds et cuvettes dites « daïas ») ou encore au débordement accidentel des oueds locaux, les indigènes parviennent à cultiver, tant bien que mal, des céréales (blé et surtout orge) dont la production, sur une superficie emblavée d'environ 30.000 ha, s'élève, en année moyenne, à 135.000 q de grains.

Avec la production dans les oasis, par cultures jardinières irriguées de céréales : blé, orge, sorgho ou gros mil, la récolte moyenne totale des céréales dans les Territoires du Sud est évaluée par M. Lemmet à 150.000 q, d'une valeur de 18 à 20 millions de francs, ne représentant qu'une faible partie des besoins annuels des populations sud-algériennes, c'est-à-dire 500.000 q.

Ce qui caractérise les oasis algériennes, c'est qu'elles sont dotées en permanence de ressources notables en eau soit d'irrigation (dérivation souterraine d'un oued, d'une source), soit de puits ordinaires à bascule ou de puits artésiens, ce qui permet d'y entreprendre des cultures régulières.

Parmi ces oasis, il convient de distinguer celles qui sont situées dans les parties septentrionales, à climat insuffisamment chaud pour assurer la parfaite maturité des dattes de celles qui sont franchement sahariennes, au climat chaud et sec, et qui conviennent excellemment à la culture du dattier. Les dattes peuvent être classées en deux grandes catégories :

Dattes communes, servant surtout à la nourriture des indigènes des diverses parties de l'Algérie ;

Dattes fines, de qualité supérieure, comme la *Deglet nour*, qui font l'objet d'une exportation importante vers l'Europe et l'Amérique.

D'après M. Lemmet, la production courante en dattes marchandes des oasis méridionales s'élève pour le moins à un million de quintaux (100.000 q de dattes *Deglet nour* et 900.000 de dattes communes), donnant un revenu général annuel de 100 millions de francs.

Le nombre des dattiers dans le Sud algérien peut être évalué à 4.900.000, représentant un capital minimum de un milliard de francs, la valeur d'un dattier à fruit commun, en rapport, étant de 150 fr, et celle d'un palmier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Deglet nour*, de 750 fr. Dans les plantations européennes bien établies, ces derniers peuvent atteindre de 1.500 à 2.000 fr. Les plantations indigènes forment la grande masse des palmeraies sahariennes; les plantations européennes modèles, qui cependant s'étendent progressivement, ont une importance relative très faible (150.000 à 200.000 palmiers tout au plus); mais ces dernières, bien établies et entretenues méthodiquement, ont un très grand intérêt au point de vue du placement des capitaux et constituent, d'autre part, un puissant moyen de stimulation et de progrès pour les propriétés indigènes voisines, comme champs d'expérimentation et de démonstration culturales, en complétant très heureusement l'action des stations agricoles expérimentales officielles.

La production vivrière (légumes divers) a une grande importance pour la subsistance des populations sédentaires et le ravitaillement des touristes en denrées fraîches; cependant, M. Lemmet estime qu'elle ne représente actuellement qu'une valeur en argent ne dépassant guère une vingtaine de millions de francs.

La production des fourrages artificiels (luzerne, trèfle d'Alexandrie, orge en vert, etc.), et celle des plantes industrielles (tabac à priser du Souf, henné (*Lawsonia inermis* L.), du Sud oranais, cotonnier, etc.) est encore faible, et sa valeur atteint seulement quelques millions de francs.

Les arbres fruitiers autres que le dattier des régions dites méditerranéennes (abricotiers, figuiers, amandiers, grenadiers, citronniers, orangers et autres aurantiacés) qui, dans certaines oasis favorisées sous le rapport de la qualité du sol et de l'eau, accompagnent (ou remplacent dans les oasis septentrionales) le dattier, fournissent annuellement pour 7 ou 8 millions de francs de produits.

En résumé, le revenu brut des Territoires du Sud algérien s'élève en ce qui concerne les plantes à 150 millions de francs environ, comme celui de l'élevage, soit, en tout, environ 300 millions de francs.

Les Territoires du Sud comptent 540.000 âmes dont plus de la moitié sédentaires. La population, sédentaire ou nomade, pourrait augmenter si l'existence devenait plus facile.

L'action des Pères blancs pour atteindre ce résultat mérite de vives félicitations. Grâce à leur initiative, en particulier à Ouargla, où des ateliers de tissage pouvant occuper 200 ouvriers ont été construits, il sera peut-être possible d'enrayer l'exode des jeunes gens.

On peut accroître très sensiblement le rendement annuel de l'élevage et des cultures du Sud algérien; la démonstration en a été faite par l'Administration dans les stations expérimentales, à Tadmit (annexe de Laghouat)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour le mouton, à Aïen-ben-Nouï (annexe de Biskra) et à El Arfiane (annexe de Touggourt) pour le dattier et les autres cultures sahariennes; pour atteindre ce but, il y aurait lieu de mettre en œuvre les procédés suivants :

1° Hygiène des troupeaux et des plantations (préservation contre les maladies et les parasites);

2° Sélection des espèces animales et végétales;

3° Alimentation rationnelle des animaux et des plantes cultivées;

4° Coopération des efforts pour réunir économiquement les moyens d'action : capitaux, outillage, matières premières, etc. (syndicats d'achats);

5° Coopération des efforts pour une meilleure vente des produits obtenus (coopératives de vente).

En ce qui concerne les palmeraies sahariennes, il conviendrait, en dehors des possibilités de leur extension par la découverte de nouvelles ressources en eau d'irrigation :

1° de remplacer les dattiers médiocres par des variétés donnant de meilleures récoltes et des fruits plus appréciés;

2° de veiller à une meilleure utilisation des eaux d'irrigation après défoncement, nivellement, dessalage s'il y a lieu, et enfin, fertilisation rationnelle du sol par des engrais chimiques appropriés permettant de suppléer à l'absence ou à la rareté du fumier, ou par la production d'engrais verts;

3° de pratiquer la pollinisation méthodique des inflorescences femelles par la limitation raisonnée du nombre des régimes, de manière que la charge fruitière de chaque dattier soit en rapport avec sa puissance productrice;

4° d'assurer, après la cueillette, la bonne présentation et surtout la bonne conservation des dattes, soit en petites boîtes, soit en colis destinés à la consommation (pasteurisation, désinfection par le sulfure de carbone à froid dans le vide, après ressuyage au degré voulu, et même maturation complémentaire rapide en chambre chaude, le cas échéant).

M. Lemmet estime qu'il est possible d'accroître dans une large mesure et de doubler au moins le revenu des cultures et des troupeaux du Sud algérien, la population pouvant augmenter elle-même dans la même proportion et assez rapidement si les conditions météorologiques s'y prêtent, l'œuvre de régulation et de prévoyance administratives aidant.

Dans les oasis du Nord, l'abricotier est très répandu et atteint de grandes dimensions. Les Arabes le désignent sous le nom de *Mech mech*, tiré du persan, qui indique son origine orientale. La variété cultivée a de petits fruits acides que l'on fait sécher pour les vendre en quantités assez considérables dans tout le Nord de l'Afrique. Il est évident que des fruits de meilleure qualité trouveraient de plus nombreux acheteurs, s'ils étaient bien préparés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les visites des oasis, des jardins des postes, des hôtels transatlantiques, des Pères blancs et des Sœurs du même ordre, ainsi que des indigènes, les congressistes ont constaté que les plantes des parties tempérées de la France y prospèrent. Dans le Sud, à Ghardaïa, à El Goléa, les conditions du climat permettent d'envisager l'introduction de plantes utiles ou ornementales des régions subtropicales, en particulier celles qui peuplent les jardins de la Côte d'Azur et du littoral algérien, ainsi que l'accroissement des cultures vivrières.

Parmi les plantes industrielles dont la culture pourrait peut-être donner des résultats intéressants, le safran (*Crocus sativus* L.) est à citer. Le docteur Trabut avait déjà attiré l'attention sur cette plante; les résultats encourageants obtenus dans les essais tentés sous son initiative le portèrent à penser qu'il pourrait devenir l'objet d'une culture familiale pour les indigènes, peu de cultures pouvant procurer, sur un petit espace, avec peu de travail, des bénéfices aussi élevés. La valeur du produit, son volume et son poids minimes en permettraient le transport au loin.

L'existence, à Alger, à Maison-Carrée, au Jardin du Hamma, à celui de l'Université, de collections comprenant les espèces et variétés les plus intéressantes d'arbres fruitiers, de plantes potagères et de plantes ornementales, qu'on s'y attache à améliorer par croisements et sélections, permet d'entrevoir le jour prochain où elles prospèreront dans nos oasis.

La présence du docteur René Maire à la tête du Service de Botanique de l'Algérie, en remplacement du docteur Trabut, décédé, est un sûr garant que des efforts seront faits dans cette direction.

Mais on ne saurait assez le répéter, la sélection sur place s'impose non seulement pour la conservation des qualités particulières propres à chaque espèce ou variété, mais pour les possibilités de création de races améliorées bien adaptées aux conditions locales de sol et de climat, ainsi qu'à la qualité et à la plus ou moins grande abondance de l'eau. Il ne faut pas oublier que les oasis sont situées à des altitudes parfois très différentes et que les écarts de température sont considérables dans tout le Sahara. A El Goléa, par exemple, le thermomètre peut atteindre 49°3 en été et — 5° en hiver. A Laghouat, on observe des différences allant de 44° comme maximum estival à — 8° comme minimum hivernal.

Les conclusions pratiques qui se dégagent du Congrès constituent une véritable charte agricole des oasis, dont l'application, en provoquant l'extension méthodique et progressive des cultures, deviendra une source de richesses pour ces régions autrefois déshéritées.

On peut créer ou développer sans limite, et dès maintenant, la produc-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion des plantes à parfums, rosiers, bergamotiers, citronniers, à condition de fabriquer sur place les essences qu'on en extrait de façon à n'avoir à faire sortir des oasis que des produits de très grande valeur, peu encombrants et pouvant, par conséquent, supporter des frais de transport même très élevés; le placement de ces produits dans le monde entier est pratiquement illimité.

La production des agrumes (citronniers, mandariniers, cédratiers, orangers) peut prendre un certain développement, à condition de les sélectionner et de telle sorte que ces produits fassent prime sur le marché et puissent supporter des frais de transport sur d'assez longues distances.

Il y a peu de chose à espérer du dattier, qui ne fournit pas de fruits assez appréciés pour pouvoir lutter contre les dattes du Djebel-el-Djerid, région beaucoup plus favorisée à cet égard et fournissant déjà en abondance des dattes très estimées.

Le seul arbre fruitier qui paraisse appelé à un assez bel avenir, même d'ici peu, est l'abricotier. Ses fruits qui peuvent être très doux et très parfumés, pourraient être exportés après dessiccation et lutter sans doute contre les abricots secs de l'Ouzbekistan (Turkestan russe) et surtout ceux de Californie, acides, peu sucrés et presque sans parfum.

*
* *

C'est à regret que les congressistes ont pris le chemin du retour avec les mêmes étapes qu'à l'arrivée. Sauf une légère tempête de sable qui les a assaillis avant d'atteindre Laghouat, le trajet s'est bien effectué.

Au sortir de Laghouat, la pluie les a surpris, puis une tempête de neige au moment de leur arrivée à Djelfa. Là, ils ont appris que les pistes avaient été endommagées par les pluies dans la direction de Bou-Saâda. Ils durent abandonner cette partie de leur itinéraire pour rentrer directement à Alger en passant par Boghari, Berrouaghia, Médéa et Blidah. Ce fut l'occasion pour eux d'admirer, avec les forêts de chênes-lièges et de pins d'Alep, les belles cultures du versant Nord de l'Atlas, les gorges de la Chiffa et la plaine où Blidah étale ses roses et la fleur de ses orangers.

Ce Congrès a été une sorte de consultation scientifique à l'effet de savoir s'il n'y aurait pas une orientation nouvelle à provoquer dans les oasis, afin d'étendre leur production et d'en tirer un plus grand parti commercial.

Ces directives vont être maintenant mises en pratique, et l'on s'efforcera non seulement à El Goléa, mais dans celles des autres oasis sahariennes qui s'y prêtent, de développer les cultures qui ont été indiquées comme perfectibles par les techniciens qui ont pris part au Congrès.

Peut-être pourrait-on élargir la méthode de travail qui vient d'être instaurée et pourrait-on concevoir que, de temps à autre, des missions

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

agricoles, composées d'un petit nombre de techniciens, soient invitées à visiter et étudier différentes régions, non seulement du Sud algérien, mais du Nord africain en général, pour collaborer à ce qui devient de plus en plus indispensable : l'adoption d'une véritable politique agricole nord-africaine, ayant pour caractéristique d'accroître l'ensemble de nos productions animales et végétales dans ces régions, avec des adaptations tenant compte de l'ensemble de notre économie rurale française, métropolitaine et coloniale En particulier, il y a lieu de se préoccuper d'enrichir l'agriculture du Nord africain français, en évitant, dans les nouveautés à y introduire, ce qui pourrait être de nature à concurrencer inutilement des produits métropolitains.

---

## AURELIO DE PASINO,
### architecte italien (1533-1585).

M. A. Philippoteaux, président d'honneur des « Amis du vieux Sedan », a publié un mémoire très documenté sur l'Italien Aurelio de Pasino, dit Pasin, auteur des fortifications de Sedan au XVI[e] siècle, sur l'initiative d'Henri Robert de la Marck, seigneur de la principauté de Bouillon.

De minutieuses recherches ont mis entre les mains de M. Philippoteaux d'intéressants détails sur ce travail.

Pasino a publié un traité de fortification sous le titre suivant :

*Discours sur plusieurs poincts de l'*ARCHITECTURE DE GUERRE, *concernants les fortifications tant anciennes que modernes. Ensemble les moyens de fortifier une place de laquelle les murailles ne pourront aucunement être endommagées de l'artillerie*, par M. AURELIO DE PASINO, Ferrarais, architecte de très illustre seigneur Monseigneur le duc de Buillon.

A Anvers, de l'imprimerie de Christofle Plantin, Imprimeur de Sa Majesté. MDLXXIX.

Le mémoire de M. Philippoteaux se trouve à la bibliothèque de la Société d'Encouragement sous la cote : pièce 13 635.

E. S.

---

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS A L'EXPOSITION DE LIÉGE,

par M. HENRI GABELLE, *directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers.*

L'exposition de Liége comprend deux parties distinctes séparées ou plutôt réunies par ce joli fleuve qu'est la Meuse Le secteur Sud comporte un très beau parc parsemé de palais et de pavillons affectés aux beaux-arts et à l'agriculture et qui offre de frais ombrages particulièrement appréciés par les journées chaudes. Le secteur Nord est très différent, mais c'est celui qui retiendra particulièrement notre attention. Parmi les beaux et nombreux palais qui constituent un ensemble imposant, celui de la France fait bonne figure. Dans un espace, sans doute restreint, on a réuni avec une méthode et un ordre parfaits, tous les éléments susceptibles de donner, en un raccourci saisissant, une impression de la puissance industrielle de notre pays.

Tout le premier étage de ce palais est occupé par l'exposition de l'enseignement technique. D'insuffisantes indications n'incitent guère le public à gravir l'escalier qui conduit à cette exposition; le nombre des visiteurs s'en trouve réduit et c'est dommage car il était difficile, en un espace également restreint, de présenter une synthèse plus complète des efforts accomplis par notre pays en matière d'enseignement technique. Tous les établissements privés les plus caractéristiques y sont représentés avec des tableaux indiquant, de façon simple et précise, les méthodes employées par notre enseignement. L'aménagement des 2.500 m² de surface occupés par l'enseignement technique, effectué suivant un plan d'ensemble, comporte une série d'alvéoles toutes semblables. On pouvait craindre l'inconvénient de l'uniformité; il n'en est rien, mais l'unité y gagne.

Le Conservatoire des Arts et Métiers occupe les alvéoles 68, 69, 70 et 71. Cet établissement espérait obtenir une surface plus considérable et avait pris ses dispositions pour remplir de façon intéressante toute la place qui lui aurait été dispensée. Nous avons dû nous borner. Telle quelle, notre exposition fait honneur à notre grande maison. Le Conservatoire, il convient de le rappeler, comprend plusieurs éléments qui se complètent, qui s'appuient les uns sur les autres en vue d'une éducation scientifique et technique et qui en font un établissement unique, savoir : musée, bibliothèque, enseignement, laboratoire d'essais. Le musée et la bibliothèque n'avaient pas à participer à l'Exposition; cependant certaines pièces historiques de nos collections ont été appelées à figurer dans le salon d'honneur aménagé à la gloire de la science française, notamment le pendule de Foucault, le microscope du duc de Chaulnes, le télégraphe de Chappe, l'accumulateur Planté, le calorimètre de Lavoisier.

Sous le rapport de l'enseignement, le Conservatoire a un caractère spécial que l'on s'est efforcé de mettre en évidence. Soit dans les cours pratiques, fréquentés par des étudiants possédant une culture scientifique, soit dans les cours de technique sanitaire, suivis en majeure partie par des médecins, des architectes et des ingénieurs, soit dans les conférences d'actualités scientifiques et techniques, destinées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux spécialistes avertis, soit même dans les cours du soir, cours de perfectionnement ouverts à tous mais suivis surtout par des hommes qui, employés dans le commerce et l'industrie, ont le désir de combler les lacunes de leur instruction première, les méthodes mises en œuvre sont celles de l'enseignement supérieur. Les professeurs du Conservatoire s'appliquent non seulement à inculquer à leurs élèves les principes de la science par les moyens les plus simples, mais ils s'attachent surtout à les initier à la méthode scientifique, s'ingéniant à développer en eux les qualités d'observation, de réflexion et unissant toujours la théorie à la pratique. Lors de la création, dans un but d'éducation populaire, du Conservatoire des Arts et Métiers, la Convention avait nommé trois démonstrateurs, hommes de premier plan, qui avaient mission d'enseigner les arts et les métiers; plus tard, lorsque l'on donna à l'enseignement du Conservatoire une forme nouvelle, inaugurée par la création de trois chaires, ces chaires furent attribuées à des hommes éminents : Jean-Baptiste Say, pour l'économie politique, Clément Desormes, pour la chimie, Charles Dupin, pour la mécanique. Cette tradition s'est perpétuée jusqu'à nos jours et le corps professoral du Conservatoire est recruté parmi les professeurs de l'Université ou des grandes écoles qui se sont signalés par leur savoir et leur talent. Nul doute que le succès des cours du soir de notre établissement ne soit dû à ces conditions spéciales. L'effectif des auditeurs de ces cours n'a cessé de progresser; il est actuellement de 1.200 à 1.300 en moyenne par soirée.

On ne pouvait songer à consacrer une place spéciale à chacune des 25 chaires et à chacun des 11 cours pratiques. On s'est appliqué à mettre en valeur quelques-unes des principales disciplines de l'établissement où sont mis en œuvre tous les moyens d'ordre matériel de nature à rendre l'enseignement plus vivant et à faciliter la compréhension de l'élève (leçons autographiées, dessins, tableaux, projections fixes et cinématographiques et, surtout, de nombreuses expériences).

On a tenu également à signaler certains ordres de recherches scientifiques poursuivies dans plusieurs laboratoires. De tout temps, le Conservatoire a participé activement au mouvement scientifique et, pour marquer l'importance de cette contribution, il suffit de rappeler quelques travaux de savants qui ont appartenu au cadre des professeurs de notre établissement.

C'est au Conservatoire que Pouillet a établi expérimentalement les lois fondamentales des courants électriques, que Payen a analysé les substances alimentaires, que Péligot a isolé l'uranium, que Becquerel et Moissan ont poursuivi leurs recherches, le premier sur la photographie des couleurs, le second sur le diamant, que Marcel Deprez a étudié le transport de l'énergie électrique, que Verneuil a poursuivi les travaux de laboratoire qui ont abouti à la découverte du rubis artificiel, que Violle a fixé l'unité de lumière qui porte son nom, etc...

Nos laboratoires sont ouverts également à certains élèves, à certains chercheurs, pour des recherches d'ordre industriel d'un intérêt général.

Passons maintenant rapidement en revue les objets et travaux présentés par les principales chaires.

CHAIRE D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — La chaire d'électricité industrielle, avec ses travaux pratiques et son enseignement de radiotechnique, expose des tableaux et des photographies réunis sur un ensemble de 7 panneaux. L'une de ces photographies, prise au cours d'une leçon, ne donne qu'une idée imparfaite du spectacle



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'offre le grand amphithéâtre du Conservatoire un soir de cours (le nombre des élèves inscrits à la chaire d'électricité industrielle est de 900 environ). Un panneau central indique l'organisation générale et le programme du cours, qui comporte un cycle de trois années (40 leçons par année). L'enseignement est grandement facilité par des planches où sont résumées les lois fondamentales de l'électricité et les propriétés les plus importantes des machines et appareils. La chaire dispose actuellement de 250 planches environ; huit figurent à Liége.

Au cours de l'enseignement, des problèmes sont posés aux auditeurs. En 1928-1929, plus de 5.000 solutions ont été envoyées par les élèves; on a exposé, à titre d'exemple, 8 énoncés de problèmes.

Le cours a un caractère expérimental très développé et on a exposé 4 photographies représentant des expériences de cours, l'une représentant un aimant électrostatique attirant son armature de bois, les trois autres se rapportant à des expériences illustrant le champ électrostatique (cours de 1928-1929). Ces expériences sont nouvelles.

Voici maintenant l'énumération de quelques appareils créés spécialement pour l'enseignement et construits dans les ateliers de la chaire :

*a*) Un appareil générateur de courants à haute fréquence (un million de périodes par seconde) fonctionnant directement sur un réseau alternatif à 110 V et 50 périodes par seconde. Cet appareil peut montrer avec la plus grande facilité, et grâce à la haute fréquence, les phénomènes fondamentaux de l'induction, de l'induction mutuelle, de la résonance ainsi que les propriétés des écrans;

*b*) Quatre aimants électrostatiques avec leurs armatures, pouvant montrer l'existence d'une sorte de « rémanent » comme les électroaimants ordinaires. Deux de ces aimants électrostatiques fonctionnant sous 8.000 V, un autre sous 220 V, un quatrième sous 110 V;

*c*) Un électrodynamomètre d'enseignement, spécialement construit pour être vu de tous les points du grand amphithéâtre du Conservatoire et permettant facilement les expériences et mesures classiques que l'on peut faire avec ce genre d'instruments;

*d*) Un petit appareil réalisé pour montrer l'afflux de courant au début de la mise en route dans les lampes à incandescence à filament métallique;

*e*) Un électroaimant pouvant supporter un poids de 20 kg et alimenté par une pile de poche de 4 V. Cet appareil est excellent pour montrer que, pour un circuit magnétique donné d'un électro aimant, la force portante ne dépend que du nombre des ampères-tours. Cette force portante peut être grande même avec un courant très faible (de l'ordre de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{200}$ A) si le nombre de spires est suffisamment élevé;

*f*) Un ampèremètre thermique à double flèche, spécialement construit pour être vu de tous les auditeurs du grand amphithéâtre.

On a tenu à montrer le matériel mis à la disposition des élèves pour les travaux et comprenant un appareillage de manœuvre, modifié spécialement en vue de la facilité d'emploi par les élèves. Ce sont :

des lignes fictives pour la recherche et la localisation des défauts dans les lignes (défauts d'isolement, contacts accidentels entre fils);

des piles étalons pour les comparaisons des forces électro-motrices et les étalonnages d'appareils de mesure;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des terres artificielles de paratonnerres;
un appareil pour la mesure des résistances faibles et quelques éprouvettes;
un dispositif agencé pour l'étude du rayonnement des conducteurs et des intensités admissibles pour des fils nus, ou des fils isolés au coton, au caoutchouc et sous moulure.

*Cours théoriques de radiotechnique.* — L'organisation générale et le programme de ces cours ont été indiqués par la reproduction de l'affiche relative à ces cours pour l'année 1929.

*Travaux pratiques de radiotechnique.* — Le programme général de ces travaux a été indiqué dans un tableau.

Sur la tablette et le panneau 1 est donné un exemple de montage sur table d'un poste récepteur hétérodyne, 7 lampes, réception sur cadre, exécuté avec le matériel qui est mis à la disposition des élèves (cadre y compris).

Sur le panneau 2, des pièces séparées, mises à la disposition des élèves pour leurs montages au cours des différents travaux, en particulier :
des bobines de self-induction pour couplages;
des bobines de self-induction de liaison;
des transformateurs de liaison pour haute fréquence;
un oscillateur pour ondes de 30 m;
un oscillateur pour ondes de 2 m;

CHAIRE DE MÉTALLURGIE ET TRAVAIL DES MÉTAUX. — Les tableaux et éprouvettes envoyés à l'Exposition de Liége par le laboratoire de métallurgie et travail des métaux sont relatifs à des travaux scientifiques exécutés par les élèves sous la haute direction du professeur.

Un élève présente quelques radiogrammes obtenus par lui au cours de son travail de concours pour le diplôme d'ingénieur; ce travail se rapportait à l'écrouissage, au recuit et à la surchauffe du cuivre et des laitons; les spectres de diffraction ont été obtenus à l'aide de l'installation de rayons X du laboratoire et ils montrent bien les variations de l'orientation cristalline.

Un autre élève a exécuté son travail de concours sur les bronzes d'aluminium spéciaux au zinc, au silicium et à l'antimoine; il a obtenu, à l'aide de certains traitements thermiques, de très belles micrographies de structures-types, qu'il expose par transparence dans un tableau lumineux.

Une étude a été faite sur la « coulabilité » des alliages de pistons de moteurs, suivant la composition chimique; cette propriété est chiffrée par la mesure d'éprouvettes en spirale. L'auteur de la recherche présente un certain nombre de ces éprouvettes, coulées en alliage aluminium-cuivre, aluminium-silicium (alpax), etc.

Enfin, on expose une série d'essais relative au nickelage à chaud; ce traitement a été étudié d'une manière très approfondie au cours de ces dernières années; ce sont ces recherches qui ont permis la diffusion actuelle de cette opération dans l'industrie, en vue d'une amélioration de la résistance des nickelages à la corrosion.

CHAIRE DE PHYSIOLOGIE DU TRAVAIL, HYGIÈNE INDUSTRIELLE, ORIENTATION PROFESSIONNELLE. — Le but des recherches entreprises à ce laboratoire est l'étude de l'influence du facteur humain dans l'industrie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les différents travaux exécutés dans ce laboratoire portent et ont porté sur :

1° l'orientation et la sélection professionnelles; 2° l'apprentissage; 3° la physiologie dans ses rapports avec l'organisation technique du travail; 4° les conditions extérieures du travail (éclairage, ventilation, état hygrométrique et température).

Les résultats obtenus ont permis, dans ces différentes branches :

1° de mettre au point les techniques permettant l'établissement de la fiche physiologique d'orientation professionnelle;

2° d'étudier la marche en descente et en montée, avec applications aux plans inclinés utilisés dans les chantiers, d'étudier le travail à la brouette et au cric, de déterminer et de préciser les techniques permettant l'étude du rendement de la machine humaine au cours du travail.

L'influence de la ventilation, de l'état hygrométrique et de la température sur le travail dans les milieux chauds et humides (mines, filatures et tissages) a pu être déterminée à l'aide d'une mine expérimentale.

Enfin, grâce à l'existence d'un centre de recherches sur l'influence de l'éclairage dans le travail professionnel, on a pu déterminer les variations de la vitesse de travail, de l'habileté et du coup d'œil de l'ouvrier en fonction de l'éclairage, travaux qui ont permis ensuite de remarquables applications dans l'industrie.

Des dessins, des graphiques résument en trois panneaux ces divers travaux.

CHAIRE D'ART APPLIQUÉ AUX MÉTIERS. — Ce cours est représenté par quelques échantillons, composés et exécutés par les élèves dans les cours pratiques.

Le cours pratique a pour but d'enseigner aux artistes et artisans les connaissances nécessaires à la composition et à l'exécution des objets d'art industriel.

Sur un programme donné, les élèves apprennent à faire d'abord une esquisse de composition, en tenant compte des possibilités d'exécution avec la matière choisie, suivant une technique déterminée. Puis, ils apprennent à faire les tracés grandeur d'exécution et, s'il y a lieu, le modèle. Enfin, ils sont initiés à la pratique de l'exécution.

Les programmes, qui se rapportent à tous les sujets traités dans le cours oral d'art appliqué aux métiers, sont choisis de manière à mettre en œuvre les différentes matières et techniques, en commençant par des pièces simples ou fragmentaires et en finissant par des objets complets.

Les travaux exposés, restreints par l'emplacement dont on disposait, comprennent notamment : pour le décor de relief, un fragment de corniche en pierre sculptée, un élément de charpente en chêne avec abouts sculptés, un balcon de fer forgé; pour le décor de surface, des fresques sur chaux et sur ciment, des mosaïques, des revêtements de céramique marquetée, à plat et en bas-relief, émaillée ou glacée, des papiers peints avec les différentes planches de rentrée gravées sur bois, des émaux champlevés, de basse taille et peints, exécutés sur cuivre.

Enfin, on a présenté un dessin d'exécution pour un des meubles de l'École d'Enseignement ménager de Nantes.

Depuis le 25 janvier 1927, le Gouvernement a réalisé une collaboration effective entre l'enseignement artistique et l'enseignement technique. Entre les écoles dépendant de la Direction générale des Beaux-Arts, susceptibles de créer des ensembles décoratifs, et les écoles dépendant de la Direction générale de l'Enseignement technique, susceptibles de les exécuter, le cours d'art appliqué aux métiers constitue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'organe de liaison. Les projets composés par les élèves des écoles des Beaux-Arts sont mis au point par les élèves du Conservatoire qui établissent les plans nécessaires pour leur exécution dans les écoles d'arts et métiers, les écoles nationales professionnelles, les écoles pratiques d'industrie.

C'est ainsi qu'avaient été réalisés l'aménagement et le mobilier de l'École d'Enseignement ménager de Nantes, dont un des dessins est exposé. De même, on a réalisé l'aménagement et le mobilier de l'École d'Enseignement ménager de Bourges dont quelques ensembles sont présentés d'autre part à l'Exposition de Liége.

Faire évoluer l'art décoratif dans un sens moderne, rationnel et technique, développer l'union de l'industrie et de l'art caractérisent l'orientation des travaux présentés. Plusieurs de ces travaux sont dus à des élèves étrangers : on peut remarquer qu'on s'efforce de ne pas les détourner de leurs inspirations nationales caractéristiques; il importe qu'ils retiennent de leurs études en France nos méthodes et non nos formules.

AUTRES CHAIRES. — La *chaire d'agriculture* avec ses conférences de *biologie agricole*, celle de la *technique sanitaire*, la chaire de *céramique et de verrerie* ont été représentées par quelques tableaux et graphiques.

La chaire de *chimie générale* a présenté notamment un saccharimètre Péligot et un ampère-manomètre Job très commode pour les usages ordinaires du laboratoire d'électrochimie et qui peut, de plus, être transformé en un véritable appareil de précision et servir d'ampèremètre étalon grâce à un dispositif très simple qui permet de corriger les erreurs dues aux variations de température. Une autre application importante est son utilisation à l'étude des oxydations. Enfin, cet appareil permet l'étude des gaz eux-mêmes et de leur viscosité.

LABORATOIRE D'ESSAIS. — En raison de la place restreinte qui lui a été assignée, le laboratoire d'essais a exposé seulement, à titre d'exemple, un nombre très réduit d'instruments et de photographies se rapportant à quelques-uns des travaux effectués par ce laboratoire.

Les instruments comportent diverses éprouvettes-types d'essais, des étalons de longueur, de masse, etc., un modèle des stades de la fabrication des thermomètres médicaux français; des modèles de pigments colorés de peintures d'art; une collection du bulletin du laboratoire.

Les photographies représentent un certain nombre de laboratoires : de physique, de chimie, de matériaux, de micrographie, de métallurgie, de métrologie, de machines, de radiographie, thermomètres médicaux, etc., ainsi que des vues des installations d'études intéressantes actuellement en cours, concernant notamment l'étude des sons musicaux pour la détermination des fréquences, des intensités des harmoniques, l'étude scientifique des peintures, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ÉCOLE NATIONALE D'AGRICULTURE DE GRIGNON

par M. L. BRÉTIGNIÈRE,
*professeur à l'École nationale d'Agriculture de Grignon.*

Le 22 juin 1930, le Muséum national d'Histoire naturelle et l'École nationale d'Agriculture de Grignon ont commémoré, dans cette école, le centenaire de la naissance de Pierre-Paul Dehérain qui fut une des gloires des deux établissements. La cérémonie était présidée par M. L. MANGIN, membre de l'Institut, directeur du Muséum, président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, et par M. ROUART, président de l'Association des Anciens Élèves de l'École de Grignon. Après avoir entendu : M. L. MANGIN, qui a rappelé l'œuvre scientifique de Dehérain; M. BRÉTIGNIÈRE, qui a retracé son rôle en agronomie et en agriculture; M. DUPONT, ancien Grignonnais, directeur de la Station agronomique de Nancy, qui a rappelé quelques souvenirs des laboratoires de Grignon; M. DEMOUSSY, qui a retracé la vie de Dehérain et celle de son collaborateur de 25 années, Maquenne, les invités ont visité les différents services de l'École de Grignon et de ses annexes.

L'intérêt de cette visite a suggéré à la Société d'Encouragement l'idée de demander à M. Brétignière une note sur le remarquable organisme qu'est l'École de Grignon, organisme dont l'importance est peu connue en dehors des milieux spéciaux. On trouvera ci-après la note que M. Brétignière a bien voulu nous envoyer. Nous lui adressons nos très vifs remerciements.

Grignon est le siège de la plus ancienne école d'agriculture de France; l'établissement a célébré le centenaire de sa fondation en 1926; ses anciens élèves sont disséminés dans le monde entier; ils ont apporté leur tribut à l'amélioration des conditions de la production agricole. Pourquoi a été fondé Grignon? Comment l'École a-t-elle évolué? Quels sont ses buts?

C'est au sortir de la période troublée des guerres de l'Empire que l'attention publique se porta vers l'agriculture, espérant y trouver des moyens de relèvement du pays; et l'on reprit, inconsciemment dans plusieurs circonstances, les projets qui avaient été ébauchés vers la fin du règne de Louis XVI, époque où l'on s'était également penché vers l'agriculture pour réparer les maux d'autres périodes agitées et destructrices.

Le mouvement qui tournait les esprits du côté des choses agricoles n'était pas propre à la France; en Allemagne, notamment, des établissements étaient fondés par des agronomes réputés. Mathieu de Dombasle fut le grand novateur en France; à Roville, localité située sur les confins de la Meurthe-et-Moselle, au Sud de Nancy, il organisa une exploitation modèle et appela des jeunes gens auprès de lui pour leur montrer dans quelles voies l'agriculture devait s'engager. Mathieu de Dombasle voulait raisonner sur le terrain les opérations agricoles, les discuter, les chiffrer, et la comptabilité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

agricole apparut alors comme un moyen certain de contrôler le résultat des travaux.

Pour faire de l'agriculture dans de bonnes conditions, il faut des capitaux; ceux dont disposait Mathieu de Dombasle étaient peu abondants; aussi rapidement, on douta des résultats qu'il pouvait obtenir. Quatre années après la fondation de Roville, deux hommes énergiques, voués au bien public comme l'était le grand Lorrain, vinrent étudier la question avec la pensée de monter un établissement similaire dans la région de Paris. Auguste Bella et Polonceau orientaient plutôt leurs vues vers les formules à capitaux élevés.

Le résultat de ces conversations et des études entreprises fut la constitution d'une société agronomique, qui reçut à bail le domaine de Grignon pour une durée de 40 ans; Charles X avait acheté le domaine de Grignon aux héritiers du maréchal Bessières, et le château, son parc, qui avaient été les témoins de plusieurs existences seigneuriales, fastueuses ou modestes, abrita une œuvre de la plus haute utilité pour le pays.

On avait choisi Grignon à cause sa proximité de Paris, de la variété de ses terres, des facilités pour trouver immédiatement dans la région des compléments d'études. Deux tâches sollicitaient le directeur, Auguste Bella : chercher les bonnes formules d'exploitation du sol en montrant par la comptabilité les résultats qu'elles procuraient; initier des jeunes gens à ces formules en les instruisant non seulement dans leur métier, mais en les formant, au sens le plus élevé du terme.

Les années de recul, l'expérience acquise et aussi la comparaison avec des organismes du même genre permettent aujourd'hui de mieux se rendre compte de la portée nécessaire de l'enseignement agricole supérieur. Un grand pays agricole doit posséder une élite agricole qui puisse se placer sur le même plan que l'élite industrielle et commerciale; il faut aussi que cette élite joue un grand rôle dans les destinées du pays et, pour cela, qu'elle s'imprègne des besoins de la nation, qu'elle soit initiée à tous les grands problèmes du moment; c'est-à-dire que l'élite doit être prête à prendre sa place dans les conseils du pays, assurant le contact nécessaire avec les cadres administratifs de toutes catégories.

Il n'est possible de former cette élite que dans des établissements d'enseignement supérieur qui ne se contentent pas de répéter ce que l'on sait, mais qui créent le savoir; cela suppose, d'une part, des élèves instruits, à l'esprit ouvert et d'une maturité suffisante, et, d'autre part, un corps administratif et enseignant pouvant aller très loin dans l'enseignement et la démonstration, associant la recherche à l'exposé des faits, ouvrant l'avenir aussi hardiment que possible. La caractéristique de cet enseignement sera de rester néanmoins dans le domaine des idées positives, puisque ceux qui en bénéficient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont appelés à faire fructifier des capitaux, ne se contentant pas de travailler dans un but simplement désintéressé.

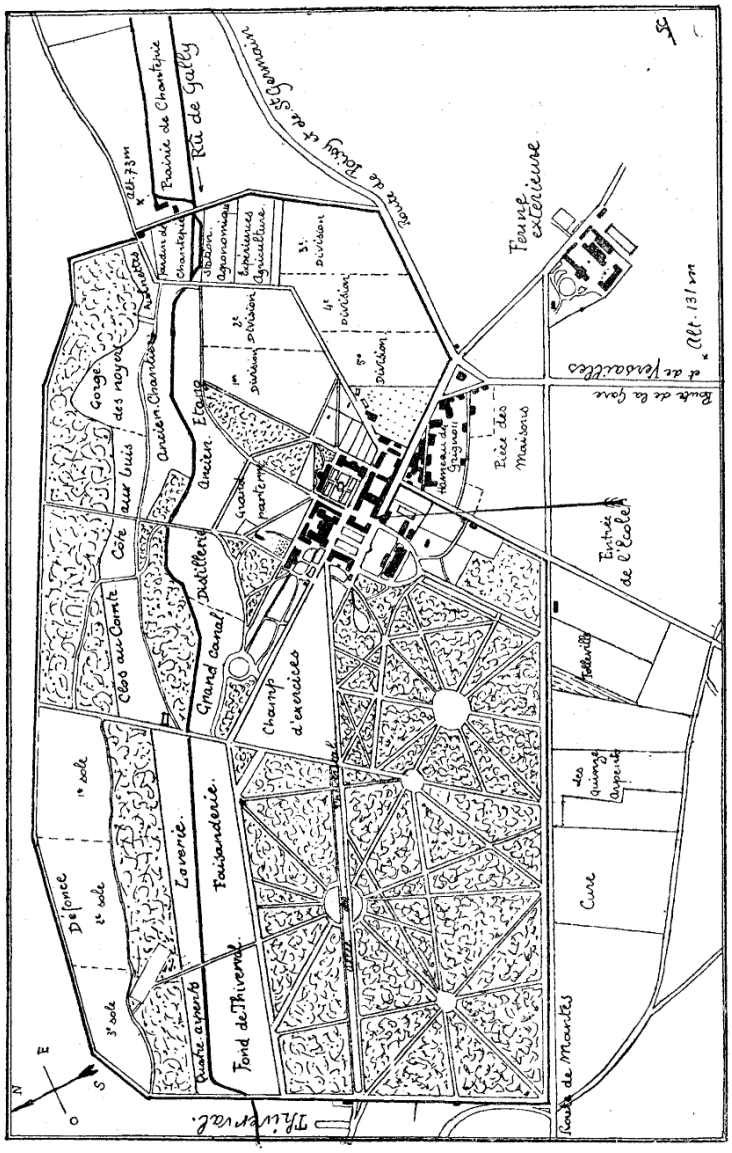



Fig. 1. — Plan des terres et bois de l'École de Grignon.

Auguste Bella et ses successeurs se sont toujours inspirés de ces larges principes; et si les conceptions des administrateurs de Grignon n'ont pas toujours reçu une application complète, il faut en rechercher les causes dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les tergiversations du dehors, dans des interprétations différentes, pour des besoins temporaires, des satisfactions personnelles, des incompréhensions dues à l'éloignement de la vie rurale; néanmoins, Grignon peut revendiquer de n'avoir pas changé de doctrine depuis 104 années.

Évidemment, au cours de ce siècle, il a fallu s'adapter, s'assouplir, se plier même aux exigences extérieures; il est juste de reconnaître que la qualité des sujets formés a subi la répercussion de ces modalités diverses; on se demande même si une autonomie très large, non seulement écrite, mais réellement pratiquée, n'aurait pas mieux convenu toujours aux intérêts supérieurs qu'il s'agissait et qu'il s'agit encore de défendre.

***

Le domaine de Grignon comprend une étendue de 430 ha; une partie, les 3/5 environ, est disposée sur les flancs de la vallée du ru de Gally; le reste s'étend sur le plateau, du Sud-Est au Sud; les terres sont de nature très diverse; les pentes voient affleurer l'argile plastique et le calcaire grossier; celui-ci sert de soubassement au limon qui couvre les terres du plateau; la craie est recouverte par les alluvions de la vallée. Cette diversité des terres était de nature à rendre les démonstrations particulièrement intéressantes, d'autant plus que des bois couvrent les parties les moins fertiles ou les plus accidentées de la propriété. En fait, on peut pratiquer à Grignon toutes les cultures de la région de Paris; des spéculations animales variées sont ainsi aisément greffées sur les productions végétales.

Pendant 40 années, la Société agronomique exploita l'ensemble; à l'expiration du bail, l'État ne reprit à son compte qu'une faible partie de cette étendue, louant le reste à un fermier, Jules Maisonhaute, ancien élève, qui édifia une nouvelle ferme sur le plateau (aujourd'hui la Ferme extérieure). On s'aperçut dans la suite que l'enseignement à l'École demandait des moyens plus étendus; il y eut rétrocession de certaines terres de la part du Fermier, et l'École reprit peu à peu, pour le compte de l'État, l'exploitation du domaine intérieur, les bois et 130 ha environ de cultures variées. La Ferme extérieure resta entre les mains de fermiers jusqu'en 1918; après un an d'exploitation d'attente par l'École, cette ferme fut louée à une société civile d'anciens élèves qui accepta la mission d'organiser sur la ferme un Centre national d'Expérimentation agricole; il en sera reparlé plus loin.

L'exploitation de la ferme annexée à un établissement d'enseignement agricole doit avoir pour objet essentiel la mise au point des bonnes méthodes culturales et, dans cet esprit, doit comporter une part importante réservée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aux essais de toutes sortes; naturellement, cette orientation est coûteuse, mais elle est indispensable; il s'agit d'ailleurs d'essais dirigés vers l'application immédiate, qui sont sanctionnés par des constatations d'ordre écono-

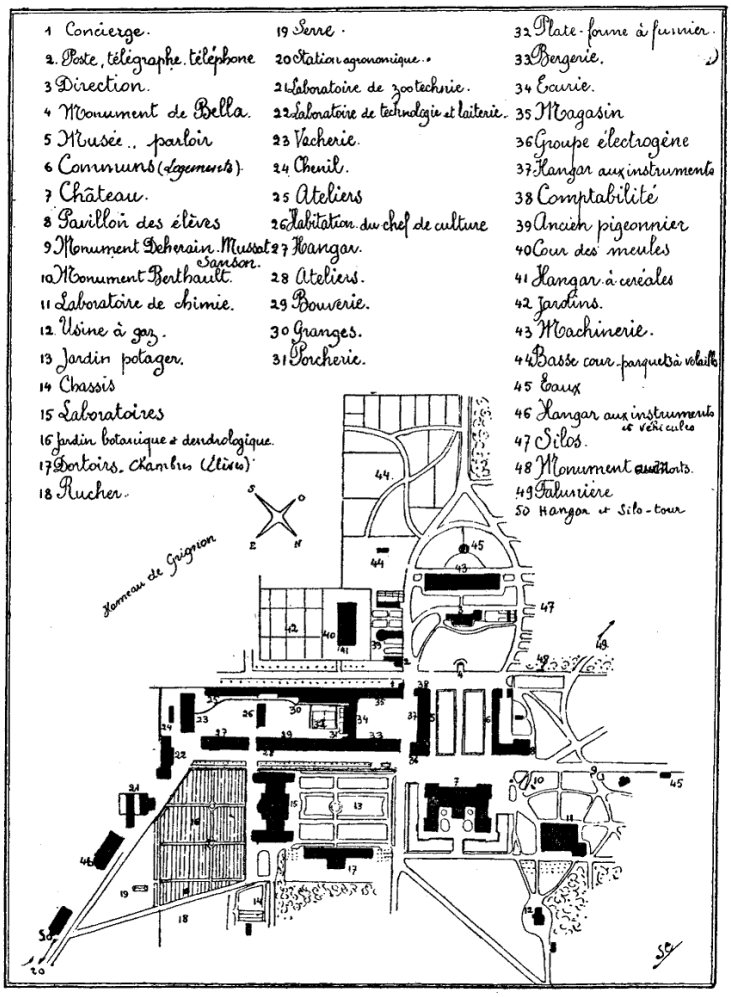



Fig. 2. — Plan général des bâtiments de l'École.

mique; cependant, les recherches proprement dites ne sont pas à exclure du milieu puisqu'elles font partie intégrante de la préparation de l'enseignement des professeurs, mais elles sont confinées dans un cadre tout à fait particulier, éloignées de la culture normale si cela est nécessaire.

Ces distinctions sont parfois subtiles; elles dépendent de l'intervention

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

administrative dispensatrice des crédits, et parfois la confusion qui paraît régner dans les services est la conséquence d'équilibres mal définis. Grignon n'a pas échappé à la règle et, malgré cela, a rempli son rôle, aussi bien sur le terrain des essais proprement dits que sur celui des recherches. Une tâche difficile incombe d'ailleurs à ceux qui administrent des établissements de ce genre : il faut satisfaire les élèves et leurs familles par un enseignement technique laissant une place assez large aux applications les plus variées; il faut satisfaire les agriculteurs qui viennent examiner ce qui se passe, prétendant trouver une culture au moins égale à la moyenne des bonnes fermes, tout en faisant la part nécessaire aux choses nouvelles; il faut enfin satisfaire les esprits tournés vers les préoccupations scientifiques, afin de donner constamment l'impression d'une orientation vers l'enseignement supérieur.

Tous ces problèmes ont été agités depuis l'origine; ils le sont encore et le seront toujours, car les tendances diverses s'affrontent fatalement, les questions de personnes, les relations extérieures interviennent; avant tout et par dessus tout, il est nécessaire qu'il n'y ait pas de défaillance dans la formation des élèves.

***

L'enseignement donné à Grignon s'est modifié à mesure que la science pénétrait le domaine agricole; il était extrêmement sommaire au début puisque quelques personnes suffisaient pour l'enseignement théorique; mais il s'est complété, divisé, diversifié; là encore, il est nécessaire de mettre de l'harmonie entre les organismes pour éviter les frictions; on y arrive si l'on ne perd pas de vue ce but supérieur : former des utilités.

A cet égard, on a toujours tenu compte de l'opinion publique qui réagit assez sensiblement sur les programmes : tantôt, on se trouve sous l'emprise des praticiens proprement dits qui désireraient que l'on consacrât beaucoup de temps aux applications, aux exercices pratiques; tantôt on incline dans le sens contraire et l'on cherche à faire une part plus large à l'étude, au travail de laboratoire. En vérité, les deux tendances ont leurs inconvénients et l'on devrait toujours s'en rapporter à la belle formule qu'avait trouvée Bella lorsqu'il définissait ce que devaient être les élèves à leur sortie de l'École : « des ingénieurs agricoles semblables à d'autres ingénieurs, sachant tracer le plan du système de production et de culture qu'il est convenable d'établir dans des circonstances données, et qui pourraient diriger l'exécution de ce plan jusque dans ses moindres détails ».

Pour obtenir ce résultat, de grands moyens sont indispensables. Il faut aussi des éléments sérieux à la base et, en premier lieu, des jeunes gens instruits qui aient le désir de rester l'esprit en éveil. Là gît une difficulté car

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le recrutement de l'École est naturellement très hétérogène. En principe, on verrait d'abord venir à Grignon le fils d'agriculteur; par son origine, il sait ce qu'il veut faire et possède déjà des éléments pour appliquer l'enseignement

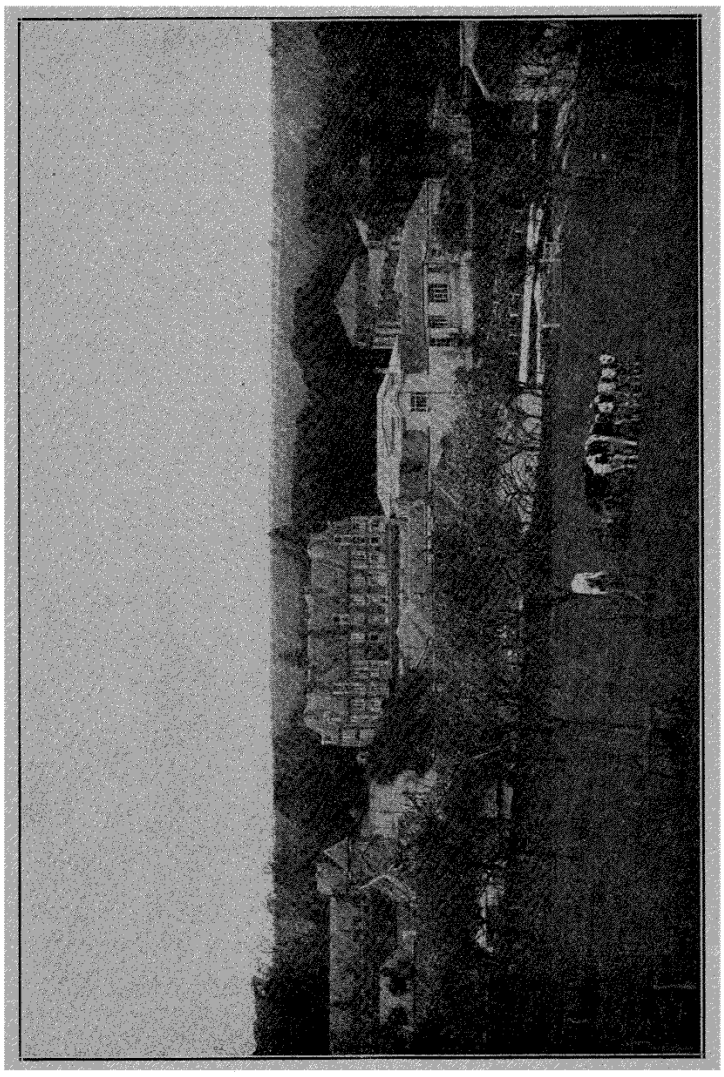


Fig. 3. — Vue d'ensemble : Ferme, château, internat, laboratoires.

reçu. Mais à côté, figurent des jeunes gens de milieux tout à fait différents qui auront un jour entre les mains des moyens financiers pour exploiter à leur compte. Il convient également de recevoir à l'École nationale d'Agriculture le jeune homme laborieux qui se tourne volontiers vers les applications des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sciences aux choses de la terre, mais qui n'a pas de fortune pour s'installer en culture. Il n'est pas possible de négliger l'une de ces sources de recrutement. En réalité, depuis un siècle, toutes sont intervenues dans la constitution des promotions; pour cela il a fallu accommoder le régime à l'entrée; il a fallu aussi se préoccuper des débouchés pour ceux qui venaient à l'École avec l'intention de se créer une situation. Il reste indispensable que le recrutement ait lieu sur des bases très sérieuses, en envisageant au besoin des compléments de formation générale à l'École.

Les sujets étant trouvés, se place en face le corps enseignant; la question du recrutement se pose; l'État, qui a la charge de l'avenir, doit faire les sacrifices nécessaires pour appeler à lui, en vue de le servir, ceux qui prépareront les jeunes générations. On comprend toute l'importance du choix des professeurs, la considération morale et matérielle dont ils doivent être entourés, les moyens de travail qu'il faut leur donner.

Grignon offre des ressources magnifiques pour l'étude : cultures variées, milieux très dissemblables, possibilités de suivre les questions au point de vue théorique, de passer aux applications les plus complètes. La liste des travaux publiés depuis les premières années est extrêmement longue et l'on s'est toujours accordé à reconnaître l'esprit utilitaire dans lequel tous les travaux ont été poursuivis.

Il ne suffit pas d'un beau domaine pour pouvoir travailler, car une partie des opérations se déroulent au laboratoire; il est indispensable de disposer de locaux, de matériel, de crédits. A cet égard, comme beaucoup d'établissements similaires, Grignon a connu la misère des laboratoires et l'on n'a pas toujours eu le souci d'harmoniser les besoins et les ressources; la situation s'est relativement améliorée en ce qui concerne les locaux, grâce aux efforts d'un directeur aux vues hardies comme M. Trouard-Riolle, puis aux conséquences d'une disposition récente qui permet de prélever sur les fonds du pari mutuel de quoi construire et aménager les laboratoires, heureuse initiative dont on est redevable à M. Queuille, ancien ministre de l'Agriculture.

*
* *

Les principes généraux étant exposés, il est intéressant de voir exactement comment fonctionne actuellement l'École d'Agriculture; c'est d'ailleurs retrouver chemin faisant quelques améliorations encore nécessaires et les situer dans le plan d'une organisation aussi sage que les conditions actuelles le commandent.

L'élève est la raison même de l'École; il n'est pas excessif de le rappeler puisqu'ici comme ailleurs, on serait parfois tenté de l'oublier par suite de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

considérations d'ordre personnel. Le concours d'admission n'est pas particulier à Grignon; il assure le recrutement des trois écoles nationales d'agriculture : Grignon, Montpellier et Rennes; ce concours est accessible à partir de 17 ans et l'on tend à en rendre les épreuves aisées aux bacheliers de de philosophie. La majorité des candidats sort de l'enseignement secondaire; quelques sujets n'ont pas été jusqu'au baccalauréat, mais ils trouvent dans des maisons spéciales de préparation le moyen de se parfaire. D'autres candidats sortent de l'enseignement primaire supérieur. Enfin, un contingent important provient des écoles d'agriculture.

Cette diversité de formation n'est pas préjudiciable à l'esprit de l'École, loin de là; seulement, il ne faut jamais perdre de vue le rôle futur des ingénieurs agricoles, ce qui implique un bagage général assez étendu. Dans ces dernières années, des candidats très nombreux sont venus vers les écoles d'agriculture, attirés, soit par la vie large des champs, soit par les idées répandues dans les milieux urbains que l'agriculture rapporte beaucoup. Il s'est trouvé que le recrutement a ainsi glissé vers les milieux non agricoles, ce qui est une première chose délicate puisque l'ambiance nécessaire sera moins développée dans l'établissement; en outre, par suite d'études plus hâtives, du désir de réaliser rapidement après la sortie, la préparation agricole n'est plus aussi parfaite, et les carrières en marge de l'agriculture reçoivent les ingénieurs agricoles en plus grand nombre.

*
* *

En raison de son éloignement d'une ville, l'École de Grignon a dû depuis longtemps se préoccuper de la vie matérielle des élèves : l'internat est la règle; toutefois, les candidats peuvent être externes, même demi-pensionnaires; ceux qui le désirent peuvent loger et prendre leurs repas dans le petit hameau qui dépend de la commune de Thiverval. L'internat a été complètement modifié depuis quelques années; pendant longtemps, on avait utilisé les grandes salles du château divisées par des cloisons formant des cellules individuelles; un bâtiment a été construit, comportant des chambres pour deux ou trois élèves, et ceux-ci peuvent y travailler librement en dehors des heures de cours et d'applications.

Les promotions comportent maintenant environ 60 élèves réguliers. En 1930, le concours a réuni 475 candidats pour les trois écoles; s'y ajoutent, chaque année, une dizaine d'étrangers entrant sans concours sur la production de titres universitaires suffisants; enfin, une autre catégorie existe, celle des auditeurs libres, qui viennent passer un an ou deux à l'École, se faisant inscrire pour un certain nombre de cours et d'exercices pratiques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le travail des élèves réguliers, contrôlé par des examens, est sanctionné par le titre d'ingénieur agricole; le diplôme des écoles nationales d'agriculture est accordé dans les mêmes conditions aux étrangers entrés sans concours; les auditeurs libres ne peuvent recevoir qu'un simple certificat de présence à l'École.

Les études durent maintenant deux ans; c'est insuffisant et une réforme est demandée instamment par la Fédération des Ingénieurs agricoles. On voudrait que la durée des études fût portée à trois ans. Au début, les élèves restaient trois ans, puis on diminua à deux ans et demi, quand on institua la thèse conduisant au titre d'ingénieur agricole; la thèse fut abandonnée et l'on en resta à deux ans et demi jusqu'à la veille de la guerre de 1914; à ce moment, un recrutement plus pénible, causé par le marasme de l'agriculture, la prolongation du service militaire à trois ans, conduisirent l'Administration de l'Agriculture à diminuer la durée des études. On s'est aperçu que c'était insuffisant; de là une réforme sérieusement motivée, en voie de préparation.

On a discuté sur cette durée des études; mais une considération devrait ne pas être perdue de vue : les connaissances agricoles ne s'emmagasinent pas comme les autres. L'agriculture est commandée par les saisons; un cycle complet voit se développer une récolte; il faut suivre ce cycle pour comprendre la place de chacune des opérations et se faire une idée des conditions de développement des plantes ainsi que de la vie rurale. La première année, nouveau venu souvent dans le milieu, le jeune homme ne comprend pas les relations qui existent entre tous les phénomènes auxquels on cherche à l'initier, d'autant qu'à l'amphithéâtre, il s'agit de compléter l'enseignement général ou du moins de l'adapter aux besoins de la technique; en seconde année, la connaissance est plus facile, mais une troisième année permet de réfléchir, en commun et avec les maîtres, sur les questions qui auraient été vues trop hâtivement au cours de la seconde année. La troisième année constitue une bonne année de maturité dont bénéficiaient largement autrefois ceux qui l'abordaient même réduite à deux trimestres, sous le régime de deux ans et demi. D'ailleurs, à l'étranger, les études ne durent jamais moins de trois ans et sont souvent portées à quatre.

Une question se pose pour la dernière année d'études : faut-il entreprendre une spécialisation? La solution positive est très séduisante; elle semble préparer l'élève à mieux occuper une situation et à aborder une carrière particulière avec moins de difficultés. En vérité, la spécialisation ne peut s'entendre que pour les grandes divisions des connaissances agricoles, par exemple la grande culture, l'élevage, les machines agricoles, le crédit, etc., mais vouloir aller plus loin peut être dangereux; d'ailleurs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'école est trop éloignée de la vie normale pour que les jeunes gens puissent, en toute connaissance de cause, choisir telle ou telle branche. Il paraît plus conforme à l'intérêt des futurs ingénieurs agricoles de leur laisser prendre un peu contact avec la vie pour qu'ils se rendent compte de leurs aptitudes; ce qui est indispensable, c'est d'ouvrir très largement des vues sur le dehors par des moyens divers : excursions, voyages d'études (très largement pratiqués à Grignon : l'École a visité les différentes régions de la France, l'Algérie, la Tunisie, l'Italie, la Suisse, l'Allemagne, la Pologne, le Danemark, la Belgique, la Hollande, l'Angleterre, le Canada), conférences à

Fig. 4. — Laboratoire de botanique.

l'École par des spécialistes, moyens fournis au personnel enseignant pour conserver le contact avec les réalités.

Les études commencent en octobre, l'année scolaire se termine le 13 juillet; des vacances ont lieu pour les fêtes de Noël et du jour de l'An, de Pâques; les cours et exercices sont interrompus le samedi à 16 h.; toute liberté est laissée jusqu'au dimanche soir, pour les sorties, les visites aux familles ou aux correspondants.

Le temps passé à l'École est réparti entre les cours et conférences, applications et exercices de toutes sortes; l'enseignement théorique est donné à l'amphithéâtre; les laboratoires, les champs, la ferme sont les lieux d'applications et de travaux pratiques. L'enseignement théorique dépend de 8 professeurs : agriculture, botanique, génétique et pathologie végétale, chimie générale et physique, chimie agricole, économie et législation,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

génie rural, technologie, zootechnie; il existe des conférences de géologie, zoologie, horticulture, sylviculture, viticulture, hygiène humaine, apiculture. La durée des cours varie de une heure à une heure et demie; on compte en moyenne 3 à 4 heures d'enseignement théorique par jour.

Les applications et travaux pratiques ne comprennent que des fractions de promotions suivant les matières enseignées; le groupe participant varie ainsi de 8 à 35 jeunes gens. L'enseignement pratique de l'agriculture est complété par les services de la ferme ; tour à tour, les élèves doivent suivre pendant quelques jours l'une des divisions de l'exploitation, tant pour les

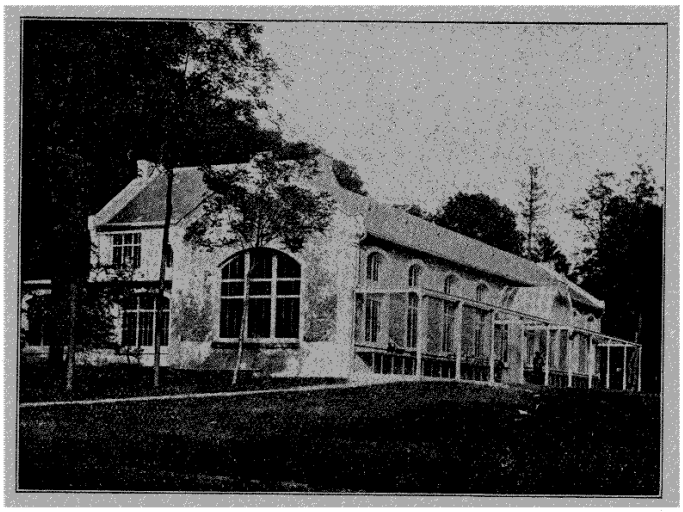


Fig. 5. — Laboratoire Dehérain (chimie).

services animaux que pour les cultures et services intérieurs divers; le service général résume pour l'intérieur et pour l'extérieur de la ferme l'ensemble des opérations; étude détaillée et coordination peuvent ainsi faire l'objet des soucis des étudiants.

Il est demandé à tous les élèves qui ont achevé leur première année d'études d'accomplir pendant les vacances un stage dont la durée minimum est de 4 semaines; au cours de ce stage, les élèves s'initient mieux aux détails de la pratique, font des observations suivies et leurs notes sont consignées dans un rapport spécial qui comprend aussi une étude générale de la région visitée et de la ferme de stage.

Depuis longtemps, des organisations propres aux jeunes gens, et qu'ils gèrent sous la haute autorité du Directeur, ont été créées : le cercle-bibliothèque, indépendant de la bibliothèque de l'École, fonctionne depuis trois



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quarts de siècle; puis sont venus : une salle de jeux, un groupement de sport, un autre de musique; plusieurs salles sont mises à la disposition des élèves et ceux-ci trouvent au bar des boissons hygiéniques en dehors des repas.

*
* *

Dans une école d'agriculture, le rôle de l'exploitation annexe sur lequel on s'est déjà étendu, est d'importance variable. Les uns estiment qu'il suffit d'une petite ferme de démonstration, les autres préfèrent la grande exploitation rappelant mieux celle que les élèves auront à gérer; en fait, on justifie après coup bien souvent un choix qui a été dicté par d'autres considérations. Tous les systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients; trop réduite,

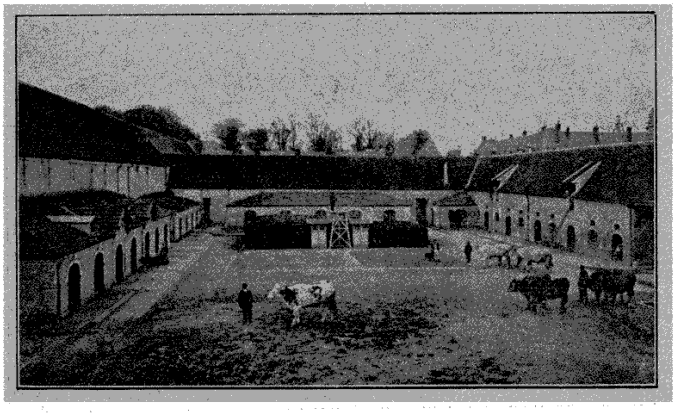


Fig. 6. — Une cour de la ferme.

a ferme perd de l'intérêt et n'a plus que la valeur d'une extension de laboratoire; trop importante, la ferme risque d'absorber outre mesure les instants des administrateurs et aussi de prétendre à un exemple que les élèves n'auront jamais sous la même forme entre les mains. Encore une fois, le sens de la mesure est nécessaire, d'autant que l'on doit tenir compte de la mentalité des élèves : il ne faut pas les tirailler entre l'absolu relatif de l'enseignement à l'amphithéâtre et au laboratoire et l'absolu intransigeant de l'exploitation qui fait plus souvent ce qu'elle peut que ce qu'elle veut; une coordination est indispensable pour ne pas fausser le jugement des jeunes gens.

L'exploitation de Grignon est soumise à la culture de la région mais avec l'adaptation à une situation locale tant agronogique qu'économique. Au point de vue des sols, une étendue assez importante en vallée irrigable commande la production des fourrages; au point de vue économique, la variété des animaux, complément indispensable de l'enseignement, ordonne aussi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le système de culture soit orienté largement vers les productions fourragères ; la place reste encore belle pour la production des céréales ; justement, à Grignon, on peut constater l'élévation très nette des rendements à l'hectare lorsque l'effort est moins dispersé, lorsqu'il s'appuie sur des cultures nettoyantes, améliorantes, fortement fumées. Tous les rendements sont supérieurs à ceux de la région. On ne manque jamais, même sans essais spécialement organisés, mais simplement pour la grande démonstration, d'ensemencer les variétés nouvelles de plantes pour que, sur ce terrain, les choses les plus récentes soient placées sous les yeux des élèves.

Une bergerie célèbre, où se perpétue le plus ancien troupeau de Dishley-mérinos, une porcherie qui livre chaque année de nombreux reproducteurs

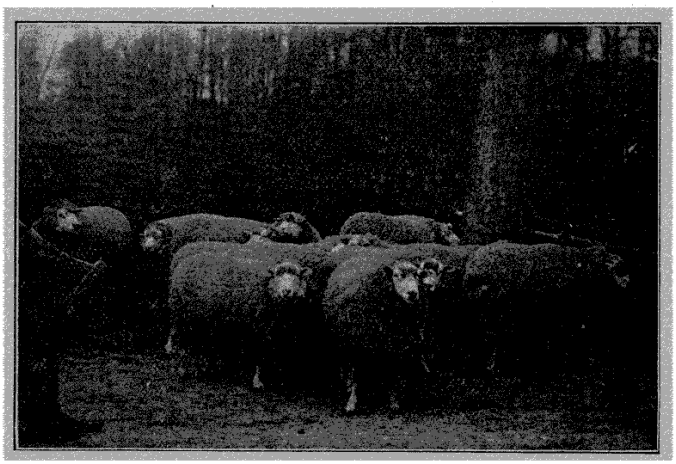


Fig. 7. — Troupeau Dishley-mérinos (race de Grignon).

des races les plus en vue, une vacherie où le contrôle laitier, l'introduction de taureaux de choix permettent un élevage sérieux : tels sont les rouages importants de l'économie animale.

Les élèves trouvent un complément d'enseignement pratique à la Ferme extérieure, exploitée par la Société des anciens Élèves ; 150 ha sont cultivés avec une forte orientation vers la culture des céréales, du blé en particulier ; les céréales s'appuient sur des plantes sarclées (betteraves à sucre et fourragères, pommes de terre, pois pour la semence) et sur des cultures fourragères (luzerne et fourrages divers en vue de l'ensilage). On se livre à la production des semences de blés et d'avoines sélectionnées ; enfin, de nombreuses parcelles, grandes et petites, sont consacrées aux essais sur les variétés de plantes de grande culture (blé, seigle, orge, avoine, pommes de terre, bette-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raves) et sur les engrais. La Ferme extérieure publie tous les ans un compte rendu détaillé de ses opérations : essais et comptabilité.

Depuis une dizaine d'années, Grignon figure parmi les établissements d'enseignement donnant la préparation militaire supérieure; cette disposition donne aux jeunes gens qui subissent avec succès l'examen spécial la possibilité de faire six mois de service militaire avec le grade de sous-lieutenant après un séjour de même durée à l'École militaire de Saint-Cyr ou à celle de Saint-Maixent.

Grignon ne borne pas son activité à l'enseignement proprement dit ; à côté de quelques chaires ont été placées des stations de recherches subventionnées par l'Institut des Recherches agronomiques; les professeurs et chefs de travaux ont ainsi à leur disposition des moyens d'étude et de recherche plus étendus : station agronomique, station de phytogénétique et de phytopathologie, de zootechnie, de grande culture, de chimie biologique.

Parmi les carrières qui s'ouvrent devant les ingénieurs agricoles, il convient de signaler l'enseignement agricole : en juillet, après la sortie est ouvert un concours auquel prennent part ingénieurs agricoles et ingénieurs agronomes en vue du recrutement de la Section d'Application de l'Enseignement : ceux qui sont admis font 15 mois d'enseignement complémentaire et de révision à l'Institut national agronomique, dans les trois écoles nationales d'agriculture, à l'École de Laiterie de Surgères, et un stage pédagogique dans une ou deux écoles d'agriculture; c'est ainsi que tous les ans, d'avril à juillet, l'École reçoit les élèves de la Section d'Application qui viennent suivre les opérations des fermes de Grignon.

*
* *

Le choix d'une carrière reste un problème important qu'ont à résoudre les ingénieurs agricoles; en effet, à côté de ceux qui se proposent de faire de l'agriculture pour leur propre compte, se trouvent, bien plus nombreux, les élèves diplômés qui ne peuvent y songer faute de moyens financiers ou même d'aptitudes bien définies. Les futurs agriculteurs achèvent leur préparation en faisant un ou plusieurs stages. On peut assimiler au stage le temps que passent à la Section ceux qui se destinent à l'enseignement agricole; parallèlement, travaillent les ingénieurs qui se destinent aux stations de l'Institut des Recherches agronomiques, en qualité de chimistes, généticistes zoologistes ou pathologistes.

A côté, se présentent des carrières très diverses. Il semble que l'on devrait trouver un débouché dans l'administration et la direction de domaines importants; en réalité, les places y sont peu nombreuses, souvent difficiles à tenir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et, d'autre part, l'exploitation agricole en France n'est pas organisée pour comporter des états-majors dans lesquels, à des titres divers, prendraient

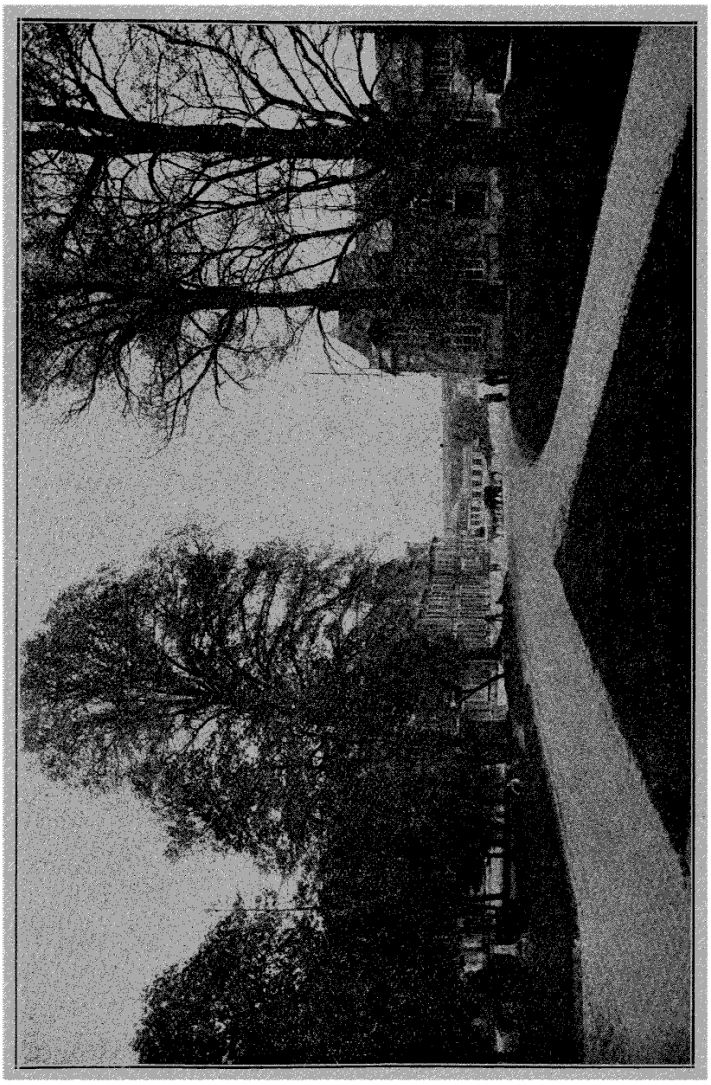


Fig. 8. — La grande cour devant le château.

place les ingénieurs agricoles. C'est donc un peu en marge de l'agriculture militante qu'il faut chercher.

Les industries agricoles, notamment la laiterie, la distillerie offrent des situations ; le commerce agricole, sous ses formes si variées, vente et achat

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des produits agricoles, engrais, semences, peut être abordé par quelques anciens élèves; la sélection et la production des semences, le placement des machines agricoles, procurent quelques emplois. Il faut aussi songer au débouché qui prendra de l'ampleur du côté du syndicalisme, de la mutualité et de la coopération; les ingénieurs agricoles sont tout indiqués pour réussir dans cette branche et le complément de connaissances qu'ils peuvent prendre à la Section d'Application de la Mutualité et de la Coopération les prépare bien à ces fonctions.

Les ingénieurs agricoles peuvent encore prétendre aux situations qu'offrent le Crédit foncier de France, l'Administration centrale de l'Agriculture, le Service de la Main-d'Œuvre agricole, mais le nombre grandit chaque année de ceux qui passent la Méditerranée ou gagnent les colonies éloignées, africaines ou asiatiques, pour tenir des situations variées; l'Institut d'Agronomie coloniale de Nogent-sur-Marne les reçoit pendant un an en vue de les préparer; ensuite, les ingénieurs agricoles vont collaborer de plus en plus nombreux à l'œuvre que poursuit la France dans son domaine colonial : enseignement, administration, banque, exploitation coloniale, les sollicitent et partout ils réussissent.

Dans la recherche des emplois, l'Association amicale des anciens Élèves joue un rôle très précieux, guidant ceux qui hésitent, aidant ceux qui cherchent, mettant en rapport employeurs et candidats. Sur un autre terrain, l'Association travaille au sein de la Fédération des Ingénieurs agricoles, en collaboration avec les associations de Montpellier et de Rennes, pour la défense générale des intérêts des écoles et de leurs anciens élèves.

*
* *

Plus d'un siècle de bon travail a laissé des traces; il serait trop long de citer tous ceux qui ont porté en France et hors de France bien haut la réputation de Grignon. Les Grignonnais ont accédé aux plus hautes situations au ministère de l'Agriculture, avec Lefebvre de Sainte-Marie, L. Vassillière, F. Berthault.

La prime d'honneur c'est-à-dire la plus belle récompense qu'un agriculteur puisse recevoir pour l'exemple donné dans son département a été décernée à Campo-Casso (Constantine), de Torcy (Orne), Dutfoy (Seine-et-Marne), Briand (Orne), Ziélinski (Loire), Louradour (Orne), Minangoin, Stoecklin (Haut-Rhin), Carlier (Aisne), Dorr (Moselle), Pezera, Ract (Savoie), Jolivet (Loiret), Nanquette (Indre-et-Loire), Trochu (Morbihan), H. Besnard (Eure), Foucret (Indre), Cortot (Côte-d'Or), Guilbaud (Vendée), Gaudet (Loire), Verneuil (Charente-Inférieure), Rivière (Charente), Bricout (Pas-de-Calais), C. Benoist

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(Seine-et-Oise), J. Benoist (Eure-et-Loir), Lafite (Marne), Desages (Indre), Marteau (Yonne); toutes les régions de France ont ainsi reçu l'impulsion d'agriculteurs de premier plan.

A l'Académie d'Agriculture, ont été élus membres titulaires associés nationaux ou non résidants : Fr. Bella, Heuzé, Lecouteux, Marie, Boitel, Hardy, Dutertre, Risler, H. Besnard, M. Vacher, L. Vassillière, F. Berthault, Brétignière, Rouart, Capus, Rémond, Cassez. Les Grignonnais sont représentés au Parlement, en ce moment, par MM. Delabarre et Marteau, députés, Capus, ancien ministre de l'Agriculture, Cassez, Donon, sénateurs.

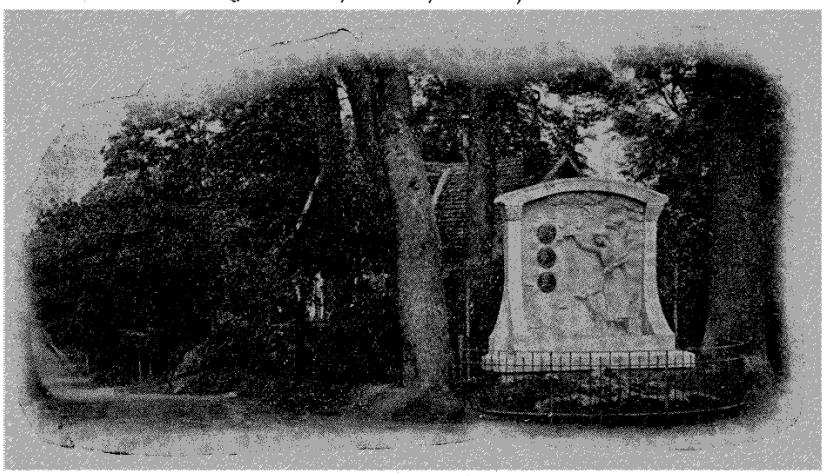


Fig. 9. — Le monument des professeurs Dehérain, Mussat et Sanson.

Il faudrait citer aussi les anciens élèves qui ont créé et organisé l'enseignement agricole dans les colonies ou à l'étranger, dirigé de grandes associations agricoles, présidé des groupements corporatifs importants, etc.

Cette réussite pour le grand bien de l'agriculture, les anciens élèves de Grignon la doivent aux hommes qui ont dirigé l'École : Auguste Bella, François Bella, Dutertre, Philippar, Trouard-Riolle, Jouvet; à ceux qui y ont enseigné; parmi les disparus ou qui n'exercent plus maintenant à l'École, il faut citer : Grandvoinnet, Ringelmann, Peplowski, Dehérain, Dumont, Caillat, Pouriau, Lézé, Stanislas Meunier, Philippar, Muel, Mussat, Griffon, Mouillefert, Henneguy, Alibert, Gobin, Sanson, Dechambre, Heuzé, Fr. Berthault, Royer, Fr. Bella, Maquenne, Dubost, Zolla....

Grignon, Montpellier et Rennes ont reçu la croix de guerre pour la belle conduite de leurs anciens élèves et élèves au cours de la grande guerre; 120 Grignonnais sont tombés pour la défense de la patrie et, suivant la forte parole du maître Bartholomé qui leur a consacré le sobre et joli monument

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont s'enorgueillit l'École : « La terre à laquelle ils voulaient consacrer leur vie garde leurs reliques et les couvre de fleurs. » Les vertus les plus modestes, les vertus les plus nobles sont cultivées à Grignon ; l'œuvre fondée par Bella reste toujours le type de la grande école d'agriculture, celle qui cherche à former des sujets utiles à l'humanité.

BIBLIOGRAPHIE.

*Grignon* (*Le Château et l'École*), par RISCH, BRÉTIGNIÈRE, GUICHERD et JOUVET. Ouvrage publié pour le centenaire sous les auspices de l'Association amicale des anciens Élèves, aux Éditions de « la Bonne Idée », 152, rue de Vaugirard, Paris (15e), 1926 (1).

*Compte rendu de la Ferme extérieure,* Librairie agricole, 26, rue Jacob, Paris.

(1) Les figures qui illustrent le présent article sont empruntées à cet ouvrage.

## UNE QUESTION PHILOLOGIQUE

Pourquoi les mots septante, octante, nonante ont-ils été abandonnés dans la plus grande partie de la France, et remplacés par soixante-dix, quatre-vingts, quatre-vingt-dix? Ces expressions, actuellement en usage, semblent appartenir, non au système décimal de numération, mais un système dont vingt serait la base, auquel se rattachent également les termes six-vingts, quinze-vingts.

Aux XVIIe et XVIIIe siècles, on retrouve l'emploi des mots septante, octante, nonante, qu'on lit notamment dans BOSSUET et dans VOLTAIRE. Dans son petit ouvrage posthume, *L'art d'apprendre à compter*, CONDORCET en fait usage. Il donne même duante au lieu de vingt, et remplace onze, douze, treize, quatorze, quinze, seize, par dix-un, dix-deux,...., dix-six. C'est pousser un peu loin le désir d'une nomenclature logique. Mais il serait bon de revenir à l'usage des termes normaux septante, etc., en supprimant des expressions illogiques et trop longues ; il semble que ce serait facile.

Il suffirait que les administrations d'État et quelques grandes banques en recommandassent l'emploi ; il conviendrait aussi de les introduire dans l'enseignement des écoles.

Lorsque des nombres doivent être écrits en lettres, il n'est pas indifférent de mettre nonante au lieu de quatre-vingt-dix. La question se rattache à l'étude des simplifications et de la normalisation, les termes corrects étant largement en usage dans certains pays étrangers, et même en France.

Si elle jugeait la question intéressante, la Société d'Encouragement pourrait patroner cette petite réforme, et en donner l'exemple.

ED. SAUVAGE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA LIME [1]

par M. CHARLES FREMONT.

## PREMIÈRE PARTIE. — ORIGINE ET ÉVOLUTION DE LA LIME

### 1. — Définition de la lime.

Dans l'acception la plus générale, la lime est un outil portant à sa surface des aspérités qui peuvent, par arrachement, détacher des parcelles de matières solides, végétales, animales ou minérales, telles que bois, os, corne, pierre, métaux, etc.

C'est probablement en partant d'une définition aussi large que certains auteurs ont compris dans la catégorie des limes quelques outils d'un fonctionnement analogue, mais d'un usage un peu différent. Ainsi, BORGNIS, dans son *Traité de mécanique appliquée aux arts* (Paris, 1818, t. I, p. 416), classe, dans un même genre intitulé limes, des outils dits opérateurs par frottement, et comprenant les limes proprement dites, les râpes creuses et les chardons employés dans le tissage pour détacher les poils du drap.

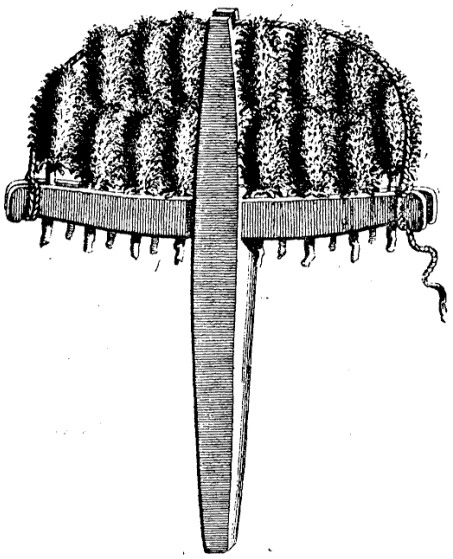


Fig. 1. — Lime du drapier faite de chardons à lainer (d'après DUHAMEL DU MONCEAU).

La figure 1 montre, d'après DUHAMEL DU MONCEAU (*Art de la draperie*, pl. XIII), une de ces limes, en forme de croix, sur laquelle sont montés des fruits de *Dipsacus fullonum* appelés vulgairement, par les tisserands, chardons à lainer.

### 2. — Les limes naturelles utilisées par les peuples primitifs.

La nature offre à l'homme quelques-uns de ces outils tout constitués : des coquillages, des peaux et des os de poissons, du corail, etc.

(1) *Travail subventionné par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont là en effet des limes toutes préparées que des peuples primitifs utilisent souvent.

Ainsi Cook [2] nous dit que les Taïtiens ont pour instruments : une hache de pierre, un ciseau ou gouge fait avec un os humain, *une râpe de corail et la peau d'une espèce de raie* qui, avec du sable de corail, leur *sert de lime*.

Le Musée d'Ethnographie, au palais du Trocadéro, à Paris, expose, dans

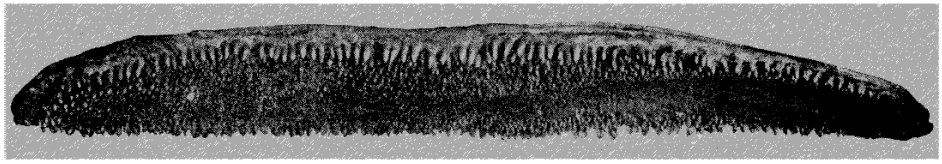


Fig. 2. — Râpe naturelle constituée par l'os lingual d'un poisson.
(Musée du Trocadéro, n° 33.927. — Brésil.) Longueur, 170 mm.

ses vitrines, quelques limes naturelles encore utilisées à notre époque, pour râper le bois, par des peuples dont l'industrie est primitive.

La figure 2 montre une de ces râpes naturelles : c'est un os de la langue d'un poisson : l'*Aropaïma-gigas* (Cuvier).

Les spécimens exposés proviennent, les uns du Brésil, les autres des Saramakaas (Guyane).

La figure 3 est une râpe provenant des Guyanes; elle est faite d'un bâton recouvert d'un morceau de peau de chien de mer.

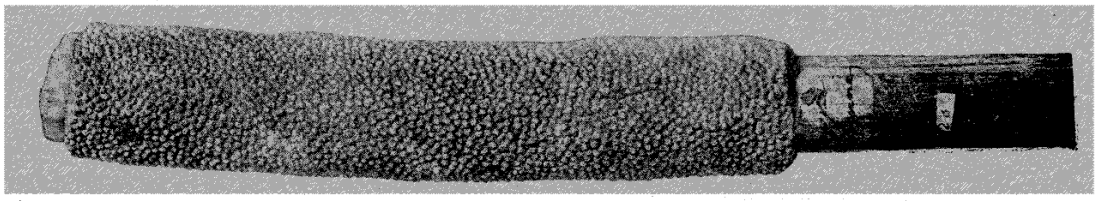


Fig. 3. — Râpe faite d'un bâton recouvert d'une peau de chien de mer.
(Musée du Trocadéro, n° 230. — Guyanes.) Collection du Jardin du Roi.

La figure 4 est une râpe provenant des Nouvelles-Hébrides; elle est faite d'une palette de bois recouverte d'une peau de raie.

Nos menuisiers, nos ébénistes, se servent encore, pour le polissage du bois, de ces peaux de poissons et choisissent de préférence la *peau de roussette*, sorte de chien de mer.

Le Musée du Trocadéro possède aussi des râpes faites de petits morceaux de silex implantés plus ou moins régulièrement dans des planchettes de bois.

(2) Voyage du capitaine Cook, 1775 (abrégé de l'*Histoire générale des Voyages*, par de la Harpe, Paris, 1780).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 5 montre une de ces râpes à manioc, dite grage indienne, et provenant de la Guyane hollandaise.

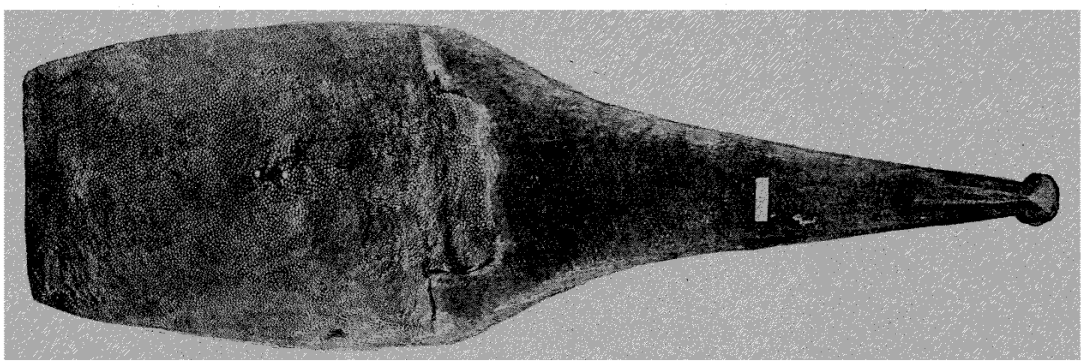


Fig. 4. — Râpe en peau de raie montée sur palette de bois.
[Musée du Trocadéro, n° 51.084. — Vanikoro (Nouvelles-Hébrides).] Largeur, 100 mm.

Ces râpes ont, par leur fonctionnement, une grande analogie avec les limes à bois et à métaux.

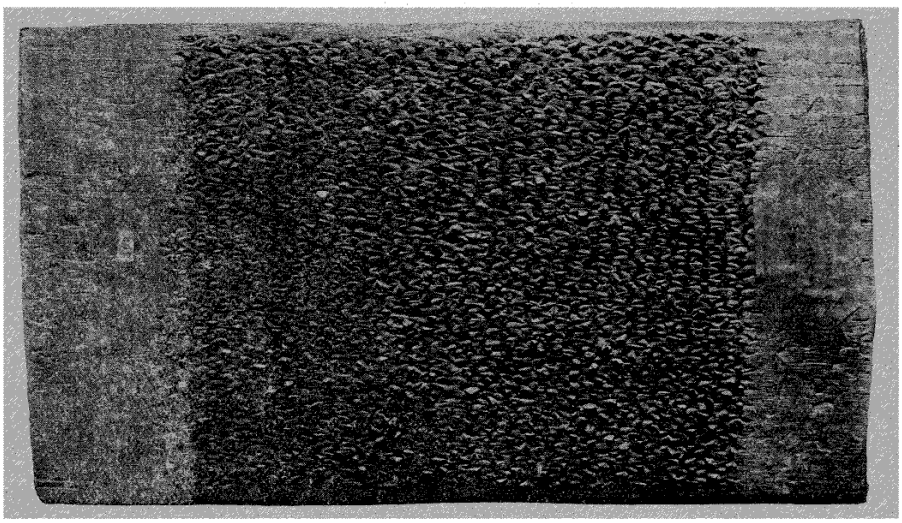


Fig. 5. — Râpe indienne.
(Musée du Trocadéro, n° 203. — Guyane hollandaise.) Longueur, 300 mm.

Les polissoirs (fig. 6) sont aussi des limes naturelles à rugosités plus ou moins fines agissant, comme les aspérités de nos limes, par détachement de très petites parcelles de matière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 3. — La lime à l'époque préhistorique.

J'ai indiqué l'origine et l'évolution des outils préhistoriques dans deux mémoires se faisant suite [3].

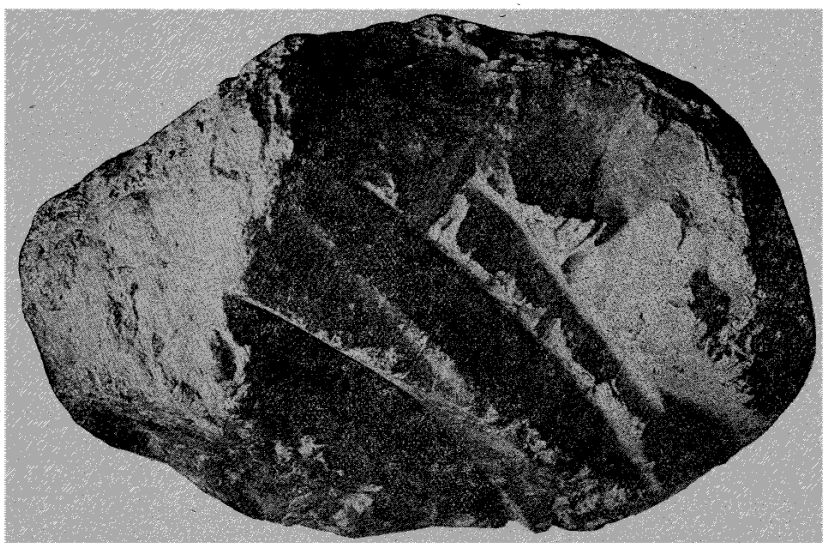


Fig. 6. — Polissoir.
(Museum de Paris. — Anthropologie. — Collection Vibraye.)

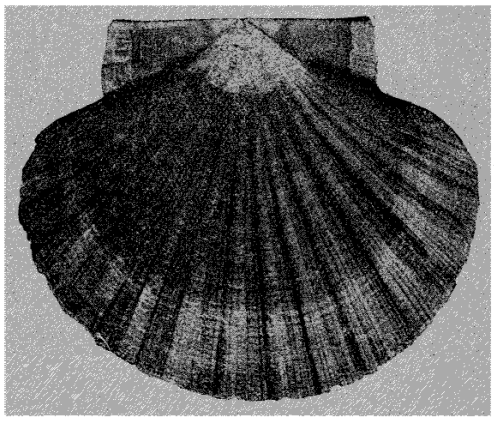


Fig. 7. — Pecten.

Je n'en reproduirai ici que quelques lignes pour permettre au lecteur de se faire une idée de l'origine de la lime.

(3) *Les outils préhistoriques*, Paris 1907, et *Origines et évolution des outils préhistoriques*, Paris, 1913.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après avoir mangé le contenu d'un coquillage, l'homme s'est servi de la coquille, d'abord pour puiser de l'eau et s'abreuver, et ensuite pour fouiller plus avant dans le sol afin de chercher d'autres coquillages et déterrer des racines alimentaires.

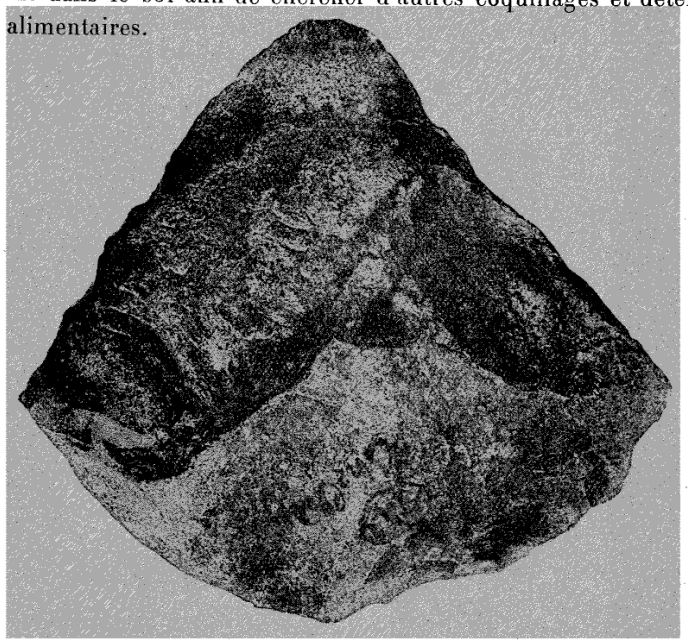


Fig. 8. — Râpe chelléenne, en silex taillé, dont la forme rappelle celle du pecten. (Collection de l'École des Mines de Paris. — Poids, 310 g. Provenance : Chelles.)

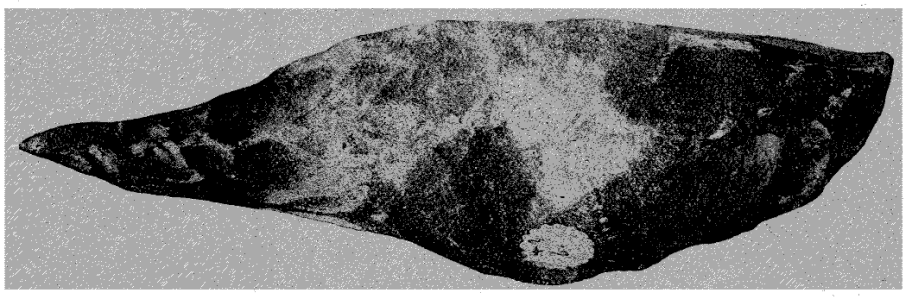


Fig. 9. — Râpe chelléenne en silex, avec arête taillée en sinusoïde. Période paléolithique. (Musée de Saint-Germain, n° 43.268.) Longueur, 160 mm.

La coquille est donc l'origine du vase et de la pelle.

La coquille a aussi servi à écorcer les bois et à nettoyer les peaux.

Il y a donc eu un *âge de la coquille* précédant l'époque du silex paléolithique.

Pour se procurer les bois nécessaires à la confection des massues, des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

huttes, des radeaux, etc., l'homme primitif coupait les branches des arbres en pratiquant des entailles successives, à l'aide de coquilles, notamment avec des pectens [4] (fig. 7), puis, plus tard, avec des silex taillés, dont les plus anciens ont une forme rappelant celle de la coquille (fig. 8).

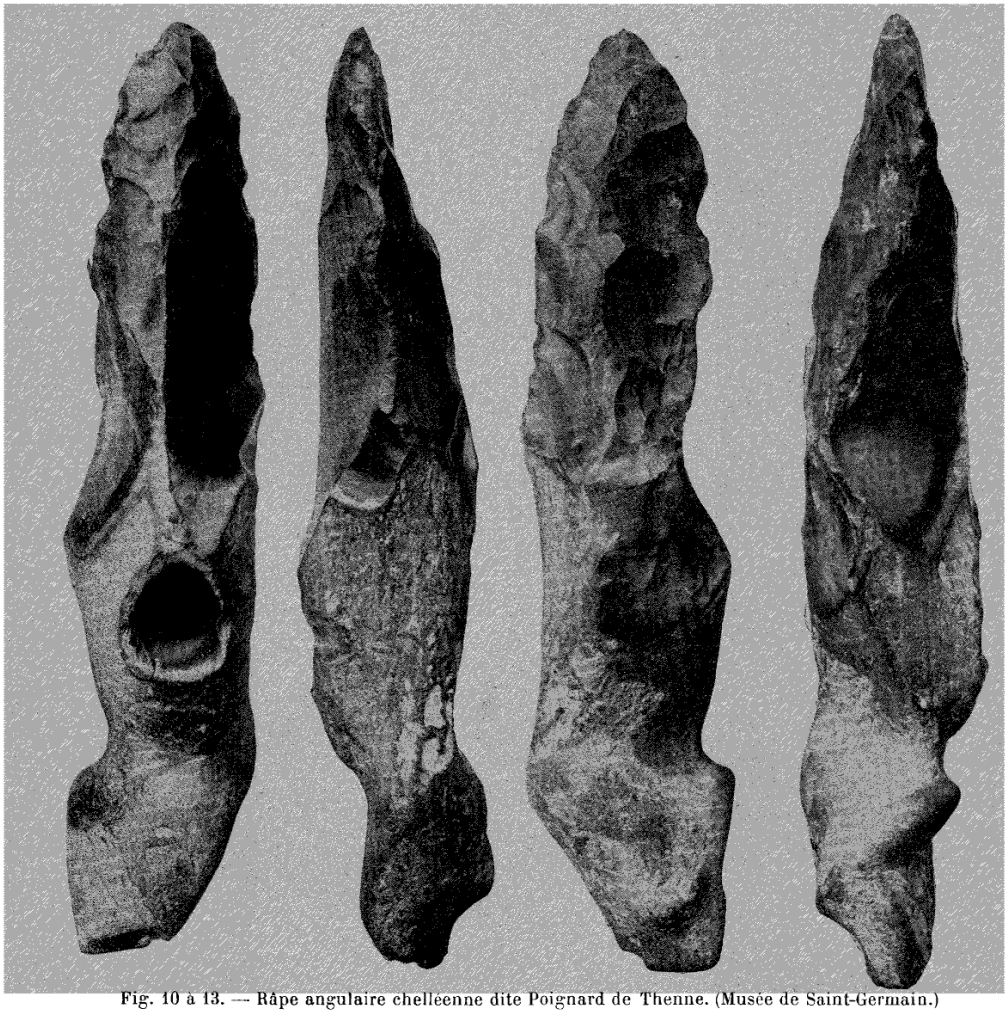


Fig. 10 à 13. — Râpe angulaire chelléenne dite Poignard de Thenne. (Musée de Saint-Germain.)

L'arête de ces silex est à section angulaire et taillée suivant une ligne sinusoïdale pour créer des rugosités qui, par frottement, arrachent les parcelles de bois (fig. 9).

(4) J'ai vu scier, avec un pecten, une planche de sapin de 100 mm de largeur et de 5 mm d'épaisseur, en 60 secondes, ce qui correspond à une coupe de 3 dm² à l'heure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

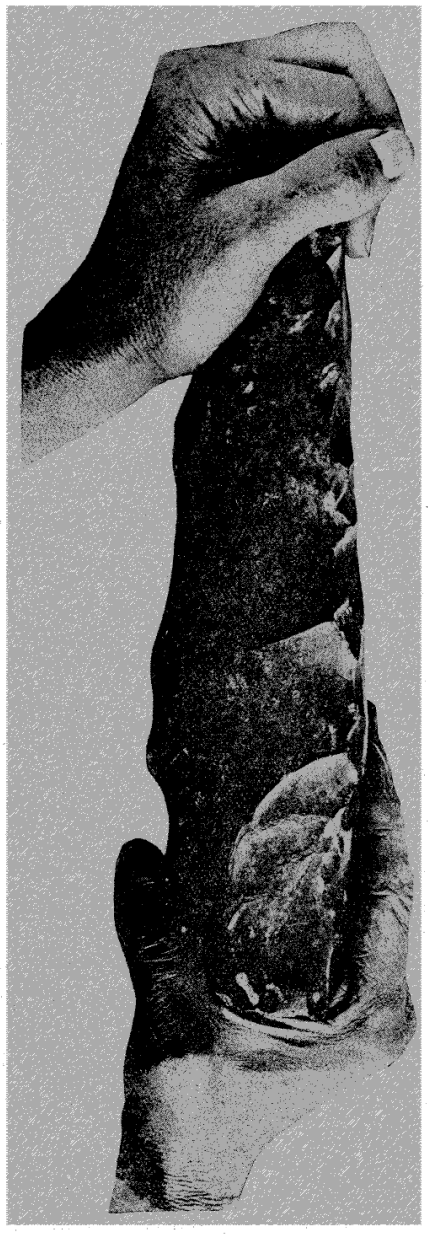


Fig. 14. — Préhension d'un nucleus néolithique pour permettre de râper une entaille angulaire.

Fig. 15. — Gros nucleus de l'époque néolithique, dentelé sur deux génératrices opposées et taillé aux deux extrémités pour une préhension commode.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les préhistoriens ne sont pas fixés sur l'usage de ces silex taillés. Pour les uns, c'étaient des armes; ainsi, le silex taillé, dont les figures 10 à 13 montrent les quatre faces, est exposé au Musée de Saint-Germain sous le nom de *poignard de Thenne*.

Fig. 16. — Lame solutréenne. (Musée de Saint-Germain, n° 32.224. — Période paléolithique.) Longueur, 284 mm.

Or, l'extrémité, restée dans son état initial, est très mousse, tandis que les deux arêtes longitudinales opposées (fig. 10 et 12), qui sont taillées intentionnellement sous une forme sinusoïdale, sont complètement écaillées, indice d'un service prolongé; donc ce silex était utilisé par ses deux arêtes.

D'autres préhistoriens ont supposé que le silex chelléen était un *outil à tout faire*.

Cette hypothèse est aussi inexacte que la précédente.

J'ai pu démontrer, à la suite d'une longue et importante étude au Musée de Saint-Germain, que tous ces silex taillés étaient des râpes angulaires, véritables *limes à bois*, façonnées pour effectuer des entailles angulaires autour des branches d'arbres afin d'en produire la rupture.

Certaines de ces râpes angulaires, de l'époque néolithique, étaient faites de *gros nucleus* dentelés suivant deux génératrices opposées, comme on le voit sur les figures 14 et 15.

Les deux extrémités ont été taillées pour permettre une préhension commode par les deux mains [5].

Dans la suite des temps, pour faciliter la rupture de la branche, la râpe angulaire a dû évoluer en tendant à augmenter l'acuité de l'entaille.

Les figures 16 à 20 montrent des spécimens de râpes angulaires à taille latérale très analogues à notre râpe écouane.

(5) Ch. Frémont, 76e mémoire, *Les outils, leur origine, leur évolution.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 21 est la reproduction photographique d'un silex triangulaire, véritable tiers-point paléolithique.

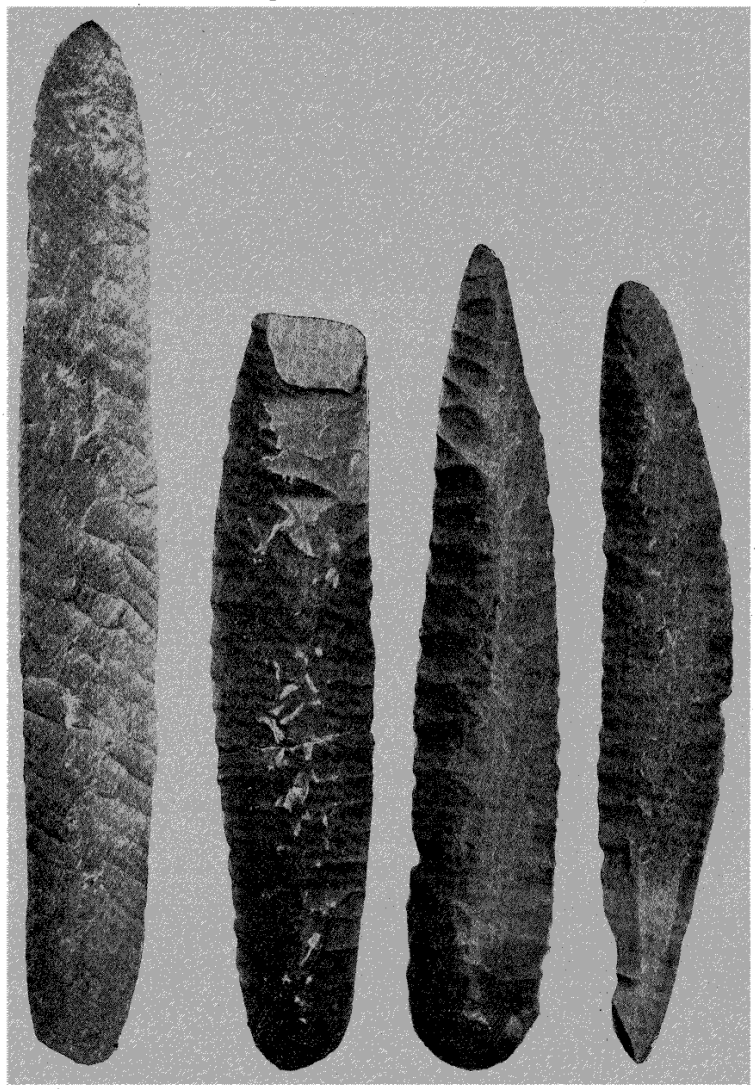


Fig. 17 à 20. — Râpes angulaires à taille latérale.
(Musée de Saint-Germain. — Période néolithique.)

La figure 22 est un silex dont la taille sinusoïdale est exagérée au point de donner un bord dentelé, conçue toujours dans le même but : produire un fond d'entaille aussi aigu que possible.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce n'est pas une scie parce que le profil de l'outil est angulaire, c'est-à-dire que chaque dent est plus épaisse en arrière qu'à sa pointe et que le corps va aussi en augmentant d'épaisseur; il n'y a donc pas de *voie*, la lime ne peut pénétrer profondément : elle ne peut que gratter le fond de l'entaille en lui donnant un angle plus ou moins aigu. Entre les dents se logent les parcelles détachées de la matière entaillée.

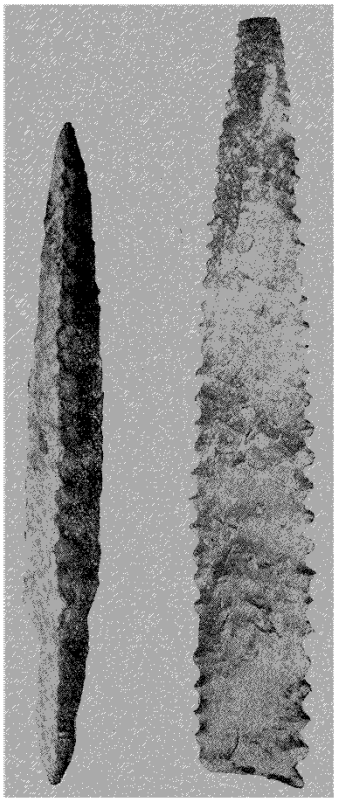


Fig. 21. — Râpe triangulaire. (Musée de Saint-Germain, n° 344. — Provenance, Danemark.) Longueur, 71 mm.

Fig. 22. — Silex dentelé. (Musée de Saint-Germain, n° 328. — Provenance, Danemark.) Longueur, 185 mm.

En résumé, tous les silex à arêtes latérales sinueuses sont des outils qui ont servi à *limer*, à *râper*, le bois d'abord, puis la corne, l'os, l'ivoire, etc., pour pratiquer une entaille circulaire nécessaire à la rupture, seul procédé possible avant l'apparition de la lame de scie en métal. La lime proprement dite, en métal, n'est apparue qu'à l'*âge du fer*; avant cette époque, l'ouvrier, pour dégrossir et travailler le bois, la corne, l'os, l'ivoire, la pierre, etc., s'est servi des limes naturelles et des silex taillés, notamment du grattoir moustérien et du rabot[6]. Aussi la figure 23 nous représente bien le plus ancien tailleur de limes.

### 4. — La lime à l'âge du bronze.

Je n'ai pas encore vu une lime de l'âge du bronze, et celles qui nous sont données comme étant de cette époque sont des scies et non des limes.

Ainsi les figures 24 et 25, reproduites d'après CHANTRE (*Age du bronze*, pl. LVI); sont celles de scies; le texte dit : « Les palafittes du Bourget ont donné à M. Perrin un objet que l'on doit rapporter à une sorte de lime ou râpe. »

Ce sont bien des scies puisque les dents sont taillées sur le champ de l'outil. Le Musée de Saint-Germain possède quelques lames de scies de l'âge du bronze (fig. 26 à 30); la première provient de Fouilloy (Oise), les quatre autres étaient dans la cachette de Larnaud (Jura).

(6) CH. FREMONT, 76e mémoire, *Les outils, leur origine, leur évolution*, 1928, p. 80 et 98.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Certaines pièces de bronze ont été considérées comme étant des limes

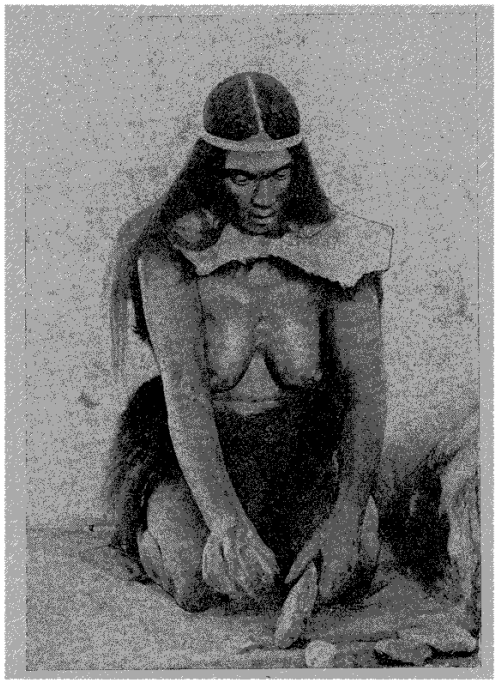


Fig. 23. — Procédé de taille, dans le silex, d'une râpe angulaire chelléenne.
(Musée du Trocadéro. — Restitution par le Dr Hamy.)

parce qu'elles portent des lignes gravées parallèlement; mais ces lignes sont des ornements et non des dents de lime.

Les figures 31 à 34 montrent des débris de lames de scies en fer exposés au Musée de Saint-Germain.

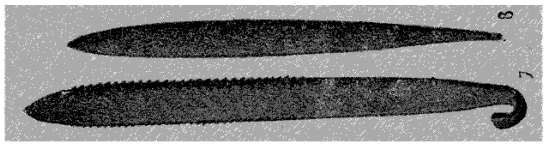


Fig. 24 et 25. — Scies en bronze.
[Musée de Chambéry. — Provenance, palafittes du Bourget (Savoie)]

### 5. — Ancienneté de la lime en métal.

Les Romains se servaient de la lime.

Ils appelaient *scobina* la lime à bois et *lima* la lime à métaux.

VITRUVE (Ier siècle av. J.-C.) cite l'usage de la lime à propos de la préparation du bleu : (Livre VII, chapitre XI...) « On les mêle avec de la *limaille* de cuivre de Cypre qui est faite avec de *grosses limes.* »

PLINE L'ANCIEN (23 à 79 ap. J.-C.) nous dit (Livre XXXIV, chapitre VII) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« ... Carvilius fit faire sa propre statue des *limailles* de la statue colossale de Jupiter du Capitole », et (Livre XXXIV, chapitre VIII) : « Théodore coula sa propre statue en airain, ouvrage admirable tant pour la grande ressemblance du personnage que pour les finesses de l'art. De la main droite il tient une lime.... »

(Il est probable que la lime a été choisie ici comme symbole professionnel et non à titre d'invention.)

Les anciens Grecs ne connaissaient probablement pas la lime métallique, car SCHLIEMAN dans son livre *Ilios* (p. 581), nous dit :

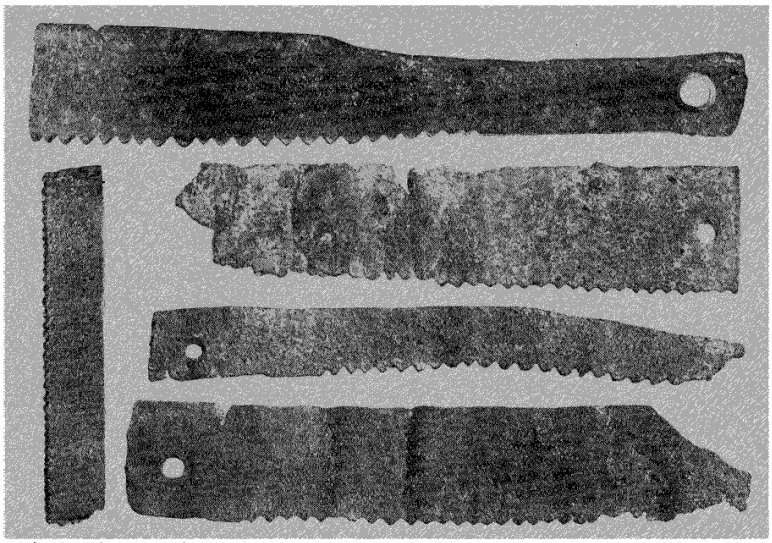


Fig. 26 à 30. — Scies en bronze.
(Musée de Saint-Germain.)

« Les limes ne devaient pas être connues, car je n'en ai pas trouvé traces à Mycènes ni dans aucune des villes préhistoriques de Troie. »

Cependant, comme le fait remarquer LIGER (*Ferronnerie*, T. I, p. 229) :

« Les Grecs connaissaient la lime, puisque HOMÈRE, dans son *Odyssée* (livre VIII), représente Vulcain travaillant à la lime et au marteau le filet invisible destiné à prendre Mars et Vénus. »

La lime ne semble pas avoir été connue des Hébreux car ce mot ne figure pas dans l'*Ancien Testament* [7].

(7) C'est par erreur que le *Cosmos* (30 janvier 1913) a dit que l'*Ancien Testament* fait mention de la lime; le texte auquel il fait allusion est le suivant :

(*Les rois*, chap. XIII, verset 20)

« Et tous les Israélites étaient obligés d'aller chez les Philistins pour faire *aiguiser* le soc de leurs charrues, leurs hoyaux, leurs cognées et leurs sarcloirs. »

Or, cet aiguisage s'effectuait, non pas à la lime, mais en frottant la pièce sur un grès semblable au polissoir (fig. 6).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Émile Vernier pense que les anciens Égyptiens n'avaient pas de limes et qu'ils polissaient le métal à l'émeri, au grisé, etc., en frottant, probablement avec une pierre et de la poudre, sur un morceau de bois, ou, inversement, en montant les petits objets à l'extrémité d'un bout de bois pour les tenir facilement et solidement pendant le polissage [8].

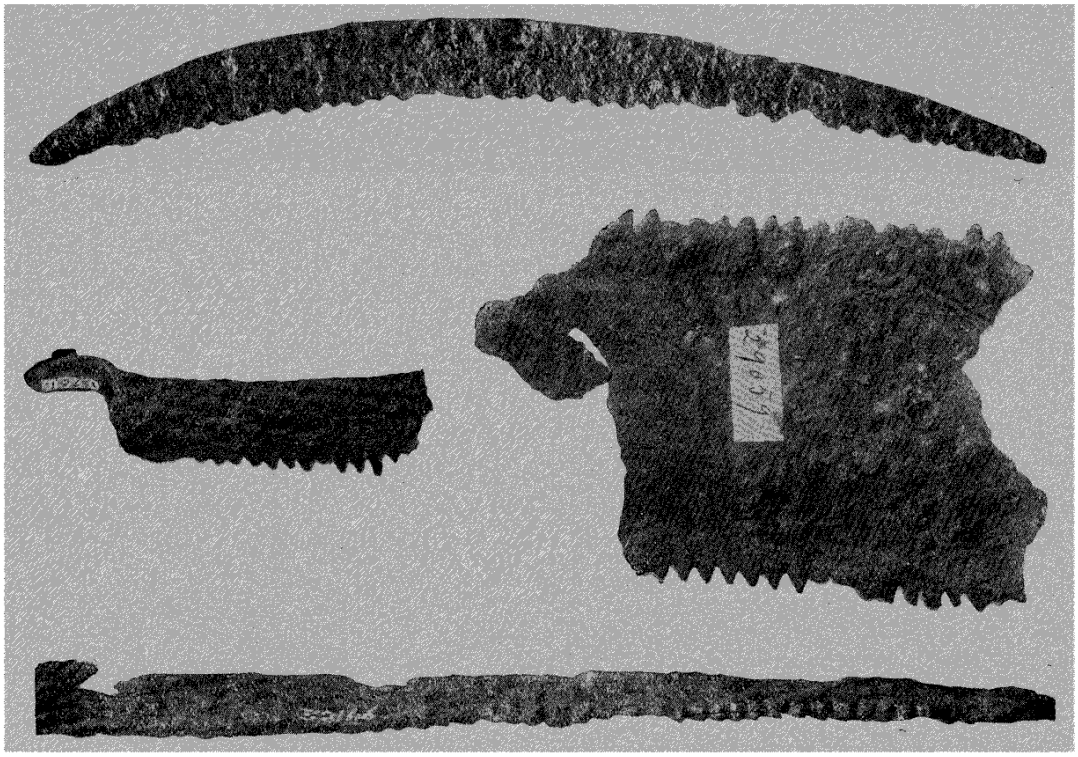


Fig. 31 à 34. — Débris de lames de scies en fer.
(Musée de Saint-Germain.)

Et cependant ils se servaient pour couper le bois, depuis de longs siècles, des râpes angulaires en silex taillé.

Flinders Petrie indique d'ailleurs que ce n'est guère qu'à l'époque copte que les Égyptiens firent un usage régulier du fer pour leurs outils, et qu'il est probable qu'ils y furent amenés par l'influence romaine [9].

(8) Émile Vernier, *La bijouterie et la joaillerie égyptiennes*, Le Caire, 1907, p. 82 et 113.
(9) Flinders Petrie, *Arts et métiers de l'ancienne Égypte*, 1912, p. 124.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 6. — La lime en fer.

Les plus anciennes limes en fer que nous connaissons sont de l'époque gallo-romaine.

La figure 35 est donnée par F. LIGER, dans son livre *La ferronnerie* (t. II, p. 152), comme celle d'une lime gallo-romaine provenant d'Alise [10].

GRIGNON, le savant métallurgiste du XVIII[e] siècle, a découvert, dans ses fouilles du Châtelet, en Champagne, des limes de l'époque gallo-romaine.

Dans son bulletin des fouilles faites par ordre du roi et publié en 1774 et 1775, il dit (p. 34 et 165) que ces limes sont méplates, demi-rondes et « quarrées ».

Après sa mort, l'abbé CAMPION DE TERSAN publia un livre : *Arts et métiers des anciens*, Paris, 1792 [11], donnant, dans 132 planches in-folio, les trouvailles de GRIGNON.

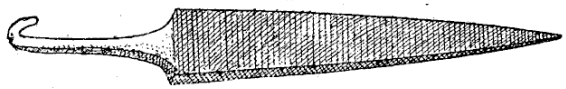


Fig. 35. — Lime en fer gallo-romaine, signalée par F. LIGER.

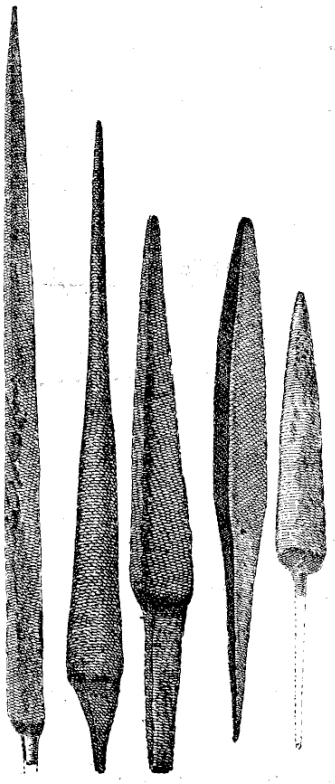


Fig. 36 à 40. — Limes en fer gallo-romaines trouvées par GRIGNON dans ses fouilles du Châtelet en Champagne.

Les figures 36 à 40 sont des réductions des limes en fer, gravées en 1790, sur les planches n[os] 58 et 59.

Malheureusement, le graveur Poisson s'est appliqué à rendre la forme générale des limes sans préciser la taille qui, d'ailleurs, n'apparaissait plus nettement au moment de la gravure.

Il est vraisemblable que ces limes étaient à deux tailles croisées, comme nos limes actuelles, car GRIGNON, savant praticien et habile observateur, n'aurait pas manqué de signaler, dans son bulletin, toute particularité constatée sur ces limes.

(10) F. LIGER donne pour cette lime la référence : *Mémoires de la Société d'Émulation du Doubs*, pl. 3, p. 366. J'ai voulu en vérifier l'exactitude et le très aimable secrétaire de cette société, M. A. Kirchner, a très obligeamment fait des recherches, mais sans succès.

(11) Bibliothèque nationale, Cabinet des Estampes, Cote Gb 26, in-folio.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 7. — L'écouane.

L'écouane, la lime à une seule taille, analogue à celles de nos fraises circulaires, existait à l'époque gallo-romaine. On en voit, au Musée de Saint-

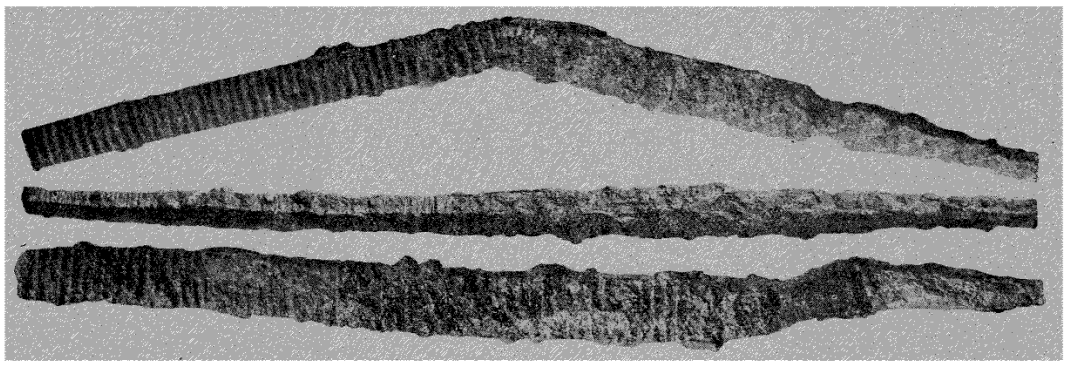


Fig. 41 à 43. — Limes en fer gallo-romaines trouvées dans le Cantal.
(Musée de Saint-Germain.) Provenant du tumulus arverne de Celles (Cantal).

Germain, trois spécimens provenant du tumulus arverne de Celles, près Neussargues (Cantal).

Les figures 41 à 43 montrent la forme générale de ces limes et les figures 44 à 46, à plus grande échelle, permettent de mieux observer la forme des dents de ces limes.

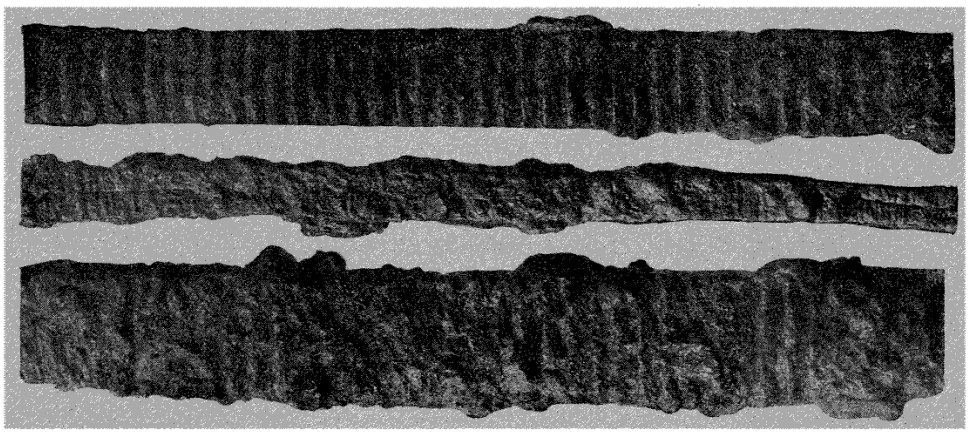


Fig. 44 à 46. — Portions des limes 41 à 43 reproduites à une plus grande échelle pour montrer la taille des dents.

La lime carrée a environ 6 mm de côté.

La lime la plus large a environ 13,5 mm de largeur et 7 mm d'épaisseur; elle n'est taillée que sur une face.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La troisième a environ 11 mm de largeur et 4 mm d'épaisseur; elle est taillée sur les deux faces. Ces deux dernières limes ont les dents espacées de 2,5 à 3 mm. Leur longueur totale est d'environ 20 cm.

L'écouane, dans les siècles passés, était très employée dans plusieurs industries; les auteurs la désignent avec une orthographe différente, suivant la prononciation des ouvriers.

Ainsi FÉLIBIEN, en la définissant, dit [12] :

« *Escuene* : C'est une espèce de râpe qui n'est pas piquée comme les autres, n'y coupée par hâchures obliques et croisées comme les limes; mais qui a seulement des hâchures en travers et fort enfoncées. »

Dans le vocabulaire des termes de *L'épinglier*, de RÉAUMUR, on voit :

> ECOUINE. Inſtrument d'acier qui différe de la lime & de la rape, en ce qu'il n'a qu'un ſeul rang de ſtries en travers, au lieu que la lime eſt formée par des hachures qui ſe croiſent, & la rape par de petites levres qui ſont relevées. Quelques-uns diſent *Ecouenne*, prétendant que ce nom lui eſt donné de ce qu'il ſert à emporter la ſuperficie, & comme la *couenne* des matieres qu'on travaille.

Ces différents modes de taille des limes, indiqués dans ces deux définitions, sont nécessités par les usages différents de ces outils.

Les figures 47 à 50, reproduites d'après l'*Encyclopédie*, représentent des râpes à dents relevées au poinçon et une lime, dite d'Allemagne, à dents produites par deux tailles croisées.

Les figures 51 à 53 sont deux écouennes, prises dans *L'art du tourneur mécanicien* (1775), de HULOT PÈRE; l'une est à manche droit et l'autre à manche coudé pour écarter de l'ouvrage la main qui l'actionne.

La figure 54, donnée par DOM BÉDOS, de Celles, dans son *Art du facteur d'orgues* (1766), est une écouenne à manche coudé et à pointe enroulée.

La figure 55 représente une écouenne de forme spéciale qui servait aux couteliers du XVIII[e] siècle [13] pour préparer le logement pour l'incrustation de bandes en métaux fins, or, argent, etc., dans la décoration des manches de couteaux. Cette écouenne était fendue dans toute sa longueur pour recevoir une lame mince de métal. Un trait de scie de profondeur suffisante était pratiqué préalablement dans le manche à orner, à l'emplacement de chaque incrustation; la lame plane de l'écouenne introduite dans ce trait de scie

(12) *Dictionnaire des termes propres à l'architecture et aux arts qui en dépendent* (Paris, 1676).
(13) *Art du coutelier*, par J.-J. PERRET, 1771 (t. I, pl. 49 et p. 187).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

guidait la râpe, et la cannelure, ou logement de la baguette à incruster, était ainsi produite avec une forme très régulière.

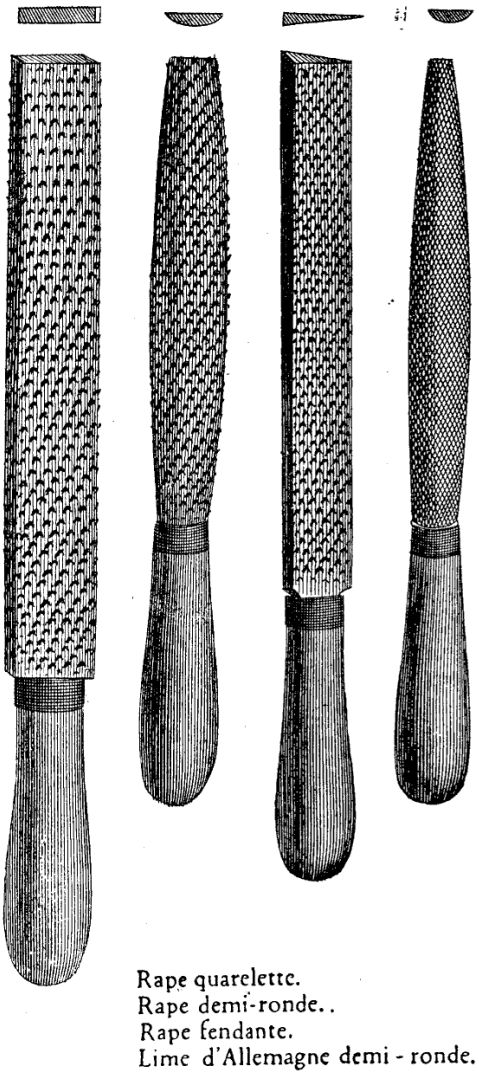



Fig. 47 à 50. — Râpes et limes du XVIII^e siècle : Gainier (*Encyclopédie*).

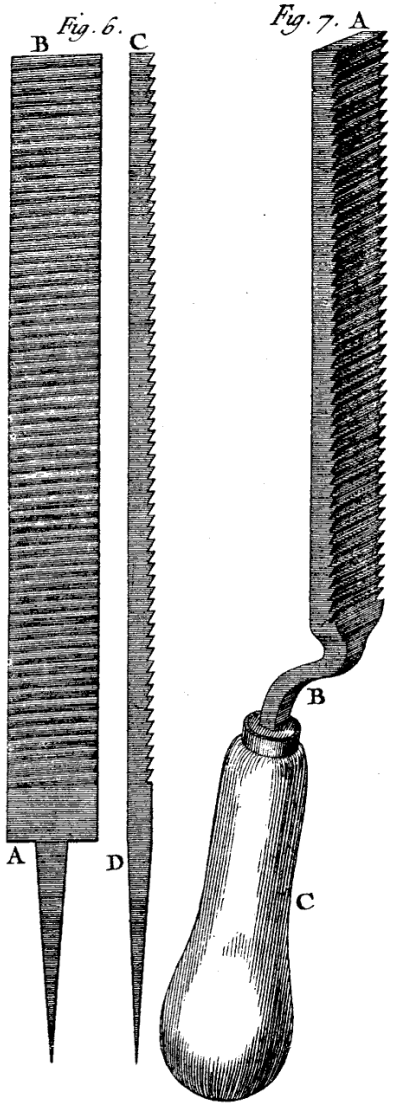



Fig. 51 à 53. — Écouenne à manche droit et écouenne à manche coudé. [*L'art du tourneur*, de HULOT PÈRE (1775)]

Les dents des écouennes ont une forme très analogue à celles de nos fraises actuelles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Leur dureté variait avec celle, de la matière à travailler; ainsi ROUBO ANDRÉ JACOB (1739-1791) nous dit[14] que l'écouenne non trempée sert plus

Fig. 54. — Écouenne à manche coudé et à pointe enroulée. (*Art du facteur d'orgues*, DOM BEDOS, de Celles.)

spécialement pour limer les bois durs, la corne, l'os et l'ivoire, et que, lorsqu'elle est trempée, on peut s'en servir pour les ouvrages de cuivre.

ROUBO ajoute (p. 937) :

« Les gréles et les écouennes sont des espèces de limes dentelées sur leur « largeur en forme de scie, de manière qu'elles présentent une continuité

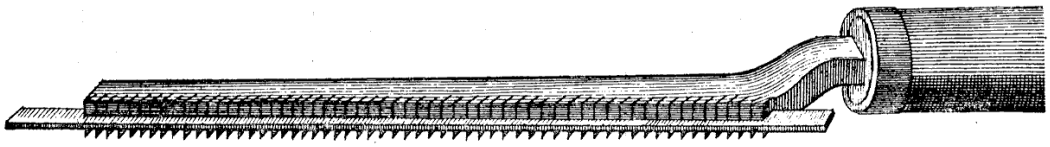


Fig. 55. — Écouenne du coutelier. [*Art du coutelier*, de J.-J. PERRET (1771)]

« de tranchants à peu près semblables à celui d'un rabot de bout, lesquels « dressent et unissent bien mieux une partie d'ouvrage quelconque, que ne « feraient la rape et la lime, qui, quelque douces qu'elles soient, font tou- « jours des rayures, surtout dans les angles rentrants ou dans les filets « creux dans lesquels elles passent toujours à la même place. »

Les figures 56 à 59 représentent les écouennes du luthier.

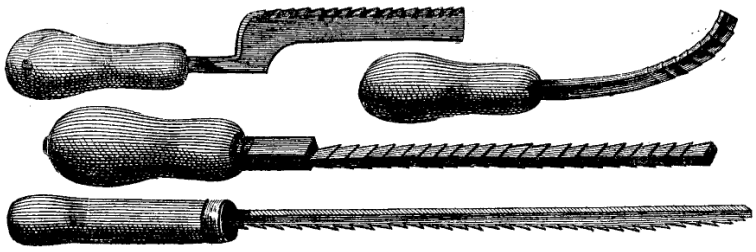


Fig. 56 à 59. — Écouennes de formes diverses : Luthier (*Encyclopédie*).

Les écouennes avaient parfois de très grandes dimensions; ainsi à l'article écouanne, dans le texte de l'*Encyclopédie* (t. v, p. 351). il est dit que celle du potier d'étain est un morceau de fer de deux pieds à deux pieds

(14) ROUBO FILS, *L'art du menuisier-ébéniste*, 1774, 3e section, 3e partie, chap. XIII, p. 937.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et demi de longueur et environ un pouce de largeur, sur un peu moins d'épaisseur, garni de dents des deux côtés, faites à la lime, et distantes de deux lignes l'une de l'autre.

La figure 60 montre le maniement d'une grande écouenne de tablier-cornetier au XVII[e] siècle; malgré sa grande largeur, elle est tenue d'une seule main; un second point d'appui est pris, près du coude de l'ouvrier, par un brassard qui sert aussi à pousser l'écouenne.

ROUBO donne (pl. 318), parmi divers modèles :

1° L'écouenne dont les dents sont taillées en arcs de cercle parallèles et

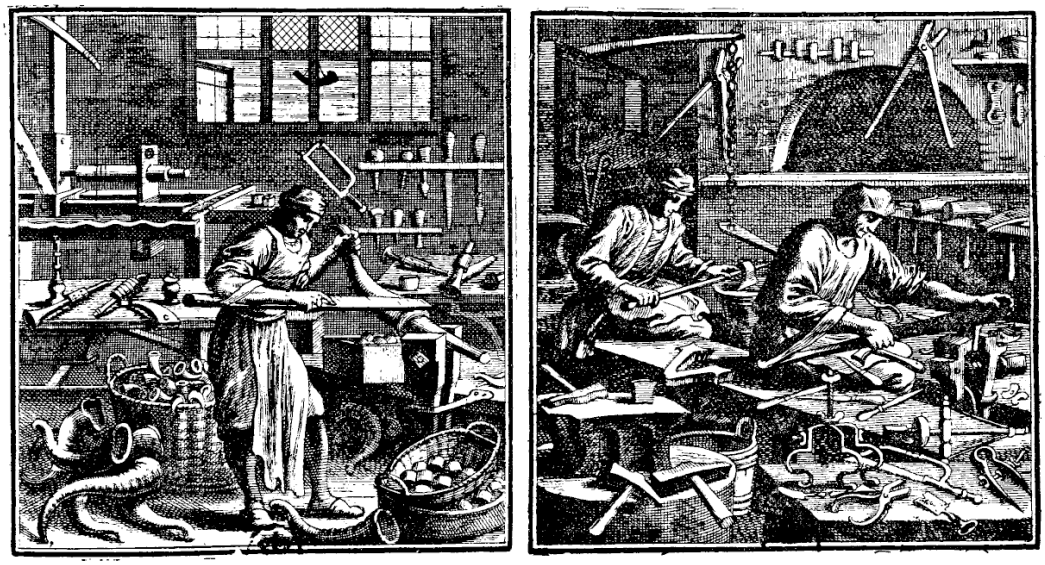


Fig. 60. — Maniement d'une grande écouenne au XVII[e] siècle.
(SANDRARDT, Bibliothèque nationale, Estampes. Cote Lc2, in-4.)

dont les centres sont par conséquent sur une même droite (fig. 61 et 62); il explique ainsi la raison de cette forme de dents :

(p. 938). « Aux grandes écouennes, (comme celle des figures 61 et 62), non « seulement la dentelure est inclinée, mais on la fait un peu bombée sur « sa longueur, afin que chaque dent prenne moins de matière à la fois et ne « la heurte pas de front »;

2° L'écouenne à lames mobiles rapportées (fig. 63), « dont les dents « beaucoup plus hautes que celles de l'écouenne taillée, sont composées « d'autant de morceaux ou lames d'acier qu'elles ont de dents, entre lesquels « sont placés à force des morceaux de bois qui les soutiennent, et qui, par « conséquent, empêchent l'écouenne de brouter. Cette espèce d'écouenne a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« l'avantage de servir beaucoup plus longtemps que l'autre, parce qu'à « mesure qu'elle s'use, on peut affûter les dents et en ôter jusqu'à ce qu'elles « n'aient que 3 ou 4 lignes de hauteur ».

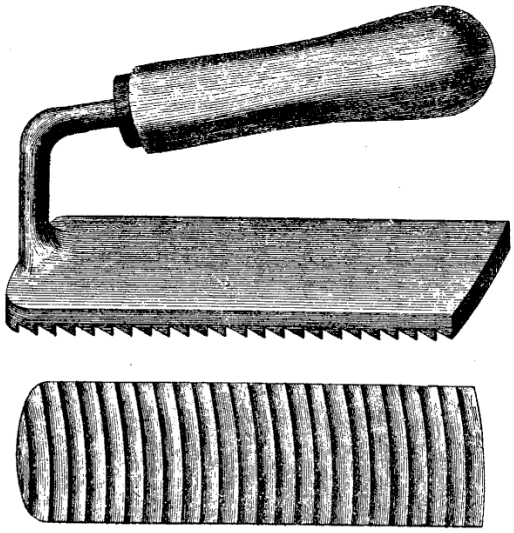


Fig. 61 et 62. — Écouenne dont les dents sont taillées en arcs de cercle parallèles.
[*L'art du menuisier-ébéniste*, par ROUBO FILS (1774)]

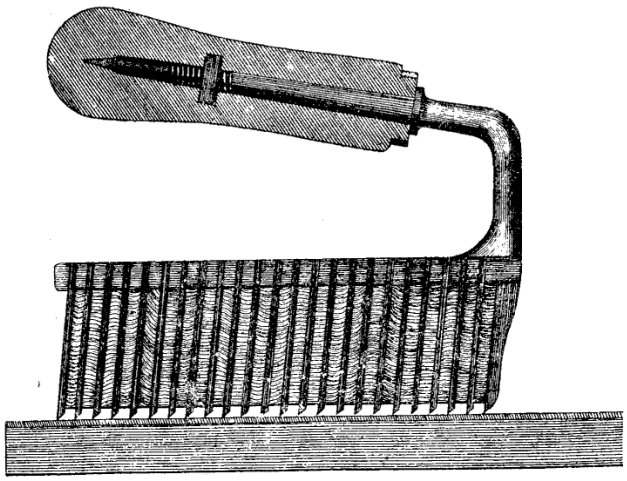


Fig. 63. — Écouenne à lames mobiles rapportées.
[*L'art du menuisier-ébéniste*, par ROUBO FILS (1774)]

Il est probable que c'est cette écouenne à dents mobiles qui a inspiré à JAMES WHITE, mécanicien à Paris, la *lime perpétuelle* qu'il fit breveter le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6 janvier 1795 (fig. 64), et dont le principal avantage était dans l'affûtage possible et rapide sur une meule.

Les ouvriers monnayeurs se servaient d'une écouenne pour mettre au poids le flan monétaire; les arquebusiers, les potiers d'étain, les tabletiers-cornetiers, les serruriers, les menuisiers, les facteurs ou luthiers, les ouvriers en marqueterie, etc., se servaient de l'écouenne qu'ils appelaient : escuenne, ecouanne, ecoüaine, équoine, écouenne, etc.

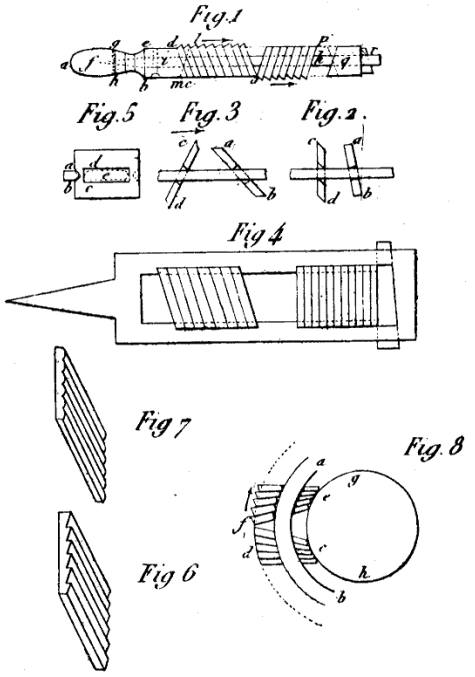



Fig. 64. — Lime à dents mobiles de James White.

Les figures 65 à 70 représentent quelques limes du XVII^e siècle d'après Félibien. Au XVIII^e siècle, les *Arts et métiers*, de MM. de l'Académie française, et l'*Encyclopédie* nous renseignent peu sur les limes à deux tailles croisées.

Voici les explications données dans l'*Art du serrurier*, de Duhamel du Monceau (p. 12) :

« Les grosses limes consistent en gros carreaux, taillés rude, pour « ébaucher les gros fers à froid. Les demi-carreaux, qui ne diffèrent des « carreaux que parce qu'ils sont moins gros, et les grosses carrelettes; « celles-ci sont taillées moins rude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Les limes plates sont encore moins rudes.

« Les limes moins grosses sont les limes carrées ou petites carrelettes. « Les limes rondes ou en queue de rat, les ovales et les demi-rondes; les « limes triangulaires ou en tiers-point; les limes à bouter; les limes à fendre « ou fendantes : il faut y mettre un dosseret.

« Les petites limes sont carrées, ou demi-rondes, ou coutelles, ou en queue de rat, ou ovales, ou triangulaires, ou en cœur, etc.

« Il faut encore des limes fendues par le milieu pour épargner des filets;

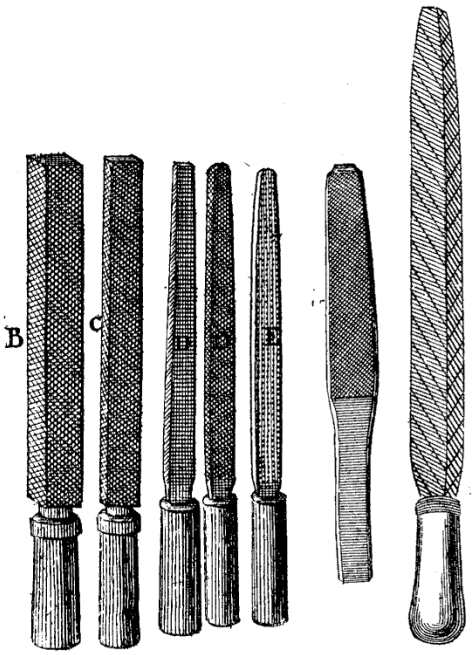



Fig. 65 a 70. — Limes du XVII^e siècle, d'après FÉLIBIEN.

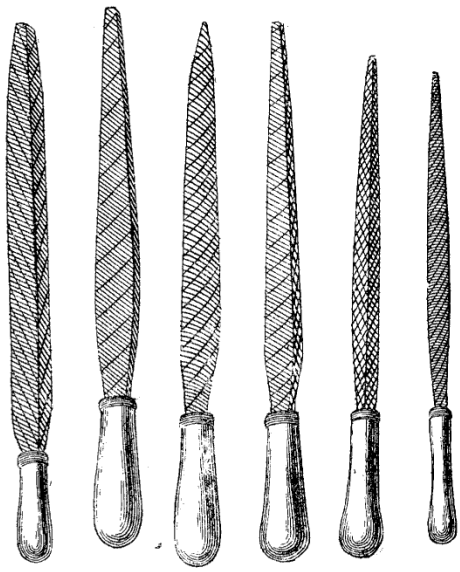


Fig. 71 à 77. — Limes à manche en bois du XVIII^e siècle. Serrurerie, pl. 53 (*Encyclopédie*).

« des limes à fendre; et il faut avoir quelques-unes de toutes ces limes qui « ne soient point taillées d'un côté, afin qu'elles ne mordent point sur ce que « l'on veut ménager.

« On a encore des limes de toutes ces sortes qui sont taillées fin, et « qu'on nomme *limes douces*; elles servent à finir les ouvrages délicats « qu'on se propose de polir. »

Les gravures qui représentent les limes dans ces deux ouvrages techniques du XVIII^e siècle sont médiocrement exécutées et permettent tout au plus de se renseigner sur les formes générales; aucun détail n'est donné sur la taille, la forme des dents, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai reproduit les meilleures de ces gravures.

Les figures 71 à 77 sont les limes à manche et les figures 78 à 82 les limes à queue.

Les figures 83 à 94 sont les limes du coutelier.

Les figures 95 à 98 montrent quelques types de riflards ou rifloirs.

Les figures 99 à 110 sont des limes de formes spéciales utilisées par les horlogers.

Les figures 111 et 112 sont des limes maintenues fixes pendant que l'ouvrier frotte, sur une de leurs faces taillées, la pierre à user. Ces limes avaient parfois d'assez grandes dimensions; ainsi, celle du luthier (fig. 112) avait 40 cm de longueur et 10 cm de largeur; une des faces avait une taille plus douce que celle de l'autre face.

La scie dont les faces latérales sont taillées en limes pour donner de la voie (fig. 113), la lime à décroûter la fonte (fig. 114), la tenaille à mors taillés en lime de forme [15], pour douilles de baïonnette (fig. 115 et 116) sont des limes spéciales, du XVIII[e] siècle.

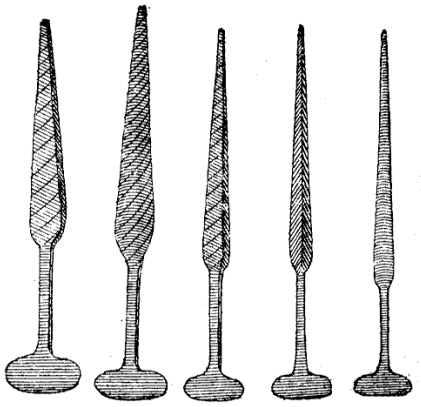


Fig. 78 à 82. — Limes à queue du XVIII[e] siècle. Serrurerie, pl. 53 (*Encyclopédie*).

La meule métallique taillée en lime et appelée *fraise* était aussi très employée à cette époque.

Dans le *Recueil des machines approuvées par l'Académie*, en 1716, figure une machine à *fraiser les canons de fusils*; la figure 117 est la reproduction d'une partie de la planche jointe à ce mémoire : on voit le montage et le fonctionnement de la fraise cylindrique.

A la même époque, en 1717, RÉAUMUR fit graver par LUCAS une planche sur laquelle est représentée la meule dont se servait l'épinglier pour empointer les épingles. Cette meule en fer (fig. 118), de trois pouces de diamètre et de un pouce et demi d'épaisseur, est hérissée, à sa circonférence, de hachures parallèles à son essieu, qui forment autant de taillants.

Dans une addition au mémoire de l'épinglier, DUHAMEL fait remarquer que ces hachures, non pas croisées comme celles des limes, mais en écouine fine, sont faites au ciseau et à deux reprises, parce que le ciseau n'a de largeur qu'à peu près la moitié de la largeur de la meule et qu'elles sont un

(15) *Procédés de la fabrication des armes blanches*, publiés par ordre du COMITÉ DE SALUT PUBLIC (Paris, an II, p. 50).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peu inclinées vers la droite (fig. 119). Lorsque les hachures, retailles ou stries de la meule, sont usées, on les refait.

Cette meule de l'épinglier tournait à une vitesse tangentielle de 35 m:s; la limaille était projetée en de vives étincelles.

Ces limes cylindriques travaillaient donc plutôt comme nos meules que comme nos fraises actuelles.

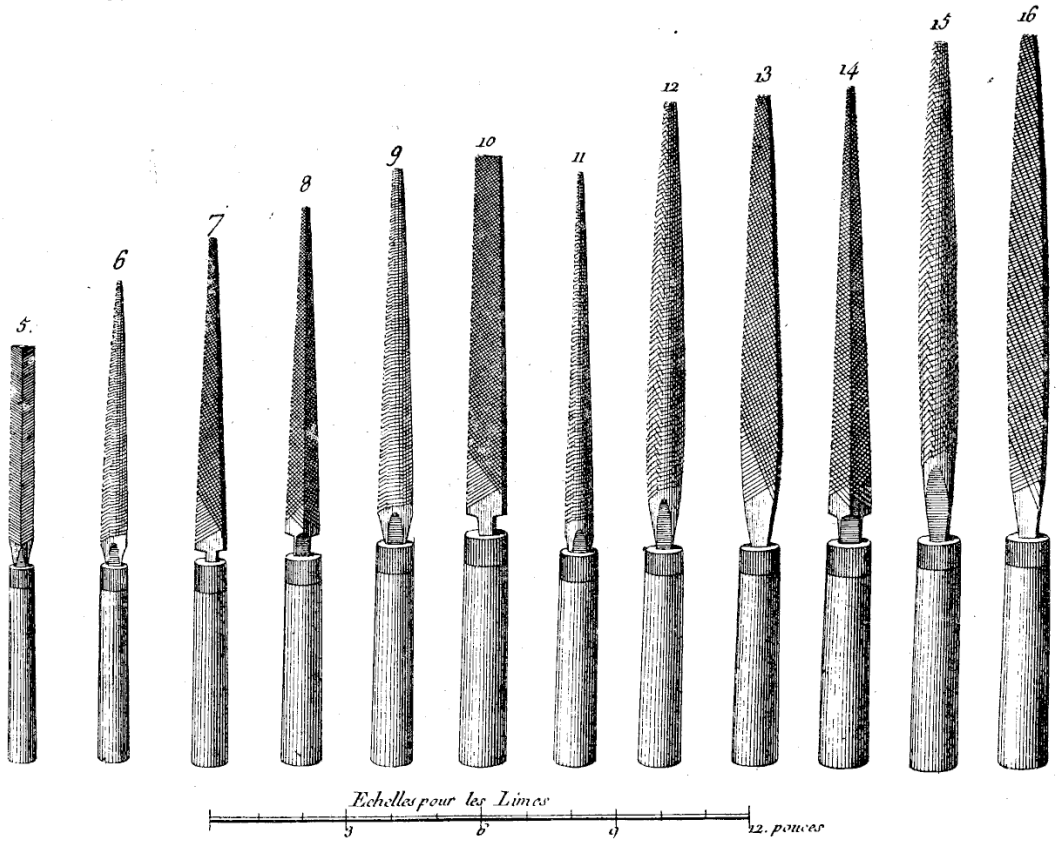



Fig. 83 à 94. — Limes du coutelier. [*L'art du coutelier*, par J.-J. PERRET, 1771 (pl. 17)]

J'ai dit ailleurs que nos fraises dérivent des alésoirs à lames rapportées [16].

Au XVIII[e] siècle, on utilisait des *fraises de forme*, telle la fraise à bassinet (fig. 120 et 121) faite d'un « morceau d'acier gros et rond comme un gland et mâché comme une lime », suivant la définition de l'*Encyclopédie*.

La figure 122 montre, d'après ROUBO, l'emploi de *fraises de forme* actionnées par le vilebrequin, pour façonner le bois.

(16) CH. FREMONT, *Évolution de la fonderie de cuivre*, Paris, 1903, p. 212.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Conservatoire des Arts et Métiers expose dans ses vitrines trois fraises de forme (fig. 123) provenant des collections de Vaucanson et taillées comme les limes : en écouane sur le pourtour et en taille croisée sur les faces.

Les figures 124, 125 et 126 montrent trois fraises de forme dépendant d'une machine à fendre les roues d'horlogerie, imaginée par HULOT en 1760.

Ces figures sont agrandies du double de la grandeur réelle pour permettre de mieux juger de la finesse et de la régularité de la taille pour l'une d'elles et, au contraire, de l'irrégularité pour les deux autres.

Ces sortes de fraises, véritables limes circulaires, sont encore utilisées pour travailler la corne, l'ambre, etc., par exemple chez les fabricants de pipes.

La figure 127 représente une râpe à pulvériser les os ; elle était utilisée par les couteliers de Thiers (Puy-de-Dôme) pour faire de l'engrais avec les déchets des os dont ils avaient tiré les manches de leurs couteaux.

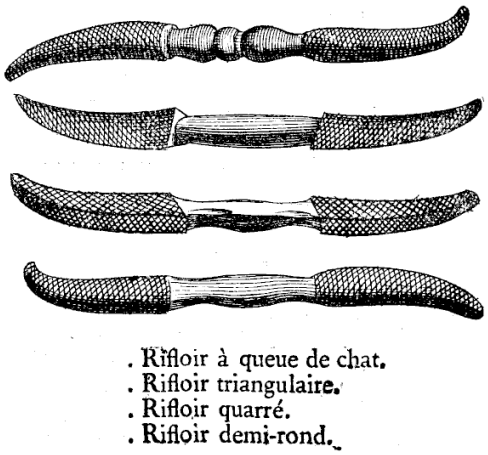



Fig. 95 à 98. — Riflards ou rifloirs du XVIII[e] siècle. Ciseleur-damasquineur (*Encyclopédie*).

La râpe était constituée par un anneau d'acier « taillé en râpe » et fixé sur l'arbre d'un moteur hydraulique.

Les débris d'os, maintenus dans un cadre de bois, étaient pressés, autant qu'il était besoin pour faire mordre la râpe, par un levier sur lequel appuyait la main de l'ouvrier [17].

### 8. — Anciens procédés manuels de la taille des limes.

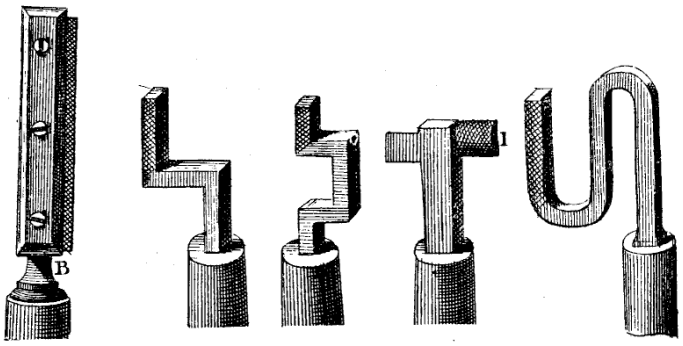
Nous avons dit que les dents de l'écouenne ancienne étaient faites à l'aide d'une lime; que les dents des râpes étaient relevées au poinçon et que les dents des limes étaient frappées, c'est-à-dire produites par deux tailles croisées, incisées par le choc du marteau.

Le moine THÉOPHILE a donné dans son manuscrit *Diversarum artium schedula* (Essai sur divers arts), les procédés de fabrication de la lime au XII[e] siècle.

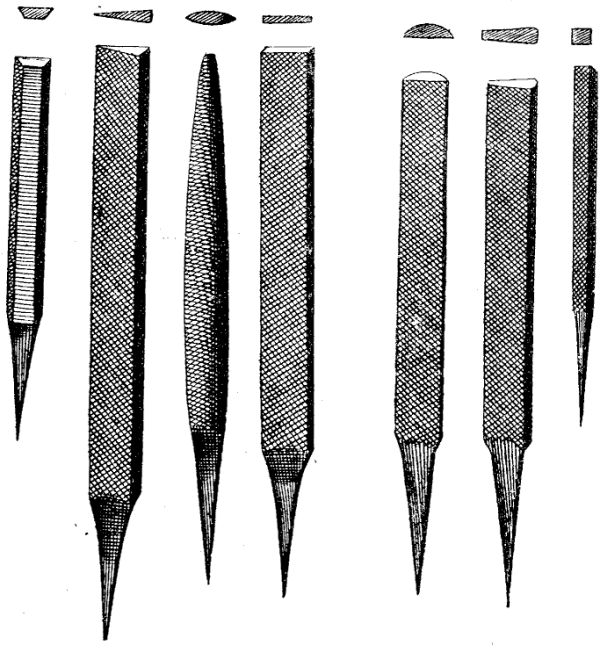
(17) DE LASTEYRIE, *Collection de machines, d'instruments, etc.*, Paris, 1820, t. I, pl. 50, texte, p. 45.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires




. Lime à doffier. Différentes limes à timbre.



Lime à lardon.
Lime à couteau.
Lime à feuille de fauge.
Lime à charniere.

Lime à arrondir.
Lime à efflanquer.
Lime à pivots.

Fig. 99 à 110. — Limes spéciales à l'horloger. Horlogerie, pl. XIV (*Encyclopédie*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici ce qu'il dit (p. 138 de la traduction de TH. DE L'ESCALOPIER) :

« On fait les limes en acier pur, grandes et moyennes, carrées, à trois « côtés, rondes : d'autres aussi, plus « fortes du milieu, de fer doux en « dedans, au dehors recouvertes d'a- « cier.

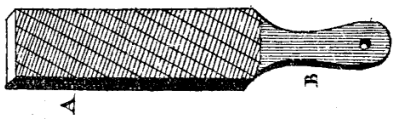



Fig. 111. — Grande lime plate.
Orfèvre-joaillier, pl. XI (*Encyclopédie*).

« Après les avoir battues selon la « grandeur que désire leur donner l'ou- « vrier, on les égalise sur le rabot; « dans cet état, on les taille avec un marteau à deux tranchants. On en taille

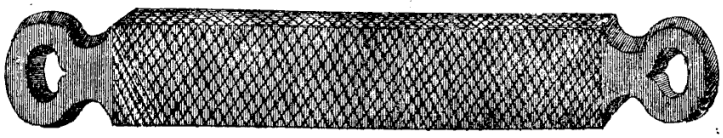
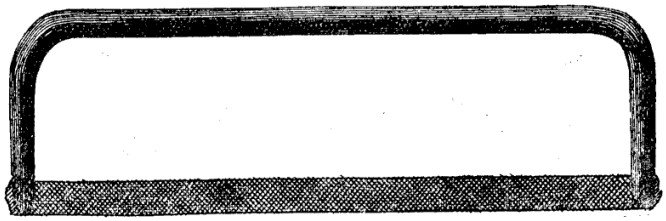


Fig. 112. — Grande lime à dresser les anches.
[*Art du facteur d'orgues*, pl. VIII, par DOM BEDOS de Celles (1766)]

« aussi d'autres avec le fer à couper (le ciseau) dont nous avons parlé plus « haut : au moyen de ces limes on doit unir le travail préalablement limé



**Arcelet de fer monté d'une feuille d'acier taillée en lime & en ſcie, ſervant à ſcier les maſſelottes & à les ſéparer de la piece,**

Fig. 113. — Lime-scie. Fonte des canons, pl. XVI (*Encyclopédie*).

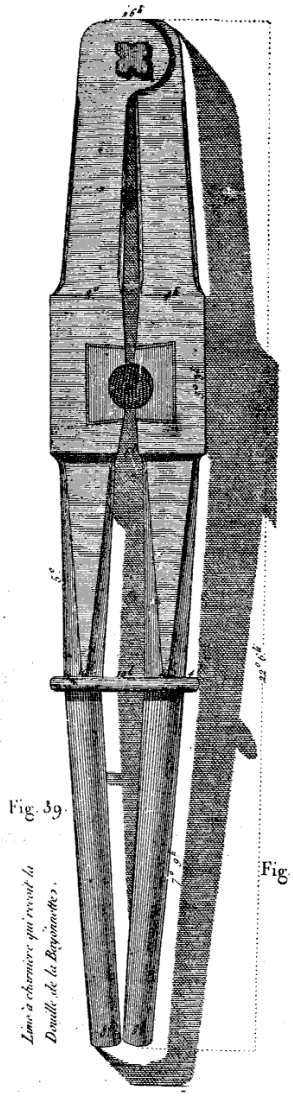
« avec de plus grosses. Lorsqu'elles auront été taillées de toutes faces, faites « leur trempe de cette manière :

« Brûlez au feu de la corne de bœuf, raclez-la, mêlez-y un tiers de sel, et

Fig. 114. — Lime à décroûter la fonte.
Forges, 3e section, pl. VIII (*Encyclopédie*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« broyez fortement. Mettez ensuite la lime au feu ; lorsqu'elle sera chauffée



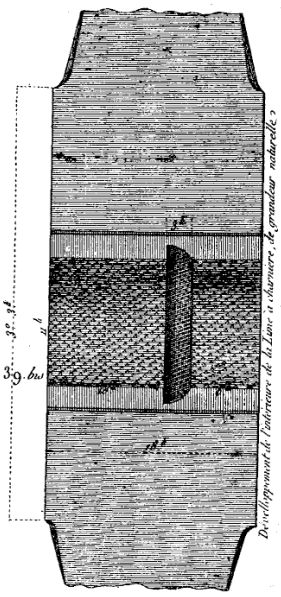




Fig. 115. — Outil à charnière dont la surface circulaire intérieure est taillée en lime (ajustage des douilles de baïonnettes au XVIII^e siècle).

Fig. 116. — Lime de forme de l'outil à charnière de la figure 115.

« au blanc, vous la saupoudrerez partout de cette préparation, vous appro-
« cherez des charbons bien ardents, vous soufflerez vivement de toutes parts

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« pour que la température ne tombe pas. Enlevant aussitôt, éteignez égale-
« ment dans l'eau, retirez, puis vous sécherez sur le feu. Vous tremperez
« ainsi toutes celles qui sont d'acier.

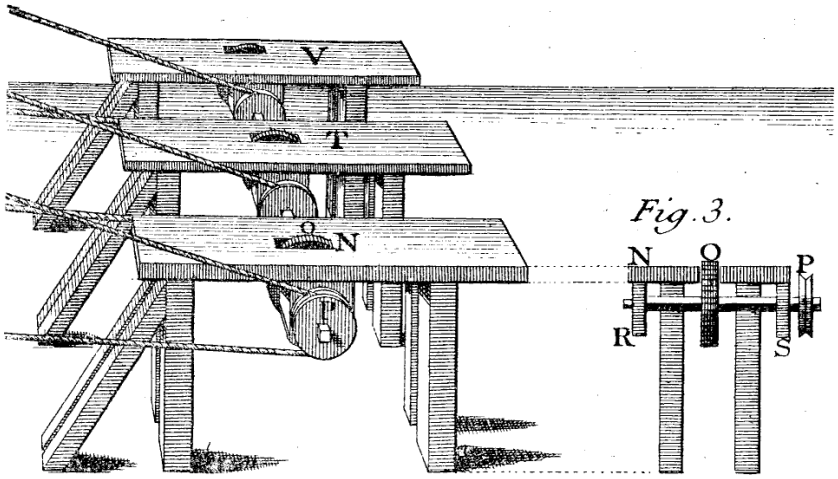



Fig. 117. — Machine à fraiser les canons de fusils de Villons, en 1716.
(*Recueil des machines de l'Académie*, t. III, p. 71.)

« Vous en ferez semblablement de petites, carrées, demi-rondes, trian-
« gulaires, minces, de fer doux, et vous les tremperez ainsi. Après les avoir

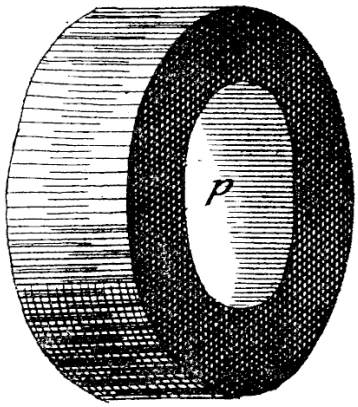



Fig. 118. — Meule de fer cémenté taillée en écouenne fine (1718).
(*Art de l'épinglier*, par DE RÉAUMUR, p. 18.)

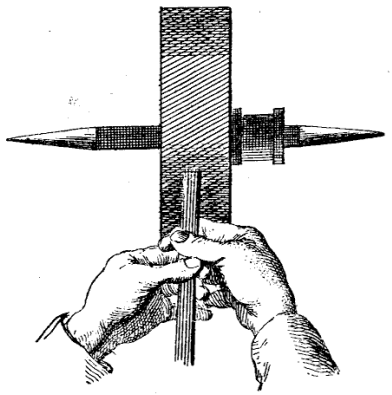


Fig. 119. — Meule d'empointeur.
Épinglier, pl. II (*Encyclopédie*).

« taillées au marteau, ou avec le fer à couper (le ciseau) ou avec un couteau,
« vous les oindrez de vieille graisse de porc, vous les entourerez de bande-
lettes coupées à un cuir de bouc et vous lierez avec un fil de lin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Vous les couvrirez ensuite une à une d'argile pétrie, laissant les queues à nu.

« Lorsqu'elles seront sèches, vous les mettrez au feu et soufflerez forte-« ment, afin que le cuir brûle : vous les dégagerez promptement de l'argile, « vous éteindrez également dans l'eau et retirant vous sécherez au feu ».

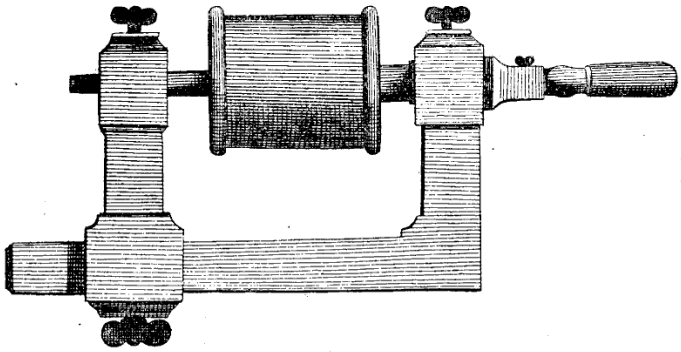


Fig. 120. — Chevalet avec la fraise de forme pour ajuster les bassinets.
[Arquebusier, pl. IV. (*Encyclopédie*, 1762)]

Le moine THÉOPHILE indique ainsi deux procédés distincts de la taille de la lime :

1° Avec un marteau à deux tranchants ;

2° Avec un ciseau.

Le premier procédé, par le marteau à deux tranchants, exigeait de

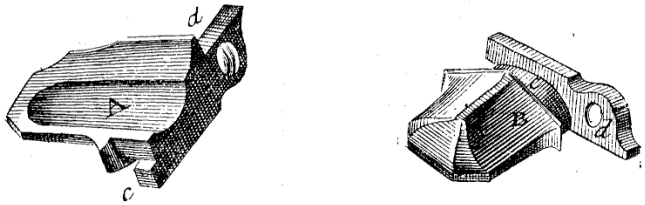



Fig. 121. — Bassinet vu par dessus et par dessous.
Arquebusier, pl. VI. (*Encyclopédie*).

l'ouvrier une grande habileté et il est probable que, souvent, la taille devait être irrégulière ; aussi conçoit-on que le second procédé, qui consiste à poser d'abord le tranchant du ciseau à l'emplacement choisi avant de donner le choc du marteau, permette à l'ouvrier de produire une taille plus régulière. Cette raison est suffisante pour expliquer que ce dernier procédé ait seul subsisté.

La bibliothèque de la ville de Nuremberg possède un livre de la fonda-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

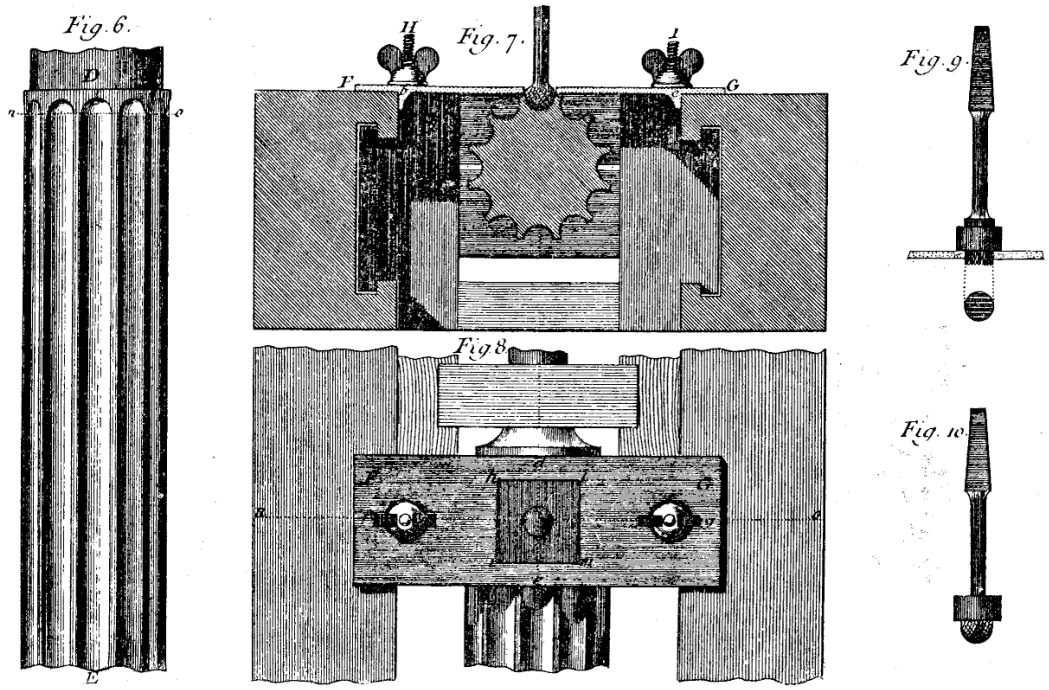



Fig. 122. — Fraises au fût pour façonner le bois. [*Art de la menuiserie*, ROUBO (1774)]

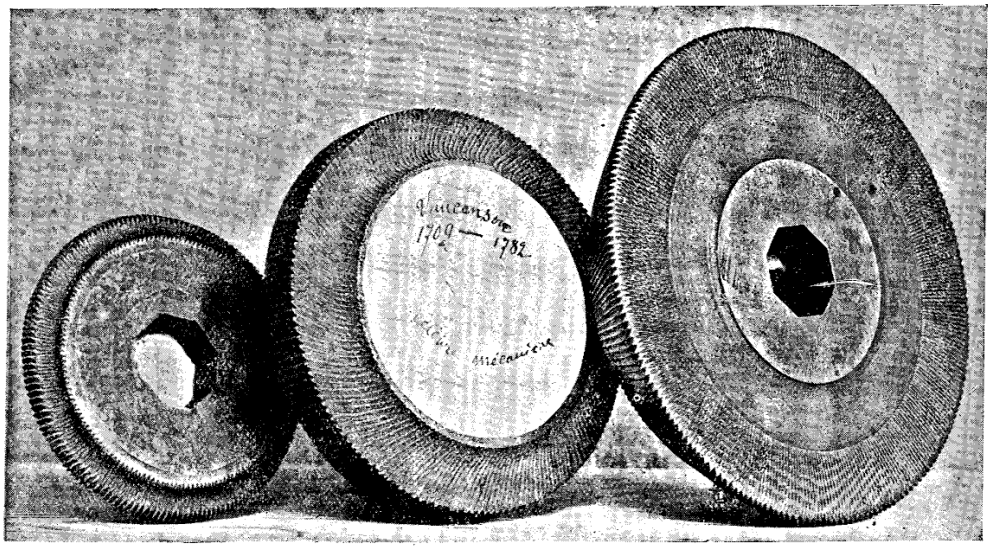



Fig. 123. — Fraises de forme, à taille en écouenne et à taille croisée, attribuées à VAUCANSON.
(Conservatoire national des Arts et Métiers, salle 32.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion Mendel, contenant des représentations d'artisans allemands du XV^e^ et du XVI^e^ siècle.

La figure 128 reproduit, d'après ce livre, un tailleur de limes en 1417, incisant au marteau à deux tranchants.

La figure 129 représente un autre tailleur de limes, en 1534, opérant, comme le font les tailleurs de limes de notre époque, au ciseau et au marteau.

La figure 130 représente d'après SANDRARDT, un tailleur de limes au XVII^e^ siècle.

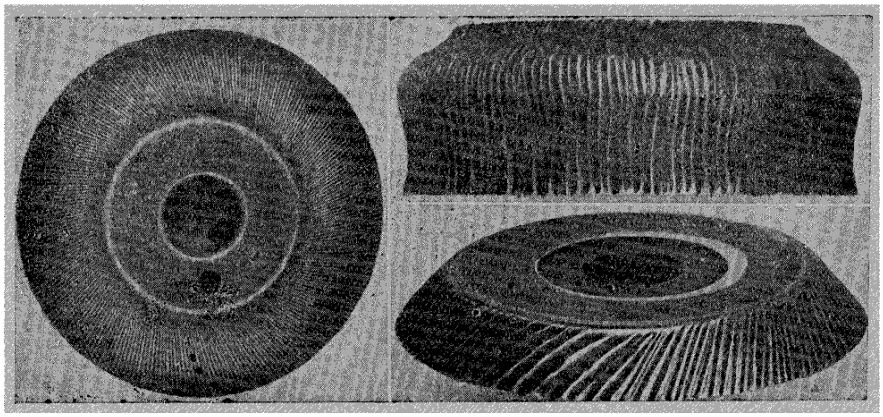


Fig. 124 à 126. — Fraises de forme dépendant de la machine à fendre les roues d'horlogerie de HULOT (1760).

### 9. — Les premières machines à tailler les limes.

Le travail de la taille d'une lime est la répétition constante et régulière d'une même opération, celle d'un coup de marteau sur un ciseau déplacé à chaque coup, de la même manière et à une même distance.

Cette uniformité du travail devait faire naître, chez les praticiens, la pensée de l'exécuter mécaniquement et automatiquement.

La première machine à tailler mécaniquement la lime est dessinée dans les manuscrits de LÉONARD DE VINCI.

Au folio 6, planche XIV du recueil *Il codice atlantico*, figure cette machine (fig. 133).

La lime, de forme plate, pointue, est fixée sur un bloc qui sert d'enclume; une vis en opère l'avancement graduel; des cames agissent à l'extrémité d'un marteau articulé sur un axe.

La taille croisée s'effectue successivement par deux marteaux, montés alternativement sur le même manche et ayant chacun son tranchant différemment incliné, l'un produisant la première taille, l'autre le croisé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

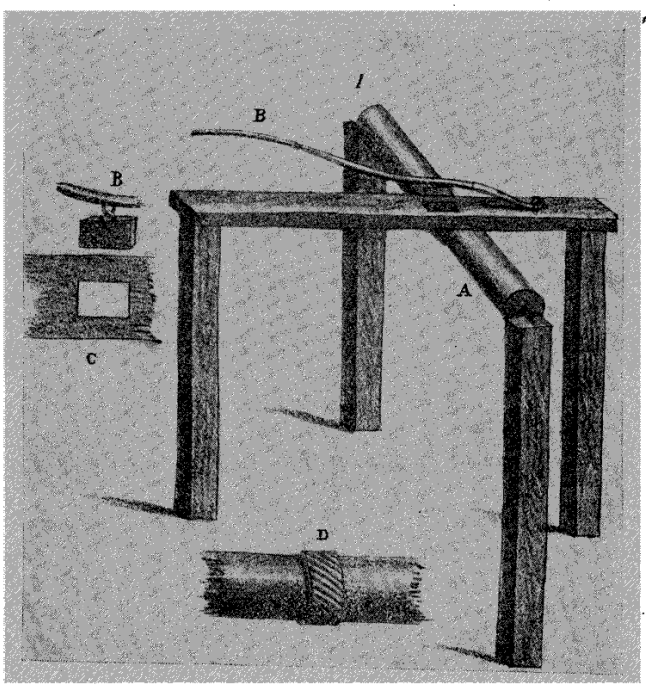



Fig. 127. — Râpe à pulvériser les os.

Fig. 128. — Un tailleur de limes allemand au XV^e siècle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 129. — Un tailleur de limes allemand au XVI[e] siècle.

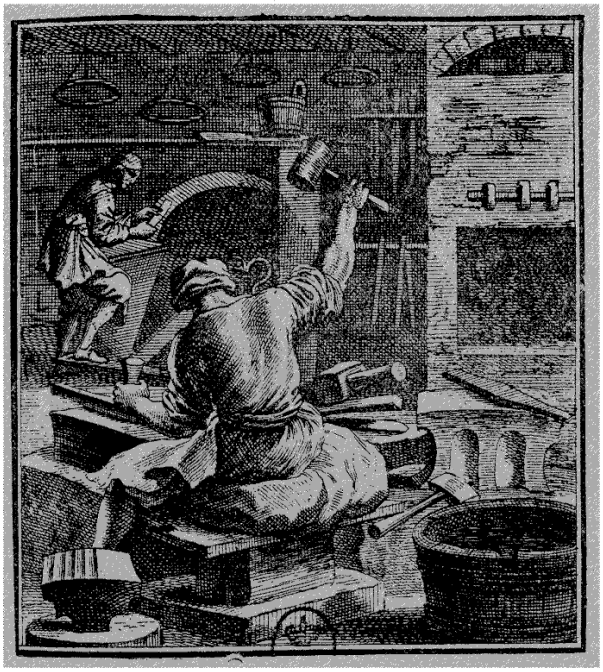


Fig. 130. – Tailleur de limes au XVII[e] siècle (SANDRARDT).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne de texte écrite au milieu de la figure est : « Modo che le lime s'intaglino per lor medesime » que je traduis : Moyen de tailler automatiquement les limes.

Un autre croquis, plutôt schématique (fig. 134), montre les deux ciseaux frappant à la fois les deux tailles sur la face d'une lime, folio 366 Vc (pl. 1249). Avec cette ligne de texte : « Modo di tagliare una lima » (Moyen de tailler une lime).

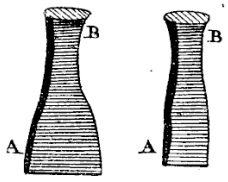



Fig. 131. — Ciseaux du tailleur de limes au XVIII[e] siècle. Taillanderie, pl. VIII (*Encyclopédie*).

Mathurin Jousse, maître serrurier à La Flèche, a publié sur son art, en 1862, un ouvrage intitulé *La fidelle ouverture de l'art du serrurier.*

Une planche (fig. 136) représente une machine à tailler les limes; le marteau, articulé au milieu de son manche, est mû à l'aide de cames; l'avancement s'effectue par crémaillère.

Parmi des modèles de machines exposées à Paris [18], en 1683, dans la rue de la Harpe, vis-à-vis de Saint-Cosme (à peu près à la hauteur de la rue des Écoles actuelle) se voyait une machine à tailler une grande quantité de limes en même temps, et d'une taille différente, par le moyen d'un moulin (fig. 137).

Les marteaux, du poids de trente livres et tombant tous d'une même hauteur, ont, suivant le besoin, l'intensité de leur choc réglée par des contre-

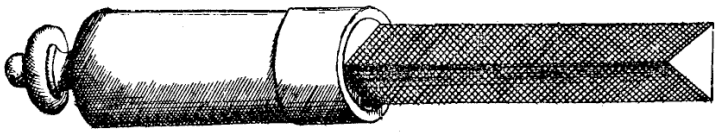


Fig. 132. — Un tiers-point au XVI[e] siècle.
[Jacques Besson, *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques*, pl. 1.]

poids en plomb; les cames qui soulèvent les marteaux agissent successivement et non ensemble, etc.

Dans le *Recueil des machines approuvées par l'Académie des Sciences*, se trouvent, en 1699, la machine à tailler les limes de Du Verger et, en 1725, les machines de Fardouël (fig. 138 et 139).

Les figures 140 et 141 reproduisent la machine à tailler les limes donnée par Thiout l'aîné, dans son *Traité d'horlogerie* publié en 1741. La figure 142 montre un croquis du XVIII[e] siècle représentant, dans un atelier de tailleur de limes, deux machines pour tailler mécaniquement.

La grande précision de l'horlogerie, au XVIII[e] siècle, nécessita un outillage

(18) *Explication des modèles des machines et forces mouvantes, etc.*, par Dubuisson. Paris, 1683, p. 6.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très soigné; aussi voit-on, à cette époque, les horlogers se construire des

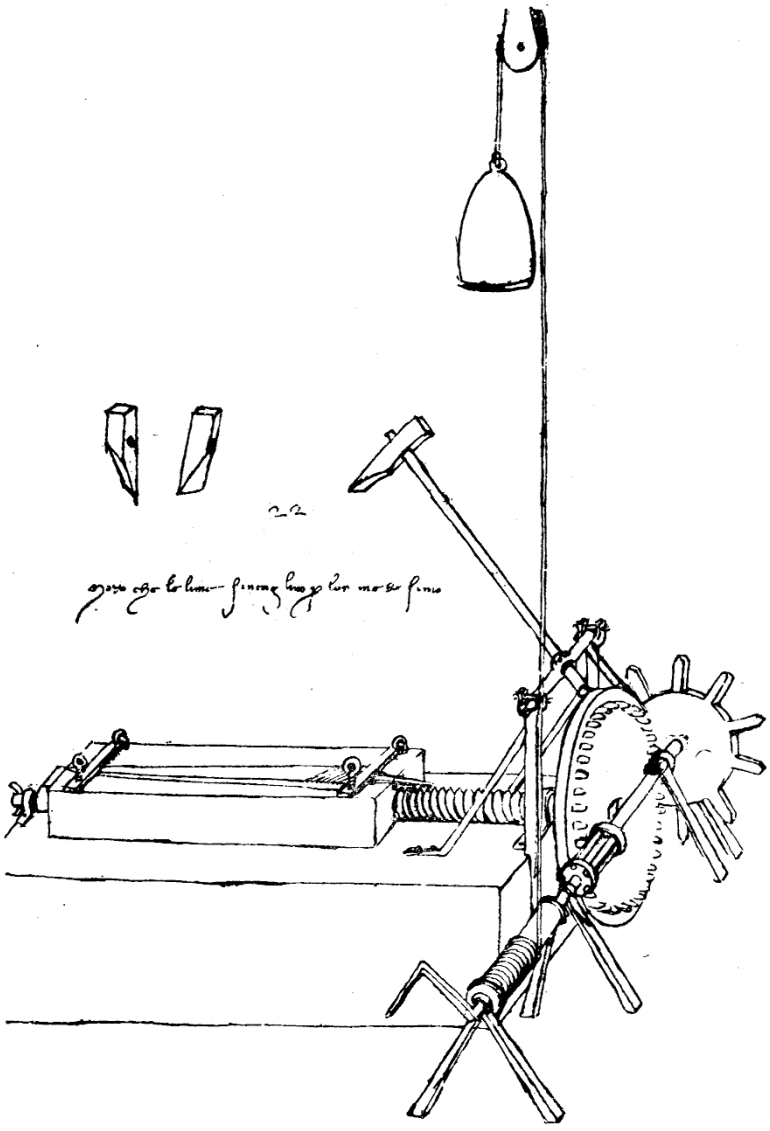


Fig 133. — Machine à tailler les limes de Léonard de Vinci, en 1505.
(*Il codice atlantico* pl. XIV).

machines à tailler leurs petites limes à formes spéciales. Le Conservatoire des Arts et Métiers, de Paris, expose, dans ses vitrines, une collection de ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petites machines originales peu connues (fig. 143 à 153); il est donc intéressant de les publier avec les légendes du catalogue.

Dans l'*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, en 1750, p. 169, une machine à tailler les limes est approuvée par l'Académie :

« Une machine à tailler les limes proposée par le sieur CHOPITEL, maître-« serrurier à Paris. Tous les mouvements s'y opèrent par le moyen de vis sans « fin, d'étoiles et de roues dentées; ce qui rend la construction plus solide, « et les effets plus précis : d'ailleurs elle taille les limes tant en allant qu'en « reculant; ce que ne pouvait faire aucune de celles qui avaient été jusqu'ici

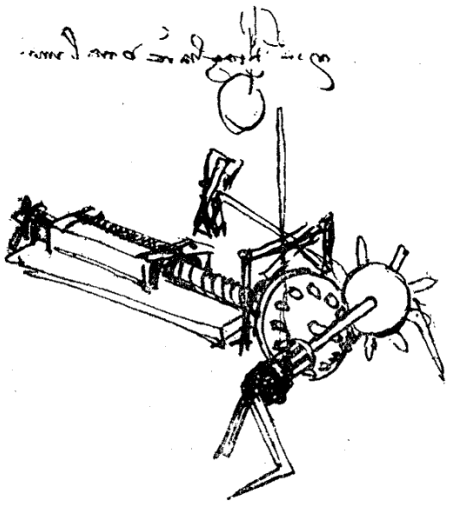


Fig. 134. — Croquis schématique montrant les deux ciseaux frappant à la fois les deux tailles sur la face d'une lime.
(LÉONARD DE VINCI, *Il codice atlantico*, folio 366 Vc.)

« inventées pour le même usage. Cette machine a paru simple et ingénieuse, « et l'Académie l'a jugée très propre à produire l'effet que l'auteur s'est pro-« posé ».

Cette machine de CHOPITEL est probablement la première machine qui ait réellement fonctionné et taillé des limes, car PONCELET, dans son *Rapport sur l'Exposition de Londres en 1851*, dit p. 14 : « L'usine d'Essonnes offrait « deux roues hydrauliques, l'une faisant marcher des marteaux, l'autre une « machine à tailler les limes, déjà approuvée par l'Académie et *privilégiée*. »

C'est ce même CHOPITEL qui a inventé en 1751 le laminage des fers profilés [19].

(19) DUHAMEL DU MONCEAU, *Art du serrurier*, 1757, pl. VI *bis*, p. 64 et 87.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'*Histoire de l'Académie*, p. 193, en 1762, est signalée la machine à tailler les limes de DURAND :

« Le Parlement ayant fait l'honneur à l'Académie de lui demander son avis sur les Lettres patentes obtenues par le sieur Durand, maître-serrurier à Paris, pour l'établissement d'une machine propre à tailler les limes de toute

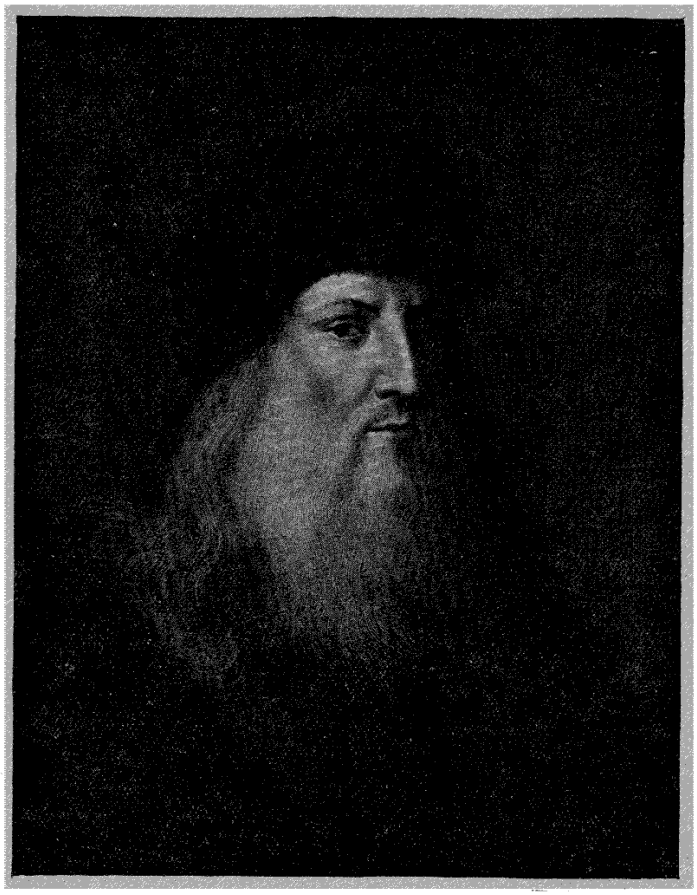


Fig. 135. — Léonard de Vinci (1452-1519)

espèce et de tout calibre, et à retailler celles qui sont usées, la Compagnie a trouvé que la machine proposée par le sieur Durand peut être très facilement montée pour différentes sortes de tailles, depuis la plus grosse, jusqu'à la plus fine, au moyen de différentes étoiles, que l'on change aisément, épargnant d'ailleurs une main-d'œuvre considérable; en travaillant à la fois huit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gros carreaux par l'action d'un seul homme sur une manivelle, elle pouvait être utilement employée. »

Cette machine pouvait, paraît-il, faire 25 limes à la fois.

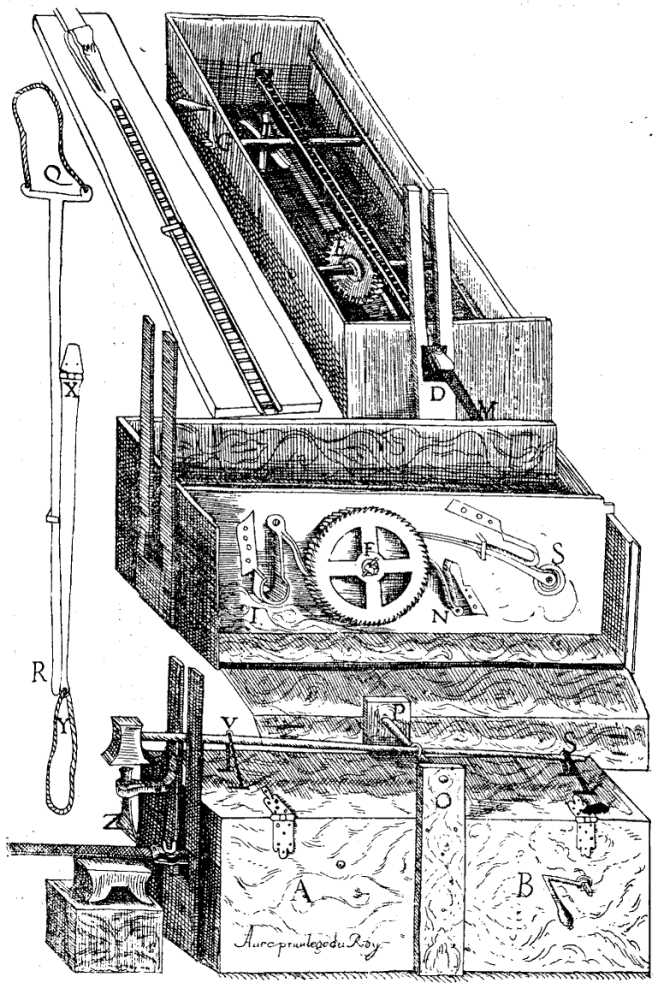



Fig. 136. — Machine à tailler les limes de MATHURIN JOUSSE en 1627.

Dans *l'Encyclopédie méthodique*, in-4, de PANCKOUCKE, 1791 (t. VIII, p. 49 et suivantes du texte de l'*Art de la taillanderie* [20], plusieurs types de

(20) A cette époque, les tailleurs de limes faisaient partie de la corporation des taillandiers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

machines à tailler les limes sont décrits, mais les gravures n'en ont pas été données.

Jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle, les machines à tailler les limes ne paraissent pas avoir donné des résultats pratiques. Ainsi JARS [21], en donnant la description

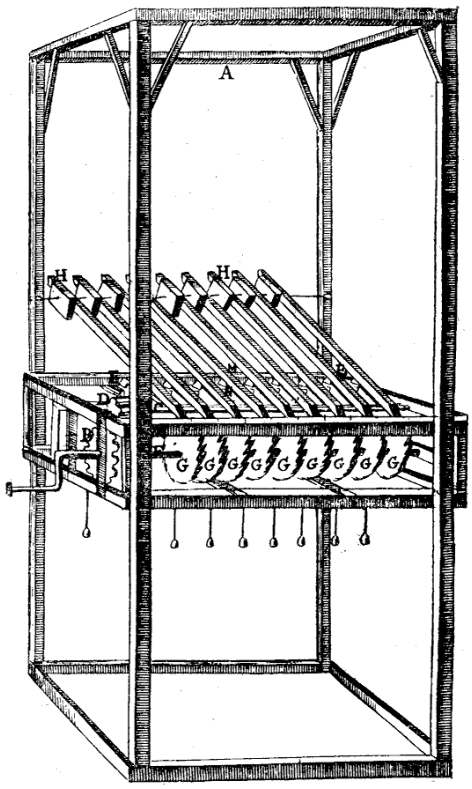



Fig. 137. — Machine pour tailler une grande quantité de limes, exposée à Paris en 1683.

de la fabrication des limes à Newcastle, en Angleterre, en 1765, constate « qu'on a essayé plusieurs fois de faire des machines ou moulins à tailler les « limes, sans avoir jamais pu réussir ». Et, pour confirmer cet insuccès, il ajoute qu'un nouvel essai a été vainement tenté dans une fabrique voisine de Newcastle.

A la fin du XVIII[e] siècle, la Société philosophique de Philadelphie a publié dans ses transactions, en lui donnant son approbation, la description d'une machine à tailler les limes dont l'auteur a voulu garder l'anonymat.

(21) JARS, *Voyages métallurgiques*, t. I, p. 229.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 154 représente cette machine dont la description est donnée t. II des *Annales des arts et manufactures*, messidor, an VIII (janvier 1800) p. 94.

Il paraît que, lorsque la lime est fixée à sa place sur cette machine et que la vis régulatrice de la taille est réglée, un aveugle peut tailler les limes avec plus d'exactitude que ne saurait le faire un ouvrier ayant la meilleure vue, par la méthode ordinaire; en frappant avec le marteau sur la tête du ciseau, tout le mécanisme est en mouvement.

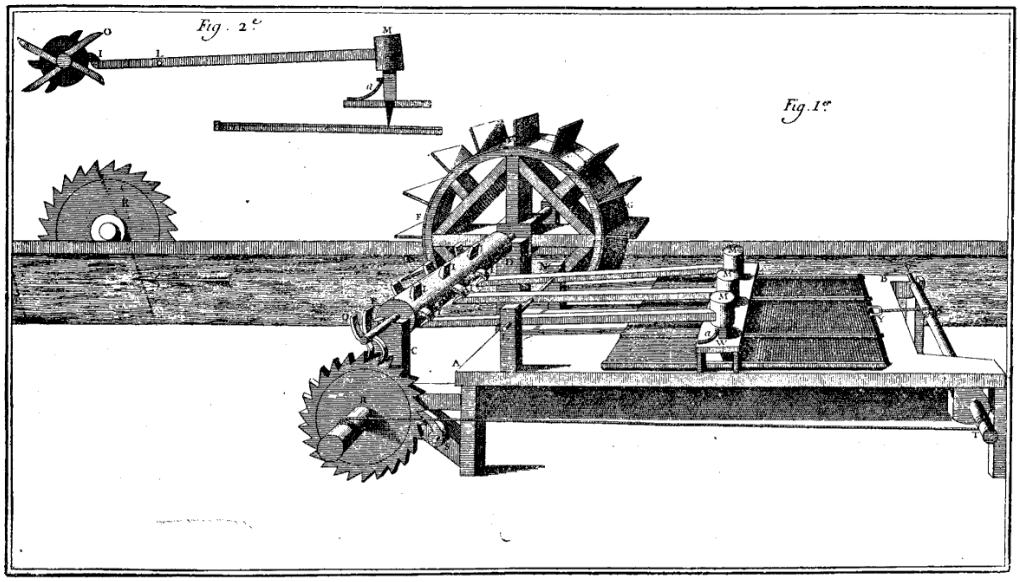



Fig. 138. — Machine pour tailler plusieurs limes à la fois, par Du Verger en 1699.
(*Recueil des machines approuvées par l'Académie des Sciences.*)

Les mêmes *Annales des arts et manufactures* donnent (t. XVI, février 1804, p. 154) la description d'une autre machine à tailler les limes dont Nicholson, très connu en Angleterre par son excellent *Journal de physique*, a obtenu un brevet, au mois d'août 1802.

En 1802, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale constate, à la page 56 de son bulletin, que, excepté quelques « machines à tailler les « limes, plus ou moins imparfaites, et dont on ne se sert pas, et les grossières « mécaniques employées en Allemagne pour tailler les grosses limes ou les « râpes, on ne connaît point de machines à tailler les limes qui puissent, « avec avantage, remplacer les bras dans cette opération, ni de fabriques qui, « par leurs produits, puissent en faire soupçonner l'emploi....



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

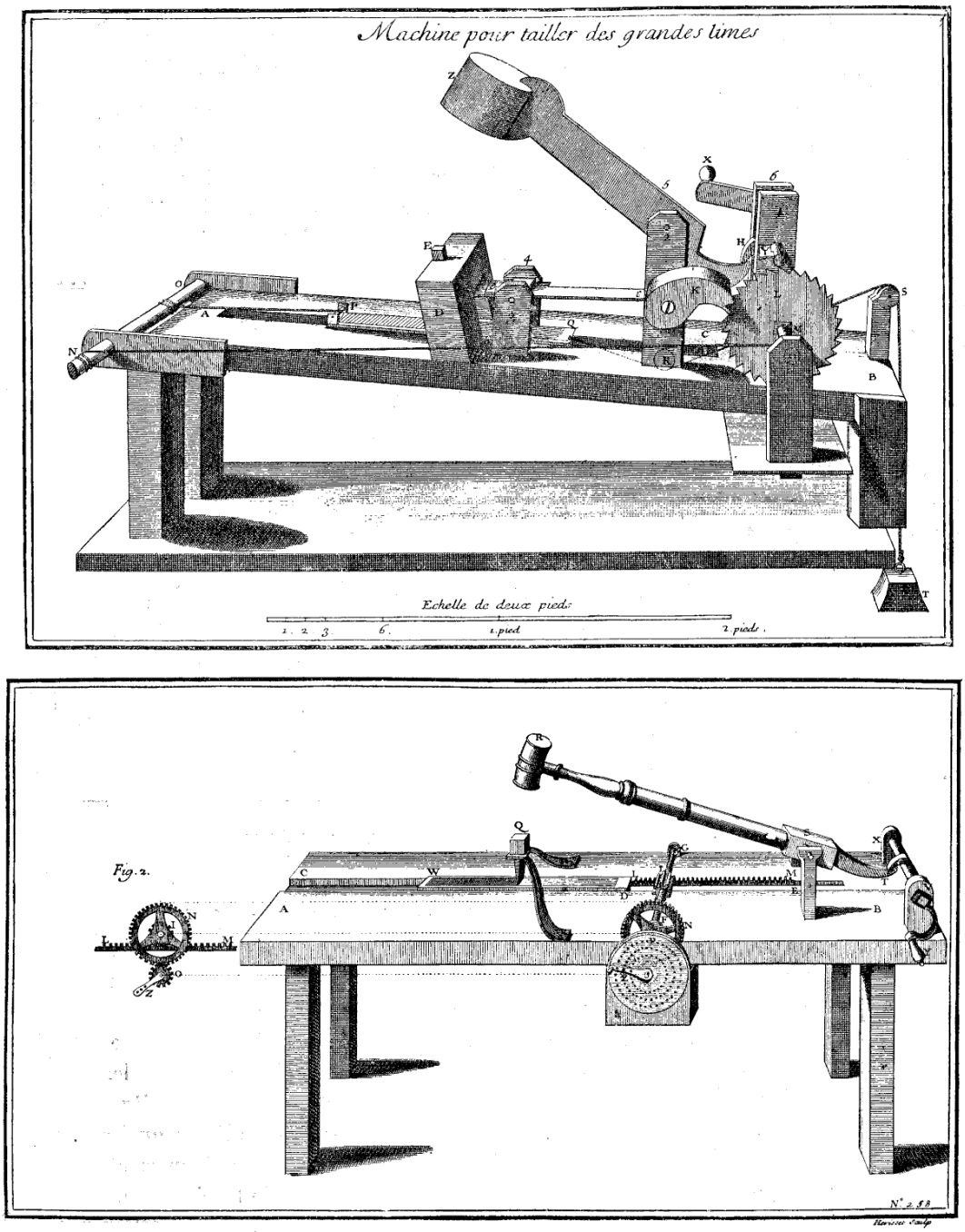



Fig. 139. — Machine pour tailler les grandes limes, par Fardoil en 1725.
Machine pour tailler les petites limes, par Fardoil en 1725.
(*Recueil des machines approuvées par l'Académie des Sciences.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Aussi a-t-on vu avec le plus grand intérêt, à l'Exposition de l'Industrie « française, en l'an VII (1798-1799), les limes taillées à Reims, par le « citoyen PERCEVAL, au moyen d'une machine de son invention. » A la troisième exposition des Produits de l'Industrie française en l'an X (1802),

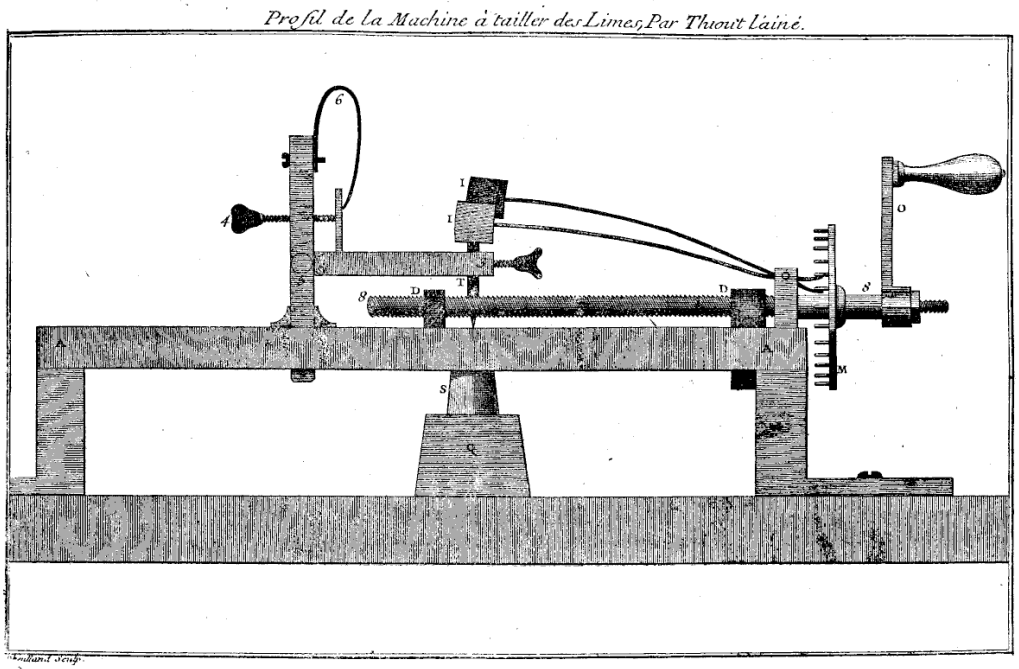



Fig. 3.

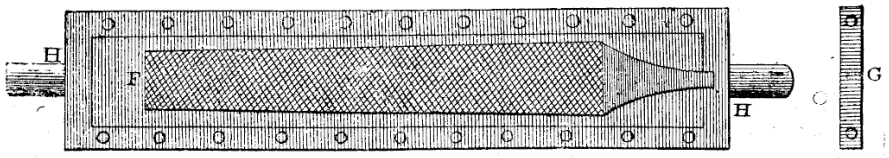



Fig. 140 et 141. — Machine pour tailler les limes, par THIOUT en 1741.

DUBOIS PÈRE, de Dijon, avait envoyé un petit modèle de machines à tailler les limes.

Dans son treizième volume, en 1814 (p. 51), la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale donne une note sur une machine à tailler les limes, inventée par M. PETITPIERRE, mécanicien, rue de la Verrerie, n° 60, à Paris, et présentée, au mois de mars 1812, au Ministre des Manufactures et du Commerce. Voici la description de cette machine :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La machine est disposée pour tailler douze limes à la fois; elle est prin-
« cipalement composée :

« 1° D'un gros tas en fer fondu pesant environ 150 kg porté sur un billot
« de bois comme une enclume;

« 2° D'une forte plaque de fer forgé, de la même forme que le tas, et
« ajustée dans deux coulisses qui lui permettent d'aller et venir comme un
« chariot; sur cette plaque les douze limes sont posées et maintenues par

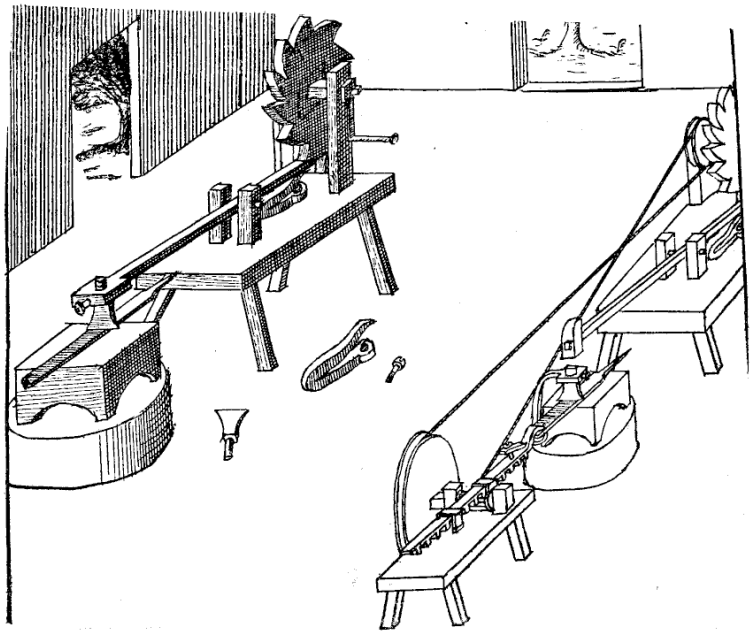


Fig. 142. — Un atelier de tailleur de limes à la machine au XVIII[e] siècle.

« deux règles d'acier portant chacune douze entailles dans lesquelles sont
« logés les bouts des limes;

« 3° D'une vis de rappel qui fait aller et venir le chariot, lorsqu'on tourne,
« dans un sens ou dans l'autre, une grande roue de tour dont la corde
« embrasse une poulie de 85 cm de diamètre fixée sur une vis sans fin qui
« fait tourner la vis de rappel;

« 4° De douze bras en fer, armés chacun d'un ciseau et articulés à une même
« traverse, soutenue vers ses extrémités, par deux colonnes fixées sur le tas.
« Les ciseaux peuvent prendre les inclinaisons nécessaires pour le croisé des
tailles;

« 5° De douze marteaux placés au-dessus des bras des ciseaux, et dont les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« manches sont fixés à une même traverse montée sur pivots entre deux pou-
« pées également assujetties sur le tas de fonte; cette traverse est armée,

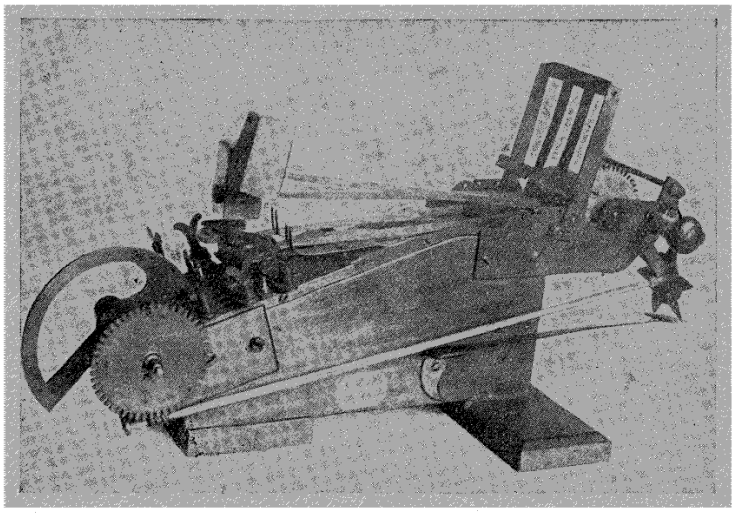


Fig. 143. — Machine à tailler les limes avec deux ciseaux.

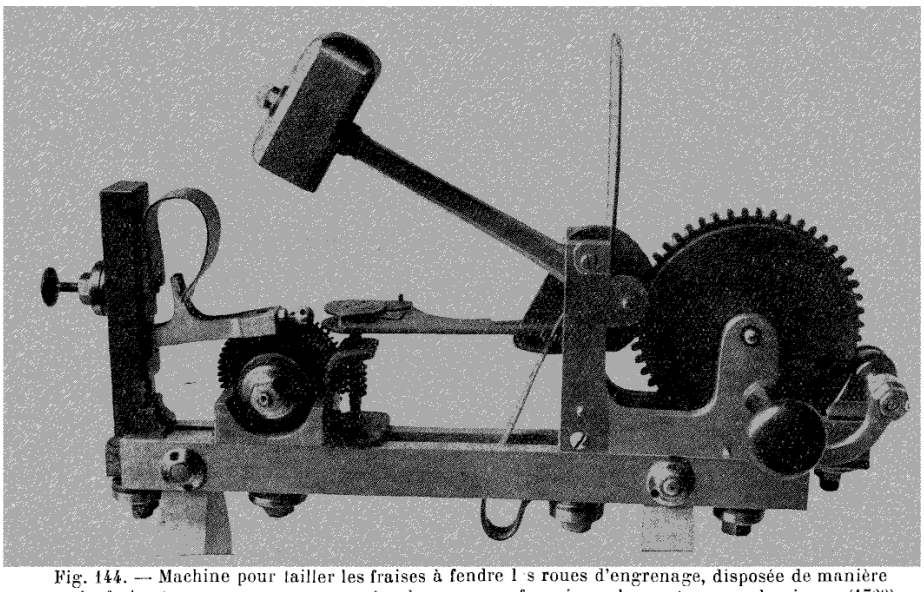


Fig. 144. — Machine pour tailler les fraises à fendre les roues d'engrenage, disposée de manière que la fraise tourne sur son axe, après chaque coup frappé par le marteau sur le ciseau (1720).

« vers le milieu de sa longueur, d'un fort bras ou levier de fer qui se pro-
« longe du côté opposé aux manches des marteaux, jusqu'à une roue montée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« sur la vis de rappel et portant à sa circonférence des cames en forme de « rouleaux qui abaissent par reprises l'extrémité du levier, au moyen d'un « plan incliné fixé à son extrémité; de sorte qu'en même temps qu'on fait « tourner la vis sans fin qui conduit le chariot de limes, on fait frapper les

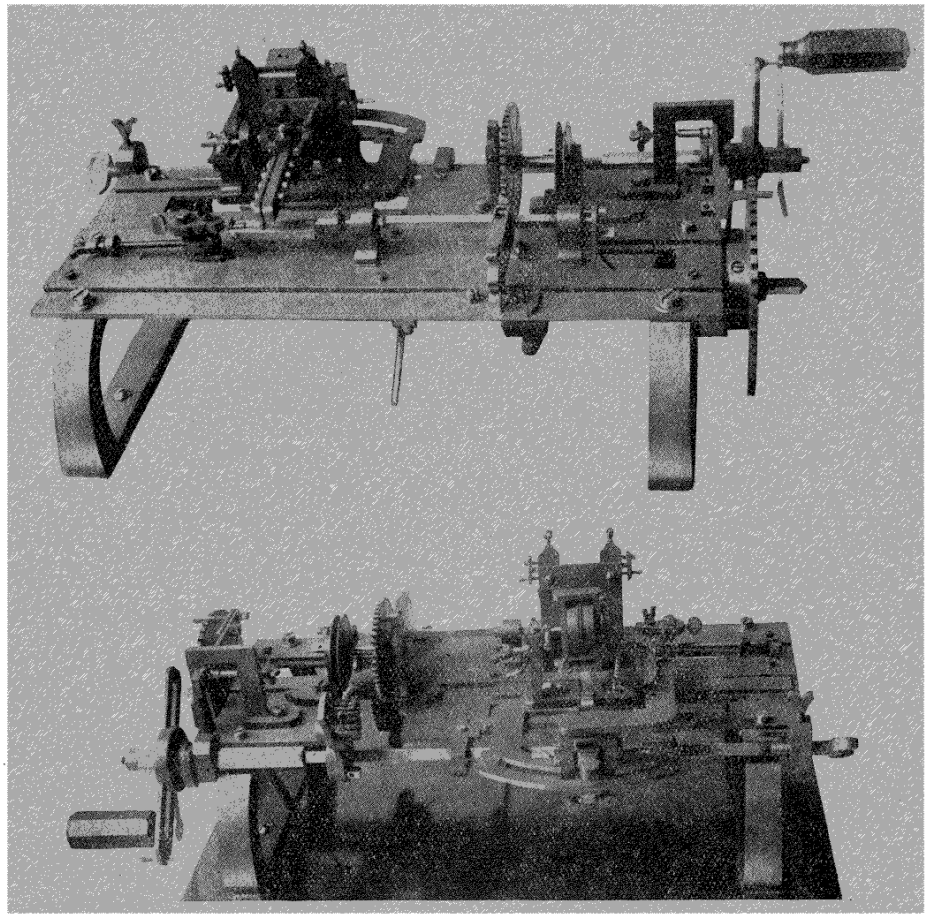


Fig. 145 et 146. — Machine à tailler les limes, dans laquelle le ciseau est remplacé par un couteau qui agit horizontalement, par P. Fardoil (1725).

« douze marteaux sur les ciseaux autant de coups par chaque tour de vis « qu'on a mis de cames sur la roue; et pour augmenter ou diminuer la force « des coups de marteau suivant la profondeur des tailles qu'on veut obtenir, « il suffit d'incliner plus ou moins le plan qui termine le levier que chaque « came fait baisser en passant.

« Lorsque la première taille est faite, on incline les ciseaux dans le sens

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« opposé, ainsi que le plan qui termine le bras du levier des marteaux; puis « on fait tourner la vis de rappel en sens contraire, et la seconde taille « s'opère à mesure que le chariot rétrograde; par ce moyen il n'y a pas de « temps perdu. »

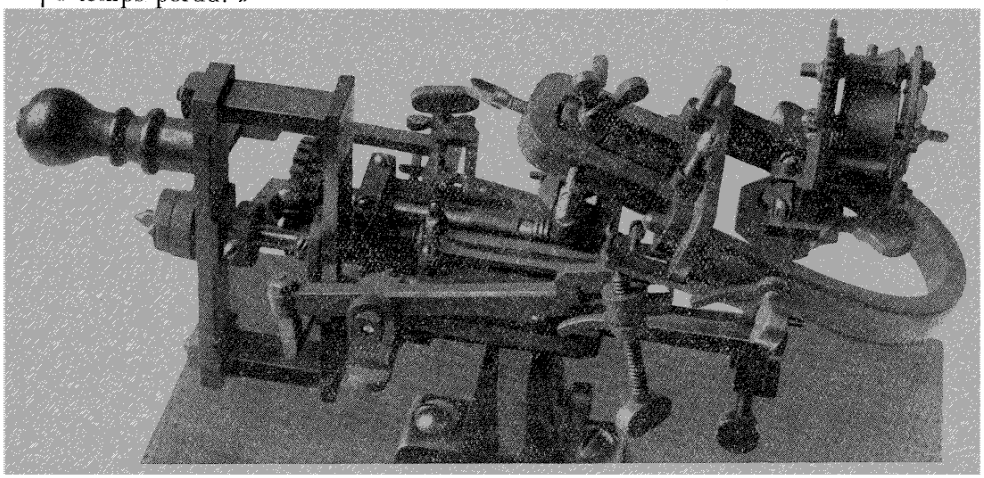


Fig. 147. — Machine à tailler les limes dans laquelle le marteau est remplacé par un ressort renfermé dans un barillet, par FARDOIL.

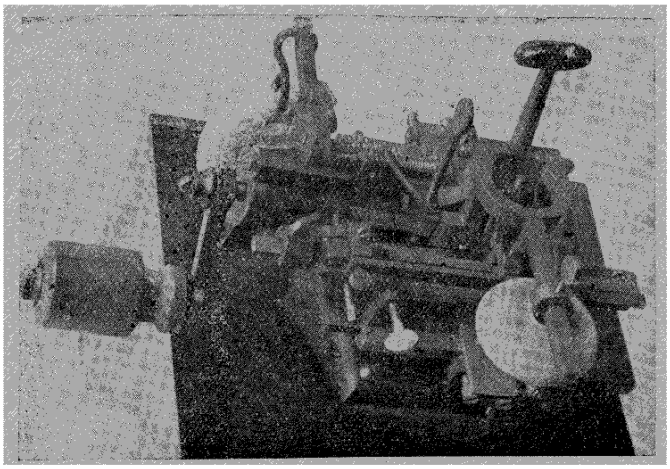


Fig. 148. — Machine à tailler les limes dans laquelle le marteau est remplacé par un levier portant une masse de plomb.

PONCELET, dans son *Rapport sur l'Exposition de Londres en 1851*, cite (p. 101) une machine à tailler les limes qu'il a vu fonctionner avant 1820 chez les inventeurs, GLAVET FRÈRES, mécaniciens à Metz.

A l'Exposition de Paris en 1827, RENETTE ET Cie, mécaniciens-armuriers,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

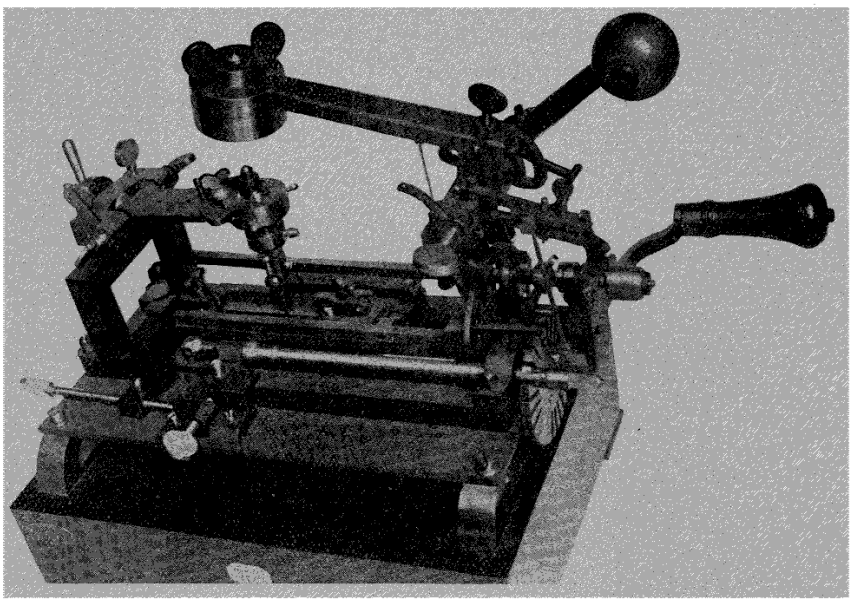


Fig. 149. — Machine à tailler les limes permettant de régler à volonté le coup de marteau, par FARDOIL.

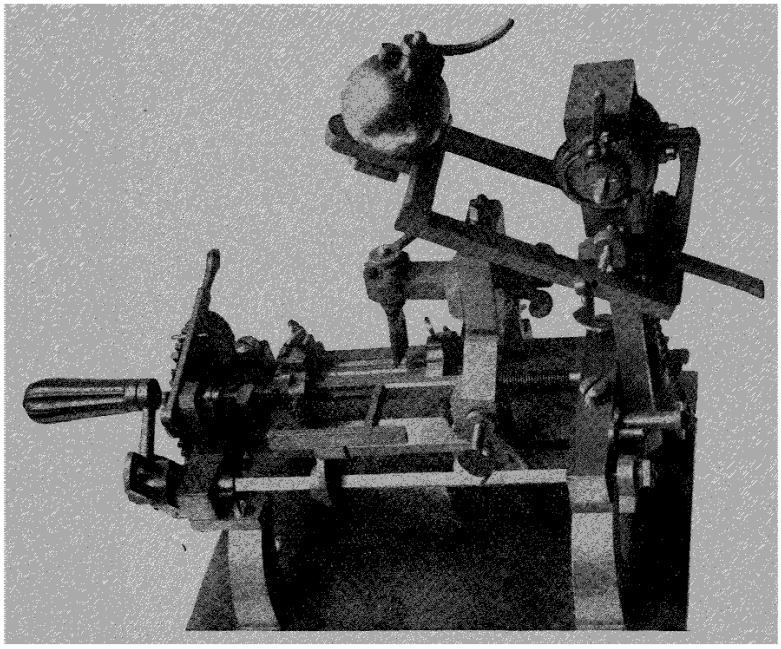


Fig. 150. — Machine à tailler les limes, par FARDOIL.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

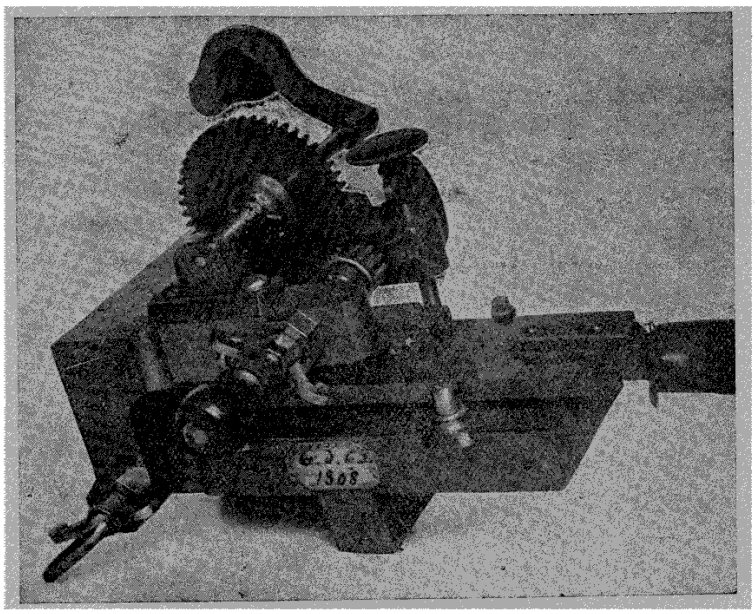


Fig. 151. — Outil à figurer et tailler les limes employées à arrondir les roues et les pignons, par Berthoud (1766).

ont exposé des *limes taillées à la machine* dans leurs ateliers, 60, rue Popincourt, à Paris.

Dans les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers, il y a deux modèles anciens de machines à tailler les limes.

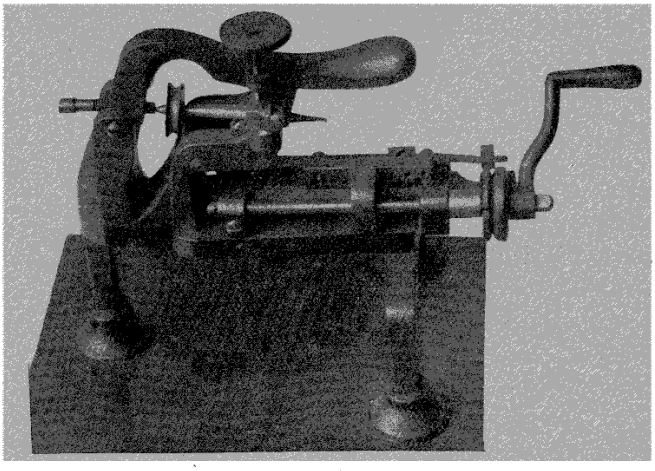


Fig. 152. — Outil à tailler les petites limes employées à arrondir les dents des roues de pendules, par Féron (1785).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 155 et 156 sont les photographies d'un de ces modèles, entré en 1814.

Cette machine est assez analogue à celle de Du Verger (fig. 138);

Les figures 157 et 158 montrent les deux faces de l'autre modèle.

Guillaume Bocquet prit, le 17 novembre 1838, un brevet pour une machine à tailler les limes [22] dont les principes reposent sur l'idée :

1° D'élever ou d'abaisser l'enclume, selon que l'épaisseur des limes diminue ou augmente à mesure qu'elles se présentent sous le ciseau;

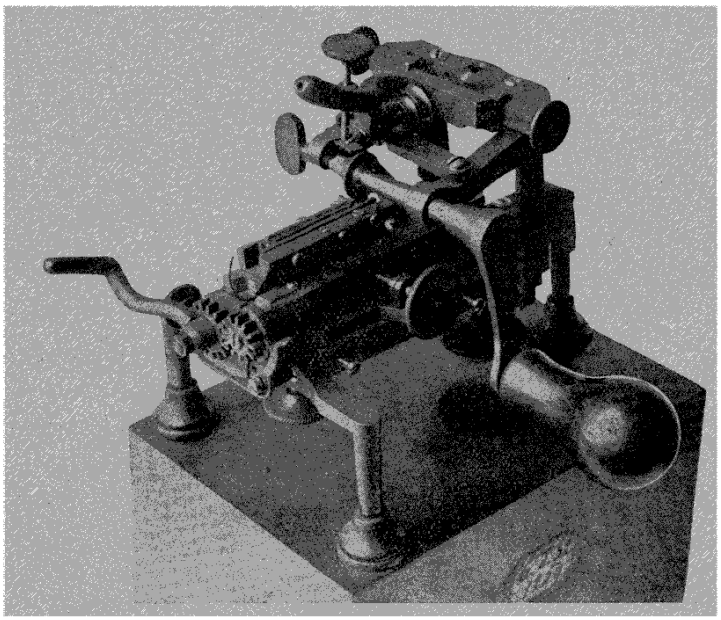


Fig. 153. — Outil à tailler les petites limes employées à arrondir les dents des roues de montres, par Féron (1785).

2° D'augmenter ou de diminuer la force du coup de marteau sur les ciseaux, en raison de l'accroissement ou de la diminution de la largeur de la lime;

3° De maintenir les ciseaux, soit latéralement contre la pièce qui les porte, soit verticalement dans leur action sur les limes, au moyen de ressorts combinés à cet effet;

4° De régler la force des coups de marteaux selon la nature des limes à fabriquer, en comprimant à volonté les ressorts liés aux marteaux;

5° De placer les limes sur un chariot portant des ressorts qui maintiennent les extrémités des limes, de manière à leur empêcher tout mouvement latéral ou longitudinal et de bas en haut, et de les assujettir fortement sur

(22) *Histoire documentaire de la mécanique française*, par Émile Eude, 1902, p. 248.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'enclume, au moment de la taille, tout en ne les comprimant pas d'une manière fixe ou serrée;

6° De faire tourner l'enclume, sur laquelle les limes sont taillées, de manière à augmenter ou diminuer son rayon en proportion de l'épaisseur des limes.

La première machine réellement pratique, bien étudiée et permettant une fabrication industrielle, a été imaginée par BERNOT à Paris; cette machine, construite par GRENWOOD ET BATLEY, à Leeds, en Angleterre, fut exposée à Londres en 1862.

La figure 159 en donne les détails d'après le *Génie industriel* (t. XXVII, 1864, p. 64). Cette machine est le prototype des machines actuelles [23].

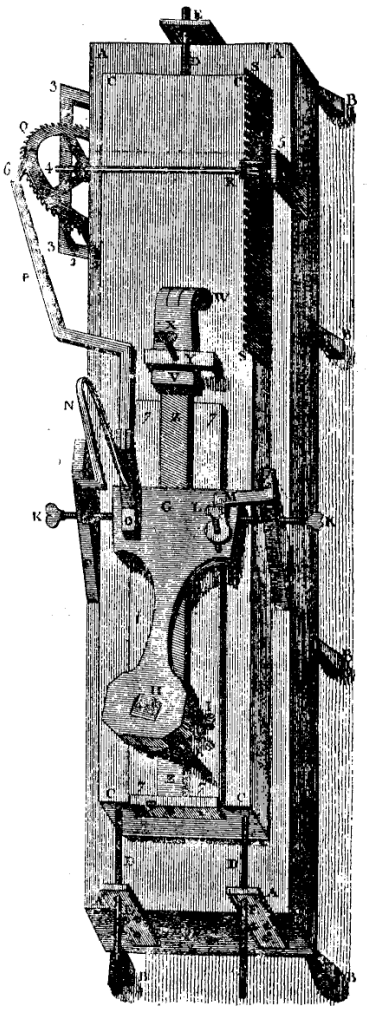


Fig. 154. — Machine américaine pour tailler les limes, en 1799.

### 10. — Début de la fabrication française des limes.

Jusqu'à la fin du XVIII[e] siècle, la France tirait toutes ses limes de l'Angleterre et de l'Allemagne [24].

Plusieurs fabriques de limes avaient essayé de s'établir, mais la plupart ne purent soutenir la concurrence de l'étranger, soit à cause de l'imperfection de leurs produits, soit à cause du haut prix de leur fabrication.

Aussi avait-on vu avec le plus grand intérêt, à la *première Exposition des produits de l'industrie française en l'an VI* (*1798*), les limes taillées à Reims, par PERCEVAL, au moyen d'une machine de son invention.

(23) En 1867, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale proposa un prix de 3.000 fr, dont les fonds étaient gracieusement mis à sa disposition par M. Taborin, pour une machine à tailler les limes.

Plusieurs projets furent présentés par MM. Dalhoff, Mondon, Boutin, Petit, etc. Je ne connais pas le résultat de ce concours, clos le 1[er] janvier 1879, mais je rappelle le fait, pour montrer l'intérêt que la Société d'Encouragement portait à la fabrication de la lime.

(24) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, t. I, 1802, p. 57.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A cette exposition figuraient les limes de RAOUL. En 1792, RAOUL avait installé à Paris (d'abord 28, place Thionville, puis, plus tard, 14, rue Popincourt) une fabrique de limes; mais malgré plusieurs essais comparatifs entre les limes de cet artiste et les meilleures du commerce de provenance étrangère, essais qui avaient toujours été à l'avantage des premières, la plupart des esprits étaient prévenus contre les limes françaises.

Le Lycée des Arts pensa qu'un moyen assuré de convaincre les plus

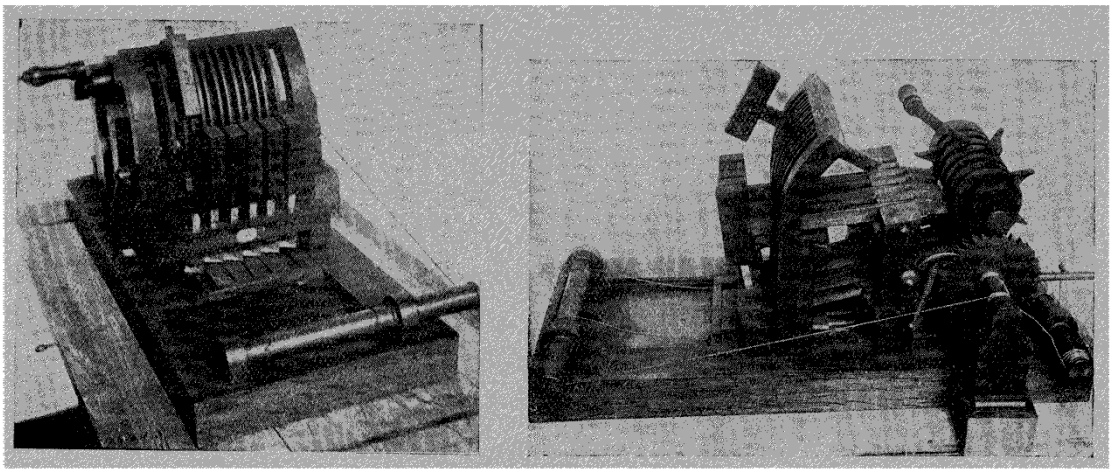


Fig. 155 et 156. — Machine pour tailler les limes (n° 765, Conservatoire des Arts et Métiers, salle n° 31).

obstinés était de faire une comparaison publique entre les limes de RAOUL et les meilleures qu'on pourrait leur opposer.

A cet effet, il fit inviter tous les artistes, les amateurs et les chefs de grands ateliers à se réunir pour cet objet, et à apporter les limes anglaises les plus parfaites qu'ils pourraient posséder.

Cette réunion eut lieu à l'Oratoire, le quatrième jour complémentaire de l'an IX (21 septembre 1801); elle fut présidée par Frochot; Gillet-Laumont, membre du Conseil des Mines, s'y trouvait en qualité de commissaire du Gouvernement.

Les expériences comparatives furent faites avec le plus grand scrupule; plusieurs artistes avaient apporté des limes anglaises, qu'ils conservaient précieusement, à cause de leur bonté; mais tous les essais furent en faveur des limes de RAOUL.

Il fut dressé un procès-verbal détaillé de toutes les épreuves qui furent faites et le procès-verbal fut signé par tous les artistes présents; il prononce de la manière la plus évidente, non seulement que les limes du citoyen RAOUL sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi bonnes que les limes anglaises, mais qu'elles leur sont même supérieures. Et ce ne peut être que par préjugé, par jalousie ou mauvaise foi, si l'on préfère encore, en ce genre, les produits étrangers aux produits nationaux.

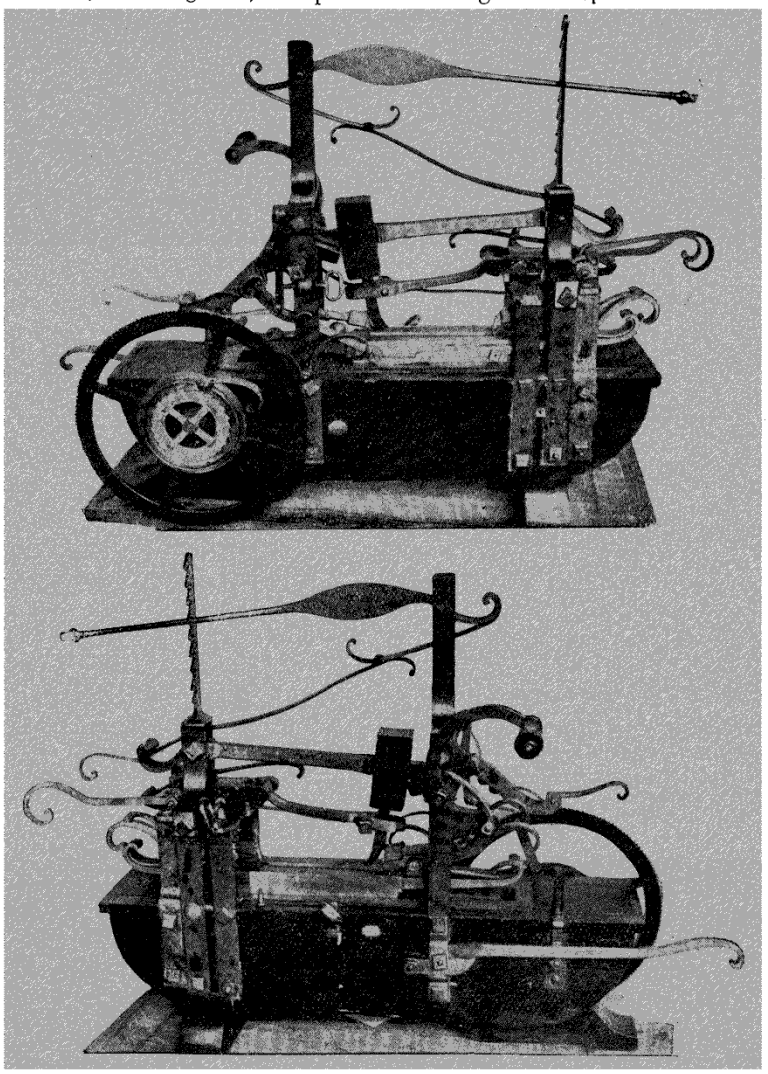


Fig. 157 et 158. — Machine pour tailler les limes (n° 4 162, Conservatoire des Arts et Métiers, salle n° 31).

A la *seconde Exposition en l'an IX* (*1801*), des fabricants de Dilling (Moselle), MM. Soller, Guentz, Gouvi et C^ie^, exposèrent aussi des limes avec d'autres articles de quincaillerie, des scies, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A la *troisième Exposition en l'an X* (*1802*), on vit un nouveau fabricant,

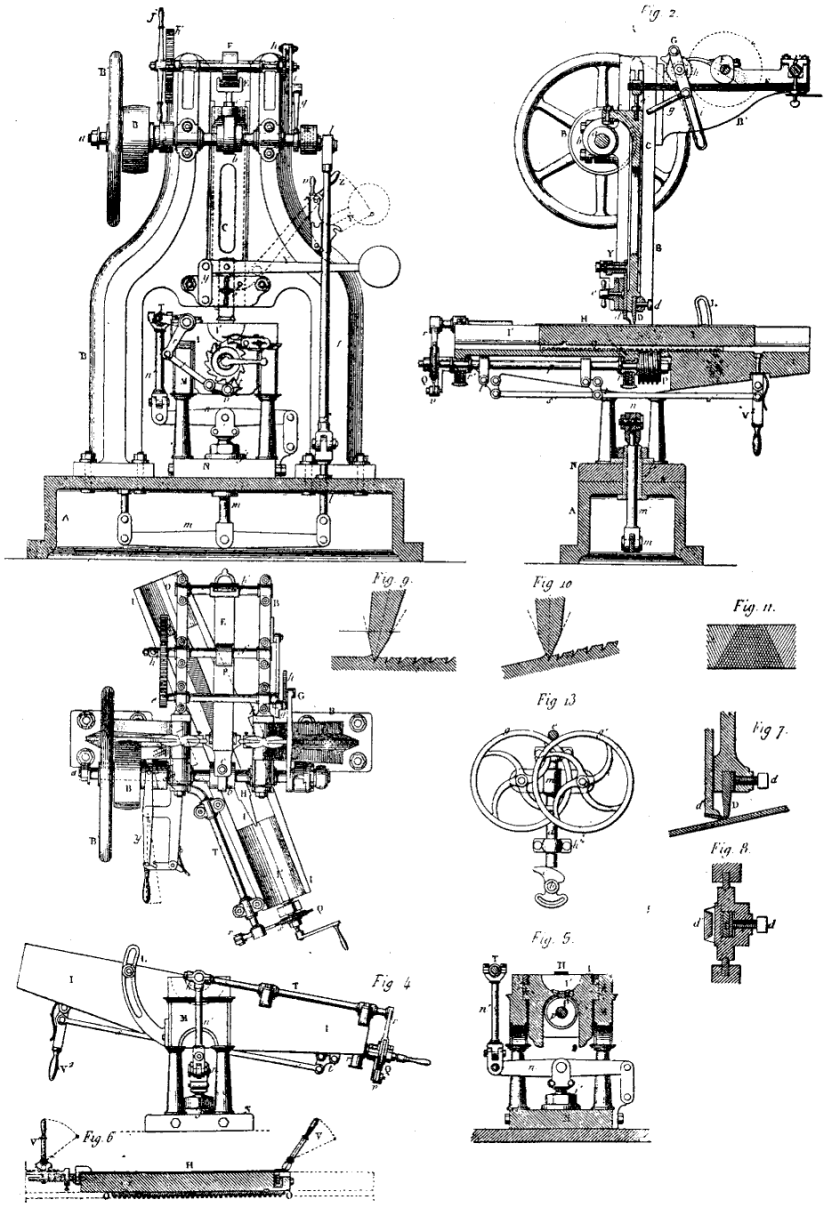



Fig. 159. — Machine pour tailler les limes, imaginée par Bernot en 1862.

Ducrusel, d'Amboise (Indre-et-Loire) dont, suivant le rapport du jury : « la fabrique est une des premières de France où l'on ait fait des limes ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* (t. v, septembre 1806, p. 52) nous apprend que la Convention nationale avait établi à Annecy, département du Mont-Blanc, une fabrique de limes, dont les produits très estimés *approchaient* même des limes anglaises. On y avait fabriqué 130 douzaines de limes toutes de bonne qualité.

J'ai relevé pour les expositions suivantes du premier tiers du XIX^e^ siècle, les noms des nouveaux exposants parmi les fabricants de limes. Ce sont :

*Troisième Exposition*, en l'an X (1802).

Avec Raoul et Ducrusel déjà signalés :
Martial-Louis Fabrier, de Bourganeuf (Creuse).
Sabatier, préfet de la Nièvre, limes, fer et acier.
Fabrique de Saint-Étienne.

*Quatrième Exposition*, en 1806.

Brunon aîné et Gautier, à Caen (Calvados).
Poncelet, à Liége.
Ateliers de l'École d'Arts et Métiers de Compiègne (transférée depuis à Châlons-sur-Marne).

*Cinquième Exposition*, en 1819.

Garrigou et Jagerschmidt, à Toulouse (Haute-Garonne).
Irroy, à Arc près Gray (Haute-Saône).
Monmouceau et Dequenne, à Orléans (Loiret).
Musseau, à Paris, 187, rue du Faubourg-Saint-Antoine.
De Rivals, à Gincla (Aude).
Rochet, à Bèze (Côte-d'Or).
Ruffié, à Foix (Ariège).
Saint-Bris, à Amboise (Indre-et-Loire).

*Sixième Exposition*, en 1823.

Abat, Sans et Morlière, à Pamiers (Ariège).
Aubert et Somborn, à Boulay (Moselle).
Coulaux et C^ie^, à Molsheim (Bas-Rhin).
Contamine, à Paris, 105, faubourg Saint-Antoine.
Dequenne, à Raveau (Nièvre).
Dessoye, à Brevannes (Haute-Marne).
Fouques, à Pont-Saint-Ours (Nièvre).
Jauniez et C^ie^, au Paraclet (Aube).
Léger et Emon, à Chaville (Seine-et-Oise).
Pupil, à Paris, 64, rue de l'Oursine.
Rémond, à Versailles (Seine-et-Oise).
Renard, à Paris, rue Gervais-Laurent, n° 1.
Schmidt, à Paris, 24, chaussée de Ménilmontant.

*Septième Exposition*, en 1827.

Armbruster, à Paris, passage de la Marmite, rue Frépillon.
Fabrique d'acier d'Illkirch (Bas-Rhin).
Gourjon de la Planche, au Cholet (Nièvre).
Guenan père et fils, à Thiers (Puy-de-Dôme).
Pallarès à Boulleternère (Pyrénées-Orientales).
Renette et C^ie^, à Paris, 60, rue Popincourt.

*Huitième Exposition*, en 1834 (25 fabricants de limes et râpes exposants).

Béranger et Petit, à Orléans (Loiret).
Dumont, à Paris, 12, rue de la Santé.
Frichu de Brye et C^ie^, à Saint-Étienne (Loire).
Froid (Jacques-François), à Paris, 26, rue de la Fidélité.
Gérard et Miélot, à Brévannes (Haute-Marne).
Mme Maillard-Salins et fils, à Valentigny (Doubs).
Rayot, à Monbéliard (Doubs).
Rupil, à Paris, 23, rue des Bourguignons.
Soudry et Berquiot, à Saint-Étienne (Loire).
Talabot (Léon), à Toulouse (Haute-Garonne).

(*A suivre.*)

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN JUILLET, AOUT ET SEPTEMBRE 1930.

BRUNOLD (CHARLES). — **L'entropie**. Son rôle dans le développement historique de la thermodynamique. In-8 (24 × 15) de 221 p. Paris, Masson et C^ie^, 1930. **17880**

BRUNOLD (CHARLES). — **Le problème de l'affinité chimique et de l'atomistique**. Étude du rapprochement actuel de la physique et de la chimie. In-8 (24 × 15) de 118 p. Paris, Masson et C^ie^, 1930. **17881**

PRIAULT (L.) et THOMAS (CH.). — **Traité du renvideur pour laine cardée**. 2^e^ édition revue et augmentée. In-8 (25 × 16) de 339 p., 127 fig. Paris, A. Renard-Morizot, 35, rue Fontaine (9^e^). **17882**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Krupp, 1812-1912.** Zum 100. jährigen bestehen der Firma Krupp und der Gusssltahfabrik zu Essen-Ruhr. In-4 (32 × 27) de 417 p. (*Don du Génie civil*). **17883**

HOLDE (D.). — **Huiles et graisses minérales, végétales et animales.** Leurs dérivés, leurs succédanés. Traduit sur la 6e édition allemande par Ad. JOUVE. In-8 (25 × 16) de XXX + 961 p., 179 fig., I pl. Paris, Ch. Béranger, 1929. (*Don du Génie civil*). **17884**

PICARD (MAURICE). — **Vademecum du commerçant et du comptable. Année fiscale 1930-1931.** In-12 (19 × 13) de 448 p. Asnières (Seine), Les publications pratiques, E. Mary, imp., 44-46, rue de Colombes. **17885**

LECORNU (LÉON). — **Propriétés générales des machines.** (*Encyclopédie de mécanique appliquée*). In-8 (23 × 15) de 232 p., 91 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930. **17886**

BOSLER (JEAN). — **L'évolution des étoiles.** (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 8). In-8 (24 × 15) de 103 p., 19 fig. Paris, Les Presses universitaires de France, 1923. (*Don du Génie civil*). **17887**

FILÈNE (EDWARD A.). — **Le problème européen et sa solution.** Traduction française de Francis DELAISI. In-8 (23 × 14) de 160 p. Paris, Payot, 1925. (*Don de l'auteur*). **17888**

***

ESNAULT-PELTERIE (R.). — **Apparatus and methods for measurement of the Hertzian hardness.** (*Société des Ingénieurs civils de France. British Section.* — 22d ordinary general Meeting, november 24th, 1927). In-4 (28 × 21) de 14 p., 9 fig. London, S. W. 1., 82, Victoria Street. (*Don de M. L.-A. Legros, membre correspondant*). **Pièce 13621**

LAROCHE (C.). — **The port of Casablanca.** (*Société des Ingénieurs civils de France. British section.* — 23d ordinary general Meeting, december 16th, 1927). In-8 (24 × 15) de 24 p., 8 fig., IV pl. London. (*Don de M. L.-A. Legros, membre correspondant*). **Pièce 13622**

FIEUX (J.). — **The Schneider-Fieux gyroscopic anti-rolling gear.** (*Société des Ingénieurs civils de France. British section.* — 27th ordinary general Meeting, 12th november, 1928). In-8 (24 × 15) de 35 p., 26 fig., VI pl. London. (*Don de M. L.-A. Legros, membre correspondant*). **Pièce 13623**

SOCIÉTÉ DES TRANSPORTS EN COMMUN DE LA RÉGION PARISIENNE. — **Réseau départemental des Transports en commun à la surface de la Région parisienne.** Compte rendu des recettes et des dépenses de l'année 1929. Situation comparative avec les exercices précédents. Économies réalisées par la S. T. C. R. P. In-4 (27 × 21) de 37 p. Paris, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins (6e). **Pièce 13624**

BONVOISIN (G.). — **L'institution des allocations familiales en 1929.** Dix années d'action sociale. Rapport. In-8 (24 × 16) de 14 p. Paris, 31, rue Guyot (17e). (*Don de l'auteur*). **Pièce 13625**

A. L. S. — **Installation de rayons X dans les laboratoires de métallurgie.** (Ex *Aciers spéciaux, métaux et alliages*, n° 37, vol. 3, 4e année). In-4 (27 × 22) de 12 p., 18 fig. Auxerre (Yonne), Imp. Tridon-Gallot, 47, rue de Paris. **Pièce 13626**

SATET (R.). — **L'organisation scientifique au service du contentieux.** 2e exemple : *Tenue d'une assemblée générale ordinaire de société anonyme française.* In-8 (21 × 13) de 8 p. Paris, Comité national de l'Organisation française, 1930. **Pièce 13627**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. NOVEMBRE 1930.

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

### COMITÉ DES ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport présenté, au nom du Comité des Arts économiques, par le Général Ferrié au sujet des travaux du R. P. Pierre Lejay sur la *mesure rapide de la gravité au moyen d'un appareil transportable.*

Le P. Pierre Lejay a poursuivi brillamment les recherches concernant les pendules astronomiques et la gravité, qui lui ont valu déjà des récompenses de la Société d'Encouragement et des subventions. Il a imaginé récemment un dispositif entièrement nouveau, extrêmement intéressant et ingénieux tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique, pour réaliser, en collaboration avec M. Holweck, un instrument transportable pour la mesure rapide de la gravité.

Le principe de ce dispositif est le suivant :

Le pendule est constitué par une tige de quartz fixée à son extrémité inférieure à une lame élastique. Son poids est tel que la période d'oscillation de l'ensemble soit de l'ordre de la seconde bien que le pendule n'ait que quelques centimètres de longueur.

L'instrument est établi de telle sorte que les variations de période sous l'action de la gravité soient 20 fois plus grandes que celles des pendules libres. Il faudra donc 20 fois moins d'oscillations pour déterminer $g$ avec la même précision.

En prolongeant la durée de l'observation, on peut diminuer la précision nécessaire dans la mesure de cette durée, sans que cette prolongation doive être trop grande pour conserver toute la précision désirable dans la mesure de $g$. On peut donc ne faire usage que de garde-temps de précision ordinaire, sans contrôle par des signaux horaires de T. S. F., c'est-à-dire sans avoir besoin d'appareil récepteur radiotélégraphique.

Il n'y a pas lieu d'entrer ici dans les détails des avantages d'un tel dispositif, le mémoire du P. Lejay donnant à ce sujet toutes les indications qu'on peut désirer.

Les travaux du P. Lejay justifient donc hautement l'intérêt que leur porte la Société d'Encouragement. Le Comité des Arts économiques propose de retenir le P. Pierre Lejay parmi les personnes que la Société d'Encouragement, en principe, est disposée à récompenser. *Le Rapporteur,*

Général G. A. Ferrié.

*Lu et approuvé en séance publique le 25 octobre 1930.*



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# INSTRUMENT TRANSPORTABLE POUR LA MESURE RAPIDE DE LA GRAVITÉ, EN CAMPAGNE

par le R. P. PIERRE LEJAY, *directeur de l'Observatoire de Zi ka Wei (Chang-Haï)* [1]

Les mesures d'intensité de la pesanteur ont été faites jusqu'ici presque exclusivement à l'aide de pendules libres oscillant autour de couteaux. On utilisait la relation qui unit la période du pendule à la gravité, relation qui se réduit, en première approximation, à la formule :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

où $l$ est la longueur du pendule, T sa période.

1° Les mesures absolues de pesanteur consisteront donc essentiellement en deux opérations : la mesure de la longueur d'un pendule, et la mesure de sa période. Or, pour dépasser dans l'une ou l'autre une précision supérieure à la sixième décimale, il faut prendre des précautions infinies, et les conditions extérieures dans lesquelles il faut se mettre sont presque irréalisables. En particulier, la difficulté d'emploi de l'invar, qui introduit des effets magnétiques incontrôlables, rend ces mesures très délicates, du fait des variations de température. Il faut remarquer de plus que les mesures de longueur, qui consistent à déterminer la distance de couteaux, sont mal définies. On ne peut espérer une précision supérieure à quelques microns, et par suite la mesure de $g$ ne pourra de ce seul fait être exacte à plusieurs unités de la sixième décimale près, soit plusieurs millièmes de centimètre par seconde$^2$.

2° Les mesures relatives ne peuvent naturellement en aucun cas prétendre à une précision supérieure. Elles consistent en effet à comparer les périodes d'un même pendule en deux lieux dans l'un desquels une mesure absolue a été faite. Si dans le transport le pendule n'a pas été modifié, on pourra admettre que le rapport des gravités est inversement proportionnel au carré du rapport des périodes, et déduire, de la valeur connue de la gravité en un point, sa valeur en un autre point, sans avoir à mesurer de nouveau une longueur de pendule.

Or, si nous admettions sans discussion que les mesures de période puissent être faites en campagne à $10^{-6}$ près, il en résulterait seulement qu'on ne perdra pas de précision dans la mesure relative et que la valeur conclue aura la même exactitude que la mesure absolue servant de base.

En réalité, on voit immédiatement la difficulté que représentent en campagne des mesures d'une telle précision. Même en se munissant de garde-temps très précis, dont l'installation ne peut être aussi soignée que dans des observatoires permanents, même en comparant ces garde-temps aux signaux horaires, on ne peut compter faire des mesures au centième de seconde. Supposons que la durée d'une série puisse être déterminée à trois centièmes de seconde près, on voit qu'il faudra mesurer 30.000 secondes, soit 8 heures, pour en déduire la valeur d'une période au millionième. Or, dans un si grand intervalle, on ne pourra assurer la constance des conditions extérieures, et on perdra d'un côté la précision qu'on espérait gagner de l'autre.

(1) Travail subventionné par la Société d'Encouragement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Notons en particulier que pour assurer la sixième décimale, il est nécessaire de mesurer la température à quelques centièmes de degré près; or il est déjà difficile d'affirmer que l'ensemble de l'appareillage soit à la même température à un instant donné; à plus forte raison est-il impossible de donner à ce degré de précision une température moyenne au cours d'une longue expérience.

Ces considérations théoriques se vérifient d'ailleurs parfaitement dans la pratique. Même en s'en tenant aux nombres publiés, d'où sans doute, parfois, des valeurs s'éloignant trop de la valeur moyenne ont été éliminées comme provenant d'observations dites mauvaises, on s'aperçoit que les résultats obtenus par un même observateur, avec le même pendule, peuvent différer d'un centième de dyne, et que ceux qu'obtiennent des observateurs différents munis de pendules différents ne s'accordent plus, même en moyenne, avec cette précision.

Cette précision est déjà assez grande pour permettre de déduire de ces observations des conclusions intéressantes, en particulier sur la répartition des masses à l'intérieur de la terre, encore si mal connue. Aussi, devant l'intérêt scientifique et même économique que présentent ces études, la tendance générale actuelle des géodésiens est-elle de multiplier les mesures plutôt que de chercher à les améliorer. Tous leurs efforts ont pour but de rendre le matériel plus maniable et les observations moins onéreuses.

La transmission précise de l'heure par radiotélégraphie a déjà permis de diminuer un peu la longueur des séries, et de déterminer avec plus de précision, dans un temps plus court, la période des pendules. M. Vening Meinesz, de son côté, a établi un dispositif basé sur l'emploi combiné de plusieurs pendules qui permet d'éliminer les oscillations du support. A l'aide de cet instrument il a pu faire les premières mesures en mer, à bord de sous-marins, et il propose l'établissement de réseaux à terre en installant un instrument de ce type sur un véhicule qu'on pourrait déplacer rapidement, sans qu'il soit nécessaire d'établir un pilier à chaque station. Mais ce perfectionnement est en partie compensé par une plus grande difficulté d'interprétation des expériences et par la complexité des calculs. Par ailleurs, l'instrument reste encombrant et semble difficilement utilisable lorsqu'on ne dispose pas de moyens de transport, aux colonies par exemple.

Ces considérations nous ont conduits, M. Holweck et moi, à établir un nouvel instrument qui réponde à ces critiques. Il a une précision égale à celle des pendules libres, puisqu'une seule mesure exécutée en quelques minutes donne le centième de centimètre; la mise en station est instantanée et n'exige aucune préparation; elle peut se faire sur n'importe quel pilier naturel, tant soit peu stable, de petite dimension. Les calculs se réduisent à quelques additions; les corrections dues aux conditions extérieures sont très petites. La détermination de l'heure n'a plus besoin d'être faite avec précision, et tout l'ensemble, qui tient en deux petites caisses pesant en tout moins de 40 kg, peut être porté par un seul homme.

Avec cet appareil, un seul observateur peut faire chaque jour une station, soit quelques dizaines d'observations avec au moins quatre pendules différents, et toutes les réductions. Tel était bien le but que nous nous étions proposé.

PRINCIPE DE LA MÉTHODE. — On mesure la période de l'oscillation d'une tige de quartz Q fixée à son extrémité inférieure à une lame élastique L (fig. 1). Dans sa position de repos, la tige est verticale. Son poids est tel que la période est très

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande, de l'ordre de la seconde, bien que le pendule n'ait que quelques centimètres de longueur.

Sans entrer ici dans des précisions théoriques, on peut se rendre compte, par un raisonnement simple, qu'un tel pendule doit être beaucoup plus sensible aux variations de gravité qu'un pendule libre. Supposons en effet que l'action de la lame élastique équilibre exactement l'action de la pesanteur (au moins pour des positions très voisines de la verticale) : le système ne sera soumis à aucune force et il n'y aurait pas d'oscillation possible ; la période est infinie. Supposons que la gravité diminue légèrement : le pendule pourra osciller et la période sera finie. Une petite variation de la gravité aura donc entraîné une variation infinie de la période.

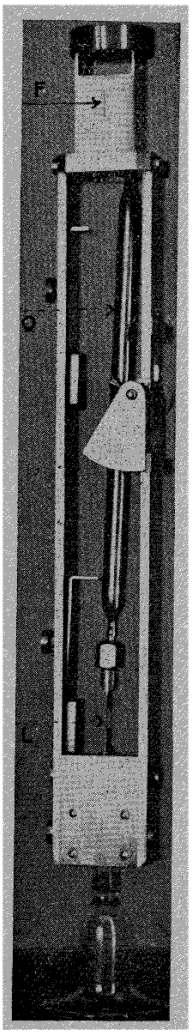



Fig. 1. — Pendule dans sa monture formant cage de Faraday.

En pratique, pour des raisons de stabilité, il ne fallait pas songer à utiliser en campagne des pendules réglés trop près de cette limite, mais il est facile de construire des pendules dont les variations de période, sous l'action de la gravité, soient 20 fois plus grandes que celles des pendules libres.

Il en résulte qu'avec ces pendules, pour déterminer $g$ avec la même précision, il faudra mesurer 20 fois moins d'oscillations : la durée des expériences sera donc 20 fois moins longue, et il sera beaucoup plus facile de maintenir constantes les conditions extérieures.

On pourra aussi diminuer la précision de la mesure de la durée, en prolongeant celle-ci dans la même proportion. Il en résultera une grande simplification de l'appareillage : il ne sera plus nécessaire de transporter de garde-temps de précision, ni de récepteur radiotélégraphique pour prendre les signaux horaires ; un simple chronomètre à contacts sera largement suffisant. En effet, pour obtenir la sixième décimale de la gravité, il suffira de connaître la cinquième de la période de nos pendules à quelques unités près, c'est-à-dire qu'il suffira de mesurer, à quelques centièmes de seconde près, des séries d'un millier d'oscillations. Une expérience durera donc un quart d'heure environ, si le dispositif d'enregistrement permet de mesurer une durée de cet ordre à quelques centièmes de seconde près.

A cet effet, le pendule, à chaque oscillation, vient obturer la fente F (fig. 1) derrière laquelle est disposée une petite ampoule électrique. La lumière qui traverse la fente et qui tombe sur une cellule photoélectrique est ainsi coupée. Un amplificateur à résistances comportant trois étages donne à sa sortie des variations de courant de plusieurs milliampères qui assurent le fonctionnement d'un relais. Celui-ci agit à son tour sur la plume d'un petit chronographe dont une autre plume enregistre les secondes d'un chronomètre.

Dans tout cet ensemble aucun organe n'introduit de retards supérieurs à un petit nombre de centièmes de seconde, et, par conséquent, il n'y a à craindre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aucune variation de retard de cet ordre, dans des expériences qui ne durent que quelques minutes. Dans un intervalle aussi court, la marche d'un bon chronomètre n'interviendra pas, mais seulement les irrégularités dues aux contacts. En faisant porter les mesures sur un certain nombre de secondes successives, l'erreur de la moyenne sera bien de l'ordre de grandeur désiré.

CAUSES D'ERREURS. — Il est bien évident tout d'abord que si le pendule est très sensible aux variations de la gravité, il l'est également aux variations de la force élastique, puisque c'est la résultante de ces deux actions, presque équivalentes, qui détermine la période.

Pour que l'instrument soit utilisable, il faut donc nécessairement que les variations relatives de l'élasticité de la lame soient inférieures aux variations de $g$ les plus petites qu'on cherche à mesurer.

De plus, il est nécessaire qu'aucune autre cause perturbatrice ne vienne ajouter des forces parasites de cet ordre de grandeur.

C'est dans la mesure de ces perturbations qu'a consisté l'étude préliminaire que nous avons poursuivie pendant un an à l'Observatoire de Paris, et qui a mis en lumière un certain nombre de points importants.

*Action de la température.* — Les variations de température agissent de deux façons différentes : en modifiant les propriétés physiques des matériaux qui composent le pendule, et en déforment la lame d'élinvar.

La seconde action est de beaucoup prépondérante; en effet, le quartz n'a pas de coefficient de dilatation appréciable, et l'élinvar a un coefficient thermique d'élasticité variable d'un échantillon à l'autre, mais toujours très petit. Le premier effet des variations de température se réduit donc à la dilatation de la lame, mais comme celle-ci est relativement courte, la variation de période résultante est très faible. Par contre, on observe au microscope que les variations de température déforment la lame, la courbent légèrement, sans doute par suite de défauts d'homogénéité du métal qui, comme on sait, a une structure cristalline.

Il en résulte qu'il est impossible, lors de la construction du pendule, de rendre la lame plane une fois pour toutes, ni de disposer la fente de telle sorte qu'elle soit obturée par le fil de quartz pour la position du pendule où la lame en équilibre n'exerce plus d'action. Par suite, l'oscillation sera dissymétrique et la loi du mouvement, assez compliquée, légèrement modifiée.

Comme par ailleurs la période est également affectée par les variations de la position d'équilibre du pendule, qu'il est impossible de rendre exactement verticale, nous avons cherché à définir cette position avec le plus de précision possible. Dans ce but, la fente F (fig. 1) a été logée à l'intérieur du tube de verre dans lequel le pendule est enfermé, et fait corps avec la base du pendule. Le tube est scellé dans un support métallique qu'on a soin de niveler soigneusement avant chaque mesure de façon que, dans sa position d'équilibre, le pendule s'arrête exactement devant la fente.

Ainsi, un pendule déterminé occupera toujours la même position par rapport à la verticale, s'il n'a pas subi de déformation, et les modifications de la lame par la température ne feront qu'entraîner une variation de période, toujours la même, qu'il est facile de mesurer au moment de l'étalonnage de l'instrument. La correction de température de chaque pendule doit donc être mesurée expérimentalement avant toute autre mesure. Elle est généralement faible, mais il pourrait arriver

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle prenne des valeurs inacceptables; cela indiquerait un défaut de l'élinvar et le pendule serait à refaire. On ne pourrait songer en effet à mesurer la température de l'instrument avec une précision suffisante, au moins en campagne, qu'en se munissant d'un appareillage spécial car le temps que met la masse isolée dans le vide à s'équilibrer avec la température extérieure est de l'ordre de plusieurs heures.

*Correction d'inclinaison.* — La période peut être modifiée soit par des variations de l'inclinaison du plan d'oscillation par rapport au plan vertical, soit par une variation d'inclinaison de la position de repos du pendule dans le plan d'oscillation par rapport à la verticale. Les variations d'inclinaison du plan d'oscillation causeront des variations de période d'autant plus petites que le plan sera plus voisin du plan vertical. On a donc soin, au moment de la construction du

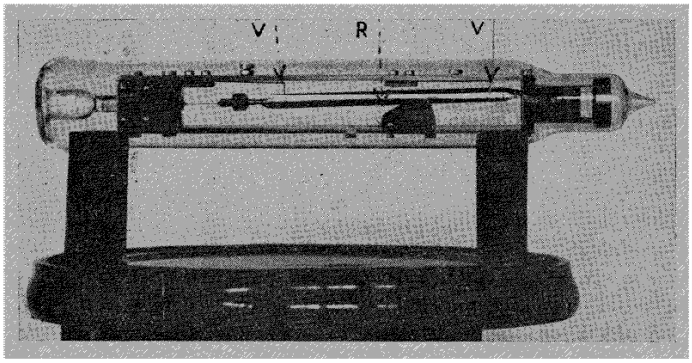



Fig. 2. — Pendule terminé, dans sa position de transport.
Une lame de ressort R, soulevée pas les contrepoids, assure le blocage du pendule.

pendule, de disposer celui-ci normalement à une base plane qu'il suffira dans la suite de niveler. Dans ces conditions, le pendule pourra être remis à chaque opération dans la même position relative dans laquelle il aura été étalonné.

Il est plus difficile d'éliminer la seconde cause d'erreur. Le seul procédé pratique nous a paru être le suivant : après avoir fixé le plan d'oscillation comme il a été dit, on agit sur les vis calantes jusqu'à ce que le fil terminal du pendule vienne obturer la fente. Cette opération se fait avec une grande exactitude en laissant le pendule osciller avec une très petite amplitude, de sorte que la fente ne soit jamais entièrement découverte; on voit alors l'aiguille du milliampèremètre, qui mesure le courant de sortie de l'amplificateur, prendre un mouvement qui est une image de celui du pendule. Le réglage est terminé lorsque les deux demi-oscillations du pendule entraînent des mouvements semblables de l'aiguille [2].

La position de repos du pendule est alors exactement devant la fente. Peu importe que cette position soit dans le plan vertical normal au plan d'oscillation. Ce qui est certain, c'est que :

*a*) Dans un même lieu et à la même température, le pendule ainsi mis en station sera toujours dans la même position;

(2) Ce procédé est si sensible que nous songeons à l'utiliser, avec un pendule spécialement adapté, à des mesures de nivellement de très haute précision.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*b*) Si la température varie, la courbure de la lame variant aussi, comme il a été dit, la position de repos du pendule n'est plus la même; il en résulte une variation de la période qui constitue ce que nous appelons la correction de température du pendule;

*c*) Si la gravité varie, cette position est aussi modifiée, mais la variation de période résultante rentre dans la sensibilité du pendule par rapport à la gravité, déterminée par l'étalonnage;

*d*) Enfin, si la température et la gravité varient à la fois, il est clair qu'on peut décomposer la variation de position d'équilibre en deux variations élémentaires : on peut supposer le pendule transporté d'un lieu à un autre à température constante puis élevé à la température finale. Cette dernière opération entraînera une variation de la position d'équilibre qui ne différera qu'au second ordre près de celle qu'elle

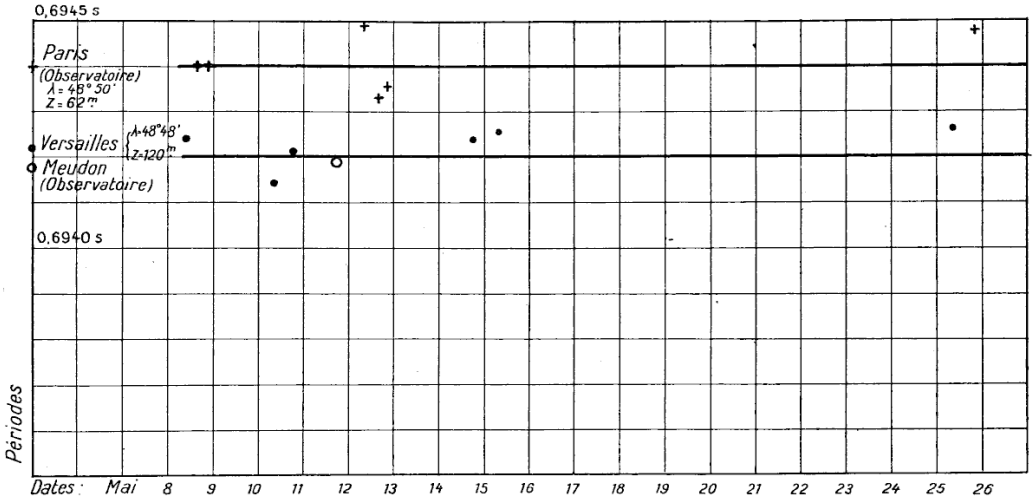



Fig. 3. — Mesures faites entre Paris (+) et Versailles (.) pour étudier la constance du pendule dans les transports.

aurait entraînée au premier lieu, en considérant comme du premier ordre les variations de position dues au changement de la température et de $g$. Il sera donc légitime de considérer la correction de température comme constante si le pendule a été bien construit, c'est-à-dire si sa position d'équilibre, lorsqu'il est nivelé, ne s'écarte pas de plus de quelques minutes de la verticale.

*Correction d'amplitude.* — Il est facile de montrer théoriquement que la correction d'amplitude est sensiblement plus grande que dans le cas des pendules libres; mais comme la période doit être déterminée avec moins de précision, on n'éprouvera pas plus de difficulté pour la déterminer. En fait, il suffit de lui donner, dans les mesures relatives qui sont envisagées ici, une valeur constante, ne dépassant pas quelques degrés, pour qu'il n'y ait plus lieu d'en tenir compte. En lançant le pendule toujours de la même façon, au début de toutes les expériences, il s'amortira en suivant toujours la même loi. En faisant porter toutes les mesures sur le même nombre d'oscillations, la correction d'amplitude sera toujours la même.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Causes d'erreurs diverses.* — L'expérience nous a montré que si les variations de

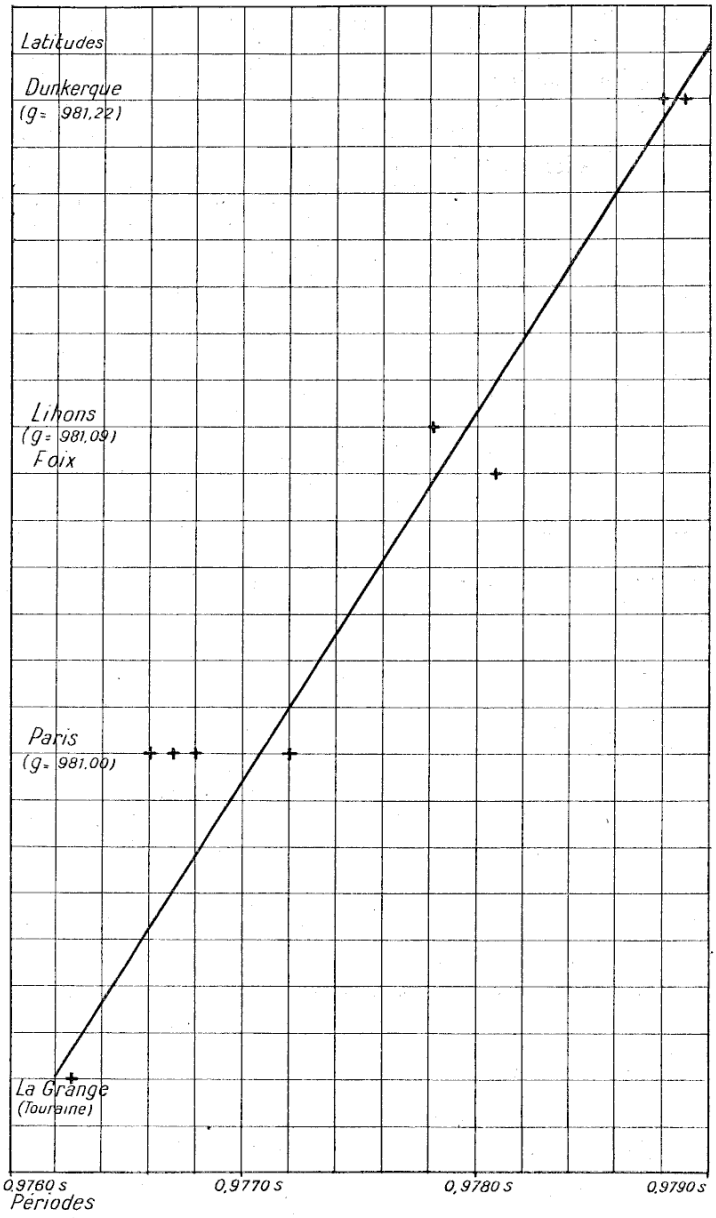



Fig 4. — Mesures provisoires de période d'un pendule en différentes stations.

l'élasticité de la lame d'élinvar avec le temps n'étaient pas décelables, même au bout de plusieurs mois, par contre, elle était affectée par les transports dans des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proportions inacceptables. Aussi avons-nous dû établir un dispositif de blocage. Une petite lame de ressort R (fig. 2), solidaire d'un axe muni de contrepoids vient appuyer le pendule sur des butées V lorsqu'on le couche dans sa boîte de transport. Lorsqu'on le relève, les contrepoids font faire un demi-tour à l'axe sur lequel ils sont montés, le ressort est escamoté et le pendule libéré. Des pendules ont pu effectuer ainsi des milliers de kilomètres en automobile, soumis à des chocs violents et répétés, sans subir la moindre variation.

Enfin, la cause d'erreur le plus difficile à mettre en évidence est la formation de charges électriques sur la surface du quartz, lorsqu'il vient en contact avec les butées. L'isolement du quartz dans le vide étant excellent, ces charges restent indéfiniment et peuvent troubler le mouvement considérablement. Pour y remédier, le quartz est platiné avec soin sur toute sa surface et le pendule est enfermé dans une cage de Faraday à laquelle il est relié par sa base.

RÉALISATION ET MESURES. — Les pendules réalisés ont une quinzaine de centimètres de longueur. La tige de quartz a un diamètre d'environ 5 mm et se termine au sommet par un fil de quelques dixièmes de millimètre de diamètre tandis que la base, constituée par une tige de 3 mm, est solidement serrée dans un mandrin d'élinvar. Celui-ci fait corps avec la lame flexible et la base de fixation, taillées dans une même masse d'élinvar. Le tout est enfermé dans un tube de verre (fig. 2) soigneusement vidé d'air. Ces pendules ont une période voisine de la seconde; l'amplitude diminue de moitié en une vingtaine de minutes; leur sensibilité est d'environ 20 fois celle du pendule libre.

Deux séries d'expériences ont pu être faites ; dans l'une, les pendules ont été transportés un grand nombre de fois de Paris à Versailles, dans le but de constater que le pendule ne variait ni avec le temps, ni avec les transports. Les résultats sont indiqués dans le graphique de la figure 3; on y voit, mise en évidence, la différence de gravité des deux stations, pourtant très proches et dont la différence d'altitude n'est que de 60 m ; on constate que la période du pendule ne présente pas de variations décelables en un mois, même après de longs voyages où il a reçu de nombreux chocs.

La seconde série d'expériences a consisté à transporter le pendule en des points où la gravité est très différente, soit qu'elle ait été autrefois déterminée par Defforges, soit qu'on puisse s'en faire une idée approchée, d'après la situation géographique.

Le graphique de la figure 4 donne les résultats de ces mesures. On y voit l'ordre de grandeur des écarts accidentels obtenus dans de mauvaises conditions, après des transports rapides, faits à dessein sans qu'il ait été pris aucune précaution pour protéger les pendules contre les chocs.

La différence de période du pendule atteint 2 millièmes entre Paris et Dunkerque, pour une différence de gravité de 2 dixièmes de centimètre par $\overline{\text{seconde}}^2$.

Chacune des mesures a été faite en moins d'une demi-heure, calculs compris, et toute la campagne Paris, Lihons, Dunkerque, Foix, Paris en moins de 48 heures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# JOSEPH HITIER (1865-1930),

par M. GEORGES WERY, *secrétaire général de la Société d'Encouragement.*

Si la mort prématurée de M. Joseph Hitier, survenue le 10 avril 1930, a été particulièrement cruelle à sa famille et à ses amis, elle a été infiniment sensible aux membres de notre Société qui avaient pu apprécier les belles qualités morales de notre distingué collègue, l'étendue de son intelligence, sa large culture et l'agrément de son commerce. C'était le frère de notre cher ancien secrétaire général, Henri Hitier. Ceux qui connaissaient leur affection fraternelle savaient qu'elle n'était pas seulement cimentée par cette étroite parenté mais encore par les sentiments les plus élevés et une communauté de vues qui trouvait sa noble expression dans l'amour de la famille, celui de la science et de la terre française.

Après avoir offert nos plus vives condoléances à sa veuve, dont les soins admirables luttèrent jusqu'à la fin contre le mal qui l'a emporté et en adoucirent la rigueur, à ses chers enfants qu'il aimait tant, assurons notre collègue Henri Hitier que nous prenons une très grande part à sa douleur. Nous savons qu'il n'y trouvera d'atténuation que dans l'affection qu'il prodiguera à ses neveux, dans le culte de la mémoire de son cher disparu, et la continuation de l'œuvre agricole qu'il poursuivait avec lui sur la terre familiale de Revelles.

Car notre regretté collègue aimait à se délasser du rude labeur que lui imposait à Paris sa tâche de professeur, de conférencier et d'écrivain, en allant s'abriter le plus souvent possible sous son toit rustique. Il s'y livrait d'ailleurs à de nouveaux travaux. Là, en effet, il partageait la vie du plus modeste cultivateur, labourant, hersant, semant ou récoltant, tour à tour, suivant la saison. Aussi exerçait-il une influence légitime sur les habitants du pays. Depuis longtemps, ils l'avaient placé à la tête de la municipalité. Ce contact intime avec le sol, cette pratique consommée de l'agriculture donnaient à son enseignement de l'économie rurale, à ses recherches et à ses écrits une valeur particulière.

Joseph Hitier naquit le 7 septembre 1865 à Revelles dans la Somme. Il personnifiait bien la vaillante Picardie. Il avait l'allure de ses enfants, leur finesse d'esprit, leur vivacité, leur franchise et ce patriotisme ardent qui a toujours fait d'eux l'un de nos plus solides remparts contre l'invasion.

Après de brillantes études secondaires au Collège Stanislas, dont il fut l'un des lauréats au Concours général, il fit d'excellentes études juridiques à la Faculté de Droit de Paris. Elles furent couronnées en 1890 par le doctorat, et cinq ans après, par le titre d'agrégé.

Il avait été nommé secrétaire de la Conférence des Avocats en 1889.

D'abord attaché à la Faculté de Grenoble, Joseph Hitier y enseigna successivement le droit commercial, l'histoire des institutions, l'économie politique et enfin l'économie rurale.

Rappelé à la Faculté de Paris une dizaine d'années après, il fut titularisé en 1912 dans la chaire de science et législation financières. L'année suivante, il occupa celle d'économie rurale à laquelle le désignaient ses goûts et ses travaux de prédilection.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la notice biographique qu'il lui a consacrée, M. le doyen Barthélemy a dit en quelle estime le tenaient ses collègues et ses élèves.

A la suite d'un brillant concours, il obtint, en janvier 1912 la chaire d'économie rurale de l'Institut national agronomique. Il y réussit si bien qu'en 1923, le ministre de l'Agriculture lui confia au même établissement la maîtrise de conférences d'économie politique que son ami Auguste Souchon venait de laisser vacante. Ainsi, réunit-il, avec une grande autorité, l'enseignement des deux sciences qu'il cultivait avec le plus de dilection; et eut-il la bonne fortune de trouver des auditeurs de choix particulièrement aptes à l'entendre.

Il avait apporté à l'Institut agronomique la rigoureuse dialectique, la logique impeccable, l'humanité de l'enseignement du droit. Les élèves appréciaient sa parole simple et forte, alerte, persuasive, qui éclairait les sujets les plus difficiles. Ils aimaient l'ardeur avec laquelle il les exposait. Ils sentaient que ses leçons si bien enchaînées, remaniées chaque année, s'appuyaient sur une culture exceptionnelle qu'approfondissait encore sa connaissance parfaite des questions agricoles. Puis il aimait la jeunesse. Elle le savait. Il avait sa confiance. Sa bonté naturelle, son cœur généreux avaient gagné son affection comme celle de ses collègues. Ces qualités éminentes, ce talent brillant, il les déploya dans les autres établissements où il professa, à la Faculté de Droit où il comptait parmi les maîtres les plus estimés, à l'École des Hautes Études commerciales, à l'École libre des Sciences politiques, à l'École supérieure de Guerre. Partout, il fit apprécier l'homme, le savant et le maître.

A côté des obligations multiples que lui imposait le professorat, son activité inlassable trouvait encore le moyen de poursuivre de nombreux travaux scientifiques.

Dès 1895, il publiait un ouvrage qui est resté très estimé des juristes sur le développement de la jurisprudence en matière de divorce depuis 1884.

Sa *Doctrine de l'absolutisme*, étude d'histoire publique, parut en 1903.

Mais ses principaux travaux ont porté sur l'économie politique, surtout sur l'économie rurale. Toute une longue série d'articles publiés de 1901 à 1918 dans la *Revue d'Économie politique* mirent de bonne heure son nom en évidence. Signalons en particulier : *L'agriculture moderne et sa tendance à l'industrialisme* (1901); *Le régime des syndicats agricoles* (1909); *La question des sucres et les intérêts en cause* (1902); *Le renouvellement de la Convention de Bruxelles* (1913); *La production sucrière française, l'état actuel et les conditions de son relèvement* (1918).

L'Académie d'Agriculture l'appela le 6 juin 1923 à remplacer Auguste Souchon dans la section d'économie rurale et de législation. Ses confrères goûtaient fort ses communications si vivantes sur les questions délicates que pose l'organisation économique de l'agriculture. On y retrouvait le robuste bon sens, le jugement pondéré qui achevaient de donner à ses leçons leur cachet original. Il est revenu à plusieurs reprises sur la situation de l'industrie sucrière, qu'il connaissait admirablement, et sur l'important chapitre des fermages payables en denrées. Il a traité le sujet des appellations d'origine dans le domaine international (1923). Le 15 mai 1929, il enfretenait encore l'Académie d'Agriculture de la nouvelle loi belge relative au bail à ferme.

Le Conseil de notre Société se l'attacha, comme membre du Comité d'Agriculture, en 1917.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sa disparition en pleine vigueur intellectuelle, alors que l'on croyait pouvoir encore longtemps compter sur lui, creuse un vide profond dans tous les milieux où il avait apporté le don de sa personne qu'il ne ménageait guère. Il y avait fortement marqué sa place. Il y laisse des souvenirs qui ne périront pas.

Lorsque la guerre éclata, bien que dégagé par son âge de toute obligation militaire, il reprit volontairement sa place sous le drapeau du 5e régiment d'infanterie où il avait servi naguère comme sous-lieutenant de réserve.

Blessé grièvement à la bataille de Charleroi et évacué du front, après sa convalescence, il ne se crut pas encore quitte envers la patrie. Il occupa pendant toute la fin des hostilités un poste important dans la justice du Gouvernement militaire de Paris. La croix de guerre et celle de la Légion d'honneur récompensèrent son mérite.

Il regarda la maladie puis la mort approcher avec autant de bravoure qu'il avait affronté l'ennemi. Il fit preuve d'un admirable stoïcisme, d'une abnégation qui ne se démentit pas un seul instant, s'oubliant pour ne penser qu'aux êtres chers qu'il allait laisser, veillant presque jusqu'au dernier moment à ce que les charges qu'il avait assumées ne souffrissent pas immédiatement de son absence. Il trouva, il est vrai, les forces nécessaires dans sa foi chrétienne, dans l'affection touchante que lui témoignèrent ses proches et ses amis, accourus sans cesse à son chevet. Belle mort, digne d'une belle vie qui reste un exemple.

---

## L'EXPOSITION DES CHEMINS DE FER DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE A LIÉGE, EN 1930

par M. Ed. Sauvage, *membre du Conseil de la Société d'Encouragement.*

La Bibliothèque de la Société vient de s'enrichir d'une très intéressante notice [Pièce 13 631] sur l'Exposition de la Cie P.-L.-M, à Liége, qui lui a été envoyée par M. Vallantin, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie.

Cette exposition comprenait une locomotive type *Mountain*, avec son tender, et deux voitures avec compartiments de luxe.

La locomotive *Mountain* comporte un bogie à l'avant, quatre essieux couplés, et un essieu porteur à l'arrière.

L'expérience acquise avec les locomotives *Mikado*, à quatre essieux couplés, avait prouvé aux ingénieurs du P.-L.-M. que l'emploi de quatre essieux couplés n'exclut pas les grandes vitesses; la grande adhérence que donnent les quatre essieux couplés permet des démarrages rapides, même en rampe.

Or, le profil de la ligne entre Laroche et Dijon présente, dans les deux sens, des rampes prolongées de 8 mm/m, sur lesquelles il est important, vu l'intensité de la circulation, d'éviter toute perte de temps dans la reprise de vitesse après un arrêt.

C'est pour cette raison que la Cie P.-L.-M. essaya, en 1925, une locomotive à quatre essieux couplés, destinée à la remorque des trains lourds et rapides. Cet essai fut couronné de succès, puisque, depuis cette époque, 95 locomotives du même type ont été mises en service, et 30 autres commandées pour être livrées en 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le diamètre des roues motrices de ces machines, 1,790 m, est relativement modéré. Le poids adhérent est de 18,5 t par essieu, soit, au total : 74 t. Les contrepoids de ces roues équilibrent complètement les perturbations verticales, de sorte que la charge sur le rail reste constante. Au contraire, sur de nombreuses locomotives, elle varie notablement à grande vitesse, de sorte qu'elle dépasse périodiquement les valeurs constatées lors des pesées. Pour ce motif, il semble que, pour les machines bien équilibrées, on pourrait relever les limites de charge statique par essieu.

Une adhérence au 1/5 permet des efforts de traction aux jantes de 15 t, efforts que le mécanisme permet de dépasser. Cette adhérence n'est donc pas inutilement grande.

Pour obtenir le même poids adhérent avec trois essieux couplés, il faudrait des charges de 25 t par essieu, charges dont on trouve des exemples aux États-Unis, mais que les voies françaises n'admettent pas.

La locomotive *Mountain* est compound à 4 cylindres, avec surchauffe. Les expériences du P.-L.-M, lui ont démontré, de la manière la plus nette, les avantages du système compound à quatre cylindres, par rapport à la simple expansion (avec surchauffe dans les deux cas), au triple point de vue de la consommation de combustible, de la stabilité en route, et de la douceur de marche. Comme ces avantages ont souvent été contestés, il est intéressant de noter cette déclaration.

Ces locomotives sont munies d'un réchauffeur d'eau d'alimentation, à condensation par mélange. La surface de la grille est de 5 m², la surface de chauffe vaporisatrice de 246,16 m², la surface de surchauffe de 86,55 m². Le timbre est de 16 hectopièzes (16,32 kg : cm²).

Les cylindres à haute pression, intérieurs, ont 510 mm de diamètre avec course de 650 mm ; les cylindres à basse pression, extérieurs, 720 et 700 mm.

La distribution est du système Walschaerts pour les cylindres extérieurs ; elle commande, par des renvois, celle des cylindres intérieurs ; un relevage unique actionne l'ensemble. Les admissions correspondantes sont les suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| H. P. | 30 p. 100 | B. P. | 42 p. 100 |
| | 50 p. 100 | | 63 p. 100 |
| | 60 p. 100 | | 73 p. 100 |

Les trains d'essais, remorqués par la locomotive *Mountain*, ont donné de très beaux résultats.

Avec un train de 800 t, auquel s'ajoute le poids de la locomotive, 114,5 t, et du tender, en moyenne, 48,5 t (au départ 29,5 t poids vide, plus 30 t d'eau et 7 t de combustible), les 133 km de Laroche à Blaisy-Bas, en rampe presque continue, souvent de 5 et de 8 mm/m, ont été parcourus en 102 minutes.

La puissance indiquée moyenne a été de 2.150 à 2.250 ch ; à la barre d'attelage du tender, la puissance moyenne a été de 1.550 à 1.600 ch, soit environ 72 p. 100 de la puissance indiquée.

La dépense de combustible par cheval-heure indiqué a eu la faible valeur de 1,1 kg, avec une vaporisation intense de 7,7 à 8,1 kg d'eau par kilogramme de combustible. Cette forte production, à une allure très poussée, est remarquable ; elle tient vraisemblablement au réchauffage de l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement. Si l'on veut analyser en détail la transmission des calories dans la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaudière, on trouvera que la vapeur d'échappement condensée, qui retourne à la chaudière avec l'eau du tender réchauffée, y rapporte moins de calories qu'elle n'en avait pris, puisque à la sortie elle était surchauffée, souvent jusqu'à 350°, et qu'au retour elle sera généralement saturée humide.

Ces résultats montrent que la locomotive usuelle, avec les perfectionnements qu'elle a reçus, détente compound, surchauffe, réchauffage de l'eau d'alimentation, est une très bonne machine à vapeur, au moins lorsqu'elle fonctionne à pleine puissance; elle se prête bien, d'ailleurs, aux marches avec puissance et vitesse variables, mieux probablement que certains types entièrement différents actuellement en essais.

Comme détails de mécanisme, nous signalerons la construction de l'essieu coudé, composé de trois morceaux.

La locomotive exposée à Liége porte le n° 35 dans sa série; elle a été construite en 1927.

L'une des voitures exposées contient des compartiments de luxe, les uns à deux lits, les autres à un lit, communiquant tous avec un cabinet de toilette; pour la nuit, elle offre 10 places; la tare est de 48 t.

L'autre voiture comprend trois compartiments de lits-salons, à deux lits; deux compartiments à couchettes (4 par compartiments) et un compartiment de première classe.

Les bogies de ces voitures, à deux essieux, sont constitués par un châssis très rigide d'une seule pièce, en acier moulé; les essieux tournent dans des boîtes à rouleaux S.K.F. Des essais ont montré qu'avec ces châssis, le roulement était meilleur qu'avec les châssis en plusieurs pièces et les boîtes à huile ordinaires.

Des dessins et des photographies complètent le texte de la notice.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES PLANTES DE GRANDE CULTURE, MÉTHODES DE SÉLECTION ET CRÉATION DE VARIÉTÉS NOUVELLES (1)

par M. ROGER DE VILMORIN, *licencié ès sciences,*
*secrétaire de la Société nationale d'Horticulture de France.*

Depuis le début de notre siècle, depuis quelques années surtout, il est beaucoup question un peu partout de sélection et de plantes sélectionnées. Mais nombre de personnes dans le grand public, et malheureusement aussi parmi ceux qui s'intitulent génétistes et croient pratiquer la sélection, ignorent le sens réel de ce mot et les multiples opérations qu'il représente.

Pour certains, sélection est à peu près synonyme de triage : pourvu qu'un échantillon ait bel aspect, que les graines soient calibrées et dépourvues d'impuretés, le point le plus important est acquis; pour d'autres, l'épuration, l'élimination des types désavantageux au sein d'une vaste population doit suffire à assurer sa fixité et par conséquent sa valeur présente et future.

La véritable sélection ou *sélection généalogique* est tout autre chose : elle consiste à choisir dans une population de plantes ou d'animaux quelconques les types qui correspondent à l'idéal visé ou s'en rapprochent le plus et à en suivre la descendance pied par pied, individu par individu et non plus en mélange. Si une plante, en effet, doit présenter par elle-même un grand nombre de qualités, encore faut-il qu'elle soit apte à les transmettre à sa descendance. Cette aptitude ne peut apparaître que dans les générations suivantes, d'où la nécessité d'établir un véritable arbre généalogique pour chacune des plantes primitivement choisies.

Il y a deux sortes de sélections : s'il s'agit simplement de conserver à une variété les caractères qu'elle présente, c'est-à-dire d'empêcher l'intrusion de facteurs étrangers, la sélection est dite *conservatrice* ou *défensive*; s'il s'agit au contraire d'améliorer une plante imparfaite, d'ajouter à son patrimoine des caractères avantageux ou de lui en retrancher de désavantageux, la sélection est dite *progressive*. Son résultat final est l'obtention de variétés nouvelles.

*
* *

Il importe de noter dès maintenant que les méthodes de sélection reposent sur des principes éprouvés et rigoureusement scientifiques ayant pour base les lois de Mendel.

(1) Communication faite par l'auteur en séance publique le 24 mai 1930.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est au moine autrichien Mendel, dont les travaux ne furent connus qu'en 1900, que nous devons la science des lois, ou du moins des seules connues, qui régissent la transmission des caractères héréditaires chez les êtres vivants. Il serait trop long d'énoncer et d'expliquer ici ces lois dites de *segrégation*. Elles pourraient assez bien se résumer ainsi : « Lorsque les deux parents qui concourent à la formation d'un individu diffèrent au point de vue de leur constitution héréditaire, cet individu produit à son tour des cellules sexuelles de différentes sortes; et cela, en des proportions que l'on peut, le plus souvent définir mathématiquement. Lorsque, au contraire, les deux parents sont héréditairement semblables, les cellules sexuelles produites par l'individu auquel ils ont donné naissance sont toujours de même constitution et la descendance est uniforme. »

De nombreuses expériences ont prouvé qu'une plante est constituée d'une série d'unités séparées, dont chacune, sauf de rares exceptions, peut être transmise indépendamment. L'*hybridation* devient alors le moyen commode qui permet de réunir, en puissance chez un même individu, les caractères de deux parents et de choisir dans la descendance les combinaisons répondant le mieux au but visé. Il nous est donc possible, si nous avons fait l'analyse biologique d'une plante, de lui ajouter par croisement un caractère utile ou d'en éliminer un autre défectueux.

*
* *

Les végétaux phanérogames se classent en plusieurs catégories si l'on se base sur la disposition de leurs appareils reproducteurs :

1° les plantes autofécondes, chez lesquelles l'ovule d'une fleur est toujours fécondé par le pollen de la même fleur. Exemples : le blé, l'orge, l'avoine, le pois;

2° les plantes normalement autofécondes mais qui présentent occasionnellement la fécondation croisée. Exemples : le lin, le tabac;

3° les plantes à fécondation croisée et toujours autostériles. Exemple : le trèfle;

4° les plantes à fécondation normalement croisée mais occasionnellement autofertiles. Exemple : la betterave;

5° les plantes monoïques qui présentent des fleurs mâles et des fleurs femelles, mais réunies sur le même individu. Exemples : les cucurbitacées, le maïs;

6° les plantes dioïques, c'est-à-dire qui sont les unes mâles et les autres femelles. Exemples : l'asperge, le dattier, le houblon.

Il va de soi que les méthodes de sélection seront différentes selon qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aura affaire à des espèces appartenant à l'une ou à l'autre de ces catégories; la technique sera relativement simple quand il s'agira des plantes autogames; elle sera au contraire compliquée lorsqu'on sera en présence de types à fécondation croisée.

Dans le premier cas, il suffit de cultiver séparément un certain nombre de plantes correspondant bien au type de la race et de choisir des *lignées pures*, ou *biotypes*, c'est-à-dire les plantes qui se reproduisent indéfiniment semblables à elles-mêmes, celles qui ne sont pas hybrides.

Dans le second cas, il est nécessaire d'isoler les plantes choisies, de les protéger artificiellement contre l'arrivée de tout pollen étranger, de les forcer ainsi à se féconder elles-mêmes, jusqu'à réaliser un état aussi voisin que possible de la lignée pure; on rejoint ainsi le cas des plantes où l'autofécondation est la règle.

La difficulté est parfois ici à peu près insurmontable, par exemple lorsque l'on s'attaque à des plantes réfractaires à l'autofécondation ou encore à des plantes dioïques, chez lesquelles, on l'a vu, les sexes sont portés sur des individus différents.

Quoi qu'il en soit, il faut toujours *sélectionner* au point de vue des caractères désirés, déterminer les qualités à réaliser et établir nettement le comportement héréditaire de ces qualités. C'est alors que l'on fait choix d'une méthode d'analyse suffisamment précise, et aussi suffisamment rapide pour permettre d'examiner un grand nombre d'individus, quant à la totalité de leurs caractères, dans le minimum de temps. Remarquons tout de suite que cette analyse se porte non seulement sur des caractères morphologiques facilement observables, tels que la taille de la plante, la forme, la couleur de son feuillage, de ses fleurs, de sa graine, mais aussi sur des caractères physiologiques nécessitant l'expérimentation physique et chimique, par exemple la richesse en sucre chez la betterave, en gluten chez le blé, en matière sèche chez la chicorée à café, la rotation de la lumière polarisée, les dosages gravimétriques, les dosages volumétriques, etc. Quel que soit le produit analysé, il doit toujours en être réservé une partie pour la reproduction.

Il va de soi que, dans toute sélection généalogique, l'analyse doit être faite sur le produit d'une seule plante, de façon à pouvoir conserver les individus intéressants dont la descendance devra être étudiée de nouveau, plante par plante, jusqu'à ce que l'on soit arrivé à la fixation du type cherché.

*
* *

Nous prendrons comme exemple de sélection deux plantes entièrement différentes à ce point de vue, quoique toutes deux d'une importance écono-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mique considérable : le blé, qui est autogame, et la betterave à sucre, qui est à fécondation croisée.

Le *blé* est cultivé dans le monde entier; quelle est son origine? Il est probable que deux ou trois espèces sauvages, s'hybridant entre elles accidentellement ont contribué à sa formation. Des milliers de types sont nés de ces croisements naturels. En réalité, les races de blé sont aussi complexes que les races humaines mais elles sont dans le groupe privilégié des plantes autogames. Les différentes variétés sont très rapidement fixées au point de vue héréditaire et ne présentent plus normalement aucune variation dans leur descendance. Ce sont ce qu'on appelle de *véritables lignées pures*. Un grand nombre de ces lignées pures peuvent être cultivées côte à côte et rester semblables à elles-mêmes au cours des générations, jusqu'à ce qu'une hybridation accidentelle intervienne pour bouleverser le patrimoine héréditaire et créer dans la descendance une diversité nouvelle. Nous avons à Verrières, une collection de plus de 2.000 variétés de blé qui se maintiennent absolument pures. Mon père, Philippe de Vilmorin, a pu présenter à la IV[e] Conférence internationale de Génétique, en 1911, des épis de mêmes variétés cultivées à Verrières à plus de 50 ans d'intervalle et ne montrant entre elles aucune différence.

Il n'en est pas moins vrai que des cas de fécondation croisée s'observent de temps à autre dans le blé et ce, d'autant plus fréquemment que le climat est plus chaud, la chaleur favorisant l'épanouissement des fleurs avant que la fécondation ne soit faite. Quoi qu'il en soit, la sélection conservatrice se limite, chez le blé, à des précautions d'isolement élémentaires.

Le travail du sélectionneur consiste à obtenir des variétés nouvelles, c'est-à-dire à améliorer. Nous ne pouvons songer à modifier quoi que ce soit au facteur fondamental du milieu : le climat. Ce à quoi nous devons tendre, c'est à trouver pour chaque milieu des variétés adaptées aux conditions particulières de ce milieu. Tout le problème de l'amélioration consiste à trouver de meilleures formes parmi les variétés existantes et surtout à en créer de nouvelles par hybridation.

La sélection des blés comprend trois parties : 1° la collection des variétés; 2° la création des hybrides et leur fixation; 3° les cultures de comparaison.

De la première phase, nous ne parlerons pas; on conçoit que le temps seul permette de constituer une collection. Beaucoup de soins sont nécessaires à son entretien et à sa conservation.

L'hybridation est une opération assez délicate chez le blé. Il s'agit de castrer complètement, c'est-à-dire d'enlever toutes les étamines des fleurs que l'on a choisies comme mères et d'apporter, à chacune de ces fleurs cas-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trées, du pollen provenant d'une étamine de celles que l'on a prises comme pères. Le pollen se répand et féconde l'ovaire (fig. 1). Naturellement, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter l'intrusion de pollen étranger.

Les graines résultant de ces croisements sont précieusement récoltées et semées l'année suivante. Les plantes qui en proviennent (fig. 2) sont généralement bien homogènes : c'est la première génération ou $F_1$ ; ce n'est qu'en $F_2$ (fig. 2) que se produit le phénomène de la dissociation entre les caractères quels qu'ils soient, qualités ou défauts, que possédaient les deux parents. Théoriquement, si les individus sont en nombre suffisant pour que puisse jouer la loi des grands nombres, toutes les combinaisons possibles apparaîtront en deuxième génération et suivant des proportions définies (proportions mendéliennes). Il n'y aura aucune raison particulière pour que les types parentaux se reproduisent semblables à eux-mêmes. Le professeur Guyénot a calculé que pour 12 différences factorielles, chaque type parental ne réapparaîtra que dans un seul individu sur 17 millions de descendants.

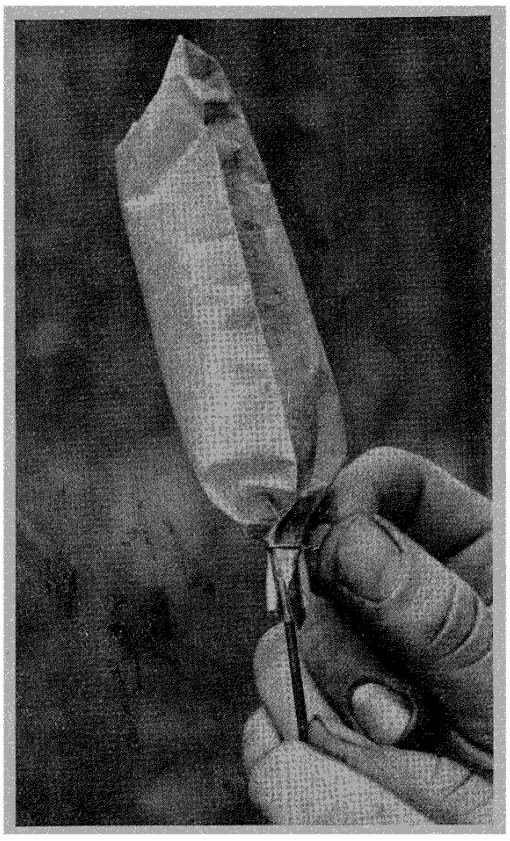


Fig. 1. — L'épi de blé après la fécondation artificielle.

Il s'agit maintenant de choisir des formes intéressantes et c'est là toute la difficulté de l'obtention de variétés nouvelles de blé. Il faut savoir quels caractères l'on a désiré réunir sur une même plante lorsqu'on a fait l'hybridation, choisir dans ce sens un certain nombre d'individus, éliminer le reste.

Pendant plusieurs années, chacun de ces choix est étudié individuellement; chaque plante est observée sur place (fig. 3) pendant le courant de sa végétation et au laboratoire après la moisson, et cela pendant autant de géné-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rations qu'il en faut pour que le type choisi soit fixé, c'est-à-dire jusqu'à ce que les individus qui le composent soient identiques quant à leurs qualités héréditaires.

Quand elle ne porte que sur des caractères morphologiques visibles (présence ou absence de barbes, de poils, couleur du grain, etc.) cette fixation est relativement aisée; elle l'est beaucoup moins quand entrent en jeu les caractères cachés dont nous parlions tout à l'heure, tels que la valeur boulangère de la farine basée sur la richesse en gluten et la capacité d'hydra-

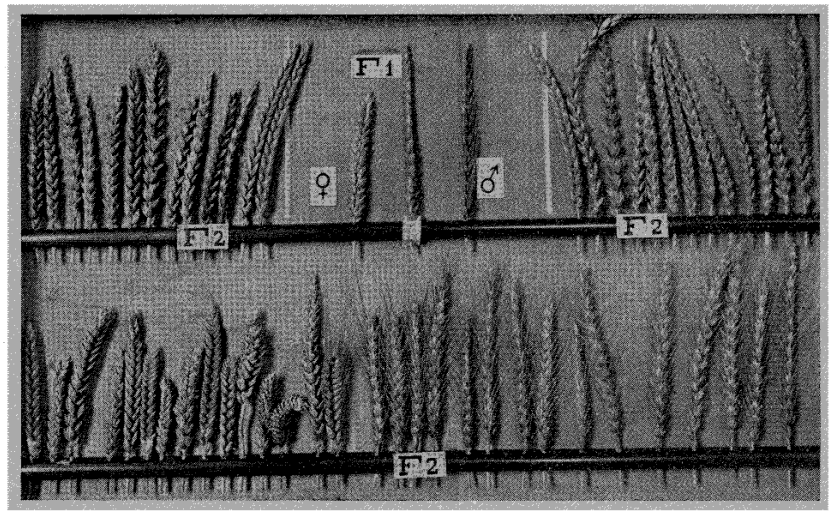



Fig. 2. — Croisement de deux espèces de blés : $F_1$, Type unique de la première génération; $F_2$, Dissociation à la seconde génération.

tation de ce dernier; d'autant qu'ici l'influence du milieu intervient souvent et pernicieusement pour brouiller les cartes.

Supposons maintenant que nous ayons obtenu cette nouvelle race, fixée quant à tous ses caractères. Est-elle en état d'être répandue? Pas encore. Il lui faut subir la plus longue épreuve : celle du champ de comparaison. Pendant des années, tous les types sont cultivés en champs d'expériences, en parcelles rigoureusement identiques et dans un terrain aussi homogène que possible. Pour s'assurer que ces conditions sont bien réalisées, on emploie tous les moyens de contrôle : utilisation d'un lot témoin fréquemment représenté, établissement de plusieurs séries d'expériences, etc.

Telles sont brièvement résumées les différentes étapes de l'obtention d'une nouvelle variété de blé : elles demandent beaucoup de temps et un temps qu'il n'est pas possible de raccourcir. Nombreuses, en effet, sont les qualités

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le sélectionneur désire réunir sur une même plante : rendement, résistance aux diverses maladies, à la verse, à l'échaudage, valeur boulangère du grain, souvent même résistance au froid, etc. Pour avoir l'idée réelle, exacte de la valeur d'une variété nouvelle, il est indispensable que ses qualités aient été éprouvées, qu'elle ait subi un été chaud, un hiver rigoureux, une saison favorable au développement de la rouille, etc., autant de circonstances qui, naturellement — et fort heureusement — ne se présentent pas ensemble la même année. Le blé Vilmorin 23 (fig. 4), dont on a tant parlé dernièrement, est issu d'un croisement fait à Verrières en 1909. Il ne fut mis dans le

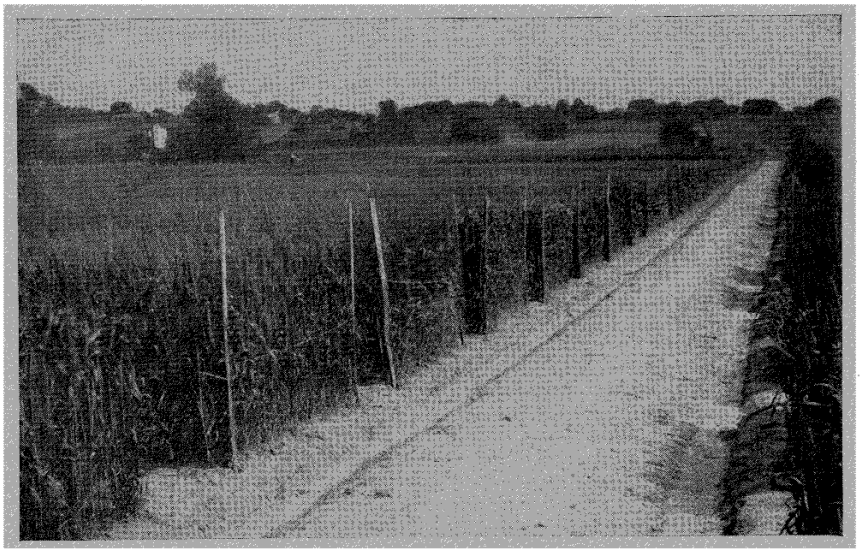


Fig. 3. — Expériences de rendement : parcelles de comparaison.

commerce qu'en 1923, soit après 14 années de fixation et de comparaison ; le Vilmorin 27, produit d'un croisement de 1910 ne fut livré au public que 17 ans après.

*
* *

Nous avons cité tout à l'heure la valeur boulangère. Nous y insisterons quelques instants car elle est aujourd'hui à la mode. Des sélectionneurs la considèrent à peu près comme la condition *sine qua non* de la valeur générale d'une variété. Des lois récentes interdisent aux meuniers d'introduire dans leur fabrication plus d'une très faible proportion de blés exotiques ou blés « de force ». Nous devons donc produire en France des blés se suffisant à eux-mêmes quant à leur valeur boulangère. Il a été longtemps difficile d'appré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cier cette valeur; on y parvient actuellement très aisément grâce à l'extensimètre Chopin (fig. 5) [2].

L'extensimètre Chopin permet de réaliser le gonflement jusqu'à rupture d'une pâte de farine et d'enregistrer la courbe de la pression en fonction du volume.

La surface délimitée par cette courbe et par l'axe des abscisses mesure le travail fourni, d'où l'on peut déduire le rapport $\frac{t}{m}$ où $t$ est le travail en milliers d'ergs et $m$ le poids de la pâte en grammes.

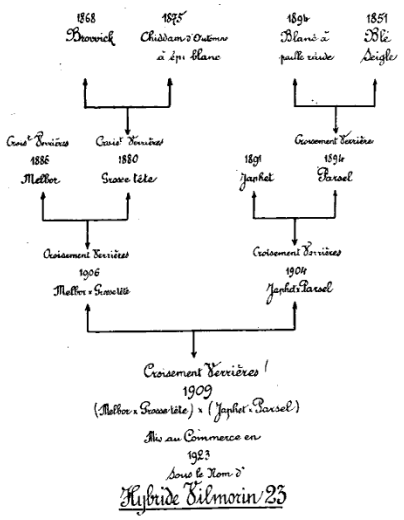



Fig. 4. — Généalogie du blé hybride Vilmorin 23.

Pourvu que la pâte ait été préparée dans des conditions définies, ce rapport, que l'on désigne aussi par W, est caractéristique de la qualité boulangère. Il varie suivant les farines entre des limites très éloignées, depuis 10 jusqu'à 350 et plus, et constitue de ce fait une indication très précise.

La forme de la courbe (fig. 6) est, elle aussi, une donnée instructive. Une farine accusant une pression maxima trop élevée et un indice de gonflement trop faible est défectueuse. Elle donne un pain compact qui, toutefois, conserve son volume après le défournement. Une farine possédant les caractéristiques inverses des précédentes fournit au contraire un produit qui gonfle exagérément au chauffage et s'aplatit en galette au refroidissement. En les mélangeant toutes deux en proportions convenables, on peut, en certains cas, obtenir une farine de bonne tenue.

L'extensimètre constitue un précieux appareil de contrôle en meunerie. Il permet de faire avec précision les rapports dans lesquels doivent être mélangés des blés à W faibles avec des blés à W forts, des blés à trop forte pression maxima, avec des blés à indice de gonflement exagéré, dans le but d'obtenir des farines à caractéristiques voulues.

Nous employons l'extensimètre à Verrières pour la sélection des blés. Comme nous devons, dans ce travail, opérer pour chaque essai sur le produit d'une seule plante, quelques modifications ont dû être apportées à

(2) Voir la description du prototype de cet appareil dans le *Bulletin* de mars 1921, p. 260.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'appareil. M. Chopin a établi pour nous un nouveau modèle permettant de travailler sur un échantillon extrêmement réduit. Naturellement, la pâte est préparée dans un pétrin spécial de très petites dimensions. Deux opérateurs, l'un au pétrin, l'autre à l'extensimètre, peuvent, avec un peu d'entraînement, effectuer une trentaine d'opérations par jour. La préparation du travail, qui comporte, pour chaque plante, le battage, le nettoyage des grains et la mouture, est assez longue.

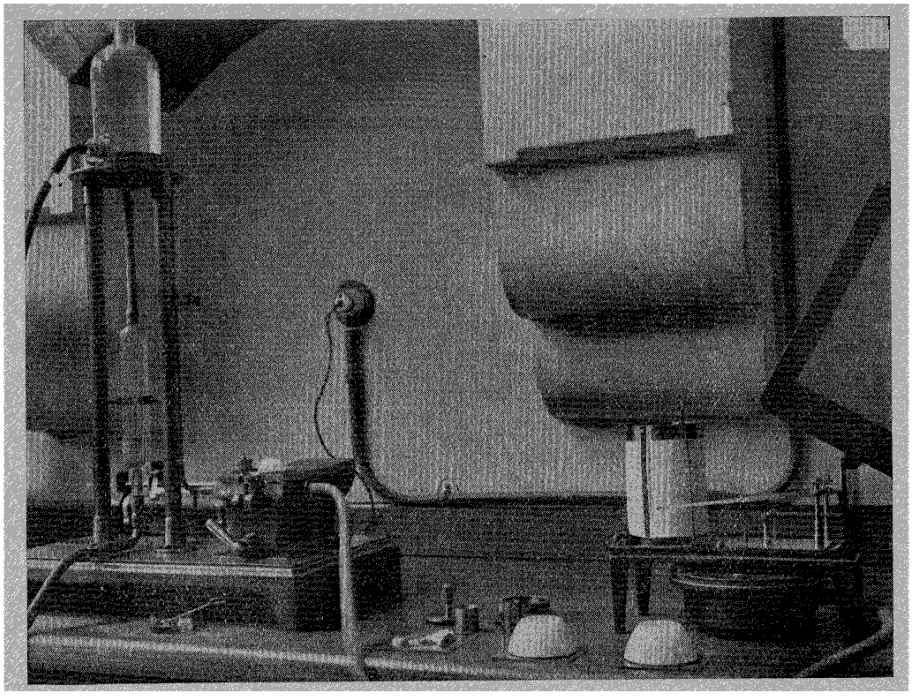


Fig. 5. — L'extensimètre Chopin.

La grande supériorité de l'extensimètre consiste en ce qu'il réalise la mesure directe d'une propriété mécanique en relation immédiate avec la valeur boulangère et que cette mesure est effectuée sur la matière même qui sera soumise à la panification.

Nous utilisons l'extensimètre à Verrières depuis plusieurs années; il nous rend pour la sélection de très précieux services.

*
* *

Ce que nous avons dit pour les blés est valable exactement de la même façon pour les autres plantes autogames, telles que : pois, avoine, orge, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'*orge*, nous avons pu isoler et fixer, par la méthode de sélection généalogique, dont je viens de parler, un type chez lequel les barbes de l'épi sont dépourvues de nombreuses petites dents dont elles sont normalement hérissées et qui ont l'inconvénient de blesser la langue des animaux. Nous pourrions multiplier presque à l'infini les exemples de cet ordre.

*
* *

Le cas de *la betterave à sucre* est tout différent du fait que cette plante *est toujours hybride*. Chaque individu est régulièrement fécondé par le pollen

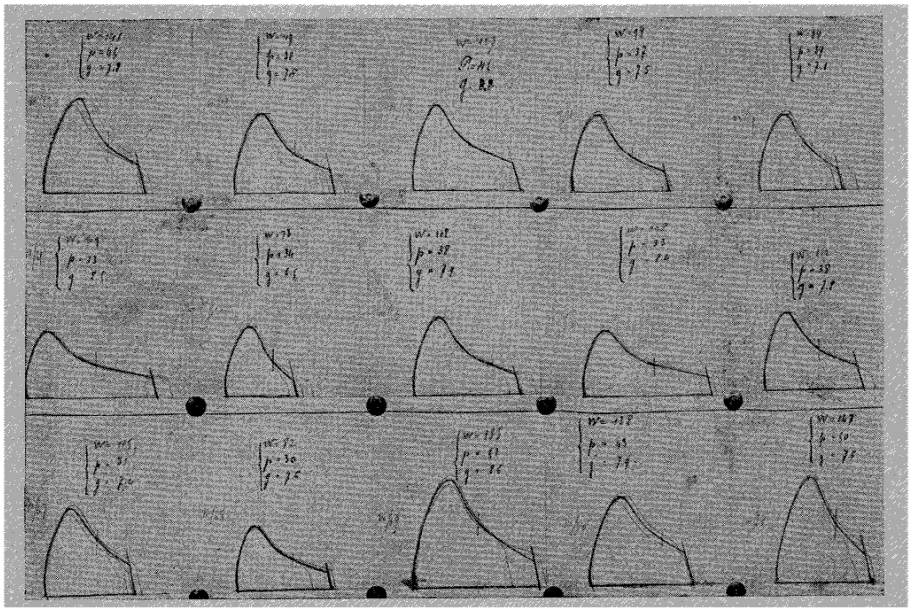


Fig. 6. — Courbes obtenues avec l'extensimètre.

des plantes voisines. Il n'y a dans les races de betteraves, aucune lignée complètement pure, mais un ensemble hybride, éminemment variable. Munerati, le grand spécialiste italien de la betterave à sucre, affirme que celle-ci subit des variations qu'aucun instrument n'est capable d'enregistrer.

C'est mon arrière-grand-père, Louis de Vilmorin, qui pratiqua le premier à Verrières la sélection de la betterave à sucre. La méthode a été perfectionnée depuis, mais est encore appliquée aujourd'hui dans ses grandes lignes.

Elle consiste dans le prélèvement au laboratoire d'une petite partie de la racine, qui, réduite en pulpe fine et traitée par l'eau, lui abandonne son sucre. Le sucre de cette solution, déféquée au sous-acétate de plomb, est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dosé au saccharimètre. Cet appareil indique par lecture directe le poids de saccharose par 100 g de racine.

A Verrières, les racines reconnues les meilleures à la fois comme forme et comme richesse, sont mises en végétation isolément sous des tentes de toile (fig. 7) dont le tissu très serré ne permet pas le passage du pollen étranger. Nous savons que la betterave se féconde elle-même occasionnellement; elle y est ici contrainte et se prête tant bien que mal au traitement qui lui est imposé. La fécondation n'est que partielle; aussi ne récolte-t-on

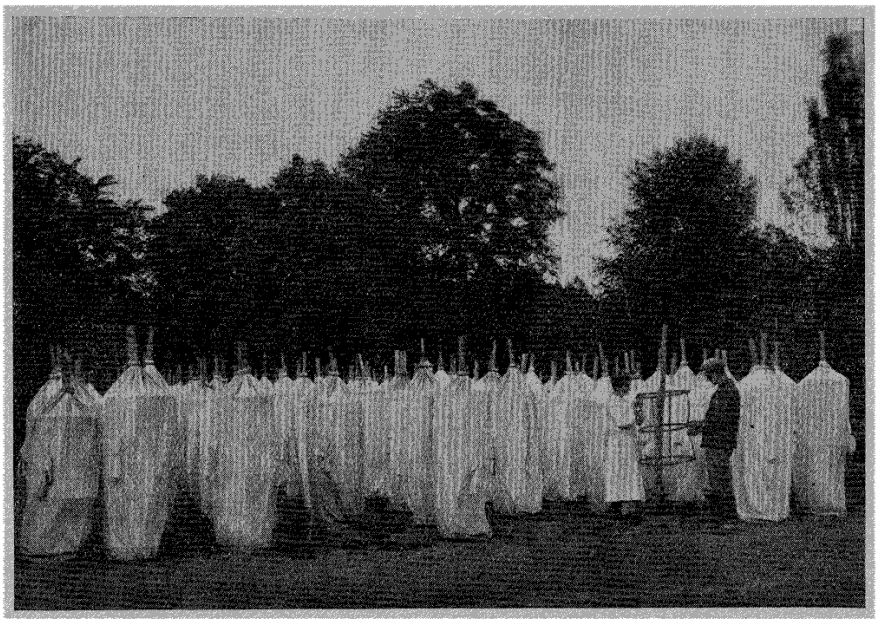


Fig. 7. — Isolement, sous toiles, des betteraves de premier choix.

qu'une petite quantité de graines, mais elles sont de grande valeur; elles sont une étape vers les lignées pures et peuvent être un instant comparées à des lignées pures de blé, puisqu'elles ont été obtenues par autofécondation. Ces graines vont donner à leur tour des racines. On ne peut malheureusement à cette génération songer à employer le même système de l'isolement sous toile, praticable pour quelques centaines de racines mais non plus pour un grand nombre; ce serait à la fois trop coûteux et trop encombrant. Quelques individus seulement seront soumis à l'isolement; les autres seront cultivés en familles (fig. 8) par stricte consanguinité, à l'écart de toutes autres betteraves et protégés par des arbres, bâtiments, etc... contre l'arrivée de pollen étranger.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les graines provenant de ces différents lots, de ces différentes familles issues à l'origine d'une racine unique, sont semées côte à côte dans un champ de comparaison et soigneusement examinées quant à leurs qualités héréditaires et leur homogénéité. Ce seront les meilleures de ces lignées qui serviront de base pour la sélection des racines dont les graines fourniront la semence destinée au commerce.

A la génération suivante, les betteraves issues de ces lots sélectionnés

Fig. 8. — Betteraves cultivées en famille.

sont encore analysées au laboratoire et les mauvais sujets qui peuvent encore s'y trouver éliminés impitoyablement.

Il va de soi que pendant tout le cours de la végétation, les champs d'expérience sont soumis à des examens répétés; les types défectueux, ayant tendance à monter à graine la première année, dont le feuillage est trop développé ou dont le collet sort de terre, sont supprimés.

Ce qu'il faut fournir à l'industriel sucrier, c'est une plante ne se portant pas à graine la première année, ayant une racine de forme parfaite et d'arrachage facile, d'un poids élevé et d'une richesse aussi considérable que possible, avec des jus d'une grande pureté.

Ce n'est qu'après une vérification minutieuse de plusieurs années que les lots d'élite obtenus par la série des opérations ci-dessus énumérées peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être mélangés en proportions soigneusement étudiées et multipliées en vue de la production en grand.

On voit combien il faut, pour aboutir, d'attention et de patience. Une grande difficulté est constituée par les perturbations qu'introduisent dans les champs de comparaison les conditions atmosphériques, de petites différences dans l'homogénéité du sol, sa composition chimique, etc.

*
* *

Par les deux exemples exposés, nous pensons avoir donné une idée suffisante des processus différents de la sélection. On voit qu'elle est basée essentiellement sur des méthodes scientifiques sans lesquelles on ne peut faire que du mauvais travail ou de l'à peu près. Ces méthodes sont appliquées à Verrières sur des centaines d'espèces potagères, florales, fourragères, industrielles, etc. Nous ne citerons ici que les sélections les plus importantes du point de vue économique : le *topinambour* est étudié au point de vue de sa teneur en matières sèches, la *pomme de terre* à celui de la fécule, le *lin* pour la fibre et pour la teneur en huile des graines, les *betteraves fourragères* pour leur valeur nutritive et leur conservation, liée à la teneur en matières sèches, etc.

Il va sans dire que notre vieille maison est outillée et organisée pour suivre et mener à bien ces travaux presque innombrables.

La science de l'hérédité évolue constamment; très approfondie surtout aux États-Unis, en U. R. S. S. et en Allemagne, elle a pris au cours des 20 dernières années une importance considérable. L'étude des chromosomes, particules de chromatine existant dans chaque cellule vivante, dont le nombre est constant dans chaque espèce et qui sont aujourd'hui à peu près universellement considérés comme les porteurs des caractères héréditaires, a donné naissance à la *cytologie*. Nous avons à Verrières un laboratoire de cytologie, un des rares malheureusement qui soient en France. L'observation des chromosomes nous rend chaque jour, en dehors de l'intérêt scientifique pur qu'elle présente, de très grands services pratiques. Elle est d'ores et déjà, et sera de plus en plus, à la base de l'amélioration des plantes et évitera dans les hybridations bien des tâtonnements, bien des tentatives infructueuses. Nous nous bornons seulement à effleurer cet important sujet qu'il faudrait un volume pour traiter complètement.

Mais la connaissance du patrimoine héréditaire des plantes et l'étude de son mode de transmission ne sont pas tout en sélection. Une autre science lui est intimement liée qui, elle aussi, progresse activement : c'est la *phytopathologie*, ou science des maladies et parasites végétaux et des moyens de les prévenir et de les soigner. Il est peu d'espèces qui ne soient envahies par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de dangereux ennemis, champignons, bactéries, insectes. On conçoit combien il est important de connaître la vie et les mœurs de ces redoutables adversaires afin de les mieux combattre. D'une façon générale, toute espèce nouvelle se montrant particulièrement sensible à un parasite quelconque est impitoyablement éliminée. La phytopathologie joue un rôle très important dans la sélection de la pomme de terre, dont les innombrables variétés offrent un milieu plus ou moins favorable au développement des maladies cryptogamiques et des maladies de la dégénérescence. Ici encore, malgré l'intérêt du sujet, nous sommes obligés de passer rapidement.

Est-il besoin d'insister sur l'utilité de la sélection? Elle a fait ses preuves et donné des résultats inappréciables. La Suède a triplé en 40 ans sa récolte de blé et la France, importatrice de quantités énormes, il y a quelques années encore, se suffit aujourd'hui à peu près à elle-même. Dans le domaine de la betterave à sucre, la plus-value dont bénéficie l'industrie française grâce à la sélection est incalculable; il en est de même pour le lin, le tabac, toutes les plantes industrielles, sans parler des variétés potagères, maraîchères, qui s'améliorent constamment. Et ce n'est pas fini : si la nature livre chaque jour un nouveau secret, elle le fait avec parcimonie; il appartient à l'homme de déchirer le voile épais qui cache encore bien des merveilles. Les trésors du monde végétal sont quasi inépuisables; il faudra beaucoup de patience, beaucoup de méthode pour les découvrir et les appliquer.

Nous continuons pour notre part les travaux entrepris, avec l'espoir de doter encore l'agriculture et l'industrie françaises de ces plantes nouvelles dont le succès est notre fierté et notre récompense.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA LIME

par M. CHARLES FREMONT.

(*Suite.*)

## SECONDE PARTIE. — EMPLOI DE LA LIME

### 11. — Sens de l'action dans le mouvement de la lime

Le même outil n'est pas actionné de la même manière dans tous les pays.

Ainsi il paraît « que les Japonais travaillent en *tirant* avec les scies et les rabots; en Europe c'est en poussant [25] ». JOHN EVANS, dans son livre *L'âge du bronze*, cite (p. 199) : « une scie en cuivre trouvée à Niebla (Espagne) : cet « outil, dont la longueur est de 225 mm, a les dents faites de manière à couper « lorsque l'ouvrier la ramène à lui, et non lorsqu'il l'éloigne ».

Cette façon d'opérer est d'ailleurs rationnelle lorsque l'outil peut *flamber* sous l'effort de poussée, car il est alors plus pratique de l'actionner par traction. Mais lorsque l'outil est suffisamment rigide, l'ouvrier peut l'actionner indifféremment en le tirant ou en le poussant et si, pour la lime, qui a généralement cette rigidité, nous l'actionnons en poussant, c'est une question d'habitude et elle n'est pas générale. Ainsi la figure 160 est la reproduction photographique d'une aquarelle chinoise représentant un ouvrier affûtant une scie en *tirant sur la lime*.

### 12. — Positions du corps du limeur.

Nos limeurs travaillent debout, devant l'étau serrant la pièce à ajuster, mais il n'en est pas de même dans tous les pays.

Ainsi les ouvriers orientaux travaillent généralement accroupis, la pièce serrée entre leurs pieds (*Le Japon pratique*, par FÉLIX RÉGAMEY, 5e édition, figures des pages 84, 86, 105, 125, 145, 151, 168, 171).

J'ai donné la reproduction d'une gravure de CONTÉ, représentant accroupi, près de son tour, le tourneur égyptien [26]. Dans le grand ouvrage sur l'Égypte, publié à Paris en 1817, d'où j'ai extrait cette gravure de tourneur, le limeur

(25) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1876, p. 246. Voir aussi *Things Japanese*, par BASIL HALL CHAMBERLAIN, dans lequel on peut lire (5e édition, 1905, p. 480 à 482) au chapitre *Topsy-turvydom* (Le monde à l'envers). « It has often been remarked that the Japanese do many things in a way tha runs directly counter to European ideas of what is natural and proper... Many tools and implements are used in a way which is contrary to us.... Japanese carpenters saw and plane towards, instead of away from, themselves.... Japanese women « needle their thread » instead of « threading their needle. »

(26) CH. FREMONT, *Origine et évolution des outils*, fig. 250, p. 119. Mémoire publié par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas représenté, mais le serrurier en bois est donné en train de raboter le morceau de bois qui sera la serrure; sa position accroupie et sa manière de maintenir ferme, avec les pieds, la pièce à travailler, sont les mêmes, qu'il lime ou qu'il rabote (fig. 161).

On voit encore cette position accroupie chez le limeur hindou; ainsi la figure 162 est la reproduction d'un fragment d'une planche relative au *Kansaurys* (chaudronnier hindou) et publiée par B. SOLVYNS, à Calcutta, en 1796.

La figure 163 représente une femme malabare accroupie pour limer une

Fig. 160. — Chinois affûtant une scie en tirant la lime. (*Bibliothèque nationale*, Estampes. Oe 118.)

pièce de fer forgée par son mari. Le texte [27] ajoute que les femmes de chaudronniers se servent de leurs pieds pour assujettir la pierre sur laquelle elles travaillent.

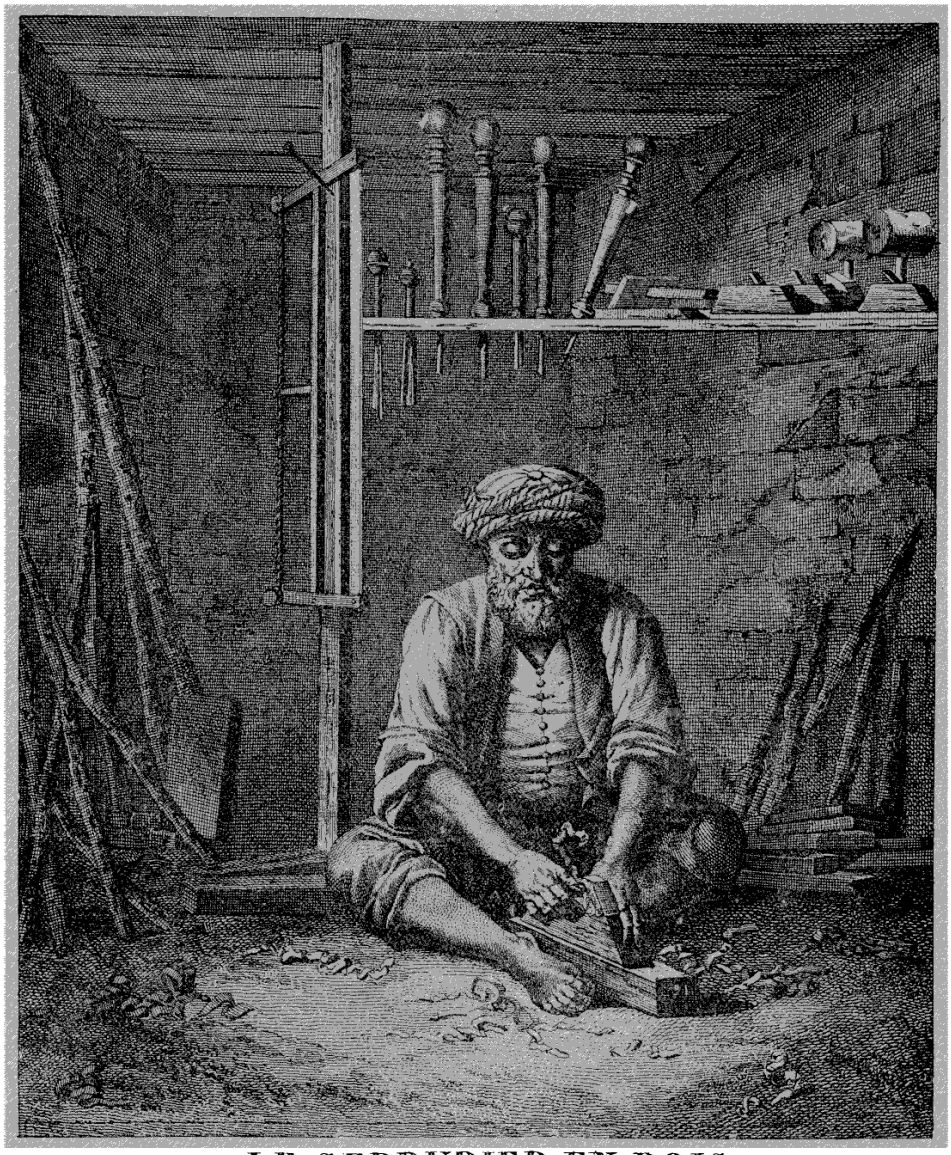
Des gravures provenant d'anciens manuscrits et de divers ouvrages, publiés aux XV^e^, XVI^e^, XVII^e^ et XVIII^e^ siècles, nous montrent les positions des limeurs de différentes professions.

Ces gravures étant assez rares et généralement peu connues, je crois qu'il y a intérêt à en reproduire ici quelques-unes

Ainsi la figure 164 représente, d'après un manuscrit du XV^e^ siècle, un limeur qui se prépare à ajuster certaines parties de pièces d'artillerie [28].

(27) *L'Hindoustan... Arts et Métiers des Hindous*, Paris, 1816, t. V, p. 28.
(28) *Vie de Maximilien*, par BURGMAIR, Vienne, 1775.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



LE SERRURIER EN BOIS.

Fig. 161. — Le serrurier en bois. (*Arts et Métiers de l'Égypte*, t. II, pl. 15.)

Les limeurs du XVI^e^ siècle nous sont donnés par la *Panoplia* d'HARTMANN SCHOPPER comportant 130 professions diverses gravées par JOST AMMAN en 1568 :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

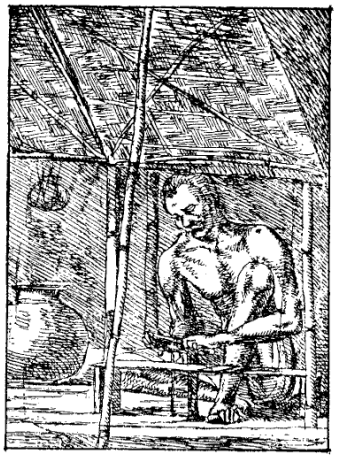


Fig. 162. — Limeur hindou accroupi. (Fragment d'une gravure concernant le chaudronnier, Bibliothèque nationale, Estampes. Od 56.)

la figure 165 (éperonnier), la figure 166 (coutelier), la figure 167 (fabricant de compas), et la figure 168 (fondeur en cuivre). Ces gravures montrent des ouvriers du XVI^e^ siècle travaillant à la lime.

Pour le XVII^e^ siècle, j'ai consulté les 212 figures des *Arts et Métiers*, de SANDRARDT [29] et j'ai choisi les suivantes qui m'ont paru présenter quelques particularités.

Les limeurs des figures 169 et 170 travaillent *debout* devant leur étau; ceux des trois figures suivantes (fig. 171, 172, 173) travaillent assis.

Les limeurs des figures 169 à 172 se servent de *limes à bras*, c'est-à-dire tenues par les deux mains.

Fig. 163. — Femme malabare accroupie et limant une pièce de fer forgée par son mari.

Le limeur de la figure 173 se sert d'une *lime à main*, c'est-à-dire actionnée d'une seule main.

Le limeur-robinettier de la figure 169 est gaucher, puisqu'il tient le manche de la lime dans sa main gauche et que l'ouvrier doit développer plus d'énergie sur ce manche que sur la pointe de la lime.

Les limeurs du XVIII^e^ siècle diffèrent peu de ceux des époques modernes; je me borne à donner le limeur-coutelier de J. PERRET (fig. 174), qui lime d'une seule main une pièce de forme circulaire, cylindrique ou conique, probablement une goupille.

Les positions du corps du limeur ont été soigneusement décrites par divers auteurs, notamment par ROUBO FILS, dans l'*Art du menuisier-ébéniste*, 1774 (3^e^ section, 3^e^ partie, chap. XIII, p. 936).

(29) Bibliothèque nationale, Estampes, Cote 4C, 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une des meilleures définitions est celle que M. LANGONET, ancien directeur de l'École des Arts et Métiers de Châlons, a donnée dans son petit *Manuel d'outillage* (p. 34) :

« *Manière de se servir de la lime.* — La lime est un outil dont le manie-

Fig. 164. — Limeur d'après un manuscrit du XV^e^ siècle.

« ment présente de très grandes difficultés. Pour en faire usage, l'ouvrier en « saisit le manche de la main droite et l'extrémité de la main gauche; puis « il la pose sur la pièce qu'il veut limer et que, préalablement, il a serrée entre « les mors de son étau.

« Il se place ensuite devant l'étau, *le corps bien d'aplomb*, la pointe du « pied gauche dirigée vers le pied de l'étau et le touchant presque, la jambe



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

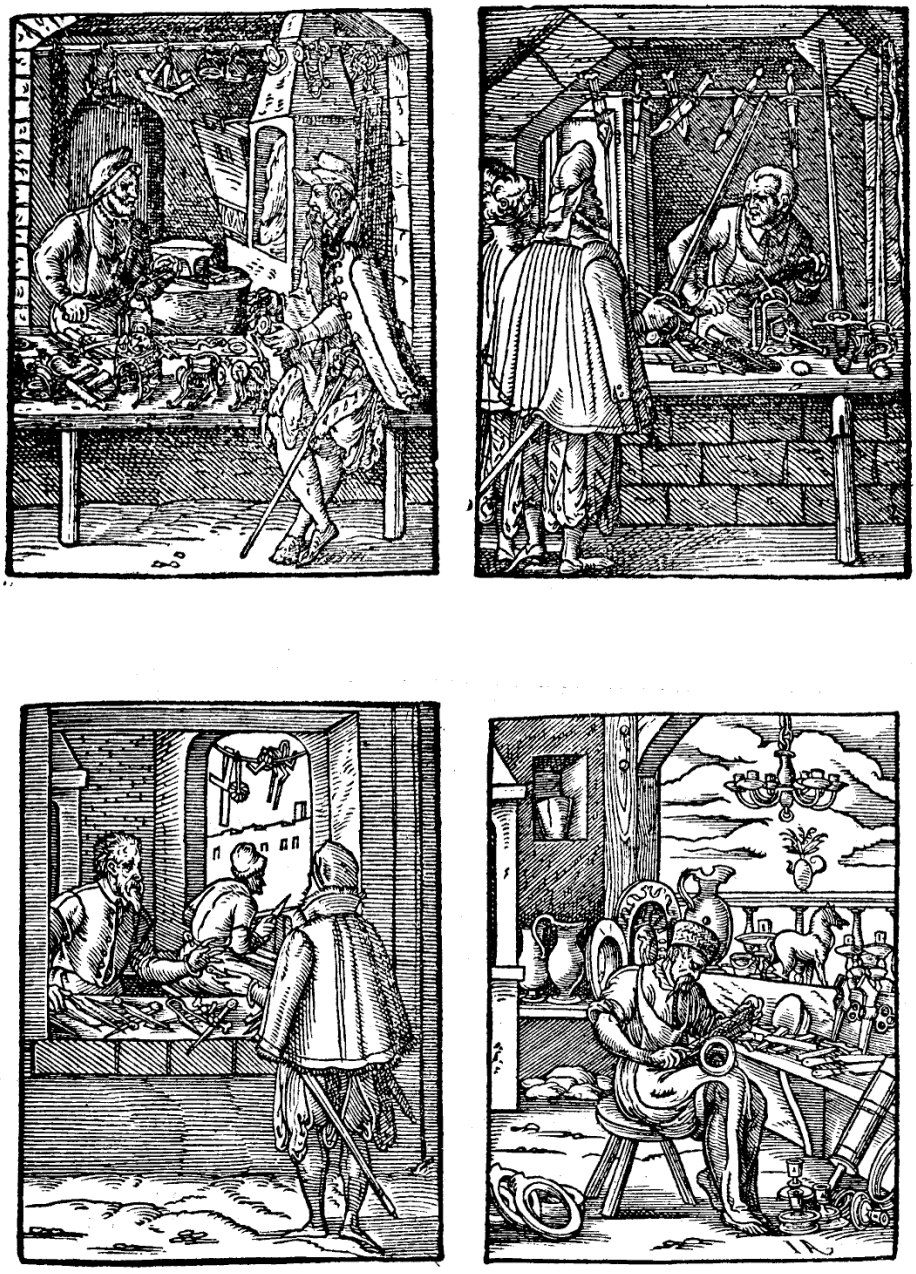


Fig. 165 à 168. — Limeurs au XVI[e] siècle, d'après Jost Amman (1568).
Éperonnier; — Coutelier; — Fabricant de compas; — Fondeur en cuivre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

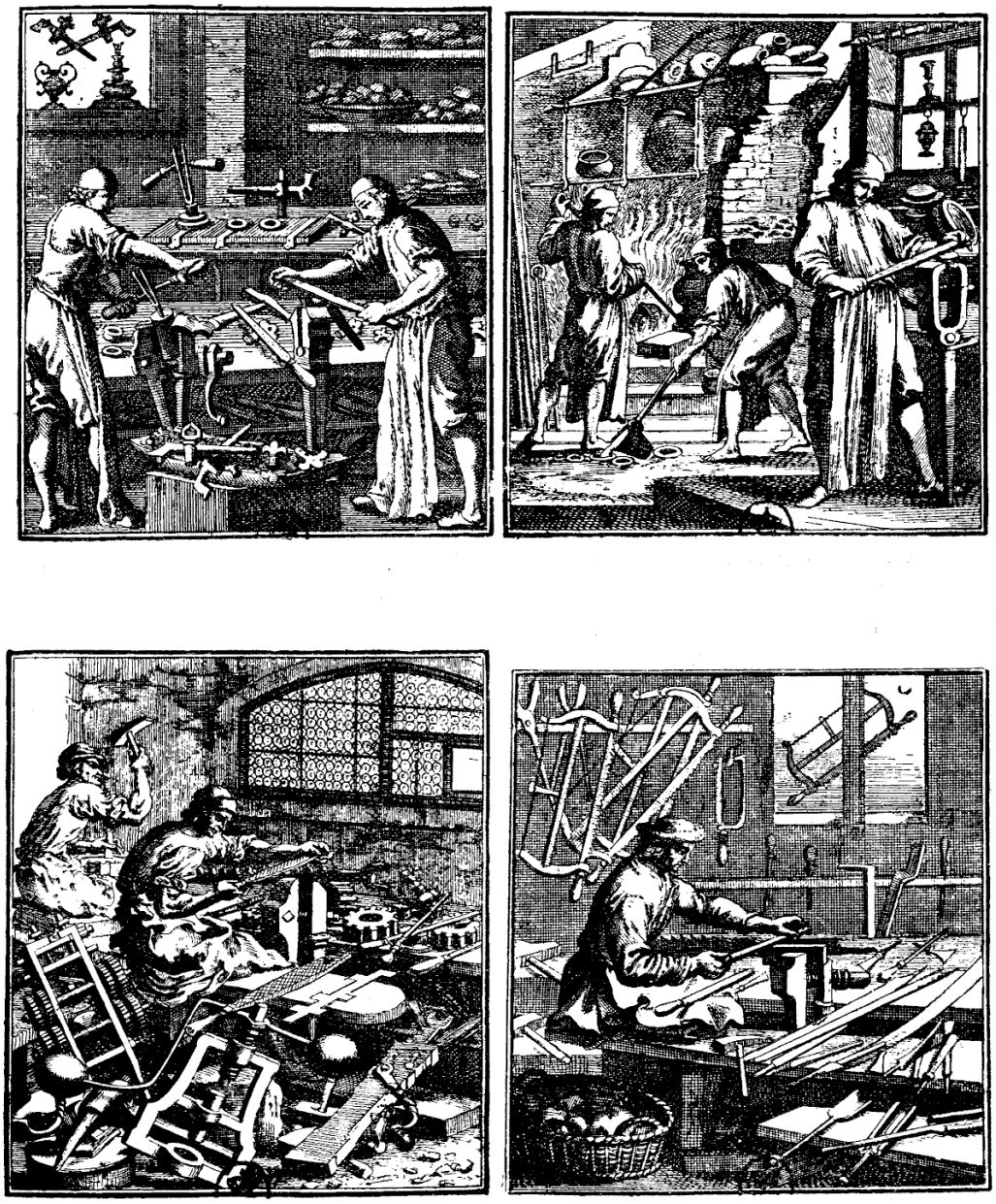


Fig. 169 à 172. — Limeurs au XVII^e siècle, d'après SANDRART.
Robinettier; — Fondeur en cuivre; — Mécanicien; — Fabricant de scies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« droite rejetée en arrière, le pied droit faisant avec le pied gauche un angle « de 80° à 85°, le talon gauche éloigné du travers du pied droit de 0,30 m à « 0,35 m, le bras droit près du corps et le coude en arrière (fig. 175).

« Si, à ce moment, l'ouvrier porte le corps légèrement en avant, en s'arc- « boutant sur la jambe droite, et allonge les bras en appuyant sur la lime, « les dents de celle-ci tracent leur sillon sur la pièce à limer et enlèvent sous « forme de poussière des copeaux dont les dimensions varient avec la taille « de la lime.

« Lorsque les bras sont entièrement allongés et que le talon de la lime est

Fig. 173. — Limeur au XVII^e siècle, d'après SANDRARDT. (Fabricant de bagues, Bibliothèque nationale, Estampes. Cote Lc2.)

Fig. 174. — Limeur coutelier au XVIII^e siècle. (*L'art du coutelier*, par J. PERRET, Paris, 1771, pl. 17.)

« en contact avec le bord de la pièce à limer, aucun travail utile n'est plus « réalisable; il convient de ramener la lime en arrière, pour lui faire reprendre « sa position antérieure et recommencer le mouvement décrit plus haut.

« Pour cela, il faut redresser le corps, que l'on avait porté en avant, et « ramener les bras dans la position indiquée précédemment, en ayant bien « soin, dans ce mouvement de recul, de ne pas peser sur la lime, afin de ne « pas égrener les dents.

« Enfin, il est essentiel que, dans tous les mouvements qu'on lui imprime, « la lime, ou du moins sa ligne d'axe, garde la position horizontale, ce qui « ne peut s'obtenir et se conserver que si l'étau dont se sert l'ouvrier se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« trouve à la hauteur convenable. Mais ces précautions indispensables ne sont « pas les seules à prendre pour bien limer. Il convient de se placer, par rap- « port à la pièce à dresser, de telle façon que l'axe de la lime et le bord de « la pièce fassent un angle de 45° environ, et de maintenir la lime dans cette « direction pour toutes les positions qu'on lui fait occuper.

« Cette première opération terminée, l'ouvrier évolue sur le talon gauche,

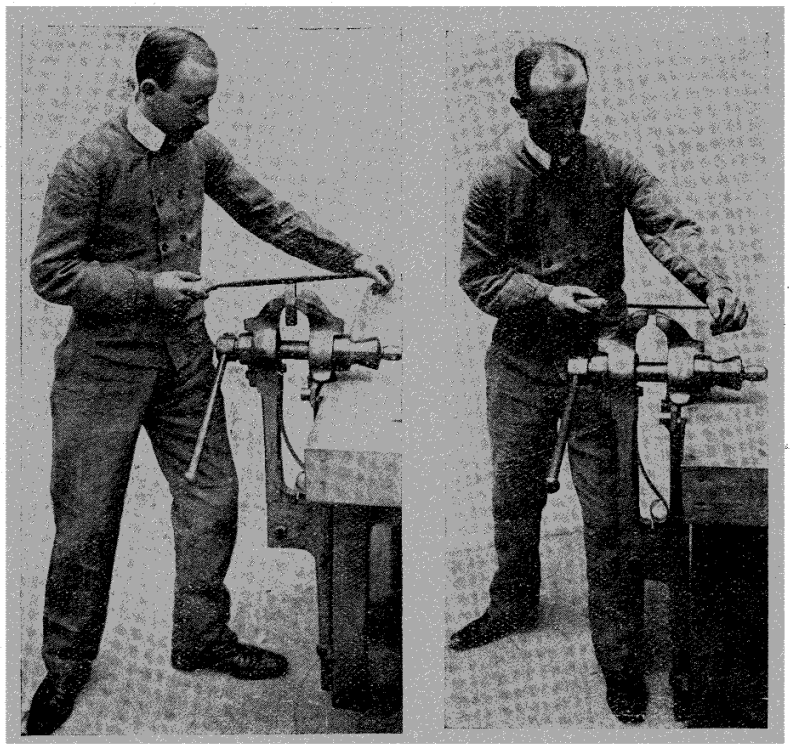


Fig. 175 et 176. — Positions du limeur croisant le trait.

« afin d'occuper la position qui lui permettra de diriger l'axe de la lime per- « pendiculairement à sa direction antérieure et, comme précédemment, il lui « fait parcourir toute la surface à limer, pour recommencer ainsi, jusqu'à ce « que la surface dont il s'agit soit convenablement dressée, ce dont on s'as- « surera soit avec la règle, soit avec le marbre. C'est ce qu'on appelle croiser « le trait (fig. 176).

« L'opération du croisage du trait a pour objet de faire disparaître les « ondes, qu'on laisserait inévitablement sur la surface à dresser, si la lime

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« était toujours poussée dans le même sens. Mais, ces prescriptions étant « observées, il faut encore beaucoup de temps et de persévérance avant de « pouvoir limer droit, et un grand nombre d'ouvrier n'y arrivent jamais. »

Il faut ajouter que, dans la course aller de la lime, les trajectoires des mains sont un peu obliques sur l'axe longitudinal de la lime, de sorte que

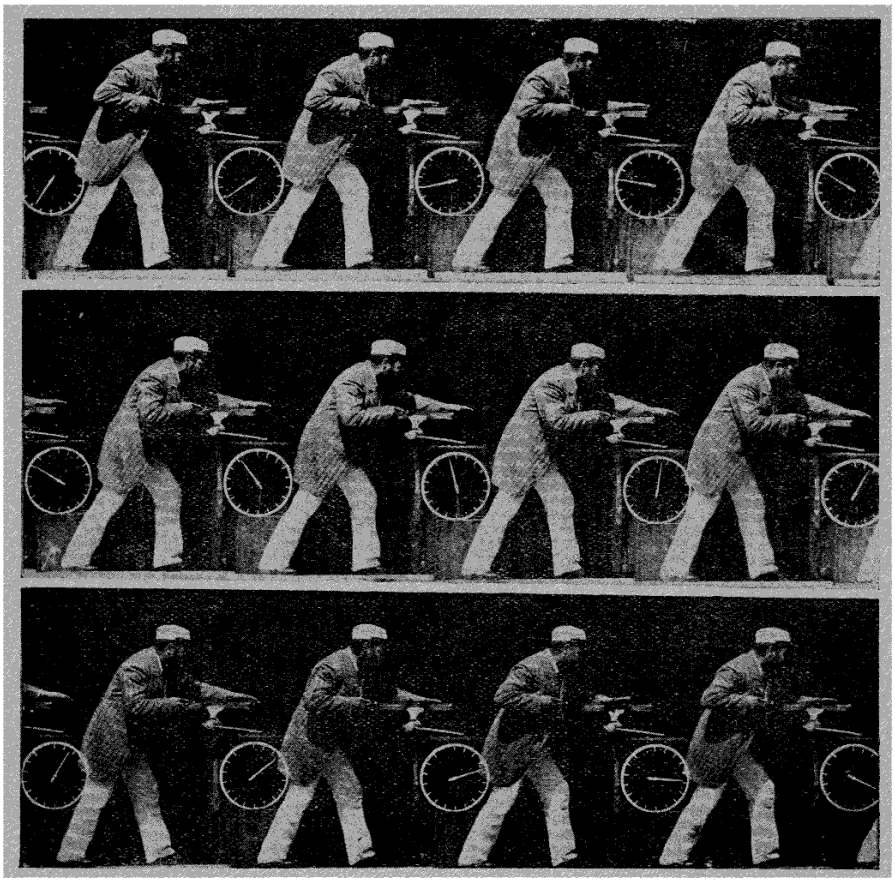


Fig. 177. — Positions successives du limeur pendant la période d'un coup de lime : aller et retour.

celle-ci, tout en avançant, se déplace latéralement, ce qui élargit la surface attaquée à chaque coup de lime.

Les figures 175 et 176 montrent bien chacune une position du limeur quand il croise le trait d'un côté, puis ensuite de l'autre; mais il reste à connaître les positions successives occupées par le corps et les bras pendant toute la période d'un coup de lime, aller et retour.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 177 montre ces positions relatives du limeur prises, en 1894, dans le laboratoire de physiologie de mon très regretté maître et ami, le docteur MAREY, au Parc-aux-Princes, où j'effectuais des expériences relatives à la technologie industrielle.

J'ai pu notamment, avant que les cinématographes fussent dans le commerce, photographier, sur de longues bandes, et reproduire à l'impression, toutes les poses successives du forgeron et du frappeur [30].

Ces premières notes ont été réunies dans un mémoire publié en 1906 par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale sous le titre : *Étude expérimentale du rivetage*. D'autres suivront.

Le chronographe, qui apparaît sur la photographie, permet d'évaluer le temps; l'aiguille fait le tour du cadran en une seconde et demie et franchit ainsi une des 18 divisions en 5 tierces ou un douzième de seconde.

On constate, sur cette photographie, que le limeur a mis $\frac{8}{12}$ sec pour pousser la lime et $\frac{3}{12}$ sec pour la ramener; soit $\frac{11}{12}$ sec pour un coup de lime complet aller et retour.

Ce qui correspond à environ 65 coups de lime par minute.

### 13. — Positions des mains du limeur.

Nous avons vu, à propos de la manière de se servir de la lime, que, pour en faire usage, l'ouvrier en saisit le manche de la main droite et l'autre extrémité de la main gauche.

Or, c'est là la position des mains du limeur dans le *cas général*; mais il y a quelques cas particuliers pour lesquels les positions des mains sont différentes.

Ainsi, lorsqu'il s'agit de limer dans un *trou borgne* (trou qui n'est pas débouché) (fig. 178) « l'ouvrier ne pouvant pas placer sa main gauche au « bout de sa lime, tient toujours le manche de la lime de la main droite; « mais il pose les doigts de sa main gauche sur la lime tout auprès de sa « main droite [31] ».

Quand, au lieu d'être horizontale, la surface à limer est plus ou moins verticale, la main gauche n'appuie plus de la paume, mais des doigts placés verticalement (fig. 179).

Une pièce dressée au trait croisé a parfois besoin de présenter un aspect spécial obtenu par des traits parallèles : le limeur *tire de long* (fig. 180);

(30) *Le monde moderne*, février 1895, p. 192, *Les mouvements de l'ouvrier dans le travail professionnel.*
(31) DUHAMEL DU MONCEAU, *Art du serrurier*, 1767, p. 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« alors le serrurier tenant le manche du carreau (grosse lime) d'une main, et « l'autre extrémité du carreau de l'autre main, il pose la lime perpendicu- « lairement sur l'ouvrage; et la promenant suivant la longueur, il forme des « traits qui suivent cette direction. »

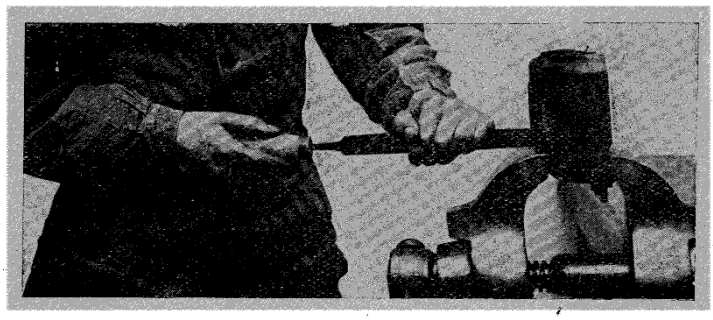


Fig. 178. — Limage dans un trou borgne.

« Lorsqu'on a à limer un petit fer rond, comme une goupille, ou un « poinçon, l'ouvrier le tenant de la main gauche, le pose sur un morceau de « bois qui déborde l'établi, ou qui est pris dans l'étau (fig. 181) et tournant

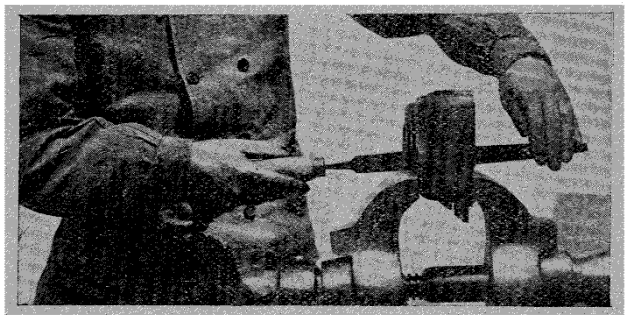


Fig. 179. — Limage d'une surface verticale.

« continuellement le fer qu'il veut arrondir, à mesure qu'il fait agir la lime, « il parvient à le faire à peu près rond [32]. »

### 14. — Position des doigts de chaque main du limeur.

Quand le limeur tient la lime d'une seule main (fig. 181), il a soin *d'appuyer, en avant du manche, avec l'extrémité de l'index*; le point d'appui, ainsi avancé, augmente la longueur du bras de levier du côté du manche et permet

(32) Duhamel du Monceau, *Art du serrurier*, 1767, p. 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'obtenir, avec le même effort du doigt, une plus grande pression de la lime à l'endroit où elle mord le métal.

Dans la tenue normale, la main droite, qui tient le manche, doit avoir le pouce dessus et dans la même direction longitudinale, les autres doigts pliés

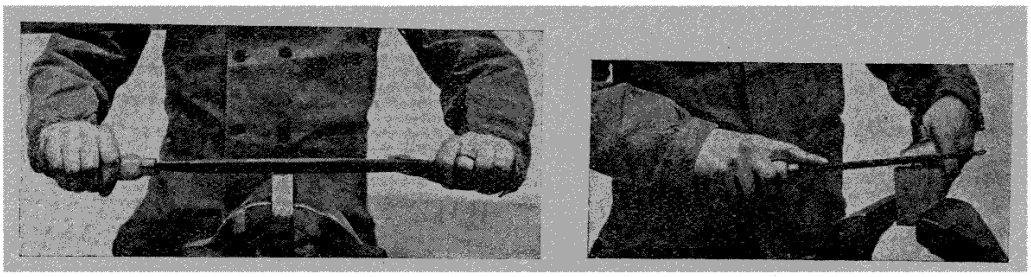


Fig. 180. — Limeur tirant de long.

Fig. 181. — Limeur tenant la lime d'une seule main.

et placés en dessous et en travers (fig. 182); la main gauche *détendue*, appuyant de la paume sur l'extrémité de la lime.

Beaucoup d'ouvriers, principalement ceux qui ont fai' leur apprentissage de serrurier, mettent l'index dans l'axe du manche (fig. 183) parce que le

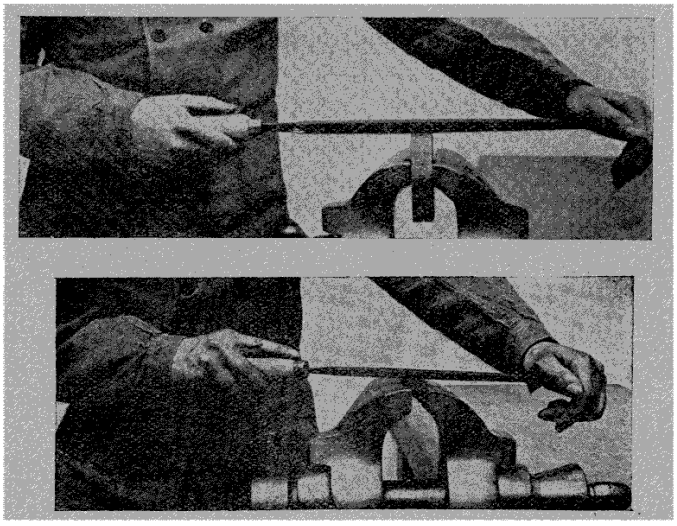


Fig. 182 et 183. — Tenues normales de la lime.

serrurier, surtout dans les temps passés, limait souvent d'une seule main (fig. 181), et, lorsqu'il limait des deux, il changeait peu la position des doigts.

Il ne faut pas mettre l'index ou l'index et le médium étendus comme on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le voit sur les figures 184 et 185; ce sont là des positions défectueuses des doigts de la main droite, l'ouvrier risque de se blesser en butant sur l'étau ou sur la pièce à limer.

La main gauche ne doit pas être fermée et serrée comme on le voit

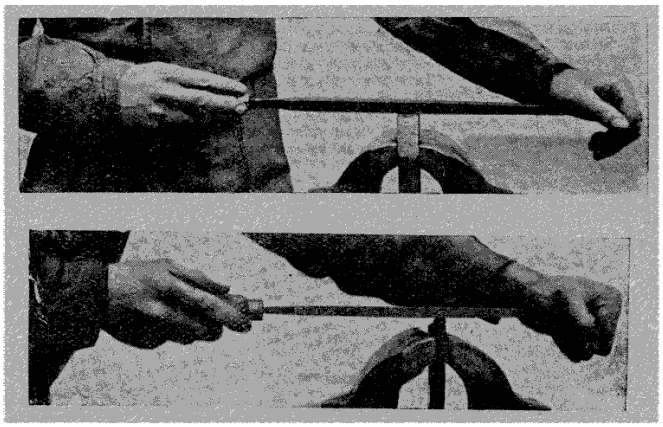


Fig. 184 et 185. — Tenues défectueuses de la lime.

figure 185; ce serrage est inutile et produit une fatigue qui peut aller jusqu'à donner des crampes dans les doigts; la main qui appuie sur l'extrémité de la lime doit être posée à *plat* ou au moins *détendue*.

Pour donner aux apprentis de bons principes de tenue de la lime, on peut

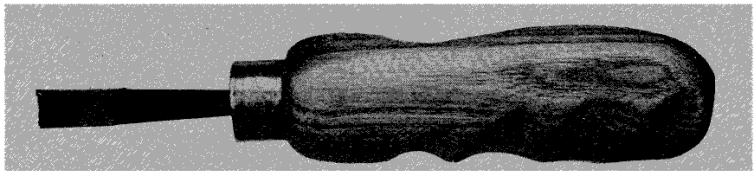


Fig. 186. — Manche de lime avec empreintes pour guider les doigts de l'apprenti.

faire sur le manche, et à la râpe, des empreintes guidant convenablement les doigts dans leur préhension (fig. 186).

### 15. — Hauteur relative que doit avoir l'étau du limeur.

Nous avons vu, à propos de la manière de se servir de la lime, qu'il fallait que l'étau dont se sert l'ouvrier pour tenir la pièce à limer se trouvât à la hauteur convenable,

En effet, quand la lime opère trop haut (fig. 187 et 188), les bras sont pliés et se fatiguent plus que lorsque la lime est à la hauteur normale; il y a,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

outre cette fatigue exagérée, une plus grande difficulté à équilibrer les efforts sur les deux extrémités de la lime et par suite à limer droit[33].

Quand la pièce à limer est trop basse pour l'ouvrier (fig. 189), celui-ci est obligé de se courber : il y a alors plus grande fatigue des reins et aussi plus de difficulté à manœuvrer convenablement la lime.

La hauteur convenable est celle qui permet à l'avant-bras droit de travailler à peu près horizontalement, comme on le voit sur les figures 175 à 179.

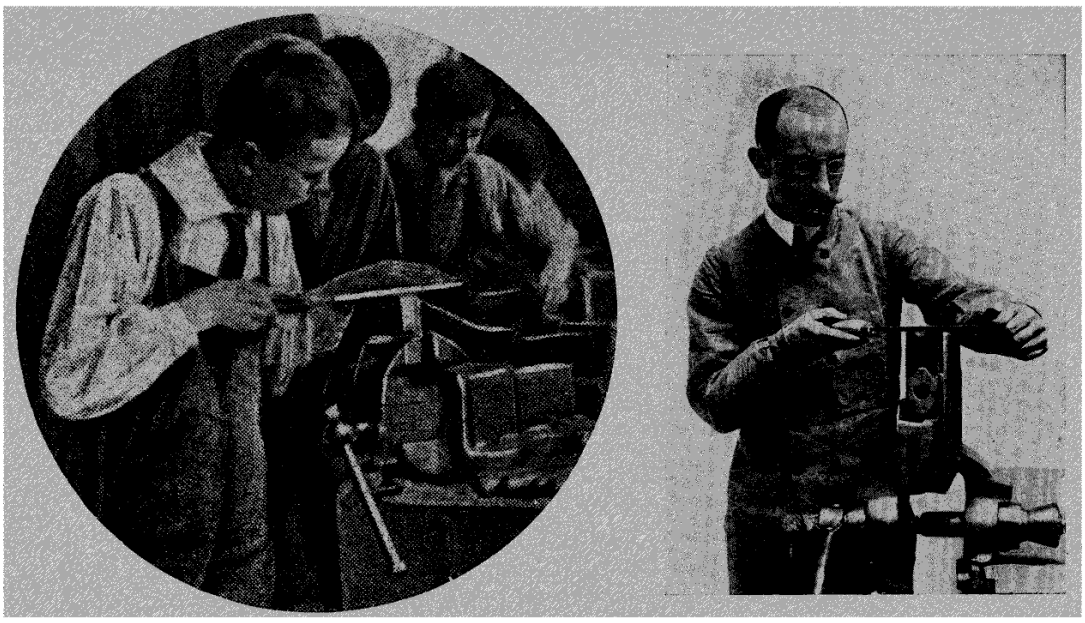


Fig. 187 et 188. — La surface à limer est trop haute.

J.-J. PERRET, dans son important *Traité de l'art du coutelier* (1re partie, 1771, p. 98), dit :

« Pour qu'un étau soit placé à la hauteur et à l'avantage du limeur, il « faut porter le coude sur l'étau et la main sous le menton. Si pour cette « position on n'a pas besoin de hausser ni de baisser le cou, on aura une « hauteur précise et déterminée pour limer avec facilité. La figure 190 repré- « sente un ouvrier dans cette attitude. »

ROUBO fils, dans son livre sur l'*Art du menuisier-ébéniste* (3e partie, 1774,

(33) La figure 187, reproduite d'après le journal illustré *Excelsior* du 28 juin 1915, représente des jeunes patriotes anglais, élèves de l'École technique de Guildford, qui se sont fait embaucher dans une fabrique d'aéroplanes pour travailler à la défense nationale. Ils liment sur des étaux qui n'ont pas été prévus pour leur taille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

p. 934) indique absolument le même procédé de mesure pour déterminer la hauteur à donner à l'étau.

Or, en réalité, pour fixer la hauteur d'un étau, il faut bien tenir compte de la hauteur de l'ouvrier, car on rencontre souvent de grands écarts dans les tailles d'hommes, mais il faut aussi tenir compte de la hauteur qu'auront, au-dessus de l'étau, les pièces à limer.

PERRET n'avait pas à s'inquiéter de cette condition parce que, dans la coutellerie, les pièces à limer sont petites ; mais dans nos ateliers de montage ou

Fig. 189. — La surface à limer est trop basse.

Fig. 190. — Hauteur relative que doit avoir l'étau, d'après J.-J. PERRET (1771).

de chaudronnerie, on met les étaux 10 cm plus bas que dans les ateliers d'ajustage, en prévision du surcroît de hauteur des pièces travaillées.

### 16. — Pour limer droit.

Pour limer droit il faut posséder un tour de main qui ne s'acquiert que difficilement et après un apprentissage généralement très long.

« L'ouvrier doit prêter une grande attention à mener son carreau (grosse « lime) bien horizontalement car les apprentis qui font balancer leur lime « forment la surface de leur fer en dos d'âne ; ils liment rond, au lieu que la « surface du fer doit être bien plate[34]. »

(34) DUHAMEL DU MONCEAU, *L'art du serrurier*, 1767, p. 24.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Et, comme nous l'avons dit plus haut, en citant textuellement LANGONET :

« Les prescriptions pour se servir de la lime étant observées, il faut « encore beaucoup de temps et de persévérance avant de pouvoir limer droit, « et un grand nombre d'ouvriers n'y arrivent jamais. »

Des spécialistes estiment qu'il faut, en moyenne, 3.000 heures d'entraînement à l'apprenti mécanicien pour être sûr de son coup de lime [33].

On voit le grand intérêt économique qu'il y aurait à réduire ce laps de temps, qui est excessif.

### 17. — Pour apprendre à limer.

Pour inculquer à l'apprenti les prescriptions relatives à la tenue de la lime, aux positions, aux mouvements, etc., il faut commencer par le faire limer avec une lime dite de deux au paquet, sur un morceau de fer ou d'acier doux, ayant au moins 6 cm de côté.

La surface limée étant *assez longue* dans le sens de l'axe de la lime, celle-ci se trouve maintenue horizontalement et, pour ce début, l'élève n'a pas à se préoccuper de limer droit, mais seulement de prendre de bonnes positions et les bons mouvements.

Ces premiers exercices sont assez fatigants et intéressent peu l'enfant parce que celui-ci ne voit pas un résultat immédiat; il faut donc leur consacrer une assez courte durée et profiter des repos pour donner des explications techniques correspondant au degré d'instruction de l'apprenti.

Le degré d'instruction, la mentalité, etc., n'étant pas les mêmes pour tous les apprentis, il ne faut pas songer à établir un programme uniforme pour ces explications techniques.

Il y a des généralités qui conviennent dans tous les cas; ce sont les connaissances indispensables à tout ouvrier, si peu instruit qu'il soit; ainsi, pour la lime, objet de ce mémoire, j'indiquerai, pour les explications à donner à tous les apprentis, le programme schématique suivant :

1° Formes diverses des limes; leurs noms : carreau, plate à main, plate pointue, demi-ronde, triangulaire (tiers-point), carrée, feuille de sauge, fendante, ronde (queue de rat), ovale, etc.;

2° Les dimensions les plus courantes de ces diverses limes. (La longueur se prenant de l'épaulement à la pointe de la lime);

3° Les tailles (dimensions des dents) : taille rude, bâtarde, demi-douce, douce, à polir, etc.;

(33) A. JULLY, *Cours techniques d'apprentis*, etc. (*Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, novembre 1910, p. 414.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Les termes : limes en paille, au paquet (des une ou des deux), au poids, à la douzaine. (Consulter les catalogues des grandes fabriques de limes);

5° Examen d'une lime neuve avant de la mettre en service: vérifier si elle n'est pas voilée, mais bien droite et sans défauts apparents;

6° Choix du manche : droit, en poire, coudé;

7° Emmanchement : préparation du manche, trou suffisant et bien dans l'axe; tenue solide;

8° Démanchement : soit au marteau, soit sur le bord d'une enclume, d'un étau, en frappant sur le bord de la virole suivant l'axe de la lime;

9° Encrassage de la lime par des copeaux incrustés entre les dents de la lime;

10° Procédés de décrassage, à la carde, à la pointe;

11° Causes d'accidents possibles, moyens de les prévenir.

Pour des élèves plus instruits, la période d'enseignement manuel commencera plus tôt.

L'enfant a l'esprit en éveil, il est curieux, il interroge; les explications qu'on lui donne doivent tendre à développer ses facultés d'observation, à le faire raisonner pour déduire et conclure.

Il ne faut pas laisser s'émousser cette curiosité naturelle, mais au contraire la stimuler; c'est là que la pédagogie intervient utilement.

En même temps que l'élève effectue un travail pratique qui développe son adresse manuelle, le maître, par ses explications théoriques, montre les phénomènes, les explique, éclaire la pratique. Il y a toute une pédagogie à créer, celle de la technologie.

L'enseignement manuel ne doit pas être une *corvée* pour l'élève, mais au contraire une *récréation attendue et désirée*.

Je crains que la méthode d'enseignement pratique actuelle, peut-être rationnelle à première vue, soit insuffisamment psychologique.

J'ai conservé un mauvais souvenir de mon début dans l'apprentissage : après m'être donné beaucoup de peine pour limer des bouts de fer aux formes géométriques demandées, prismes à section carrée, hexagonale, etc., *mais objets sans aucune utilité pratique*, en dehors de l'exercice manuel, je les voyais aller droit à la ferraille, ce qui me laissait le cœur gros.

Aussi j'ai essayé de modifier cette méthode : j'ai pris un chemin un peu détourné; je me suis attaché à ne faire exécuter, autant que possible, que des objets pouvant être utilisés par l'élève et plus spécialement des outils.

Ainsi, dès le début, dans un manche à balai, je lui fais scier un morceau de la longueur d'un manche de lime. Puis, à la râpe, il arrondit une extrémité et, à l'autre, réduit un collet, pour recevoir la virole; cette dernière, sciée dans un bout de tube de fer ou de cuivre, ou achetée dans le commerce.

Le premier manche est commencé par le maître, pour montrer à l'élève ce qu'il doit faire et comment il doit s'y prendre; il est achevé en partie par l'élève, mais très retouché par le maître, pour avoir une forme convenable. En somme, l'élève l'a plus ou moins râpé et surtout frotté au papier émeri.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un second manche semblable est presque entièrement fait par l'élève, déjà un peu initié.

Quelques autres manches suivent et marquent les progrès; ils sont retouchés par le maître.

L'élève trace, sur quelques-uns de ces manches, l'empreinte de ses doigts, convenablement placés et au besoin rectifiés, et avec une râpe appropriée il en creuse le logement, comme on le voit figure 186.

L'enseignement pratique continue par l'exécution d'autres outils : une fausse équerre, une équerre, une petite scie à main pour laquelle une lame de scie à métaux convient très bien, etc.

Pendant l'exécution de ces diverses pièces simples, toutes en bois, les explications techniques sont longuement données; l'élève examine *à la loupe* les dents de la scie, celles de la râpe, leur forme, leur degré d'acuité, les effets de l'usure, etc., la sciure, etc.

Les outils confectionnés par l'enfant ont pour lui une valeur spéciale : un marteau ordinaire, mais muni d'un manche qu'il a scié, taillé, râpé, poli, etc., n'est pas un marteau banal.

Par cette méthode pratique, essentiellement psychologique, j'ai obtenu rapidement des résultats inespérés.

Au sujet de la lime, un exercice à effectuer par l'élève est l'*équilibrage de la lime* (fig. 191, 192, 193).

Cet équilibrage consiste à mettre, sur la lime, à l'endroit où se fait la pression de chaque main, par conséquent à environ 20 mm de la pointe, et à 10 mm de l'extrémité du manche, deux crochets légers, en fil d'acier, pour porter des poids.

La lime est ensuite posée sur le champ d'un morceau de fer peu épais sur lequel elle peut osciller comme sur un couteau de balance; pour limiter la course possible de ces oscillations, deux petites consoles en feuillard sont rivées ensemble d'un côté et de l'autre du morceau de fer plat.

Les extrémités supérieures de ces deux consoles sont *un peu plus basses* que le champ du morceau de fer sur lequel repose la lime, pour laisser à celle-ci une petite inclinaison possible de chaque côté et permettre des oscillations.

Sur le champ de la lime est fixée une bande de carton ou de métal sur laquelle sont marquées des divisions espacées de 1 ou 2 cm, sur toute la longueur de la course possible de la lime.

La lime est d'abord placée au début de sa course, à la division 0, sur le couteau de suspension, et l'élève cherche, par tâtonnements successifs, le poids qui équilibre la lime dans cette position. Pour la lime des une, employée dans l'essai photographié de la figure 191, il a fallu un poids de 10 kg.

Ce poids enlevé, la lime est poussée pour atteindre la position dans laquelle elle sera équilibrée sans aucun poids supplémentaire. La figure 192 montre que c'est à 20 cm du point 0.

Enfin l'équilibrage se fait après avoir poussé la lime à l'extrémité de sa course possible du côté du manche; pour faire l'équilibrage, il a fallu, dans cette expérience, mettre un poids de 1 kg, ainsi qu'on le voit figure 193.

Ce petit exercice permet à l'élève de constater la variation des bras du levier qui reçoivent les efforts du limeur sur sa lime pendant le déplacement de celle-ci.

Si le degré d'instruction de l'élève le permet, on lui fait tracer le graphique de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cet équilibrage de sa lime en relevant les poids équilibrant la lime seule, de division en division, et on complète le calcul de l'équilibrage de la lime seule par les formules donnant l'équilibrage de la lime sous les efforts du limeur.

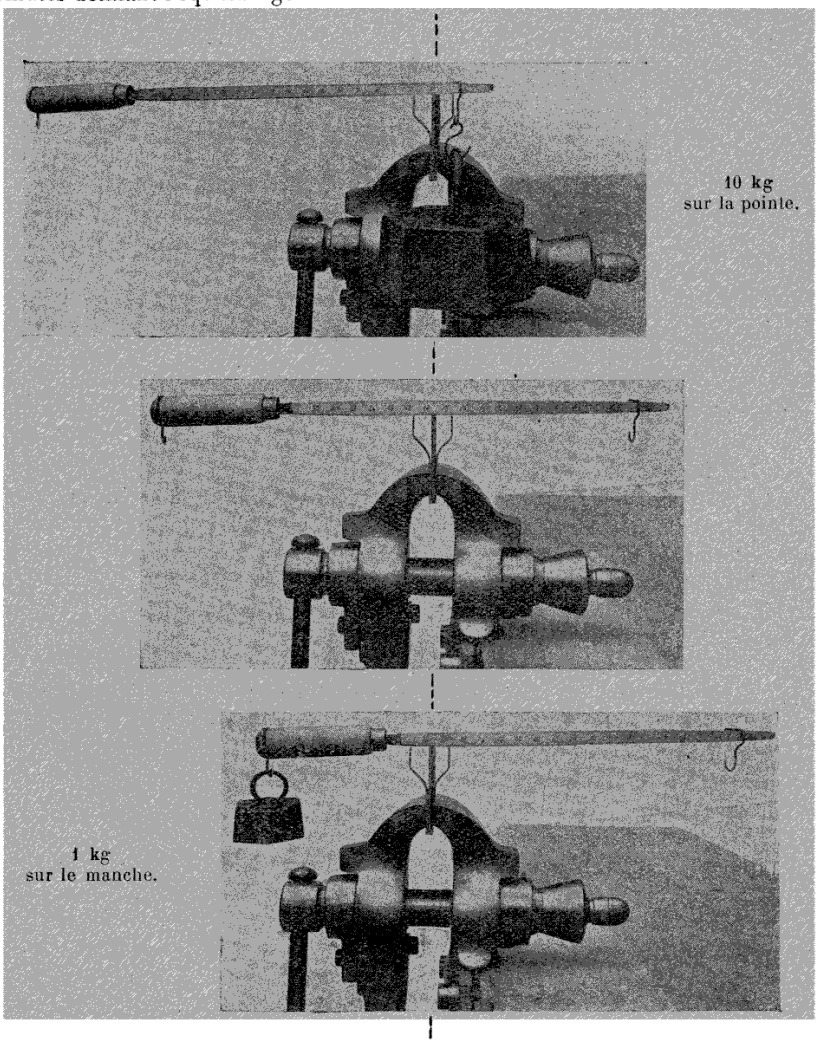



Fig. 191 à 193. Exercices d'équilibrage d'une lime.

Nous donnons plus loin, à propos des essais avec la lime dynamométrique, l'exemple d'un tracé de ce graphique et du calcul des efforts (chap. 21, p. 821).

Des vérifications expérimentales seront ensuite faites par l'élève, en mettant des poids aux deux extrémités de la lime pour l'équilibrer, et en la soutenant à un point déterminé de sa course utile ; ces poids devront être ceux qui sont prévus par le calcul.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**18. — Nouvelle méthode pour apprendre en peu de temps à limer droit.**

Nous avons vu que limer droit était une opération manuelle nécessitant une grande habileté professionnelle; pour l'acquérir, l'apprenti doit y consacrer beaucoup de temps et parfois sans succès, car beaucoup d'ouvriers ne savent pas limer droit.

Aussi, depuis longtemps, a-t-on imaginé des mécanismes dont les organes cinématiques guident automatiquement la lime dans des cas spéciaux.

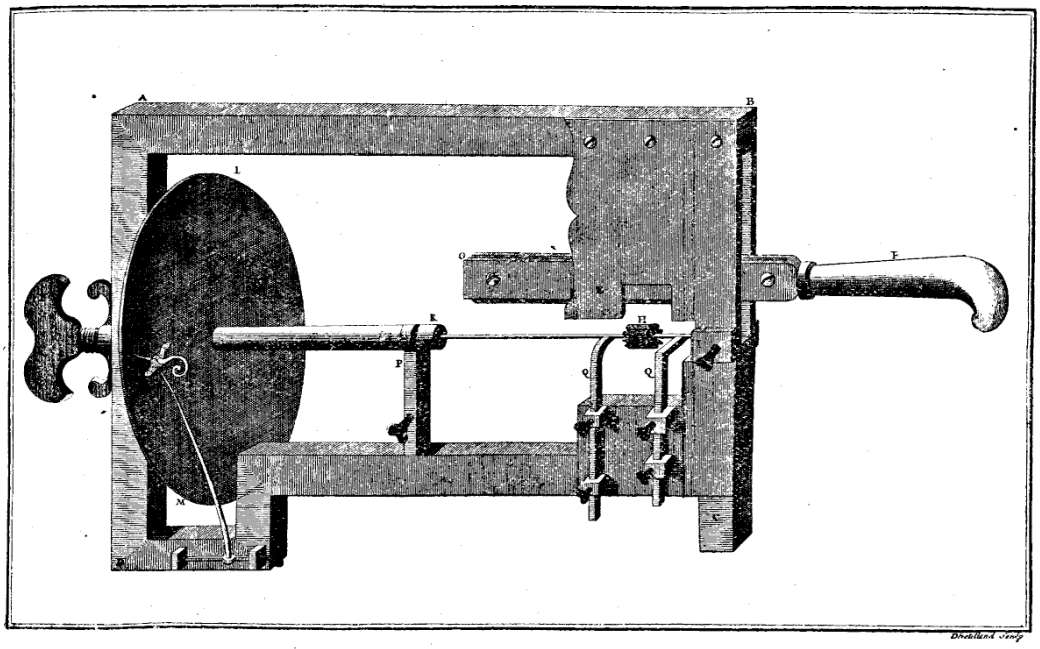


Fig. 194. — Machine à refendre les dents des pignons d'horlogerie dans laquelle la lime est guidée.

Ainsi la figure 194, reproduite d'après le *Traité d'horlogerie*, de THIOUT L'AINÉ (Paris, 1741), montre une machine à refendre les dents des pignons d'horlogerie dans laquelle le pignon à tailler est monté sur l'axe d'un plateau diviseur et la lime à refendre, qui doit évider les dents, est guidée régulièrement par des glissières.

(A cette époque, pour ce genre de travail, on se servait aussi de fraises, mais les praticiens préféraient généralement la lime, d'un prix plus modique.)

Mais des mécanismes pour guider la lime ne peuvent être utilisés que pour quelques cas très particuliers; et, pour le travail courant de l'industrie, il est absolument indispensable que l'ouvrier sache limer droit.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De tels mécanismes ne peuvent même pas être employés par l'apprenti pour apprendre à limer droit, parce qu'ils n'inculqent pas le tour de main que doit posséder l'ouvrier.

Or, dans l'enseignement manuel actuellement pratiqué, rien ne renseigne l'apprenti sur le résultat produit à chacun de ses coups de lime.

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, à propos du tracé graphique de l'équilibrage d'une lime aux différents points de sa course, la lime est un levier dont les deux bras varient continuellement de longueur pendant sa course.

Pour limer droit, les efforts d'appui de chacune des deux mains du limeur doivent se correspondre suivant une loi mathématique rigoureuse; tout écart dans cette distribution des efforts, pendant un coup de lime, entraîne une irrégularité dans la rectitude de la trajectoire de la lime et le coup de la lime n'est pas droit.

Nous verrons au chapitre 24 qu'on peut enregistrer les efforts d'appui produits par chacune des mains du limeur et par suite évaluer l'écart entre l'effort réellement donné et celui qui aurait dû être donné par l'ouvrier pour obtenir l'équilibrage parfait de la lime. Mais ce procédé scientifique, excellent au laboratoire pour contrôler la valeur d'un coup de lime expérimental, ne peut évidemment pas être employé pour renseigner l'apprenti et le guider pour acquérir le tour de main.

En outre le limage est *fatigant* parce qu'il oblige le limeur à développer des efforts relativement élevés dans des conditions d'exécution peu favorables; c'est un exercice dénué d'intérêt immédiat pour l'enfant qui, malgré la meilleure volonté, constate, après de nombreuses heures d'efforts pénibles, qu'il lime toujours *rond*, les progrès étant insensibles.

Ces raisons expliquent que le limage soit, dans l'apprentissage, la partie de beaucoup la plus longue et la plus difficile à apprendre.

Il y a donc, au point de vue pédagogique, un très grand intérêt à trouver un procédé permettant d'abréger cette longueur d'apprentissage du limage.

Dans ce but, j'ai imaginé une méthode très simple qui, à l'essai avec des élèves désireux d'apprendre, m'a donné d'excellents résultats.

Le principe de cette méthode consiste à faire limer l'élève, à la fois sur deux morceaux de métal placés parallèlement et à une petite distance l'un de l'autre.

La figure 195 donne la photographie du dispositif et permet d'en comprendre l'usage.

Pendant le limage de ces deux barrettes parallèles, l'apprenti est renseigné sur le résultat de ses efforts pour bien équilibrer sa lime et limer droit; *il sent*, en effet, à la résistance opposée à la poussée de sa lime si elle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mord une seule ou les deux barrettes; il *voit*, par la direction du trait croisé au coup donné, s'il enlève bien le trait précédent sur les deux barrettes ou sur une seule; il *entend* un son différent suivant que la lime mord sur l'une ou sur les deux barrettes.

En prêtant attention à la perception de ces trois sensations que lui fournissent le toucher, la vue et l'ouïe, l'élève est suffisamment renseigné pour maintenir sa lime dans la bonne direction, et il acquiert rapidement la notion instinctive des variations d'efforts que comporte le tour de main, qui constitue l'adresse du bon limeur.

Lorsqu'il a appris à conduire convenablement la lime sur les deux barrettes très écartées, il diminue ensuite progressivement leur écartement, et,

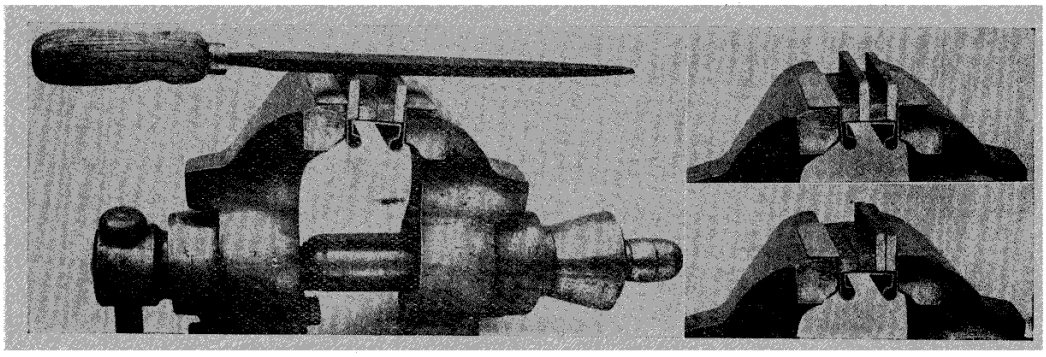


Fig. 195 à 197. — Variantes du dispositif pour guider l'apprenti limeur.

graduellement, il parvient ainsi à inculquer à chacune de ses mains les efforts qu'elles doivent produire par action réflexe, pour effectuer un bon limage quelconque.

Les barrettes à limer sont cisaillées dans des barres d'acier doux, de $40 \times 7$ mm par exemple; elles ont toutes la même longueur, environ 10 cm et sont séparées par deux cales en acier carré de 12 mm.

En desserrant légèrement la vis de l'étau, les mordaches en tôle, par leur propre élasticité, s'écartent assez pour permettre le passage des barrettes d'acier, soit qu'on les retire usées, soit qu'on en mette des neuves.

Un coup de manivelle et l'étau serre le tout : les deux barrettes sont tenues fermes et bien bloquées [36].

(36) Cette méthode, utilisée au début pour l'apprentissage de mutilés de la guerre, a donné d'excellents résultats.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 19. — Efforts de l'ouvrier sur la lime.

Pour produire un travail utile, l'ouvrier *appuie* sur la lime afin d'en faire pénétrer les dents dans le métal à enlever et, en même temps, *pousse* cette lime pour détacher la limaille.

Chaque main produit ainsi un effort d'*appui* et un effort de *poussée*, et cela sur toute la longueur de la course de la lime.

Il n'y a pas d'effort de traction, mais quatre efforts de poussée; pour les distinguer et éviter la confusion nous appellerons *effort d'appui* celui qui fait pénétrer les dents, et *effort de poussée* celui qui fait avancer la lime pour détacher la limaille.

On peut calculer les efforts d'*appui* de chaque main et pour chaque point de la course d'une lime, comme il a été expliqué à propos de l'équilibrage de la lime;

1° En mettant d'abord des poids pour équilibrer la lime seule, suspendue successivement en chacun des points de sa course;

2° En calculant l'effort d'une main, connaissant l'effort effectué par l'autre main; et en tenant compte de la longueur des deux bras du levier que fait la lime appuyée en un point.

Mais ce dernier calcul exige la connaissance d'un facteur : l'*effort d'appui d'une des deux mains*; j'ai été ainsi conduit, dès le début de cette étude à enregistrer les divers facteurs qui composent le travail du limeur, mesurés à l'aide d'une lime dynamométrique que j'ai imaginée.

### 20. — Lime dynamométrique.

Sur la lime d'étude (fig. 198 et 199), j'ai fixé des dispositifs permettant de mesurer les quatre efforts différents et simultanés de l'ouvrier, à l'aide de ressorts d'une dureté convenable.

Ces ressorts, placés dans des endroits propices, fléchissent sous la pression manuelle et compriment des ampoules en caoutchouc, qui font mouvoir à distance des tambours à leviers munis de styles, qui tracent sur un enregistreur Marey les quatre efforts d'appui et de poussée.

Pour compléter les renseignements nécessaires à l'étude du fonctionnement de la lime, le diagramme indique, outre ces quatre efforts, la course correspondante de la lime et le temps en fraction de seconde.

La figure 200, à une échelle double de celle des figures 198 et 199, montre plus explicitement les deux dynamomètres d'appui et de poussée, installés à la pointe de la lime.

Ces dispositifs dynamométriques, appliqués sur une lime neuve de bonne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

marque et de dimension dite des deux au paquet, en ont porté le poids à 885 g, soit à peu près le double du poids de la lime seule.

La figure 201 montre l'installation pour effectuer des essais avec cette lime dynamométrique.

### 21. — Équilibrage de la lime dynamométrique.

Pour calculer l'équilibrage de la lime dynamométrique, je détermine d'abord les centres d'appui de chaque main et je fixe en chacun de ces deux points un crochet destiné à suspendre les poids devant équilibrer la lime.

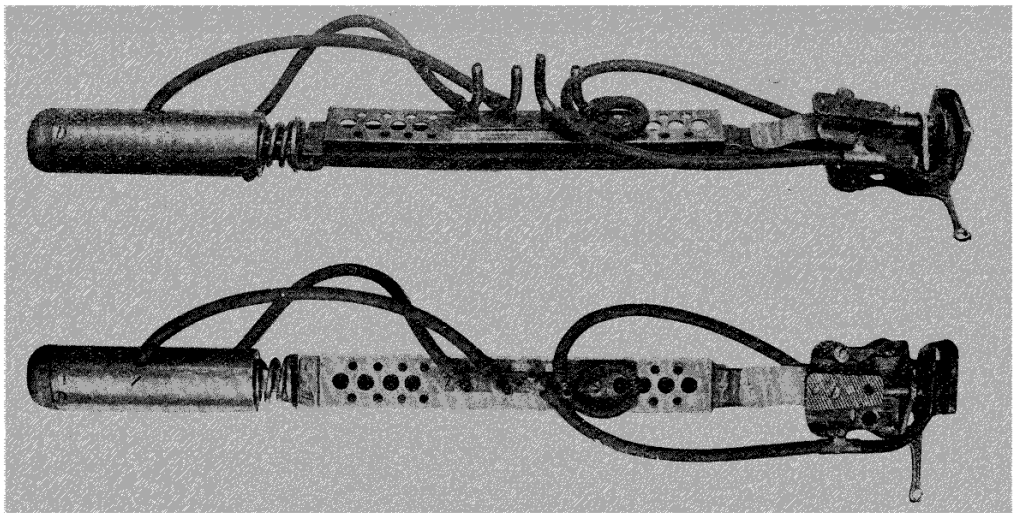


Fig. 198 et 199. — Lime dynamométrique, vue à champ et à plat.

Nous appellerons P le point d'appui à la *pointe* de la lime et *p* le poids à suspendre, M le point d'appui à l'extrémité du *manche* et *m* le poids antagoniste, à suspendre pour équilibrer la lime, soutenue par le couteau (fig. 191 à 193).

Je délimite ensuite la longueur de la course utile maximum de cette lime en marquant les points extrêmes de son contact possible avec une pièce à limer.

Cette course utile maximum commence à 25 mm du point P et se termine à 158 mm du point M. La distance des deux points d'appui P et M est de 383 mm.

La course utile maximum de la lime est, dans notre cas, de 200 mm; je divise cette longueur en traçant, sur le champ de la lime, des divisions de 2 en 2 cm, numérotées en commençant du côté de la pointe de la lime.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour maintenir en équilibre la lime dynamométrique seule, c'est-à-dire sans lui adjoindre de poids supplémentaire (comme sur la figure 192), il faut la soutenir sur le couteau, à la division 120 mm. Quand on la soutient au

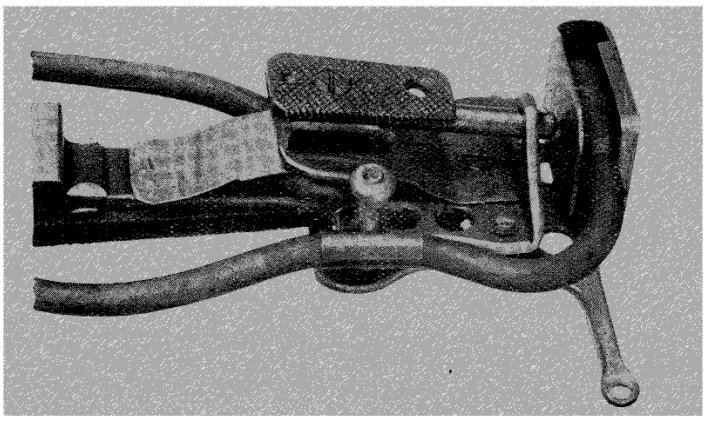


Fig. 200. — Dynamomètres d'appui et de poussée installés à la pointe de la lime.

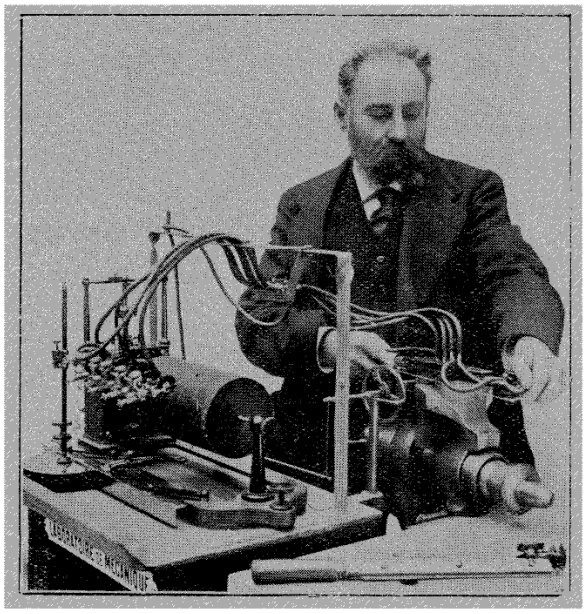


Fig. 201. — Installation pour effectuer les essais avec la lime dynamométrique.

point 0, début de sa course, il faut mettre 4,020 kg comme poids $p$ au point P, et seulement 430 $g$ au point M quand la lime est soutenue à la division 200 mm, extrémité finale de la course. Les poids nécessaires pour équi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

librer la lime, lorsqu'elle est soutenue successivement aux autres divisions, sont donnés dans le tableau suivant :

TABLEAU A. — ÉLÉMENTS DU CALCUL POUR L'ÉQUILIBRAGE DE LA LIME DYNAMOMÉTRIQUE

| DIVISION DE LA COURSE UTILE DE LA LIME | DISTANCE DE CES DIVISIONS AUX POINTS D'APPUI | | RAPPORT DES DEUX BRAS DE LEVIER DE LA LIME | POIDS ÉQUILIBRANT LA LIME SEULE | | FORMULES DONNANT LE POIDS CORRESPONDANT EN P ET EN M POUR MAINTENIR L'ÉQUILIBRE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (mm) | P (mm) | M (mm) | | en P (kg) | en M (kg) | en P (kg) | en M (kg) |
| 0 | 25 | 358 | $\frac{358}{25} = 14{,}32$ | 4,020 | — | $m \times 14{,}32 + 4{,}020$ | $\frac{p - 4{,}020}{14{,}32}$ |
| 20 | 45 | 338 | $\frac{338}{45} = 7{,}51$ | 1,915 | — | $m \times 7{,}51 + 1{,}915$ | $\frac{p - 1{,}915}{7{,}51}$ |
| 40 | 65 | 318 | $\frac{318}{65} = 4{,}89$ | 1,045 | — | $m \times 4{,}89 + 1{,}045$ | $\frac{p - 1{,}045}{4{,}89}$ |
| 60 | 85 | 298 | $\frac{298}{85} = 3{,}50$ | 0,595 | — | $m \times 3{,}50 + 0{,}595$ | $\frac{p - 0{,}595}{3{,}50}$ |
| 80 | 105 | 278 | $\frac{278}{105} = 2{,}64$ | 0,325 | — | $m \times 2{,}64 + 0{,}325$ | $\frac{p - 0{,}325}{2{,}64}$ |
| 100 | 125 | 258 | $\frac{258}{125} = 2{,}06$ | 0,135 | — | $m \times 2{,}06 + 0{,}135$ | $\frac{p - 0{,}135}{2{,}06}$ |
| 120 | 145 | 238 | $\frac{238}{145} = 1{,}64$ | — | — | $m \times 1{,}64$ | $\frac{p}{1{,}64}$ |
| 140 | 165 | 218 | $\frac{218}{165} = 1{,}32$ | — | 0,078 | $(m - 0{,}078) \times 1{,}32$ | $\frac{p}{1{,}32} + 0{,}078$ |
| 160 | 185 | 198 | $\frac{198}{185} = 1{,}07$ | — | 0,165 | $(m - 0{,}165) \times 1{,}07$ | $\frac{p}{1{,}07} + 0{,}165$ |
| 180 | 205 | 178 | $\frac{178}{205} = 0{,}87$ | — | 0,275 | $(m - 0{,}275) \times 0{,}87$ | $\frac{p}{0{,}87} + 0{,}275$ |
| 200 | 225 | 158 | $\frac{158}{225} = 0{,}70$ | — | 0,430 | $(m - 0{,}430) \times 0{,}70$ | $\frac{p}{0{,}70} + 0{,}430$ |

En traçant le graphique de l'équilibrage de la lime étudiée (en portant, par exemple, la course de la lime en abscisses et, en ordonnées, les poids trouvés expérimentalement), on aura les poids d'équilibrage pour tous les points de la course de la lime.

Mais il ne suffit pas de connaître l'équilibrage de la lime seule, parce que, en pratique, la lime ne travaille pas seulement par son propre poids mais surtout par l'effort d'appui que produit chacune des deux mains appliquées respectivement aux points P et M.

Il faut donc établir, pour chaque division de la course de la lime, la formule qui permet de calculer le poids $p$ à mettre au point P, connaissant le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poids antagoniste $m$ suspendu au point M; ou, réciproquement, le poids $m$ si c'est le poids $p$ qui est connu, pour obtenir l'équilibrage de la lime.

Ces formules s'établissent facilement, en ajoutant au poids d'équilibre de la lime seule, relevé expérimentalement, le poids supplémentaire calculé en tenant compte à la fois des deux bras du levier de la lime et du poids antagoniste ajouté.

Nous savons que, dans notre cas, la somme des longueurs des deux bras de levier est de 383 mm; pour déterminer la valeur de chaque bras de levier, il faut partager en deux parties cette longueur de 383 mm, d'après les distances du point de suspension considéré aux points extrêmes P et M.

Toutes les indications nécessaires sont contenues dans le tableau. A titre d'exemple, j'appliquerai ces formules d'équilibrage au graphique donné plus loin (fig. 203).

### 22. — Étude des diagrammes d'un coup de lime dynamométrique.

L'appareil Marey (fig. 201) permet d'enregistrer le diagramme d'un coup de lime dynamométrique.

Un mouvement d'horlogerie fait tourner le tambour enregistreur à une vitesse uniforme déterminée.

Le temps est tracé par un chronographe du docteur Jacquet, marquant à volonté la seconde ou le cinquième de seconde.

Pour mesurer le travail d'un coup de lime, il faut enregistrer, à la fois, le temps et cinq diagrammes :

1° Le diagramme de la course de la lime en fonction du temps;

2° L'effort d'appui de la main gauche sur la pointe de la lime;

3° L'effort d'appui de la main droite sur le manche de la lime;

4° L'effort de poussée de la main gauche sur la pointe de la lime;

5° L'effort de poussée de la main droite sur le manche;

6° Le temps en fraction de seconde.

La figure 202 montre ces six tracés du travail normal d'un coup d'une lime neuve sur acier doux, enregistrés par l'appareil Marey.

Le temps tracé par le chronographe indique que le cylindre enregistreur de cet appareil avait, dans cette expérience, une vitesse tangentielle de 250 mm:s; chaque millimètre, en abscisses, correspond donc, dans ce diagramme, à 0,004 sec.

Pour étudier un tel diagramme, il faut d'abord tarer les différents dynamomètres.

Pour ce tarage, on serre convenablement la lime dans l'étau et l'on suspend graduellement des poids sur le ressort essayé en traçant, au fur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et à mesure, les ordonnées correspondantes sur chaque diagramme respectif.

Pour tarer l'échelle de la course de la lime, on fait avancer celle-ci de 2 en 2 cm par exemple, et on trace successivement en ordonnées les divisions correspondantes.

Ces tarages des différents efforts, de la course et du temps, doivent être constamment réitérés.

Des lignes, tracées parallèlement à la ligne des abscisses, et passant par

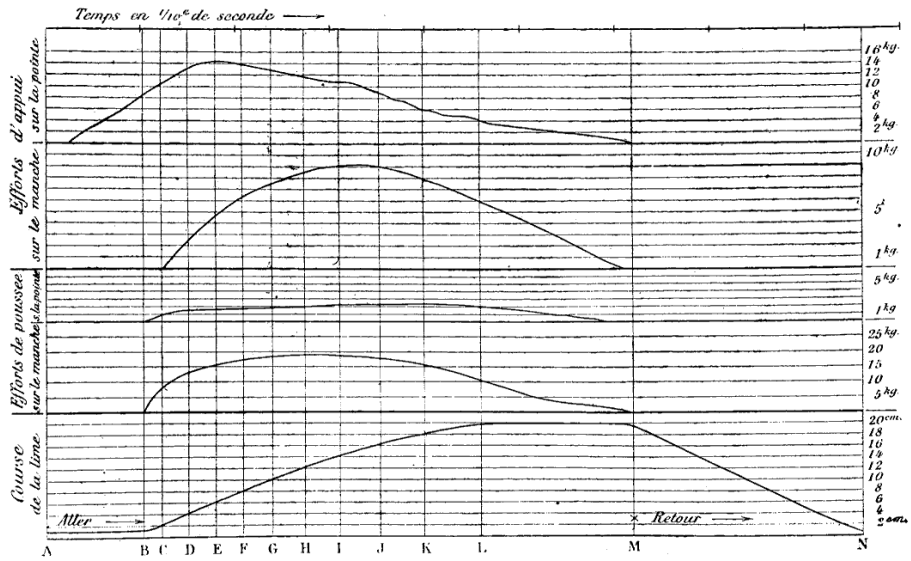



Fig. 202. — Diagrammes du travail normal d'un coup de lime sur de l'acier doux, enregistrés par l'appareil Marey (réduction aux $\frac{5}{9}$).

chaque point obtenu au tarage, permettent de déterminer l'effort en tout point considéré des diagrammes,

Des ordonnées sont tracées aux différents points où le tracé du diagramme de la course de la lime rencontre les parallèles correspondant aux divisions espacées de 2 en 2 cm de cette course. Sur la figure 202, ces ordonnées sont tracées aux points :

B, situé à 1 cm de la course initiale possible de la lime,

C, éloigné de 2 cm du point B,

D, éloigné de 2 cm du point C,

et ainsi de suite jusqu'au point L, à 20 cm de la course utile possible de la lime essayée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans cet essai, la lime a donc parcouru 19 cm. Les distances AB et LM sont les points morts correspondant aux deux extrémités de la course de la lime; pendant un temps assez court, la lime reste à la même place.

Les abscisses indiquant le temps, la distance MN correspond au temps pendant lequel se fait le retour de la lime; pendant ce temps, la lime étant maintenue soulevée au-dessus de la pièce limée, la vitesse est sensiblement constante et se traduit par une ligne droite.

### 23. — Vitesse du coup de lime.

Ce cylindre enregistreur tournant, dans cette expérience, avec une vitesse constante correspondant à 0,004 sec par millimètre d'abscisse, nous pouvons déterminer le temps d'arrêt aux points morts et le temps employé pour parcourir telle longueur de la course utile de la lime.

Le tableau suivant résume le détail du temps employé pour donner un coup de lime complet, aller et retour, dans un travail normal et d'après les diagrammes enregistrés, représentés avec une réduction aux $\frac{5}{9}$ par la figure 202.

TABLEAU B. — VITESSE D'UN COUP DE LIME ENREGISTRÉ
(diagramme de la figure 202).

| Course de la lime. | | | Temps correspondant. | | Vitesse de la lime. |
|---|---|---|---|---|---|
| AB, Premier point mort | | : 25 mm | ×0,004 s | =0,100 s | |
| BC, Course utile de la lime | de 1 à 2 cm | : 5 — | ×0,004 s | =0,020 s | 0,50 m:s |
| CD | — — | 2 à 4 — : 7 — | ×0,004 s | =0,028 s | 0,71 — |
| DE | — — | 4 à 6 — : 7 — | ×0,004 s | =0,028 s | 0,71 — |
| EF | — — | 6 à 8 — : 7 — | ×0,004 s | =0,028 s | 0,71 — |
| FG | — — | 8 à 10 — : 8 — | ×0,004 s | =0,032 s | 0,62 — |
| GH | — — | 10 à 12 — : 8 — | ×0,004 s | =0,032 s | 0,62 — |
| HI | — — | 12 à 14 — : 9 — | ×0,004 s | =0,036 s | 0,55 — |
| IJ | — — | 14 à 16 — : 11 — | ×0,004 s | =0,044 s | 0,45 — |
| JK | — — | 16 à 18 — : 13 — | ×0,004 s | =0,052 s | 0,38 — |
| KL | — — | 18 à 20 — : 15 — | ×0,004 s | =0,060 s | 0,33 — |
| | | | | | Vitesse moyenne. |
| BL Course utile totale | | 1 à 20 — : 90 — | ×0,004 s | =0,360 s | 0,527 m:s |
| LM Deuxième point mort | | : 40 — | ×0,004 s | =0,160 s | |
| MN Retour de la lime | | 20 à 1 — : 60 — | ×0,004 s | =0,240 s | 0,790 — |
| AN Coup de lime aller et retour | | 38 — : 215 — | ×0,004 s | =0,860 s | 0,442 — |

On voit sur ce tableau que :

| | |
|---|---|
| 1° L'arrêt, au premier point mort, a été de . . . . . | 0,100 s |
| 2° La course utile de la lime a duré. . . . . | 0,360 s |
| 3° L'arrêt, au second point mort, a été de . . . . . | 0,160 s |
| 4° Le retour de la lime a duré. . . . . | 0,240 s |
| soit, pour le coup de lime complet, une durée de . . . . . | 0,860 s. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette vitesse d'un coup en 0,860 s correspond à peu près à 70 coups de lime à la minute.

Nous avions trouvé, en évaluant le temps d'un coup de lime d'après une épreuve cinématographique (fig. 177), une allure correspondant à environ 65 coups à la minute.

Le nombre de coups de lime dans un temps donné, à la minute par exemple, varie selon les besoins du travail.

Il y a aussi des ouvriers plus lents les uns que les autres.

Pour un même ouvrier, ce nombre peut varier, dans de grandes proportions, suivant qu'il donne plus ou moins de course à sa lime, un plus ou moins grand effort d'appui, etc.

A titre de renseignement général, j'ai fait limer le même ouvrier, sur le même morceau d'acier doux, avec la même lime des deux au paquet, mais opérant à des allures différentes, la course utile restant de 18 à 20 cm environ.

La moyenne, pour un travail normal, a été d'environ 64 coups de lime à la minute.

Au début, la lime étant neuve, et l'effort de poussée relativement plus élevé, le nombre de coups de lime a été un peu plus faible, environ 60 coups à la minute.

L'ouvrier appuyant sur la lime le plus fortement qu'il pouvait, le nombre de coups a été de 45 environ par minute.

L'ouvrier cherchant à atteindre la plus grande vitesse possible, mais appuyant peu, a atteint 85 coups à la minute.

Ces essais, destinés à donner des limites de vitesse possible du limage, n'ont été effectués chacun que pendant quelques instants : l'ouvrier, quoique vigoureux, n'aurait pu continuer le limage à de telles allures.

Le diagramme (fig. 202), qui nous donne la vitesse de la lime, ainsi que nous venons de le voir, permet aussi d'évaluer la vitesse relative aux divers points de la course utile de la lime. Les différences d'écartement des points C, D, E... K, L indiquent que la vitesse n'est pas constante, mais, au contraire, qu'elle varie entre des limites assez éloignées : pour franchir 1 cm, il a fallu, suivant le point de la course, de 0,014 à 0,030 s, soit plus du simple au double.

J'ai donné, dans le tableau, la vitesse réelle de la lime, aux dix points de sa course, espacés de 2 en 2 cm, ce renseignement devant nous servir pour le calcul du travail dépensé par le limeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 24. — Évaluation des efforts de l'ouvrier sur la lime.

Comme nous l'avons vu, à propos de la tenue de la lime, l'ouvrier *appuie des deux mains* pour faire pénétrer les dents de la lime dans le métal à enlever et aussi *pousse des deux mains* pour détacher les parcelles en prise avec les dents.

Le limage produit résulte donc de la somme de deux efforts d'appui et de la somme de deux efforts de poussée.

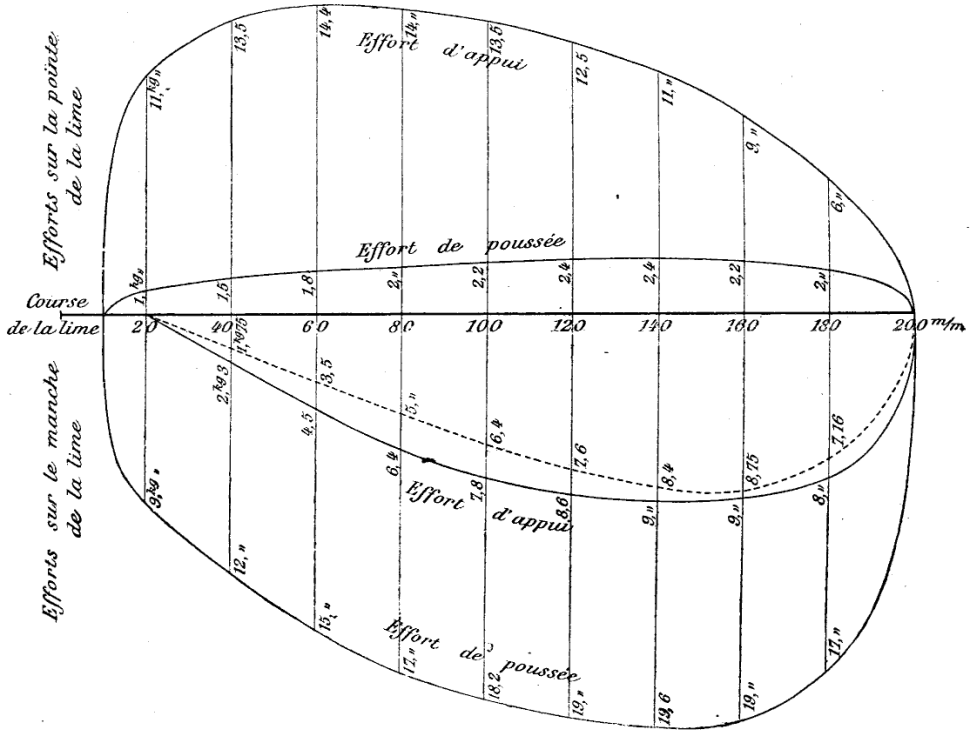



Fig. 203. — Graphiques des efforts de l'ouvrier sur la lime, déduits des diagrammes de la figure 202.

Ces quatre efforts distincts sont enregistrés par l'appareil qui trace le diagramme, mais, pour des raisons pratiques, l'échelle des quatre diagrammes n'est pas la même; par suite, la figure 202, qui est la réduction des diagrammes aux $\frac{5}{9}$, donne aussi ces efforts à des échelles différentes.

La figure 203 est un autre graphique déduit des diagrammes de la figure 202, mais donnant, *à la même échelle*, les valeurs de chacun de ces quatre efforts et pour chacun des points, de 2 en 2 cm, de la course utile.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tracé réunissant ces points, et rectifiant les écarts légers, donne une courbe qui permet d'évaluer chacun des quatre efforts distincts, en un point quelconque de la course de la lime.

Les efforts d'appui sur la pointe et les efforts correspondants d'appui sur le manche ne sont pas constants, mais, au contraire, varient continuellement parce qu'ils doivent équilibrer la lime en agissant à l'extrémité des bras de levier différents, ainsi que nous l'avons longuement expliqué à propos de l'équilibrage de la lime.

### 25. — Rectification de la valeur des efforts d'appui enregistrés.

Si dans l'essai de limage enregistré, l'ouvrier a limé mathématiquement droit, aux efforts d'appui d'une main, indiqués par la courbe du diagramme, doivent correspondre exactement, pour l'autre main, des efforts d'appui égaux à ceux que donnent les formules du tableau A.

Mais si l'ouvrier n'a pas limé très droit, si les efforts antagonistes des deux mains ne sont pas bien équilibrés, les efforts indiqués au diagramme ne seront pas identiques aux efforts correspondants calculés.

C'est le cas de l'essai enregistré par les diagrammes (fig. 202). Il y a donc lieu de rectifier le graphique (fig. 203) en traçant la courbe résultant du calcul : l'écart donnera une indication de l'habileté professionnelle de l'ouvrier opérateur.

Pour tracer cette courbe rectifiée, il faut effectuer le calcul pour chacun des points qui ont été relevés sur le diagramme. A titre d'exemple, je donne les opérations de ce calcul pour deux points du diagramme.

Je prends un premier point, par exemple, quand la lime a parcouru une course utile de 60 mm ; d'après le graphique, l'effort d'appui sur la pointe a été trouvé de 14,4 kg et l'effort d'appui sur le manche a été de *4,5 kg*.

Pour cet effort d'appui sur le manche, la formule indique $\frac{p}{3,50} - 0,595$, soit, pour cet essai, $\frac{14,4}{3,50} - 0,595 = 4,10 - 0,595 = 3,50\ kg$.

L'effort d'appui de l'ouvrier a donc été trop élevé de 1 kg.

Pour deuxième point, je prends celui qui correspond à la distance de 180 mm de la course utile; le graphique indique, en ce point, pour l'effort d'appui sur la pointe de la lime, le poids de 6 kg, et l'effort sur le manche de 8 kg; en appliquant la formule, on trouve que l'effort d'appui sur le manche de la lime dynamométrique doit être de :

$$\frac{p}{0,87} + 0,275 \text{ kg; soit } \frac{6}{0,87} + 0,275 = 6,89 + 0,275 = 7,16 \text{ kg.}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le graphique indique 8 kg, soit une différence de 0,84 kg; il y a lieu de tracer à l'échelle le point rectifié.

En appliquant ainsi la formule correspondant à chacun des points de 2 en 2 cm de la course utile, on obtient une courbe rectifiée de l'effort d'appui, tel qu'il aurait dû être effectué par l'ouvrier, si celui-ci avait limé bien droit.

Sur la figure 203, cette courbe rectifiée est tracée en trait discontinu.

Il est clair qu'on aurait pu prendre les efforts d'appui sur le manche comme base du calcul et faire la rectification des efforts d'appui sur la pointe, le but étant de constater *l'écart* entre les efforts relevés et les efforts calculés, pour vérifier si l'ouvrier a limé mathématiquement droit.

Comme exercice à donner à des élèves, on peut proposer d'établir les *deux courbes rectifiées*, mais d'après un troisième mode d'application des formules : en demandant que la somme des efforts, correspondants et calculés, soit la même que la somme des efforts correspondants donnés par le diagramme enregistré; c'est-à-dire que la quantité de travail de l'ouvrier soit inchangée.

Il ne faut pas s'étonner de la différence qui se manifeste entre la courbe pratique et la courbe théorique. Cette dernière a été établie en se basant sur des essais d'équilibrage de la lime effectués en posant la lime sur une sorte de couteau, ayant peu d'épaisseur (fig. 191 à 193), tandis qu'en pratique, le limage se fait généralement sur une pièce présentant, dans le sens longitudinal de la lime, une longueur plus importante, de sorte que la lime, reposant sur une grande longueur, peut rester en équilibre, c'est-à-dire en contact sur toute la face limée, sous des efforts un peu différents de ceux que donnent les formules de l'équilibrage.

Les figures 204 et 205 montrent une lime qui, portant le même poids de 3 kg sur le manche, reste encore en équilibre au même point quand, le poids antagoniste placé sur la pointe varie de 2 kg à 2,70 kg, et porte ainsi un poids supérieur de 35 p. 100 sans cesser d'être en équilibre.

Il en est de même pour le cas de l'ouvrier limeur qui peut, en pratique, faire différer un peu ses deux efforts antagonistes d'appui de ce qu'ils doivent être pour limer mathématiquement droit; mais il est évident que plus l'écart sera faible mieux il limera.

### 26. — Contrôle de la rectitude du coup de lime d'un ouvrier limeur.

La régularité des mouvements de la lime du limeur n'implique pas la rectitude du coup de lime.

J'ai montré [37] qu'il n'était pas possible de juger de la qualité d'un coup de lime à l'inspection d'un diagramme relevé sur l'enregistreur Marey.

(37) *La technique moderne*, 1er nov. 1913, *A propos du système Taylor.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un tel diagramme peut avoir un aspect de régularité satisfaisant l'œil, alors que le travail correspondant a été très irrégulier; ainsi, la figure 206 est un diagramme obtenu en limant rond, *en bateau*, c'est-à-dire aussi peu droit que possible.

Le diagramme de la figure 207 est, au contraire, d'aspect très irrégulier, et cependant, le limage a été effectué *très droit*, mais avec de grandes irrégularités *voulues* de vitesse et d'allure.

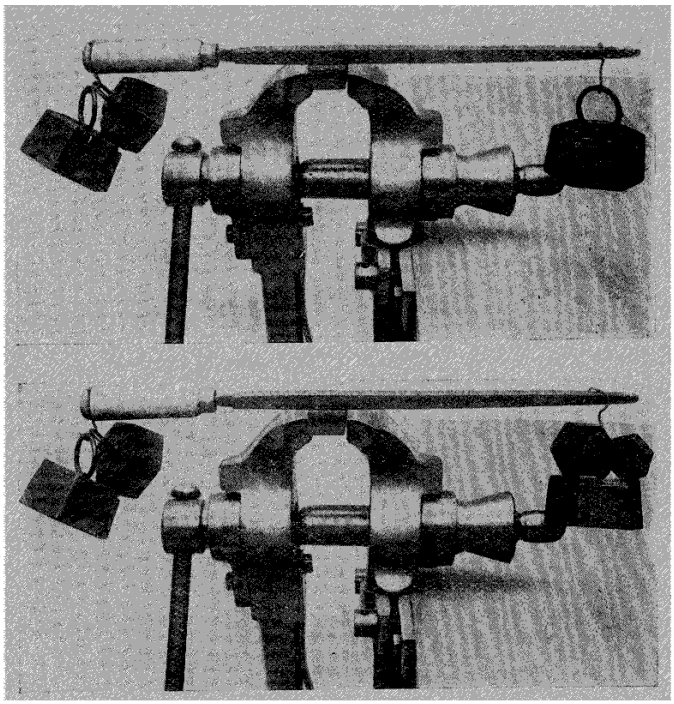


Fig. 204 et 205. — La lime, reposant sur une grande longueur, reste en équilibre avec des poids différents placés à l'une des extrémités.

Comme nous l'avons vu, pour vérifier la rectitude et la valeur d'un coup de lime, il faut : 1° enregistrer le travail du limeur actionnant une lime dynamométrique pour *chacun* des deux efforts d'appui, en plus des autres éléments; 2° tarer soigneusement l'échelle de chaque diagramme; 3° reporter à la même échelle sur le même graphique toutes les valeurs données des diagrammes; 4° totaliser les efforts correspondants; 5° effectuer l'équilibrage de la lime dynamométrique employée; 6° établir les formules de l'équilibrage de cette lime; 7° tracer la courbe d'appui rectifiée en appliquant ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

formules d'équilibrage; 8° comparer les deux courbes d'efforts d'appui pratique et théorique. Toutes ces opérations étant effectuées conformément aux indications précédentes.

Il ne suffit pas de disposer d'un enregistreur Marey fonctionnant bien : il faut aussi une lime dynamométrique bien conçue et très bien exécutée. Les expériences sont délicates et longues; l'exactitude des résultats n'est pas certaine parce que le contrôle absolu en est impossible; et comme ces opérations sont susceptibles de nombreuses causes d'erreurs, même lorsque l'observateur est un *praticien très compétent*, il en résulte qu'on doit être *très prudent pour tirer des conclusions de ces expériences*.

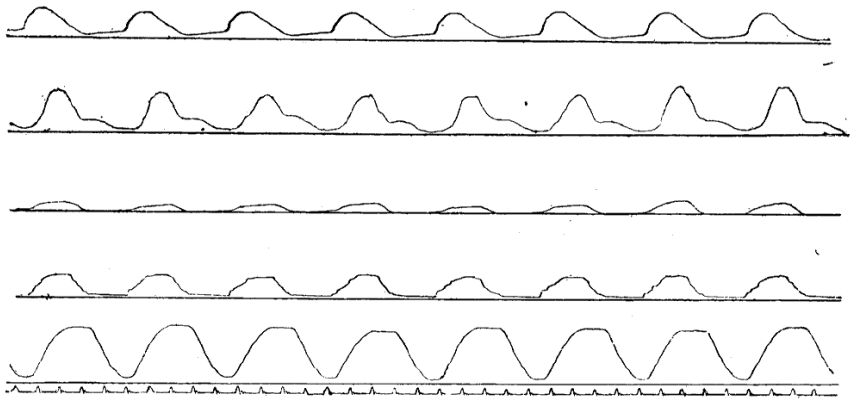


Fig. 206. — Diagrammes du travail d'un limeur travaillant régulièrement, mais ne limant pas droit.

Il faut en outre remarquer que, dans ces expériences, l'ouvrier opère avec un appareil différent de l'outil normal et habituel : l'appui et la poussée des mains se font sur des ressorts, puis les mouvements du limeur sont quelque peu embarrassés par les nombreux tubes de caoutchouc reliant la lime à l'appareil enregistreur; il est clair qu'un ouvrier plus ou moins gêné dans son travail donne un rendement inférieur et une moins bonne exécution.

### 27. — Comparaison du limage d'ajusteurs différents.

Quand on regarde plusieurs ajusteurs limant des pièces analogues, on constate qu'ils n'ont pas la même allure.

Même lime, même ouvrage, même métal limé, etc., en un mot toutes autres choses égales, non seulement la vitesse du coup de lime n'est pas la même pour tous les ouvriers, mais on voit qu'ils n'ont pas le même coup de lime.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour m'édifier sur ce point, j'ai choisi six limeurs professionnels (un serrurier, trois mécaniciens et deux électriciens) et très comparables entre eux comme âge, force, santé, etc.

Je les ai fait limer, l'un après l'autre, sur le même morceau d'acier doux, et avec la même lime dynamométrique.

J'ai relevé les diagrammes avec l'enregistreur Marey : la figure 208 donne les tracés graphiques correspondant à ces essais de limage.

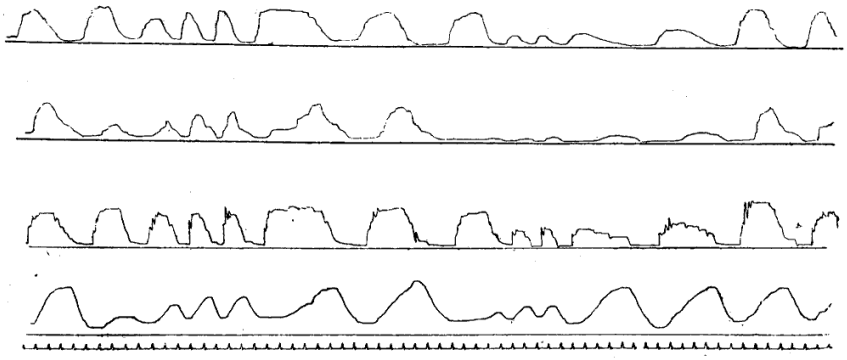


Fig. 207. — Diagrammes du travail d'un limeur travaillant irrégulièrement, mais limant droit.

On constate que la distribution des efforts d'appui de chaque limeur est différente de celle des autres.

| | Effort maximum d'appui. — (kg) | Effort moyen d'appui. — (kg) |
|---|---|---|
| Limeur A, serrurier. . . . . | 21,20 | 17,35 |
| — B, mécanicien. . . . . | 20, | 15,50 |
| — C, — . . . . . | 18, | 13,50 |
| — D [38], — . . . . . | 17,50 | 14,60 |
| — E, électricien . . . . . | 15,70 | 12,70 |
| — F, — . . . . . | 13,20 | 9,50 |

D'après ces essais, effectués à peu près à la même vitesse, l'effort total d'appui, qu'il importe de considérer au point de vue du rendement de l'ouvrier, varie presque du simple au double.

### 28. — Variations de l'effort d'appui de l'ouvrier avec la précision et l'intensité de son coup de lime.

Les chiffres que nous venons de donner s'appliquent à un *travail moyen ordinaire*.

(38) Le graphique du limeur D n'est pas tracé sur la figure 208 parce qu'il diffère peu du tracé du limeur C.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ils descendent un peu lorsque l'ouvrier apporte plus de soin pour produire un travail plus parfait : quand, par exemple, l'ouvrier s'applique à limer bien droit.

Ils montent, au contraire, très sensiblement quand, *pendant quelques instants seulement*, l'ouvrier donne un coup de collier pour produire un plus grand débit de limaille.

Ainsi l'ouvrier A qui, *en travail normal* sur de l'acier doux, a effectué un effort maximum d'appui de 21,20 kg et un effort moyen de 17,35 kg, a produit

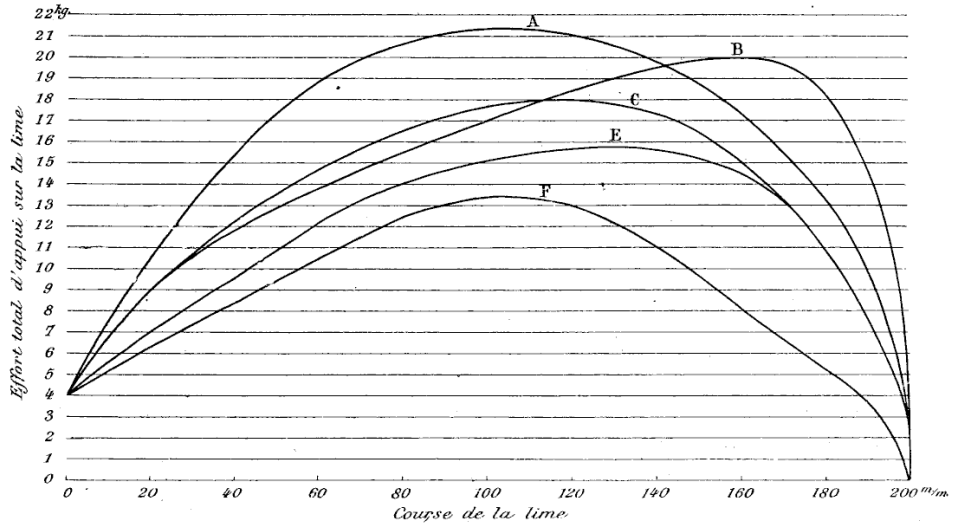



Fig. 208. — Graphiques montrant des différences sensibles dans l'effort d'appui et dans la distribution de cet effort, par divers ouvriers opérant avec la même lime, sur le même morceau d'acier doux.

des efforts différents en limant le même acier doux, d'abord avec précision, puis ensuite avec intensité.

En limant avec précision, il a effectué un effort maximum d'appui de 20 kg, et un effort moyen de 14,3 kg.

En limant pour donner le plus grand débit, il a effectué un effort maximum d'appui de 26 kg, et un effort moyen de 22,10 kg, la course aller et retour de la lime étant effectuée, cette fois, dans un temps de 0,75 s, sensiblement plus court que pour les deux essais précédents pour lesquels il était d'environ 0,86 s.

Toutes ces expériences ont pour but de fixer l'ordre de grandeur des divers facteurs considérés mais non d'en donner la valeur absolue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 29. — Évaluation des efforts de poussée du limeur.

Nous avons vu que le diagramme enregistré (fig. 202) donne les efforts de poussée de chacune des deux mains en même temps que les efforts d'appui correspondants.

Pour comparer l'effort total de poussée à l'effort total d'appui, il faut totaliser séparément les efforts de poussée et les efforts d'appui donnés par le graphique (fig. 203).

Mais pour un coup de lime donné et pour un même effort d'appui, l'effort de poussée varie avec la qualité de coupe des dents de la lime et avec le métal limé.

On doit donc, pour se renseigner à ce sujet, effectuer de nombreux essais :

1° avec des limes différentes; 2° sous des pressions différentes; 3° sur des métaux différents.

Ces essais peuvent être réalisés à l'aide de la lime dynamométrique (fig. 201); mais, comme je l'ai expliqué, les expériences avec cet instrument sont délicates, longues et sujettes à des erreurs; les calculs des diagrammes et des graphiques sont laborieux; on est conduit à réserver ce procédé pour mesurer les efforts qui ne peuvent l'être autrement, par exemple, les efforts d'appui du limeur.

Mais pour connaître les efforts de poussée correspondant à des efforts d'appui déterminés, il n'est pas indispensable de faire agir l'ouvrier limeur; une machine donne de meilleurs résultats et permet de multiplier les essais et d'obtenir ainsi une moyenne plus exacte.

La figure 209 est la photographie de la machine qui m'a servi pour ces essais.

Dans cette machine, j'ai disposé un fort ressort derrière le manche qui tient la lime essayée.

La flexion de ce ressort est proportionnelle à l'effort de poussée nécessaire pour faire avancer la lime sur laquelle une charge déterminée donne l'effort d'appui.

Un levier coudé amplifie cette flexion et le style fixé à l'extrémité du grand bras de ce levier trace le diagramme sur le tableau fixe; les ordonnées indiquent l'effort de poussée correspondant aux abscisses qui donnent, en grandeur, la course utile de la lime.

Un tarage préalable permet d'évaluer les ordonnées.

Les essais ont été effectués sur quatre métaux différents soumis au limage :

1° Acier à 65 kg:mm² environ de résistance à la rupture par traction;

2° Fonte de machine à 18 kg:mm² de résistance environ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Cuivre rouge à 21 kg:mm² de résistance environ ;

4° Laiton à 31 kg:mm² de résistance environ.

La charge donnant l'effort d'appui a été successivement de 5 kg, puis de 10, de 15, de 20, de 25 kg pour les trois premiers métaux. Pour le laiton, cette charge a été de 10, 20 et 30 kg.

Les essais ont été effectués avec des limes neuves de différentes marques, choisies, autant que possible, parmi les meilleures, et en assez grand nombre pour permettre d'établir des valeurs extrêmes et des moyennes basées sur un nombre suffisant d'expériences.

Le tableau suivant donne les résultats.

TABLEAU C. — RAPPORT DE L'EFFORT DE POUSSÉE A L'EFFORT D'APPUI SUR LA LIME AVEC DIVERSES LIMES NEUVES, SOUS DIFFÉRENTES CHARGES D'APPUI ET SUR QUATRE MÉTAUX DIFFÉRENTS.

| CHARGES D'APPUI SUR LA LIME | ACIER (ESSAIS DE 44 LIMES) RAPPORT DES DEUX EFFORTS | | FONTE (ESSAIS DE 9 LIMES) RAPPORT DES DEUX EFFORTS | | CUIVRE ROUGE (ESSAIS DE 11 LIMES) RAPPORT DES DEUX EFFORTS | | LAITON (ESSAIS DE 10 LIMES) RAPPORT DES DEUX EFFORTS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. |
| 5 kg | 1,358 | 0,70 à 2 | 0,90 | 0,30 à 1,40 | 1,70 | 1,20 à 2,20 | | — |
| 10 — | 1,350 | 0,90 à 1,70 | 1,01 | 0,70 à 1,20 | 1,74 | 1,40 à 2,10 | 1,07 | 0,80 à 1,50 |
| 15 — | 1,345 | 1 à 1,60 | 1,08 | 0,86 à 1,26 | 1,62 | 1,40 à 1,80 | | — |
| 20 — | 1,296 | 1 à 1,50 | 1,06 | 0,85 à 1,25 | 1,54 | 1,30 à 1,75 | 1,01 | 0,80 à 1,25 |
| 25 — | 1,256 | 1 à 1,46 | 1,03 | 0,82 à 1,24 | 1,44 | 1,28 à 1,64 | | — |
| 30 — | | | | | | | 0,92 | 0,66 à 1,13 |

En examinant les résultats portés dans ce tableau, on constate que, d'une manière générale, pour un effort d'appui donné et sur le même métal limé, les efforts de poussée varient sensiblement et. avec certaines limes, varient du simple au double.

On voit aussi qu'en général, l'effort de poussée est plus élevé que l'effort d'appui correspondant, le rapport du premier au second est donc généralement plus grand que l'unité.

Avec certaines limes, ce rapport augmente proportionnellement à l'effort d'appui; avec d'autres limes, au contraire, ce rapport diminue quand l'effort d'appui augmente.

Pour une même lime, l'effort de poussée va en diminuant avec l'usure.

L'effort de poussée, toutes autres choses étant égales, diminue sensiblement quand l'ouvrier lime plus vite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais ci-dessus ont été effectués à une assez faible vitesse, l'installation de fortune de l'enregistreur ne permettant pas l'inscription du diagramme en vitesse normale; j'ai cru cependant utile d'en donner les résultats pour renseigner sur l'ordre de grandeur des rapports des efforts de poussée aux efforts d'appui, me réservant de compléter ces renseignements par des mesures effectuées à vitesse normale sur une nouvelle machine, comme nous le verrons plus loin à propos de l'étude du rendement des limes.

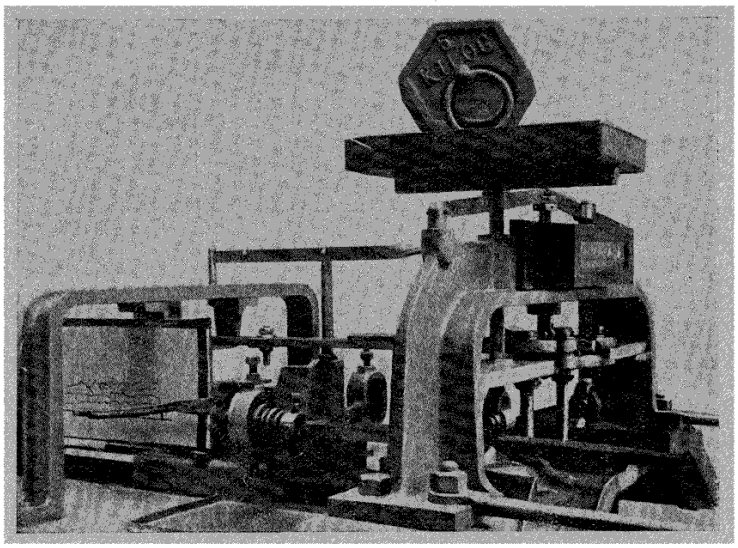


Fig. 209. — Machine enregistrant l'effort de poussée d'une lime travaillant sous des efforts d'appui déterminés.

**30. — Mesure du travail dépensé par une lime qui serait mue mécaniquement.**

Si une lime était actionnée par une machine analogue à celle de la figure 209, dans laquelle l'effort d'appui est produit par une charge constante, le diagramme enregistré permettrait de calculer le travail dépensé pour un coup de lime, en multipliant l'effort de poussée par la course effective de la lime, le travail parasitaire du frottement des organes mécaniques mis à part naturellement.

Si nos limes pouvaient mordre également dans les deux sens de leur course, on pourrait employer des limes pesantes qui n'exigeraient de l'ouvrier qu'un effort de poussée, ou bien il en serait de même si l'ouvrage permettait de remplacer l'effort d'appui de l'ouvrier par la pression d'un ressort, comme on le voit dans le polissage des glaces au XVIII[e] siècle, sur la figure 210, fragment d'une gravure de l'*Encyclopédie*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces deux cas, le calcul du travail de l'ouvrier ne comporterait qu'un effort, celui de la poussée de la lime, et il suffirait de faire intervenir la vitesse de la main pour connaître l'énergie dépensée, ainsi que l'a indiqué

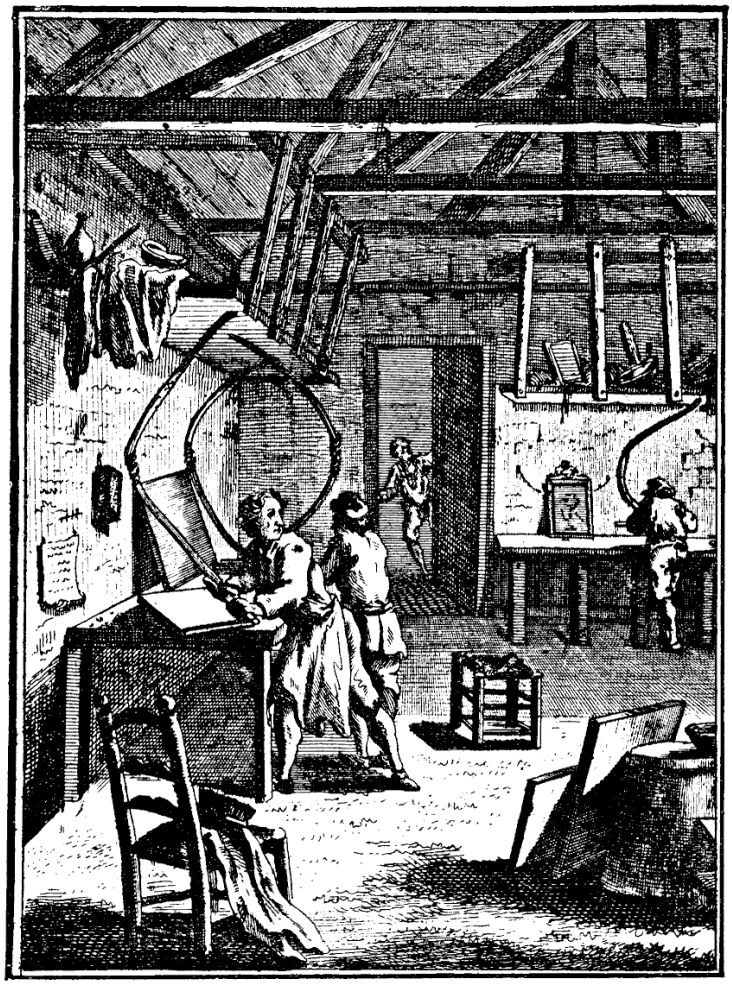


Fig. 210. — Polisseurs de glaces poussant la moilette pressée par un ressort.
(*Encyclopédie*, XVIII[e] siècle.)

le savant AMONTONS pour les ouvriers qui *poussaient la moilette* à polir les glaces, dans le mémoire relatif à l'invention de son moulin à feu, présenté à l'Académie des Sciences le 20 juin 1699.

AMONTONS a opéré avec des polissoirs de différentes grandeurs pressés par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des flèches de différentes forces et il a mesuré l'effort de poussée à l'aide d'un peson à ressort qui lui servait de dynamomètre et dont il a donné le croquis (fig. 211).

De ses expériences, AMONTONS a déduit que l'effort moyen de poussée de ces polissoirs est de 25 livres; que la volée de la flèche, c'est-à-dire l'espace parcouru, est d'un pied et demi, soit trois pieds pour l'aller et retour, et que le temps employé à pousser et à retirer le polissoir est d'une seconde.

AMONTONS ajoute que les ouvriers travaillent de 5 h. à 19 h. et qu'ils prennent 2 heures pour leur repas; le travail de présence à l'atelier est donc de 12 heures; mais, de ce temps, il défalque le sixième, soit 2 heures pour tenir compte des divers arrêts pour sceller et retourner les glaces, brosser et

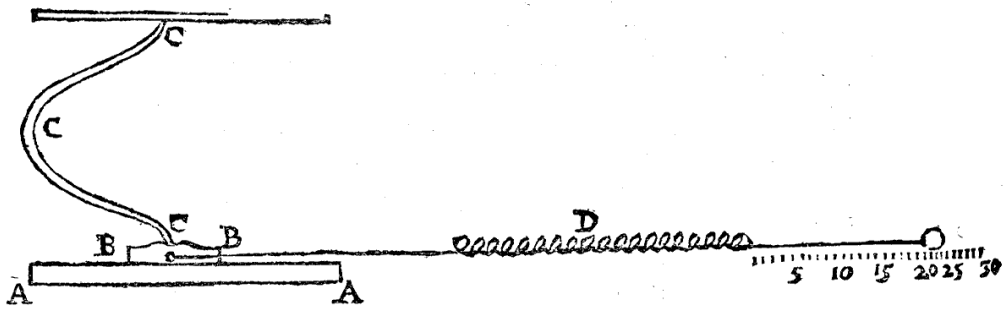



Fig. 211. — Dynamomètre d'AMONTONS pour mesurer l'effort de poussée de l'ouvrier sur le polissoir des glaces, en 1699.

empoter leur polissoir, examiner le travail, etc.; il admet ainsi que le temps de travail réel d'un polisseur correspond à un travail continu de 10 heures.

Le pied étant de 0,32484 m et la livre de 489,51 g, le travail par seconde serait de 11,92 kgm soit environ 12 kgm : sec pendant 10 heures consécutives.

Je suis convaincu que ce nombre est beaucoup trop élevé, qu'un ouvrier ne pourrait produire couramment une telle quantité de travail.

AMONTONS a dû commettre des erreurs, peut-être en adoptant des nombres trop élevés dans le travail d'un coup de polissoir et très probablement aussi dans l'appréciation du temps des arrêts, qui doit être de plus du sixième.

Si, dans le limage, l'effort d'appui pouvait. comme dans le polissage des glaces, se remplacer par un poids ou par la pression d'un ressort, le calcul du travail dépensé par le limeur s'établirait en ne tenant compte que de l'effort de poussée; mais, en pratique, les limes sont actionnées par les mains de l'ouvrier et l'effort d'appui, produit par le limeur, le fatigue tout comme l'effort de poussée qu'il développe en même temps. Cet effort d'appui fatigue-t-il le limeur dans les mêmes proportions que l'effort de poussée?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est là une question très importante dont la solution précise paraît difficile, parce que les physiologistes n'ont pas de méthode permettant de mesurer la fatigue produite par un travail biologique.

### 31. — Évaluation de la fatigue du limeur résultant de son effort d'appui.

Dans le travail courant, quand la lime est neuve, elle mord facilement : le limeur appuie peu et l'effort de poussée est grand; inversement, quand la lime est usée, la résistance à la poussée diminue; alors, instinctivement, le limeur appuie plus sur la lime.

Dans ces deux cas, avec des efforts différents, mais tendant à se compenser, le limeur paraît dépenser à peu près la même quantité d'énergie.

Je me suis basé sur cette observation pour évaluer, au moins approximativement, l'importance de la fatigue du limeur occasionnée spécialement par son effort d'appui.

J'ai pris deux métaux qui nécessitent des efforts de poussée très différents pour une même charge d'appui : le cuivre rouge et le laiton.

Ces deux métaux qui m'ont servi, essayés à la machine à limer, sous une charge d'appui de 12 kg, ont nécessité, pour la même lime :

1° le laiton, un effort de poussée de 8 kg;

2° le cuivre, un effort de poussée de 15 kg.

J'ai fait ensuite limer un ouvrier habile, avec cette même lime, mais munie des appareils dynamométriques, et en donnant toujours son maximum de puissance de façon à produire une quantité à peu près constante d'énergie pour chaque coup de lime.

Les calculs des diagrammes ont donné les *moyennes* suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sur le laiton : | Effort d'appui | 22,80 kg, | Effort de poussée | 15,20 kg. |
| Sur le cuivre rouge : | — | 17,85 kg, | — | 22,45 kg. |

Si l'effort d'appui ne fatiguait pas l'ouvrier, toute son énergie serait réservée à la poussée, les variations d'effort d'appui n'ayant, par hypothèse, aucune influence sur sa fatigue.

Or nous voyons qu'il n'en est rien, l'effort de poussée augmentant dans le limage du cuivre rouge : instinctivement, l'ouvrier diminue son effort d'appui.

Si, pour chacune de ces deux expériences, on applique le calcul du parallélogramme des forces, on trouve, pour la résultante des deux efforts, appui et poussée :

Pour le laiton, 27,40 kg;

Pour le cuivre rouge, 28,60 kg.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On voit, d'après ce résultat pratique, que l'effort d'appui fatigue un peu plus l'ouvrier que l'effort de poussée. Ce résultat doit varier avec chaque ouvrier et aussi avec la longueur donnée à la course de la lime car, pour un même effort, dans le cas d'appui, la fatigue est d'autant plus grande que le point où s'effectue cet appui de la main est plus éloigné du corps, ce qui est plutôt le contraire dans le cas de la poussée.

En l'absence de procédé scientifique permettant de mesurer exactement la fatigue de l'ouvrier et devant la nécessité d'évaluer cette fatigue dans le limage, j'ai été conduit à chercher une *équivalence empirique* des efforts produits aussi bien en appuyant qu'en poussant la lime, et comme ces efforts sont simultanés et de même durée, j'ai pris pour mesure de la somme des efforts la résultante du parallélogramme des deux efforts, cette base provisoire m'étant imposée par l'obligation de tenir compte, au moins approximativement, de la fatigue produite par l'effort d'appui.

Dans mes essais à la machine, la charge d'appui sur la lime étant constamment de 25 kg, le tableau suivant donne la résultante pour des efforts de poussée de 15 à 50 kg.

TABLEAU D. — RÉSULTANTE DES EFFORTS D'APPUI ET DE POUSSÉE, LA CHARGE D'APPUI ÉTANT DE 25 KG ET L'EFFORT DE POUSSÉE VARIANT DE 15 A 50 KG.

| Poussée. (kg) | Résultante. (kg) | Poussée. (kg) | Résultante. (kg) | Poussée. (kg) | Résultante. (kg) | Poussée. (kg) | Résultante. (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 29,2 | 24 | 34,7 | 33 | 41,4 | 42 | 48,9 |
| 16 | 29,7 | 25 | 35,4 | 34 | 42,2 | 43 | 49,7 |
| 17 | 30,2 | 26 | 36,1 | 35 | 43,0 | 44 | 50,6 |
| 18 | 30,8 | 27 | 36,8 | 36 | 43,8 | 45 | 51,5 |
| 19 | 31,4 | 28 | 37,5 | 37 | 44,7 | 46 | 52,4 |
| 20 | 32,0 | 29 | 38,3 | 38 | 45,5 | 47 | 53,2 |
| 21 | 32,7 | 30 | 39,0 | 39 | 46,3 | 48 | 54,1 |
| 22 | 33,3 | 31 | 39,8 | 40 | 47,2 | 49 | 55,0 |
| 23 | 34,0 | 32 | 40,6 | 41 | 48,0 | 50 | 55,9 |

Il est à remarquer que l'effort d'appui est produit par l'ouvrier pendant que ses bras s'éloignent du corps; il travaille ainsi *à bout de bras*, condition désavantageuse parce qu'elle occasionne plus de fatigue; aussi, instinctivement l'ouvrier déplace son corps dans le même sens pour réduire l'écartement défavorable. Ce qui explique les mouvements du corps du limeur et leur importance d'autant plus grande que la lime est de plus grosse taille. Aussi LANGONET dit (p. 34 de son manuel) : « Le limeur appuie de tout son poids sur les limes de grosse taille, et d'autant moins que la lime est plus fine. A partir de la lime douce, le corps doit rester immobile et les bras seuls doivent se mouvoir. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 32. — Calcul du travail dépensé par le limeur.

Le calcul du travail dépensé par le limeur exigeant, comme nous venons de le voir, de tenir compte de l'effort d'appui à cause de la fatigue qu'il produit, nous sommes conduits à prendre pour base provisoire de ce calcul, la résultante des deux sortes d'efforts. En appliquant ce calcul aux éléments donnés par les diagrammes enregistrés (fig. 202) on a les résultats portés au tableau suivant :

TABLEAU E. — TRAVAIL DÉPENSÉ PAR LE LIMEUR DANS LE COUP DE LIME ENREGISTRÉ : (DIAGRAMMES DE LA FIGURE 202).

| Course utile de la lime. | Appui, effort total moyen. | Poussée, effort total moyen. | Résultante, effort total moyen. | Travail dépensé. | Puissance correspondante. |
|---|---|---|---|---|---|
| — | — | — | — | — | — |
| (mm) | (kg) | (kg) | (kg) | (kgm) | (kgm : sec) |
| 10 à 20 | 7,50 | 9,37 | 12,0 | 0,120 | 6,00 |
| 20 à 40 | 13,40 | 16,75 | 21,5 | 0,430 | 15,26 |
| 40 à 60 | 17,35 | 21,69 | 27,3 | 0,546 | 19,38 |
| 60 à 80 | 19,65 | 24,56 | 31,4 | 0,628 | 22,29 |
| 80 à 100 | 20,85 | 26,06 | 33,4 | 0,668 | 20,71 |
| 100 à 120 | 21,20 | 26,50 | 34,0 | 0,680 | 20,00 |
| 120 à 140 | 20,55 | 25,69 | 33,0 | 0,660 | 18,15 |
| 140 à 160 | 19,00 | 23,75 | 29,9 | 0,598 | 13,45 |
| 160 à 180 | 16,00 | 20,00 | 25,6 | 0,512 | 9,73 |
| 180 à 200 | 9,00 | 11,25 | 14,4 | 0,288 | 4,75 |
| | | | | Total = 5,130 | |

L'effort total d'appui des deux mains, pour chaque point considéré de la course de la lime, est calculé d'après les graphiques de la figure 203.

L'effort total de poussée est calculé sur la base du rapport moyen 1,25 indiqué pour le limage de l'acier (tableau C).

La résultante, mesurée par la longueur de la diagonale du parallélogramme formé par les deux forces composantes précédentes, est donnée, toute calculée, sur le tableau D.

Le travail dépensé par l'ouvrier est le produit de l'effort, mesuré par cette résultante, par la longueur de la course utile considérée.

Le travail correspondant par seconde, c'est-à-dire la puissance, est calculé d'après la vitesse de la lime pendant la portion considérée de sa course utile, vitesse donnée par le tableau B.

Le résultat de ce calcul, appliqué au diagramme de la figure 202, est de 5,130 kgm, pour le travail dépensé par le limeur pour l'aller seul du coup de lime.

Ce travail a été effectué en 0,360 s; *le limeur a donc produit, pendant l'aller seul de la course, un travail moyen de 14,25 kgm : sec.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour calculer le *travail dépensé pendant le retour de la lime*, celle-ci étant *tenue en l'air et à bout de bras*, j'estime que la fatigue qui en résulte pour l'ouvrier est du même ordre de grandeur que si la course était effectuée verticalement.

Dans cette hypothèse, le travail de retour est de 0,885 kg $\times$ 0,190 m $=$ 0,17 kgm.

Ce retour ayant une durée de 0,240 s, la puissance dépensée est donc de 0,70 kgm : sec.

Le travail total, aller et retour du coup de lime complet, y compris les deux arrêts aux points morts, est donc de $5{,}13 + 0{,}17 = 5{,}30$ *kgm*, et comme il est produit en 0,86 sec, cela fait une *puissance moyenne de 6,16 kgm : sec.*

Le diagramme qui a servi à calculer ces moyennes a été choisi parmi une petite série d'essais de limage d'allure ordinaire.

Mais, pour une durée très courte de limage, l'ouvrier fort et habile peut, s'il le veut, atteindre des valeurs plus élevées.

Nous avons vu (chap. 28) que, dans des expériences de vitesse et de débit outrance, un ouvrier a produit un effort maximum d'appui de 29 kg et une plus grande vitesse correspondant à 0,33 m : s au lieu de 0,29 m : s pour le travail moyen.

Ces nombres correspondent à une puissance d'environ 10 kgm : sec.

Mais il est bien entendu que cette allure ne peut être maintenue que très peu de temps, moins d'une minute par exemple.

Par contre, la puissance moyenne de 6,16 kgm : s n'est vraie que pour un temps relativement court, quelques minutes; pour un temps plus long, une heure par exemple, la puissance moyenne diminue très sensiblement.

Dans la pratique, l'ouvrier ne lime pas d'une manière continue : il a des ralentissements très fréquents, occasionnés par le déplacement du corps, pour lui permettre de *croiser le trait*. Puis, toutes les deux ou trois minutes par exemple, un repos plus prolongé s'impose parce que, quand l'ouvrier débite, le travail à la lime est très fatigant. Le rapprochement de ces périodes de repos et leur durée varient avec l'endurance et avec le degré de fatigue de l'ouvrier.

Ce repos est d'ailleurs pour l'ouvrier une occasion d'examiner l'état de son ouvrage, soit par la règle ou l'équerre, pour juger de la bonne exécution, soit par l'instrument de mesure pour apprécier les dimensions, ou par l'examen du tracé latéral afin de se renseigner sur le degré d'avancement de son travail, etc.

Ces repos diminuent sensiblement la valeur du travail moyen calculé, comme nous l'avons vu, pour un coup de lime.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons vu que l'effort d'appui sur la lime et, par suite, le travail produit, varient d'un ouvrier à l'autre parfois du simple au double.

La vitesse de la lime varie avec chaque ouvrier et le rendement optimum de chaque ouvrier correspond à une vitesse et à une durée différentes.

J'ai fait limer un ouvrier pendant une heure, avec une lime neuve, des deux au paquet, sur de l'acier demi-dur; la production de limaille pendant ce temps a été de 90 g.

En admettant une dépense d'énergie de 120 kgm par gramme de limaille, moyenne de la dépense d'énergie du limeur dans ces conditions, ainsi que nous le verrons plus loin, cela fait une dépense de 10.800 kgm à l'heure, et de 3 kgm:s; soit *la moitié* de la puissance calculée sur un coup de lime.

Je n'ai pas fait d'expérience de limage pendant toute une journée, mais j'ai des raisons de croire que le travail moyen, pour cette durée, est encore moindre et je l'estime à 2 kgm:s environ.

Les efforts de l'ouvrier dans le limage ne sont pas très élevés et cependant cette opération est fatigante.

Ce médiocre rendement du moteur humain dans ce mode de travail tient à ce que l'ouvrier est obligé d'effectuer *à bout de bras* d'assez grands efforts d'appui, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer.

Le moteur humain donne un rendement très différent suivant son mode d'opérer; le meilleur rendement paraît atteint quand la production de la puissance s'effectue à l'aide d'une manivelle à bras ou d'une roue actionnée par le poids du corps.

Mais l'ouvrage du limeur ne se prête pas à l'emploi de ces procédés économiques et si quelques machines à limer ont été inventées, elles ne l'ont pas été dans le but d'économiser la puissance motrice de l'ouvrier.

### 33. — Principaux facteurs influençant le rendement du limeur.

Certains de ces facteurs dépendent de :

La matière limée et de son homogénéité; ainsi des grains dans de l'acier en rendent le limage difficile et parfois impossible;

La grandeur de la surface de métal en prise avec la lime;

Les dimensions de la lime : une lime trop longue et une lime trop courte pour le travail à exécuter diminuent le rendement;

La qualité de la lime considérée au point de vue de la taille bien exécutée, de la dureté de l'acier, qui sont les deux facteurs de la résistance et de la durée;

L'état d'usure relative de la lime;

L'installation plus ou moins commode de l'ouvrage, qui peut être placé soit trop haut, soit trop bas;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'ambiance : aération insuffisante, manque de lumière, température trop élevée ou trop basse.

D'autres facteurs dépendent au contraire de l'ouvrier seul :

Valeur physique de l'ouvrier, force, adresse, habileté;

Alimentation, qualité et quantité;

État de santé : une indisposition même légère n'est pas sans influence;

État psychique, des soucis de famille, par exemple;

Endurance à la fatigue;

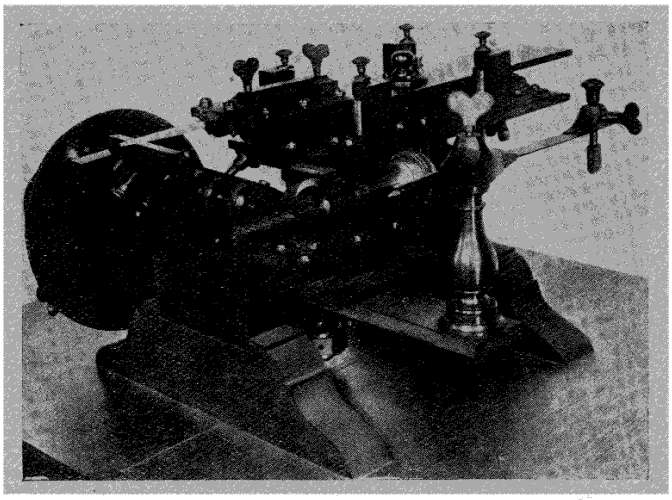


Fig. 212. — Machine à tailler, à la lime triangulaire, les peignes pour tourner les pas de vis. (Conservatoire national des Arts et Métiers, n° 4.147, salle n° 32.)

Durée du travail : il en est des hommes comme des animaux : il y a des chevaux de course et des chevaux de fond;

Valeur morale de l'ouvrier : conduite, alcoolisme, sabotage, etc.

Ces facteurs peuvent faire descendre le travail produit par le limeur à un chiffre très bas; leur multiplicité, leur importance, leurs variations empêchent d'indiquer des limites et d'établir des moyennes.

### 34. — Machines à limer.

La machine à refendre les dents des pignons (fig. 194) est une machine à limer, datant de la première moitié du XVIII[e] siècle, et dans laquelle la lime est guidée latéralement pour permettre d'obtenir un limage bien droit.

La figure 212 est la reproduction photographique d'une machine exposée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au Conservatoire des Arts et Métiers, et qui servait à limer les dents des peignes employés par les tourneurs pour faire des pas de vis.

La lime triangulaire est fixée à l'extrémité d'une planche métallique supportée par deux rouleaux et guidée latéralement par quatre galets, ces organes de roulement diminuant sensiblement le frottement.

Le mouvement rectiligne alternatif de l'outil est donné par la main de l'opérateur qui serre le bouton de conducteur.

Un plateau diviseur permet de donner un avancement régulier au peigne

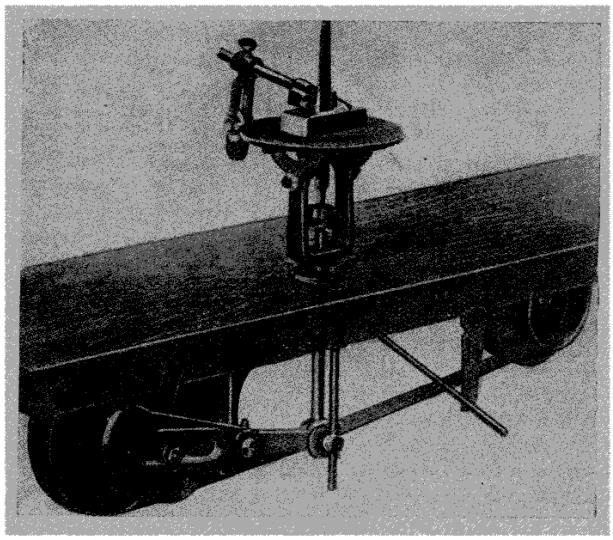


Fig. 213. — Machine à limer américaine.

limé afin de produire des entailles angulaires bien égales et également distancées.

Les Américains construisent des petites machines à limer fonctionnant au moteur et dans lesquelles la lime se meut verticalement.

La figure 213 montre, à titre de spécimen, une de ces machines dans laquelle la vitesse de la lime varie de 200 à 700 coups à la minute.

### 35. — Limes rotatives.

Des limes rotatives analogues à celles des anciennes fraises à bassinet (fig. 120) sont employées depuis quelque temps dans certaines industries [39].

(39) *American Machinist*, 29 mai 1909, p. 731.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'ancien chevalet est remplacé par une poupée à bille qui maintient la broche porte-lime dont la vitesse atteint 3.000 tours par minute.

L'outil de construction moderne utilise des limes, de dimensions et de formes très variables, travaillant à grande vitesse comme les anciennes meules d'acier qui servaient à fraiser les canons de fusils (fig. 117) et à empointer les épingles (fig. 119).

### 36. — Limes fixes.

L'industrie utilise peu la lime fixe sur laquelle l'ouvrier frotte la pièce à travailler.

On voit au Conservatoire des Arts et Métiers, dans une panoplie, sous le n° 8.908, un modèle de lime fixe : c'est un gros morceau de lime de 12 à 15 cm de longueur, fixé en coin et à plat sur un petit socle de fonte.

Le montage de cet outil se fait, sur le bord de l'établi, à l'aide de trois boulons à oreilles.

Ce petit outil sert comme les limes représentées sur les figures 111 et 112, c'est-à-dire qu'il reste immobile pendant que les pièces sont frottées, sur les faces taillées de la lime, par l'ouvrier qui dispose de ses deux mains, l'outil étant fixé ferme.

### 37. — Rendement des limes

Pendant longtemps le prix de la lime a été à peu près le seul facteur envisagé par l'acheteur qui, pour la qualité, s'en rapportait aux promesses du vendeur.

Les fabricants de limes, pour lutter contre la concurrence, étaient ainsi conduits à diminuer leur prix de revient souvent au détriment de la qualité.

Depuis quelques années, des cahiers des charges de grands consommateurs ont tenu compte du poids de limaille produit en fonction de la durée de la lime soumise à un essai mécanique.

Mais cette seconde considération est encore insuffisante; l'économie exige que l'acheteur tienne surtout compte d'un troisième facteur, le *rendement de la lime*, c'est-à-dire de la quantité d'énergie demandée à l'ouvrier qui actionne la lime, pour produire un poids déterminé de limaille.

Il est bien évident que ces considérations économiques n'ont pas pour but de réunir des éléments pour comparer le rendement des limes aux rendements d'outils différents et non comparables comme la meule, le burin, etc., comparaison cependant effectuée par les Américains, à la suite d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enquête[40], mais de permettre d'évaluer les qualités pratiques et économiques des limes essayées dans le but d'améliorer leur fabrication.

Le rendement des limes est loin d'être le même pour tous les échantillons vendus dans le commerce, et, comme nous le verrons à la suite des essais, l'écart de rendement peut varier du simple au double.

De sorte que l'ouvrier se servant de la meilleure lime produira, *à fatigue égale, le double d'ouvrage* que s'il se servait de la lime au moindre rendement.

Il faut donc mesurer, à la fois, le *rendement* et la *durée pratique* d'une lime pour en connaître la valeur économique.

On sait que l'ouvrier ne peut apprécier la mesure de la valeur économique d'une lime par un essai manuel : aussi l'essai des limes à la machine est admis par tout le monde.

La machine à essayer (fig. 209), construite pour limer comme le fait l'ouvrier, donne la mesure du rendement et de la durée de la lime essayée.

La différence de cet essai avec le travail manuel consiste seulement en ce que, avec la machine, la pression d'appui reste constante pendant toute la course de la lime, tandis que l'ouvrier fait varier sa pression d'appui pendant cette course.

Dans le calcul du travail dépensé par la lime, il faut, comme nous l'avons vu précédemment, tenir compte de la fatigue occasionnée à l'ouvrier par la pression d'appui sur la lime.

On est ainsi conduit, pour apprécier la valeur économique d'une lime, à tracer le *graphique de l'essai continu d'usure normale de la lime* sous charge d'appui déterminée et constante et avec une course fixée, ce graphique donnant le poids de la limaille produite, par exemple, par chaque centaine de coups de lime, et la *dépense d'énergie* correspondante, jusqu'à l'usure totale de la lime.

Nous donnons au chapitre 63, à propos de la nouvelle méthode d'essai des limes, les renseignements complémentaires.

Le graphique comporte la mesure du travail qui dépend plus spécialement de la forme donnée aux dents par la taille et la durée de la lime, dépendant surtout de la qualité de l'acier; il est bien entendu que, par qualité de l'acier de la lime, il ne s'agit pas seulement de la qualité initiale de l'acier employé, mais de celle que la lime finie présente à l'essai, c'est-à-dire après avoir subi tous les traitements mécaniques et thermiques, notamment celui de la trempe.

Pour étudier le rendement, j'ai effectué d'assez nombreux essais de limes *neuves*, choisies parmi les meilleures marques de France et de

(40) Gustave Richard, *Machines-outils*, t. II, p. 230.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'étranger, et plus spécialement de limes *à taille rude* que nos ouvriers emploient pour dégrossir et surtout pour débiter le plus de limaille possible.

Les limes douces, à finir l'ouvrage, présentant moins d'intérêt économique par leur débit, doivent être examinées à d'autres points de vue.

Les limes des une et les limes des deux au paquet ont été essayées sur *la même éprouvette cylindrique de métal* pour donner des résultats comparables.

Les essais ont été effectués sur divers métaux :

Acier à 65 kg:mm² de résistance environ, à la traction;
Fonte à 18 kg:mm² — —
Cuivre rouge à 21 kg:mm² — —
Laiton à 31 kg:mm² — —

L'éprouvette, de chacun de ces quatre métaux, a 50 mm de diamètre et tourne d'un certain angle, après chaque coup de lime donné par la machine, pour empêcher les dents de la lime de repasser dans les mêmes rayures.

J'ai donné sur le tableau C les efforts de poussée correspondant à diverses charges d'appui; je donne, sur le tableau suivant, la dépense d'énergie pour 1 g de limaille produite.

TABLEAU F. — DÉPENSE DE TRAVAIL POUR PRODUIRE 1 G DE LIMAILLE DE QUATRE MÉTAUX DIFFÉRENTS AVEC DIVERSES LIMES NEUVES, SOUS DIFFÉRENTES CHARGES D'APPUI

| CHARGES D'APPUI SUR LA LIME | ACIER (ESSAIS DE 44 LIMES) TRAVAIL DÉPENSÉ | | FONTE (ESSAIS DE 9 LIMES) TRAVAIL DÉPENSÉ | | CUIVRE ROUGE (ESSAIS DE 11 LIMES) TRAVAIL DÉPENSÉ | | LAITON (ESSAIS DE 10 LIMES) TRAVAIL DÉPENSÉ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. | Moyenne. | Limites extrêmes. |
| (kg) | (kgm) | (kgm) | (kgm) | (kgm) | (kgm) | (kgm) | (kgm) | (kgm) |
| 5 | 147 | 84 à 241 | 131 | 97 à 192 | 85 | 63 à 120 | | |
| 10 | 132 | 96 à 198 | 129 | 77 à 200 | 87 | 76 à 136 | 98 | 74 à 135 |
| 15 | 131 | 90 à 171 | 123 | 85 à 192 | 102 | 84 à 130 | | |
| 20 | 122 | 92 à 155 | 120 | 82 à 185 | 101 | 83 à 156 | 90 | 70 à 116 |
| 25 | 121 | 83 à 153 | 113 | 71 à 182 | 100 | 82 à 148 | | |
| 30 | » | » | » | » | » | » | 91 | 63 à 145 |

Les deux tableaux C et F se complètent puisqu'ils résument les résultats obtenus dans les mêmes expériences.

Dans le dernier tableau, je donne le résultat minimum et le résultat maximum de l'énergie dépensée sous chaque charge; ce sont les résultats des deux limites extrêmes du rendement. Ainsi sur l'acier à 65 kg:mm² de résistance environ, parmi les essais effectués avec 44 limes neuves, j'ai trouvé que



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la lime qui donnait le meilleur rendement avait dépensé 83 kgm sous la charge d'appui de 25 kg, et la lime au moindre rendement avait dépensé 153 kgm.

Le nombre 121 kgm, qui indique l'énergie moyenne, n'est pas la moyenne arithmétique de ces deux quantités extrêmes (il eût alors été de 118 kgm); il résulte de la moyenne des essais des 44 limes.

Cette petite statistique n'a qu'une valeur très relative; ce n'est qu'une indication générale, car j'aurais pu, dans ces essais, avoir plus de limes meilleures et surtout plus de limes mauvaises, puisque j'ai choisi les limes à essayer.

Depuis ces premières expériences, j'ai eu l'occasion de renouveler le calcul de la moyenne du rendement de 100 limes neuves essayées dans les mêmes conditions et j'ai trouvé 122,6 kgm au lieu de 121 kgm, moyenne des 44 premiers essais; la différence est insignifiante et peut être fortuite.

Quoi qu'il en soit, on constate, d'après l'examen des résultats de rendement, que, d'une manière générale, ce rendement augmente avec la pression d'appui; il y a donc intérêt à limer avec des limes étroites et à prendre à la fois le moins de surface d'attaque possible.

On constate aussi que la différence de rendement, pour des limes neuves et de bonnes marques, *varie du simple au double*, et cet écart se vérifie pour les quatre métaux essayés et sous les diverses charges d'appui.

Il est donc certain qu'une étude scientifique de la taille des limes permettra de trouver les conditions à remplir pour augmenter sensiblement leur rendement.

J'ai fait quelques essais de modification de taille des dents et, sur les mêmes éprouvettes qui ont servi aux essais précédents, j'ai pu obtenir les résultats suivants :

Pour un acier à 65 kg : mm² et de la fonte à 18 kg : mm², j'ai dépensé seulement 70 kgm par gramme de limaille.

Pour du cuivre rouge à 21 kg : mm², j'ai dépensé 24 kgm;

Pour du laiton à 31 kg : mm², j'ai dépensé 26 kgm.

Pour les deux premiers métaux, le gain a été sensible, mais j'ai des raisons pour espérer mieux; pour les deux autres métaux, le résultat est tellement favorable que l'écart nouveau ne pourra être bien grand.

Ces premières expériences de rendement m'ont permis de recueillir quelques observations intéressantes.

Ainsi, il est assez rare de trouver le même rendement pour les essais des deux faces d'une même lime; l'écart est souvent de 5 à 10 p. 100.

Parfois, cet écart peut être beaucoup plus élevé : ainsi, pour une lime, j'ai trouvé 122 kgm pour une face et 160 kgm pour l'autre face, toujours pour 1 g de limaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut donc essayer les limes sur chacune de leurs faces taillées.

J'ai remarqué que certaines limes de taille bâtarde avaient un rendement excellent : 98 kgm, 126 kgm et 129 kgm à l'essai sur l'éprouvette d'acier qui m'a servi aux essais de limes à taille rude.

Ces limes bâtardes pourraient donc avantageusement servir à dégrossir quoiqu'elles ne soient pas taillées à cet effet.

En pratique ordinaire, les limes servent indifféremment pour bien des métaux : aciers, cuivres, laitons, bronzes, fontes, alumimium, et ces métaux ayant des résistances bien diverses. La taille de ces limes *omnibus* est à rendement moyen assez faible car nous savons que les tranchants des outils destinés à couper les divers métaux et leurs divers alliages doivent avoir des angles de coupe différents.

L'économie conduira les spécialistes, travaillant toujours les mêmes métaux, à employer, pour chacun d'eux, des limes à *taille spéciale optimum*, adéquate à chaque métal.

J'ai eu souvent l'occasion de constater, au cours du traçage des graphiques de rendement, que la production du poids de limaille augmentait, au moins, momentanément; or, une augmentation de production est une anomalie, car une lime essayée s'usant graduellement doit, au contraire, produire de moins en moins de limaille, les conditions du travail ne changeant pas.

Cette anomalie peut avoir les causes suivantes :

Changement de température du métal limé;

Léger huilage accidentel du métal limé;

Cassure de sommets des dents de la lime;

Déplacement des zones d'action des dents de la lime, etc.

Nous verrons plus loin, en examinant ces causes, la valeur de leur influence.

### 38. — Influence de l'échauffement du métal limé.

Quand, après un certain temps d'arrêt, on recommence le limage d'une même éprouvette, avec la même course d'une même lime, on ne retrouve pas la même production de poids de limaille que celle qui a été pesée à la fin de l'essai précédent.

Pour élucider ce phénomène, j'ai effectué des limages par séries successives de 100 coups de lime, les unes presque continues, pour élever le plus possible la température du métal limé, les autres avec des arrêts plus ou moins prolongés pour atteindre une température moindre.

Les essais ont été effectués à la machine sur de l'acier à 103 kg : mm² de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

résistance, avec une bonne lime en acier chromé pour éliminer le plus possible l'influence de l'usure de la lime, la charge d'appui étant de 25 kg et la course de 25 cm.

Voici les résultats, en poids de limaille, obtenus dans les essais consécutifs sans intervalle :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1re | série de | 100 coups de | lime : 7,770 | g de limaille. |
| 2e | — | — | 8,280 | — |
| 3e | — | — | 8,570 | — |
| 4e | — | — | 8,500 | — |
| 5e | — | — | 8,460 | — |
| 6e | — | — | 8,420 | — |
| 7e | — | — | 8,380 | — |

On voit qu'au lieu de diminuer graduellement, par suite de l'usure légère et continue de la lime, la production de la limaille pour 100 coups de lime a augmenté de 0,800 g de la première à la troisième série.

Après ces 300 premiers coups de lime, l'équilibre de la température de l'éprouvette limée étant établi, la production de limaille, par 100 coups de lime, a commencé à baisser graduellement par suite de l'usure des dents de la lime.

Après la septième série, j'ai arrêté la machine pendant 20 minutes, pour laisser refroidir suffisamment l'éprouvette d'acier limé.

La huitième série, celle des 100 coups de lime donnés après cet arrêt prolongé, a produit un poids de 7,800 g de limaille, soit une chute de production de 0,580 g par suite du refroidissement de l'acier limé.

La neuvième série, effectuée immédiatement, après un arrêt aussi court que possible, juste le temps nécessaire pour recueillir et peser la limaille, a donné une production de 8,270 g, soit une augmentation sur la précédente série de 0,470 g, malgré la chute due à l'usure de la lime.

Mais une série de 100 coups de lime continus, échauffant déjà sensiblement le métal limé, il m'a paru utile de procéder par séries plus réduites, de 10 coups de lime, séparées par un temps d'arrêt suffisant pour le refroidissement, soit environ 30 secondes.

10 de ces séries réduites, soit ensemble 100 coups de lime, n'ont donné que 6,650 g.

Enfin, pour contrôle, j'ai effectué une dernière série de 100 coups successifs et sans arrêt : la production est remontée à 7,200 g.

En résumé, dans cet essai, l'échauffement de l'acier limé dans les conditions indiquées, fait monter la production de la limaille de 0,500 g environ pour 100 coups de lime successifs et, inversement, le retour à la température

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'ambiance ramène la production à un poids moindre, c'est-à-dire que les écarts de température ont une influence sensible sur la production du poids de limaille.

### 39. — Influence d'un léger huilage accidentel.

Les ouvriers savent que, lors du limage, il ne faut pas passer, sur la surface limée, le doigt plus ou moins gras, parce que cela réduit la morsure des dents de la lime, et oblige ainsi l'ouvrier à appuyer d'autant plus fort pour faire pénétrer les dents.

Or une goutte d'huile tombée accidentellement de la machine sur l'éprouvette d'acier limée m'a permis de constater une chute de 38 kg à 9 kg de l'effort de poussée sur la lime alors que la charge d'appui, restée constante, était de 25 kg.

La production de la limaille a immédiatement diminué et est tombée de 10,530 g à 7,370 g pour la série de 100 coups de lime, ainsi influencée par ce graissage intempestif.

J'ai essayé, à titre de curiosité, de lubrifier en grand, d'abord avec de l'essence de térébenthine et ensuite avec de l'huile : l'effort de poussée diminue et les dents s'encrassent par l'amas des grains de limaille; je n'ai pas cru devoir pousser plus loin des essais qui n'ont aucune utilité pratique.

### 40. — Influence de la cassure de la pointe des dents de la lime.

Une cause assez fréquente d'augmentation brusque de production de limaille provient de la cassure du sommet ou pointe des dents de la lime.

La figure 214 montre, au grossissement de 15 diamètres, une portion de lime regardée en bout, suivant son axe longitudinal, alors que la pointe de la lime est dirigée du côté de l'œil; on voit que le sommet des dents s'est écaillé dès le début de l'usage de cette lime.

La cassure, en forme d'éclat, a détaché une écaille de la surface frontale des dents, surface en prise avec le métal attaqué, et l'arête nouvelle est alors assez vive pour produire un angle de coupe meilleur que celui de la dent initiale.

Cette amélioration accidentelle de l'angle de coupe de la dent est d'autant plus sensible que la taille de la lime essayée est plus défectueuse.

Ainsi, certaines tailles de limes produisent des dents dont le sommet est rebroussé, c'est-à-dire que la pointe des dents est tournée à contresens, comme on le voit sur la figure 215 qui représente une portion de lime vue au même grossissement et de la même manière que sur la figure précédente.

La cassure de la pointe de telles dents ne peut être qu'avantageuse comme rendement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 41. — Influence du déplacement des zones d'action des dents.

La surface taillée des limes a généralement une forme courbe suivant l'axe longitudinal, pour localiser la zone d'action afin d'empêcher de répartir l'effort sur une trop grande surface de limage.

Mais, presque toujours, cette zone d'action est irrégulièrement placée; les sommets des dents ne se trouvent pas tous à la même hauteur, et dès le début

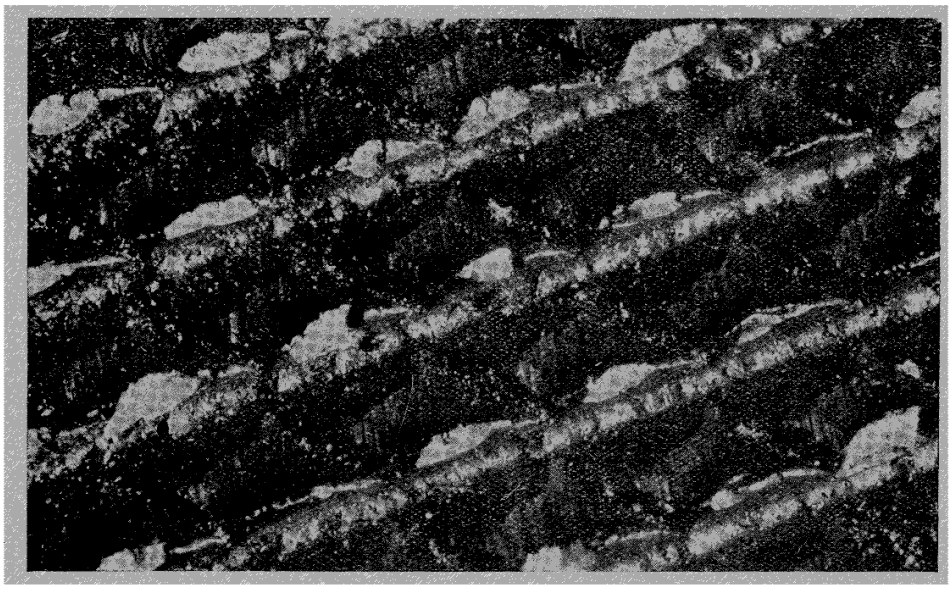


Fig. 214 — Portion de lime dont la plupart des dents ont le sommet écaillé (grossissement, 15 diamètres).

de la mise en service de la lime, on constate des zones d'action par suite d'usure partielle, à côté des zones inactives.

Cette irrégularité de hauteur des dents peut tenir à plusieurs causes, soit que la taille ait été d'intensité inégale, soit que la surface initiale de la lime, mal forgée ou inégalement meulée, présente des plages plus creuses dans certaines parties, soit qu'un écrouissage préalable à la taille ait influencé celle-ci, soit que la trempe consécutive à cette taille l'ait déformée.

Or, au fur et à mesure que les zones travaillantes s'usent, elles diminuent leur production, et des zones voisines, de dents neuves, travaillent à leur tour et produisent alors plus de limaille.

La figure 216 montre ces zones d'usure partielle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**42. — Influence de la vitesse du coup de lime sur la production de la limaille.**

Nous avons vu que les ouvriers liment plus ou moins vite mais qu'en général, on peut prendre pour moyenne le nombre de 60 coups de lime à la minute.

J'ai constaté que, pour des écarts notables de vitesse, le rendement et la production de limaille étaient grandement influencés, au moins avec certaines limes.

Ainsi, avec la même lime, sur le même acier à 103 kg : mm² de résistance,

Fig. 215. — Portion de lime dont les dents ont le sommet rebroussé, c'est-à-dire que la pointe est dirigée à contresens de leur coupe (grossissement, 15 diamètres).

sous la même charge d'appui de 25 kg et avec la même course de 25 cm, l'essai étant d'abord fait à la machine à vitesse normale de 60 coups à la minute et ensuite à la vitesse réduite au cinquième, c'est-à-dire à 12 coups à la minute, le poids de limaille a été de 12 g dans le premier essai pour 100 coups de lime et de 4 g dans le second essai, pour le même nombre total de 100 coups de lime.

Avec une autre lime ayant déjà servi, j'ai eu 9,250 g pour l'essai à vitesse normale et 2,500 g pour l'essai à vitesse réduite au cinquième.

Enfin, avec une autre lime plus usée, j'ai eu 6,650 g pour l'essai à vitesse normale et 1,600 g pour l'essai à vitesse réduite, toujours par 100 coups de lime.

Dans ces trois essais, la production de limaille est réduite à peu près au tiers et même au quart, par le fait même de la réduction au cinquième de la vitesse de la lime.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai remarqué que l'écart dans la hauteur de l'ordonnée des diagrammes enregistrés n'était pas dans la même proportion, mais au contraire plus faible, c'est-à-dire que l'effort de poussée était beaucoup moins influencé par la réduction de la vitesse de la lime.

Sous la même charge d'appui, la dent de la lime ne coupe pas de la même manière quelle que soit la vitesse. Il paraît probable que, dans le cas de vitesse relativement lente, comme dans des essais précédents à vitesse réduite, la dent glisse plus facilement et pénètre moins dans le métal, et qu'alors, il y a une partie de l'effort perdu en frottement sur le métal; quand, au contraire, la vitesse est suffisante, par un effet d'inertie, le copeau est relevé brusque-

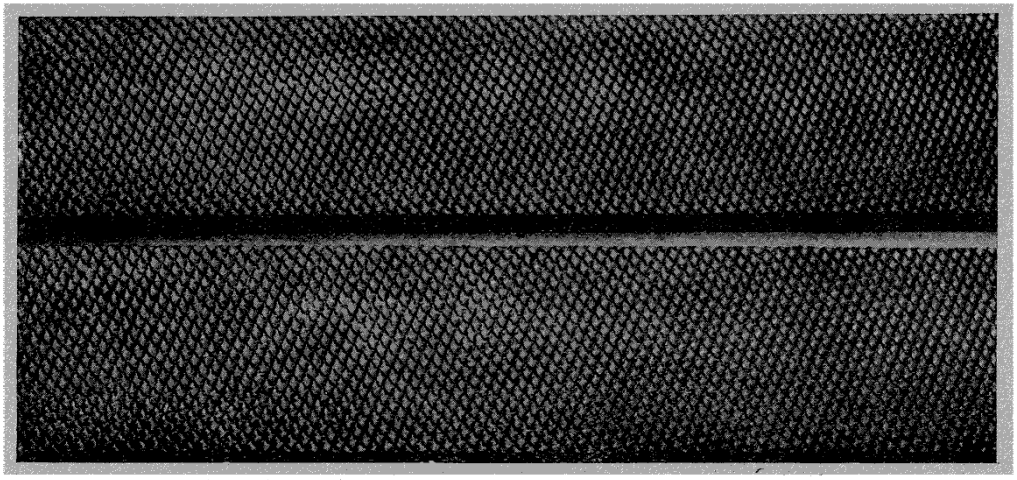


Fig. 216. — Limes à zones d'usure partielle.

ment à une plus grande hauteur : il y a alors moins de perte par frottement, le travail dépensé étant plus complètement utilisé à couper le métal.

### 43. — Influence paradoxale de la dureté du métal limé sur la production de la limaille.

En essayant, avec la même lime et dans les mêmes conditions, des aciers de dureté différente, j'ai remarqué un fait que je qualifie de paradoxal parce qu'il est tout à fait contraire à ce que croient les praticiens; c'est que, pour une même dépense de travail de l'ouvrier limeur, la production de limaille est d'autant plus grande que l'acier limé est plus dur.

Une même lime, sous charge d'appui de 25 kg, avec course de 25 cm, a donné à l'essai sur :

1° Acier doux à 40 kg : mm² de résistance à la traction :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6,750 g de limaille pour 100 coups de lime, avec une dépense de 171 kgm par gramme de limaille ;

2° Acier dur à 100 kg : mm² de résistance :

13,600 g de limaille pour 100 coups de lime avec une dépense de 72 kgm par gramme de limaille,

La production de limaille *augmente* donc avec la dureté de l'acier.

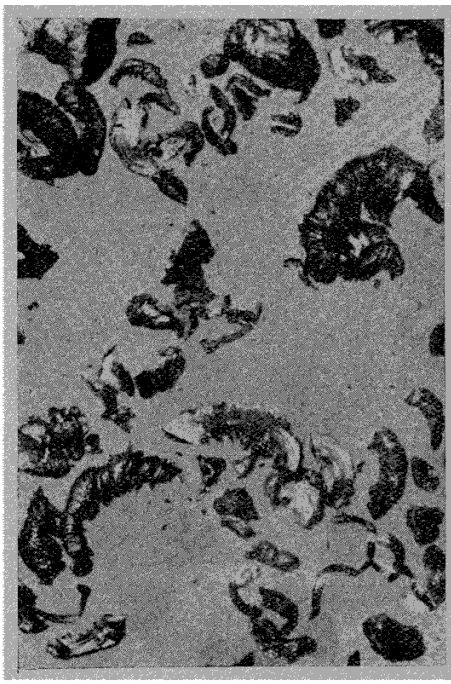


Fig. 217. — Limaille d'acier doux à 40 kg : mm² donnée par une lime neuve (grossissement : 20 diamètres).

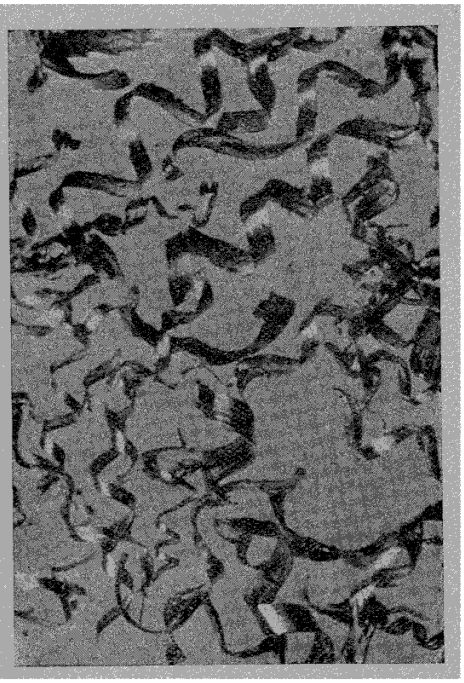


Fig. 218. — Limaille d'acier dur à 114 kg : mm² donnée par une lime neuve (grossissement : 20 diamètres).

La quantité de travail dépensée pour produire un poids de limaille donné *diminue* donc avec la dureté de l'acier.

J'ai constaté que cette influence de la dureté de l'acier limé existait tant que la lime résistait à l'usure.

Quand l'acier limé était trop dur pour la lime essayée, les dents de celle-ci s'émoussaient tout de suite et le rendement diminuait.

La forme des grains de limaille n'est pas la même pour l'acier doux et pour l'acier dur.

Les grains de limaille de l'acier doux sont de *forme compacte* (fig. 217).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les grains de limaille de l'acier dur sont de *forme vrillée* (fig. 218) (acier à 144 kg : mm² avec lime neuve).

Cette forme vrillée persiste, même lorsque, par suite d'usure de la lime sur l'acier très dur, la limaille devient plus fine. Ainsi la figure 219 montre de la limaille fine provenant du limage d'acier à 144 kg : mm² par une lime usée.

Cette différence de forme du grain de limaille occasionne une différence de volume à l'encombrement.

Ainsi, dans l'essai précédent sur acier doux et sur acier dur, les mesures en poids et en volume de la limaille produite ont été ;

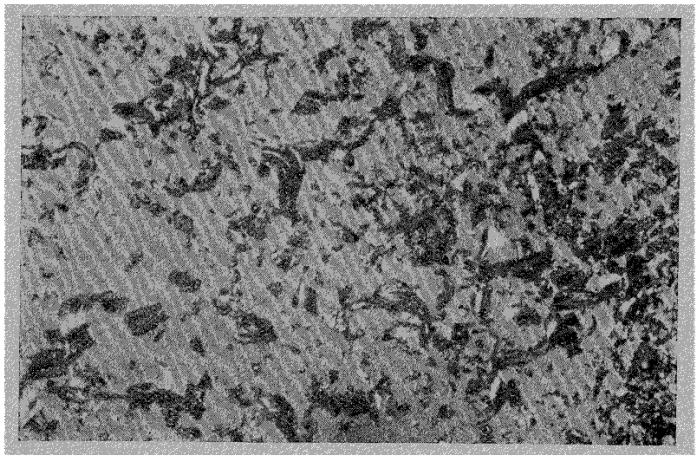


Fig. 219. — Limaille d'acier dur à 144 kg : mm² donnée par une lime usée (grossissement : 20 diamètres).

1° Pour l'acier doux à 40 kg : mm² de résistance : 6,750 g de limaille impliquent un volume d'acier de 0,865 cm³ enlevé sur l'éprouvette d'une densité de 7,8. A l'encombrement, cette limaille occupe 2,25 cm³. Le coefficient de foisonnement est donc $\frac{2,25}{0,865} = 2,60$.

2° Pour l'acier dur à 100 kg : mm² de résistance : 13,600 g de limaille de l'acier à 7,8 de densité, correspondant à un volume de 1,74 cm³. A l'encombrement, cette limaille a 11,25 cm³. Le coefficient de foisonnement est donc $\frac{11,25}{1,74} = 6,46$.

Toutes ces quantités : poids de limaille, rendement, volume à l'encombrement, coefficient de foisonnement, etc., varient avec la qualité de la lime essayée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour me renseigner sur la production de limaille avec des aciers de résistance comprise entre les deux limites extrêmes précédemment essayées, j'ai choisi 11 aciers donnant à peu près la gamme de 40 à 103 kg : mm².

Puis, comme l'essai avec une seule lime ne pouvait s'effectuer sur tous ces aciers sans une usure qui aurait faussé les derniers résultats, je me suis servi de 19 limes aussi semblables que possible.

En fait, dans les essais, ces limes n'ont pas donné lieu à des écarts, entre les résultats extrêmes, de plus de 10 p. 100.

Avec chacune de ces 19 limes, j'ai essayé d'abord un acier doux, usant aussi peu que possible les dents de la lime, puis un ou deux aciers plus durs.

Le tableau ci-dessous donne les résultats moyens de ces essais :

TABLEAU G.

| Résistance de l'acier. (kg : mm²) | Poids de limaille. (g) | Dépense de travail. (kgm) |
|---|---|---|
| 39 | 7,13 | 155 |
| 42 | 8,25 | 129 |
| 45 | 9,55 | 117 |
| 55 | 8,40 | 123 |
| 62 | 10,84 | 98 |
| 64 | 10,80 | 98 |
| 70 | 10,04 | 105 |
| 78 | 10,57 | 104 |
| 80 | 11,07 | 101 |
| 100 | 11,95 | 87 |
| 103 | 11,72 | 94 |

Le graphique de la figure 220 résume ces résultats :

en abscisses, la résistance des aciers essayés, à raison de 1 mm par 1,3 kg : mm² de résistance à la traction ;

en ordonnées : 1° le poids de limaille produit par 100 coups de lime, à raison de 7 mm de hauteur pour 1 g de limaille ;

2° la dépense, c'est-à-dire le travail correspondant à raison de 1 mm de hauteur pour 2,7 kgm de travail dépensé pour 1 g de limaille.

A l'inspection du graphique, on constate des écarts importants ; si, d'une façon générale, les aciers donnent d'autant plus de poids de limaille, pour un nombre de coups de lime donné, qu'ils sont plus durs, il y a certains aciers qui donnent moins de poids de limaille que des aciers moins durs.

La raison de cette anomalie tient à ce que la cause du phénomène constaté est due à la ductilité du métal et non à sa résistance.

En général, plus un acier est dur, moins il a d'allongement, c'est-à-dire moins il est ductile ; mais il y a des aciers de même résistance ayant une ductilité différente et même parfois des aciers plus durs que d'autres et ayant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cependant des allongements plus grands que ces derniers aciers moins durs.

Voici d'ailleurs l'explication de ce phénomène paradoxal. Quand la lime reçoit l'effort d'appui, les dents pénètrent dans l'acier limé et font une empreinte d'autant plus forte que l'acier est plus doux.

Puis la lime avance sous l'effort de poussée et, pendant cet avancement, chaque dent, qui a plus ou moins pénétré dans le métal, refoule devant elle la parcelle de matière qui constituera le copeau ou le grain de limaille.

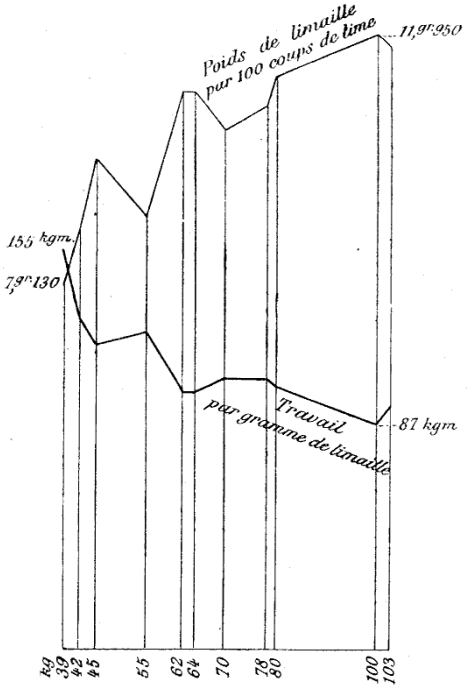



Fig. 220. — Graphique des résultats moyens des essais de rendement de 19 limes, essayées sur 11 aciers de dureté croissante.

En abscisses : La résistance à la rupture de l'éprouvette essayée, à raison de 1 mm pour 1,3 kg : mm² de résistance à la traction;

En ordonnées : 1° Poids de la limaille produit par 100 coups de lime, à raison de 7 mm pour 1 g de limaille;

Travail correspondant, à raison de 1 mm pour 2,7 kgm d'énergie dépensée pour produire 1 g de limaille.

Or cette parcelle de métal est comprimée au fur et à mesure de l'avancement de la lime entre la dent qui pousse d'un côté et la partie d'acier en avant du grain de limaille en formation et directement opposé à la dent.

Ce grain de limaille s'écrase donc entre l'effort et la réaction.

Cet écrasement est d'autant plus important que l'acier est d'une plus grande ductilité.

Mais ce grain est, à sa périphérie, détaché de l'acier limé par cisaillement, c'est-à-dire qu'il entraîne *par traction* le métal voisin et non en prise avec la dent, sur une largeur appréciable tout autour du trait de lime; dans cette zone latérale, le métal subit une traction, et l'effort augmente par suite de l'écrouissage de cette zone étirée [41].

L'allongement local de cette zone étirée est d'autant plus grand que le métal limé est plus ductile.

En résumé, le détachement du grain de limaille s'effectue sous l'écrasement de la parcelle de métal poussée par la dent de la lime et par *traction* de la zone périphérique.

(41) Cette zone de déformation latérale est très visible sur la figure 269.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, nous savons que, dans les essais de traction, les aciers durs exigent un plus grand effort de rupture que les aciers doux, mais leur allongement est beaucoup moindre, d'où il suit que la rupture d'une éprouvette d'acier dur exige beaucoup moins de travail qu'une éprouvette semblable mais d'acier plus doux.

Dans le limage, nous ne constatons pas une augmentation sensible d'effort de rupture du copeau, effort mesuré par la poussée de la lime, parce que la section du copeau d'acier dur est moindre que celle du copeau d'acier doux, l'effort d'appui étant à peu près le même, l'empreinte de la dent est moins profonde, ainsi que nous l'avons dit.

Mais, par contre, ce n'est pas l'allongement proportionnel, que nous mesurons d'habitude dans nos essais de traction, qui influence ici le travail dépensé, mais l'allongement de striction bien autrement important surtout pour les aciers de moindre résistance, parce que, dans notre cas de limage, le ligament ou zone latérale qui subit la traction est d'une faible longueur initiale.

Il y a lieu de remarquer que, dans les essais précédents, les barres d'aciers de dureté croissante ont été limées en bout et que c'est la résistanee à la rupture *en travers du métal* qui a été en cause; par conséquent, c'est la ductilité dans le sens en travers du laminage qui est intervenue.

C'est en limant en travers du sens de laminage que l'ouvrier produit le plus de limaille avec le plus grand rendement.

J'ai constaté ce même phénomène de meilleur rendement en raison inverse de la ductilité du métal en opérant avec des limes à une taille ou écouanes, avec des limes à taille croisée et enfin avec des fraises et des scies.

(*A suivre.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 25 OCTOBRE 1930

Présidence de M. L. MANGIN, *président*.

La séance est ouverte à 17 h.

Sur l'estrade ont pris place, à côté du président, M. KAO-LOU, ambassadeur de Chine à Paris, ancien directeur de l'Observatoire de Pékin, et M. GALLOIS, directeur adjoint à la Direction de l'Asie, au Ministère des Affaires étrangères.

Sont présentés pour devenir membres et admis séance tenante :

les ÉTABLISSEMEMTS VERMOREL, à Villefranche (Rhône), présentés par M. Pierre Viala et M. Ringelmann.

La COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ, 23, rue de Vienne, Paris (8e), déjà membre ordinaire de la Société, s'est fait inscrire comme membre perpétuel.

M. J. H. ADAM, secrétaire général de la Compagnie parisienne de Distribution d'Électricité, 45, rue Denfert-Rochereau, à Boulogne-sur-Seine (Seine), déjà membre ordinaire de la Société, s'est fait inscrire comme membre à vie.

M. ANDRÉ SIMON, membre de la Société d'Encouragement, 126, boulevard Raspail, Paris (6e), a déposé le 1er juillet 1930, un pli cacheté relatif à un *perfectionnement concernant des dispositifs de tissage continu sans canette*.

M. Simon autorise la Société d'Encouragement à ouvrir ce pli cacheté, et à en faire tel usage qu'elle voudra, s'il n'en a pas effectué le retrait ou demandé l'ouverture avant le 2 juillet 1935.

M. MICHOTTE, membre de la Société d'Encouragement, 45, avenue Trudaine, Paris (9e), a déposé le 12 août 1930, trois plis cachetés relatifs : 1° *à une question d'hydraulique*; — 2° *à une question d'incendie*; — 3° *au travail des textiles*.

M. Michotte autorise la Société d'Encouragement à ouvrir ces plis cachetés, et à en faire tel usage qu'elle voudra, le 13 août 1935, s'il n'en a pas effectué le retrait ou demandé l'ouverture avant cette date.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. MANGIN, *président.* — J'ai le très grand regret de vous annoncer la mort de deux personnes qui faisaient partie de notre Société depuis fort longtemps.

M. JULES RICHARD, membre de notre Conseil depuis 1925, au titre du Comité des Arts mécaniques, décédé le 18 juin, était l'inventeur et le constructeur bien connu d'instruments de précision, d'enregistreurs, d'appareils photographiques tels que le vérascope, d'une renommée mondiale, et l'homéos; il fut aussi fondateur d'œuvres éminemment utiles comme l'École d'apprentis mécaniciens précisionnistes de la rue Carducci, que nos membres ont visitée le 31 mai 1929. M. Jules Richard était commandeur de la Légion d'honneur.

Nous avons aussi à déplorer la mort de M. CHARLES FREMONT, lauréat de la Société d'Encouragement, décédé le 17 août. M. Fremont était un chercheur infatigable dans le domaine de la résistance des matériaux et de leur utilisation rationnelle; il a imaginé la méthode d'essai à la fragilité sur barreaux entaillés, aujourd'hui d'un emploi universel. M. Fremont avait été fait récemment chevalier de la Légion d'honneur.

Nous adressons à la famille de nos regrettés collègues l'expression de notre douloureuse sympathie. Une notice nécrologique sera consacrée dans le *Bulletin* à M. Jules Richard.

M. MANGIN, *président.* — J'ai le plaisir de vous signaler les distinctions dont plusieurs de nos collègues ont été l'objet depuis notre séance de juin.

M. BRUNEHANT et M. ALQUIER, membres de notre Comité d'Agriculture, ont été promus officiers de la Légion d'honneur.

M. HEURTEAU, membre de notre Commission des Fonds, a été aussi promu officier.

M. JEAN REY, membre de notre Comité des Arts économiques, a été élu membre de l'Académie des Sciences, le 16 juin, en remplacement de notre regretté collègue Auguste Rateau.

M. DUMANOIS, membre de notre Comité des Arts mécaniques, a été nommé Inspecteur général de l'Aéronautique.

Au nom de notre Société j'adresse mes félicitations à nos collègues.

Lecture est donnée d'un rapport présenté par le général G. A. FERRIÉ, au nom du Comité des Arts économiques, sur les travaux du R. P. PIERRE LEJAY sur la *mesure rapide de la gravité au moyen d'un appareil transportable.*

Ce rapport est approuvé [1].

(1) Voir le texte de ce rapport dans le présent numéro du *Bulletin* à la page 765.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. MANGIN, *président*. — Deux dons en espèces ont été faits à notre Société. Le donateur du premier, qui est de 1 000 fr, est la SOCIÉTÉ LORILLEUX ET C^ie^, de qui, chaque année, nous avons le plaisir de récompenser les plus vieux membres de son personnel et qui nous aide ainsi à conserver dignement une des traditions auxquelles notre Société tient le plus : récompenser les vieux serviteurs de l'industrie, de l'agriculture et du commerce.

Le second donateur, d'une somme de 10 000 fr, désire garder l'anonymat jusqu'à sa mort. Son don a pour but de nous aider dans la réalisation d'un vœu exprimé par un de nos anciens collègues disparus.

A ces généreux donateurs, j'adresse les très vifs remerciements de notre Société.

M. DE FRÉMINVILLE, *secrétaire général*, présente et analyse les ouvrages suivants entrés récemment dans la Bibliothèque :

*Physique* (Classes de spéciales), par Marcel BOLL et André FÉRY. Tome I : *Optique*; Tome II : *Chaleur. Gaz. Changements d'état. Électricité et magnétisme*. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6^e^), 1927;

*Précis de physique* (Introduction à une deuxième étude de la mécanique et de la physique), par Marcel BOLL et André FÉRY. 2^e^ édition refondue : Tome I : *Généralités. Statique et dynamique. Pesanteur et hydrostatique. Optique*; — Tome II : *Chaleur. Gaz. Changements d'état. Électricité et magnétisme*. Paris, Dunod, 1927;

*Comptabilité à résultats mensuels d'une société de distribution d'énergie électrique*, par Marius DUBOULOZ. Paris, Dunod, 1930;

*Étude pratique des minerais*. Guide pour les missions d'études minières et les essais industriels de traitement, par N. DÉGOUTIN. Paris, Dunod, 1930;

*Technologie et analyse des principales marchandises*, par Lucien LÉVI. Paris, Dunod, 1930;

*L'organisation du contrôle et la technique des vérifications comptables*, par Joseph REISER. 2^e^ édition. Paris, Dunod, 1930;

*Nouvelle méthode pratique et tables pour le calcul du mouvement des terres et de la zone d'emprise nécessaire à la construction de routes, voies ferrées, canaux*, par G. CATTO. Traduit de l'italien par O. BOURGEOIS. Paris, Dunod, 1930;

*Essai d'hydrogéologie*. Recherche, étude et captage des eaux souterraines, par le D^r^ Ed. IMBEAUX. Paris, Dunod, 1930;

*La relativité vue simplement*, par Gustave BESSIÈRE. Paris, Dunod, 1930;

*Découpage, matriçage, poinçonnage, emboutissage*, par J. WOODWORTH. 2^e^ éd. française d'après la 7^e^ éd. américaine, par Jean LÉVY. Paris, Dunod, 1930;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*La soie artificielle.* Fabrication et propriétés, par E. WHEELER. Traduit de l'anglais par Henri TATU. Paris, Dunod, 1930;

*Aide-mémoire des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, conducteurs de travaux, agents voyers, dessinateurs, etc.* Partie pratique : Formules, tables et renseignements usuels, par J. CLAUDEL. 12e édition entièrement refondue par Onésime ROUX et Albert CARNEL. Tomes I et II. Paris, Dunod, 1930;

*Leçons de sidérurgie* professées à l'École des mines de Saint-Étienne, par P. ANGLÈS D'AURIAC. 2e édition revue et mise à jour par J. ESTOUR. Paris, Dunod, 1930;

*Organisation industrielle appliquée à la fabrication des produits de consommation courante*, par Roger KAHN. Paris, Dunod, 1930;

*La filature anglaise*, par Auguste PONCELET. Paris, Ch. Béranger, 15, rue des Saints Pères (6e), 1927. (Don du *Génie civil*);

*Huiles et graisses minérales, végétales et animales.* Leurs dérivés, leurs succédanés, par D. HOLDE. Traduit sur la 6e édition allemande par AD. JOUVE. Paris, Ch. Béranger, 1929. (Don du *Génie civil*);

*Propriétés générales des machines*, par Léon LECORNU. (Encyc. de mécanique appliquée). Paris, J.-B. Baillière et fils, 19, r. Hautefeuille (6e), 1930;

*Électrothermie appliquée*, par Georges FLUSIN. Tome I : Les calculs électrothermiques. Les pertes de chaleur dans les fours. Le carbone en électrothermie. Les électrodes en charbon et en graphite. (Encyclopédie de chimie industrielle). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930;

*Applications de l'électricité à la marine*, par L. J. M. RICAUD et Edm. MARGET, complété par *Appareils de télécommande et de télépointage*, par J.-L. ROUTIN. (Encyc. d'électricité indust.). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930;

*Les minerais.* Étude, préparation mécanique, marché, par Ch. BERTHELOT et J. ORCEL. (Enc. minière et métallurgique). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930;

*Essences naturelles et parfums*, par Raymond DELANGE. (Collection Armand Colin, Section de chimie, n° 115). Paris, Librairie Armand Colin, 103, boul. Saint-Michel (5e), 1930;

*L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller (1919-1926).* Étude de psychologie sociale, par Floris DELATTRE. Paris, Armand Colin, 1930;

*Manuel pratique du monteur électricien.* Cours d'électricité industrielle pratique fait à la Fédération générale professionnelle des chauffeurs-mécaniciens électriciens de France et d'Algérie, par J. LAFFARGUE et L. JUMAU. 20e édition entièrement refondue par Lucien JUMAU. (Bibliothèque des actualités industrielles, n° 51). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1930;

*Erreurs et moindres carrés*, par R. DELTHEIL. (Traité du calcul des probabilités et de ses applications, par Émile BOREL. Tome I : Les principes de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la théorie des probabilités, fascicule II). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930;

*L'entropie.* Son rôle dans le développement historique de la thermodynamique, par Charles BRUNOLD. Paris, Masson et Cie, 120, boul. Saint-Germain (6e), 1930;

*Le problème de l'affinité chimique et de l'atomistique.* Étude du rapprochement actuel de la physique et de la chimie, par Charles BRUNOLD. Paris, Masson et Cie, 1930;

*Traité du renvideur pour laine cardée*, par L. PRIAULT et Ch. THOMAS. 2e éd. revue et augmentée. Paris, A. Renard-Morizot, 35, r. Fontaine (9e);

BUREAU DE NORMALISATION DE L'AUTOMOBILE (Chambre syndicale patronale des Fabricants d'accessoires et de pièces détachées d'automobiles, etc., 18, rue de Tilsitt, Paris (17e). *34 feuilles de normes*;

*L'évolution des étoiles*, par Jean BOSLER. (Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 8). Paris, les Presses universitaires de France, 49, boul. Saint-Michel (5e), 1923. (Don du *Génie civil*);

*Le problème européen et sa solution,* par Edward A. FILENE. Traduction française de Francis DELAISI. Paris, Payot, 106, boul. Saint-Germain (6e), 1925. (Don de l'auteur);

*Réflecteurs et diffuseurs.* Brochure n° 2 (édition 1931). Société pour le Perfectionnement de l'Éclairage, 134, boulevard Haussmann, Paris (8e);

*Grignon* (*Le Château et l'École*). Pour le centenaire, par L. RISCH, L. BRÉTIGNIÈRE, J. GUICHERD, F. JOUVET. Volume publié sous les auspices de l'Association amicale des Anciens élèves. Paris, aux éditions de « La Bonne idée », 152, r. de Vaugirard (15e), 1926. (Don de l'Imprimerie de Vaugirard);

*L'énergie, ses causes, ses dangers et leur prévention.* 1re partie : Étude des diverses formes de l'énergie. La combustion et le feu. Énergie végétative. Combustion spontanée des végétaux, par Félicien MICHOTTE. Paris, Institut de la Science du Feu, 45, avenue Trudaine (9e). (Don de l'auteur, membre de la Société);

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE L'INDOCHINE. — Inspection générale des Travaux publics. — *Contrat type pour les grands travaux à entreprendre en Indochine.* Hanoï, 1930;

*Compte rendu des fêtes du Cinquantenaire de l'Institut national agronomique*, [27, 28, 29 juin et 1er juillet 1929. Paris, Association amicale des Anciens Élèves de l'Institut national agronomique, 5, quai Voltaire (7e);

OFFICE RÉGIONAL AGRICOLE DU NORD. — *Centre national d'expérimentation agricole de Grignon.* — *La ferme extérieure en 1929.* Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 26, rue Jacob (6e), 1930;

*Vade-mecum du commerçant et du comptable*, par Maurice PICARD. —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Année fiscale 1930-1931, Asnières (Seine), Les publications pratiques, E. Mary, imp. 44-46, rue de Colombes;

*Krupp, 1812-1912.* Zum 100 jährigen bestehen der Firma Krupp und der Gussstahlfabrik zu Essen-Ruhr. (Don du *Génie civil*);

*Permeazioni d'acqua e loro effetti nei muri di ritenuta*, di Oscar HOFFMAN. Milano, Ulrico Hoepli, 1928. (Don du *Génie civil*);

*Apparatus and methods for measurement of the Hertzian hardness*, by R. ESNAULT-PELTERIE. (Société des Ingénieurs civils de France. British section. — 22d ordinary general Meeting, november 24th, 1927). London, S. W. 1., 82, Victoria Street. (Don de M. L. A. Legros, membre correspondant);

*The port of Casablanca*, by C. Laroche. (Société des Ingénieurs civils de France. British section. — 23d Ordinary general Meeting, december 16th, 1927). London. (Don de M. L. A. Legros, membre correspondant);

*The Schneider-Fieux gyroscopic anti-rolling gear*, by J. FIEUX. (Société des Ingénieurs civils de France. British section. — 27th Ordinary general Meeting, 12th november, 1928). London. (Don de M. L. A. Legros, membre correspondant);

SOCIÉTÉ DES TRANSPORTS EN COMMUN DE LA RÉGION PARISIENNE. — *Réseau départemental des Transports en commun à la surface de la Région parisienne. Compte rendu des recettes et des dépenses de l'année 1929. Situation comparative avec les exercices précédents. Économies réalisées par la S. T. C. R. P.* Paris, 53 ter, quai des Grands-Augustins (6e);

*L'institution des allocations familiales en 1929. Dix années d'action sociale. Rapport*, par G. BONVOISIN. Paris, 31, rue Guyot (17e). (Don de l'auteur);

*Installations de rayons X dans les laboratoires de métallurgie*, par A. L. S. (ex *Aciers spéciaux, métaux et alliages*, n° 37, vol. 3, 4e année). Auxerre (Yonne), Imp. Tridon-Gallot, 47, rue de Paris;

*L'organisation scientifique au service du contentieux.* 2e exemple : *Tenue d'une assemblée générale ordinaire de société anonyme française*, par R. SATET. Paris, Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes (6e), 1930;

*L'économie politique et la science.* Discours prononcé au banquet annuel de la Société d'Économie politique de Lyon, le 12 mai 1930, par Henry LE CHATELIER. Lyon, Imp. L. Bonnaviat, 13, rue Sainte-Catherine, 1930. (Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration);

*La 3e qualité du chef : La science.* Conférence prononcée le 15 mars 1930 à l'amphithéâtre de physique de l'École polytechnique à l'occasion des Dix ans d' « X Information », par Henry LE CHATELIER. (ex *X Information*, n° 10, 25 mars 1930). Paris, Société nouvelle des Imp. parisiennes réunies, 33, r. J.-J.-Rousseau. (Don de l'auteur, membre du Conseil);

*La machine frigorifique à vapeur d'eau du type « marine »*. Progrès

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

récents, principales applications, par R. FOLLAIN. (ex *Association technique maritime et aéronautique*, juin 1930);

*Matériel roulant exposé par la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à l'Exposition internationale de Liége 1930.* (Don de la Cie P.-L.-M., membre de la Société);

*Quelques caractères particuliers de l'agriculture tunisienne (cultures annuelles) déterminés par les facteurs climatiques*, par F. BŒUF. (ex *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, vol. IX, 1929, nos 97-98-99-100). Paris, Laboratoire d'agronomie tropicale, 57, rue Cuvier (5e);

*Note sur l'économie des transports aériens réguliers*, par L. KAHN. (ex *Association technique maritime et aéronautiqne*, juin 1930). Paris, Imp. Chaix, 1930. (Don de l'auteur, membre de la Société);

*Résistances des bétons au choc, à l'usure et au décollement, comparées à leurs résistances à la compression, à la flexion et à la traction*, par R. FERET. Paris, Revue des matériaux de construction et de travaux publics, 148, boul. Magenta, 1930. (Don de l'auteur, m. du Conseil d'Administration);

*Recherches sur la vie et l'œuvre de M. Aurelio de Pasino (1533-1585), architecte italien des seigneurs de la Marck*, par A. PHILIPPOTAUX. Sedan, Imp. André Suzaine, 1930;

*Note sur les installations fixes de traction électrique de la ligne de Culoz à Modane*, par M. LE TOUZÉ et M. TOURNEUR. (ex *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1930). Paris, Dunod, 1930. (Don de la Compagnie P.-L.-M., membre de la Société);

*La « politique » française du pétrole*, par A. GREBEL. (ex *Génie civil*, 2, 9 et 16 août 1930). (Don de l'auteur, membre de la Société);

*De l'utilisation du gas oil dans les camions automobiles*, par A. GREBEL. (ex *Chaleur et Industrie*, juin et juillet 1930). Paris, Chaleur et Industrie, 5, rue Michel-Ange. (Don de l'auteur, membre de la Société);

*De la conjugaison des qualités des carburants et des moteurs à explosion*, par A. GREBEL. (ex *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bulletin de janvier-février 1930). Paris, Soc. des Ingénieurs civils de France, 19, rue Blanche (9e). (Don de l'auteur, membre de la Société);

*Les carburants appropriés aux moteurs à explosion modernes*, par A. GREBEL. (ex *Chimie et Industrie*, avril-mai-juin 1930). Paris, Chimie et Industrie, 49, rue des Mathurins. (Don de l'auteur, membre de la Société);

*La France économique en 1929. Les industries électriques*, par Jean-Henri ADAM. (ex *Revue d'économie politique*, mai-juin 1930). Paris, Librairie du Recueil Sirey, 22, rue Soufflot (5e). (Don de l'auteur, m. de la Société);

*Des faits et des chiffres sur l'industrie automobile française*, 1930, 3e année. Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), Michelin et Cie;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Introduction à la normalisation nationale des ajustements*, par L. GRAUX. (ex *Génie civil*, 23 et 30 août 1930). Paris, Le Génie civil. (Don de l'Association française de normalisation, 27, avenue de Friedland, Paris (8e));

*L'organisation scientifique. Une méthode pour analyser rapidement une entreprise*, par R. SATET. Paris, chez l'auteur, 68, r. Duhesme (18e), 1930. (Don de l'auteur, membre de la Société);

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — *Institut d'organisation commerciale et industrielle*. Paris, 18, rue Chateaubriand (8e);

MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE. OFFICE NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE. — *Rapport général au Ministre du Commerce et de l'Industrie sur la situation et les travaux de l'Office national de la Propriété industrielle, année 1929*. (ex *Journal officiel*, 20 août 1930). Paris, Impr. des Journaux officiels, 31, quai Voltaire (7e).

Le R. P. PIERRE LEJAY, directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei (Chang-Haï) fait une communication sur *la prévision des typhons du Pacifique*.

L'Observatoire de Zi-Ka-Wei est un des services adjoints à « L'Aurore », université française de Chang-Haï; il a été fondé en 1873 et il est tenu par des pères jésuites français. Zi-Ka-Wei était, lors de la fondation, un petit village situé à 6 km du centre de Chang-Haï; il est devenu un de ses faubourgs en même temps que Chang-Haï, considérablement agrandi, est devenu une véritable capitale cosmopolite, comptant 5 millions d'habitants. Cet observatoire représente aujourd'hui l'organisation météorologique privée la plus importante du monde; il est relié à des stations qui s'étendent de la Sibérie à Manille, à l'Indochine et aux colonies japonaises de l'Océan Pacifique; de même, tous les navires des grandes compagnies de navigation qui fréquentent cette région du globe envoient par T. S. F. le résultat des observations qu'ils ont faites en mer.

A l'observatoire météorologique sont venus s'agréger de nouveaux laboratoires de recherches et des observatoires (astronomique, séismologique) qui forment avec celui de météorologie l'institut de physique du globe le plus important d'Asie.

Zi-Ka-Wei, sans borner son activité à ces seules études météorologiques, a acquis cependant une réputation mondiale pour ses prévisions de typhons, météores caractéristiques des mers de l'Extrême-Orient et de l'Océan Pacifique, qui ont fait l'objet d'observations et d'études suivies depuis 50 ans; grâce à ces travaux, l'Observatoire signale les typhons à temps par T. S. F.; il a mérité ainsi la reconnaissance de toutes les marines du monde et de tous ceux qui naviguent en Extrême-Orient.

Les typhons ne sont que des perturbations violentes d'une atmosphère soumise, en Extrême-Orient, à des lois particulières. Le père Froc, qui a dirigé l'Observatoire de Zi-Ka-Wei pendant plus de 25 ans, a résumé l'état de cette atmosphère sous forme de cartes. On y voit que 4 zones d'influence principales s'exercent sur la côte chinoise : deux zones de hautes pressions (anticyclones) près du lac Baïkal, en Sibérie centrale, et dans le Pacifique sud, et deux zones de basses pressions (cyclones) aux îles Aléoutiennes et dans l'Inde orientale.

En octobre, qui commence l'hiver rigoureux d'Extrême-Orient, la température

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

baisse beaucoup en Sibérie : à Aigoun, par exemple, elle peut passer de + 22° au début du mois à — 22° à la fin du mois; en Asie méridionale, elle ne baisse pas. Il en résulte une extension des hautes pressions vers le Sud du lac Baïkal (770 mm en moyenne) avec formation d'un vaste anticyclone qui atteint les côtes de Chine et y détermine le commencement de la mousson d'hiver. En novembre, ces phénomènes s'accusent : la mousson d'hiver, bien établie, vient ajouter des effets sensibles aux alizés; la dépression du Pacifique se creuse davantage et se dirige vers le Sud. En janvier, la pression atteint 780 mm sur le Baïkal, et descend à 750 mm au centre du cyclone Pacifique; le froid est intense dans le Nord; le thermomètre y descend fréquemment à — 40° (moyenne — 25°) tandis que, sur les côtes chinoises, il est encore à + 15° dans le Sud. Quant à l'anticyclone du Pacifique, il s'est évanoui en se déplaçant vers l'Est; il reparaît en février; alors la mousson diminue.

Mars marque la fin de l'hiver; à partir de ce moment, la masse continentale de l'Asie s'échauffe rapidement, et plus vite dans le Nord que dans le Sud. En avril, l'anticyclone du Pacifique se déplace vers l'Ouest, atteint les côtes de Chine. La mousson va s'y renverser; elle y est nettement perceptible en juin par suite de l'arrivée du cyclone hindou et de l'évanouissement du maximum sibérien. En juillet, elle s'accentue encore, mais comme elle s'oppose aux alizés, elle ne prend pas, comme la mousson d'hiver, l'allure d'une tempête presque continue. En août, le cyclone de l'Inde commence à se combler, l'anticyclone du Baïkal s'accentue. Septembre marque la fin de l'été; la mousson va se renverser.

Et ainsi de suite. Cette régularité, cette monotonie assez marquée du régime atmosphérique en temps normal sont interrompues toute l'année par de profondes perturbations dont les plus importantes sont les typhons.

Les typhons sont des cyclones très accentués, très localisés qui arrivent à grande vitesse du Pacifique vers l'Asie. Tantôt, traversant Manille, ils atterrissent en Indochine ou sur les côtes de la Chine méridionale; là, dans ce cas, ils perdent vite leur caractère destructeur; tantôt, refoulés par le continent et déviés par la rotation de la terre, leur trajectoire s'incurve : ils se dirigent alors vers le Nord-Est, traversent le Japon pour aller se perdre dans le Pacifique Nord.

Le typhon est caractérisé par une très forte dépression de son centre et un tourbillon intense autour de ce centre; en général, ses effets destructeurs sont considérables; ils dépendent de l'importance et de l'étendue de la dépression centrale; on peut dire qu'il n'y a pas deux typhons qui se ressemblent.

Comme il est impossible de savoir ce qui se passe au centre d'un typhon, faute d'observateurs en mer, car les marins ne se risquent pas au milieu d'un typhon s'ils peuvent l'éviter, Zi-Ka-Wei se contente généralement d'indiquer la position des typhons et la direction de leur déplacement. La position de ce centre devient d'une détermination facile à partir du moment où le typhon arrive dans la région fréquentée des mers de Chine car il lui est presque impossible de passer inaperçu des stations météorologiques de Manille et de Formose; comme cependant le centre avance à la vitesse de 10 à 20 nœuds, les renseignements de ces stations arriveraient trop tard pour permettre d'avertir les navires situés entre Chang-Haï et Hong-Kong. Il ne suffit donc pas de voir arriver le typhon : il faut le prévoir. Pour cette prévision, il faut savoir choisir, parmi de nombreuses données, dont quelques-unes quelquefois en apparence divergentes, envoyées par les stations ou les navires en mer,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celles qui sont les plus caractéristiques, sans se laisser influencer par les phénomènes secondaires.

Les mêmes conditions ne se renouvelant pas, on peut dire que chaque prévision est le résultat d'une expérience nouvelle dont la réussite dépend du flair de l'expérimentateur ou plutôt de sa richesse d'expériences précédentes et de sa façon d'en tirer des analogies directrices. C'est pourquoi le travail d'ensemble donnant l'état normal de l'atmosphère dans tout l'Extrême-Orient et dans le Pacifique à toute époque de l'année, est d'une grande importance : la plus légère baisse barométrique, le moindre changement dans la direction et l'intensité du vent peuvent être l'indice de la présence lointaine d'un typhon si ces modifications sont observées dans le voisinage de la région où les typhons ont l'habitude de se déplacer. L'hypothèse d'un typhon faite, on cherche à vérifier son exactitude quelques heures plus tard en examinant à nouveau l'état atmosphérique dans la région présumée dangereuse. Il est bien rare que, le second jour, il soit encore possible de douter; le lendemain, sa position et sa trajectoire probable sont précisées : le typhon ne tardera pas à entrer dans la zone fréquentée par les navires; leurs observations permettront de déterminer l'étendue et l'importance de la dépression, la vitesse de son déplacement.

En général, la trajectoire des typhons est assez régulière; mais elles sont cependant sujettes à anomalies et il faut une attention soutenue pour prévoir ces anomalies.

La vitesse de déplacement des typhons varie de 8 à 25 milles à l'heure. On en observe toute l'année; ils sont cependant beaucoup plus nombreux en été qu'en hiver. Les trajectoires ne sont pas non plus les mêmes, pas plus que leur violence aux différents mois de l'année; la zone dangereuse n'a pas non plus la même largeur et leur énergie destructrice dépend d'un grand nombre de facteurs. La position du centre peut en général être prédite exactement aux navires un jour d'avance.

En définitive, l'expérience montre que, malgré le grand danger que font courir les typhons, on peut naviguer indéfiniment sur les mers de Chine sans accident si on y observe une grande prudence : il suffit de ne pas approcher à moins de 100 ou 200 milles, selon sa violence, du centre d'un typhon signalé; grâce à la T. S. F., un navire peut presque toujours réaliser cette condition. En tout cas, il a toujours le temps de se préparer à passer assez loin du centre du typhon et de son côté navigable, ou maniable, c'est-à-dire du côté où la vitesse de rotation du tourbillon est en partie neutralisée par la vitesse de son déplacement.

Il est toujours dangereux pour un navire de se fier à ses seules observations : les perturbations observées par rapport à la marche générale des typhons sont en effet beaucoup trop capricieuses pour qu'on puisse énoncer des règles simples sur leur évolution.

Aucun autre procédé que celui de l'observation de la carte de l'état atmosphérique n'a encore permis jusqu'à présent de prévoir et de suivre les typhons, car ce n'est pas un phénomène orageux. Cependant, l'observation des séismogrammes fournit un moyen de contrôle qui s'est montré souvent efficace, le typhon provoquant de petits tremblements du sol dont le caractère diffère de celui des microséismes dus à d'autres causes.

Il reste encore beaucoup à faire pour déterminer la cause des typhons. C'est le travail auquel va s'attacher dorénavant l'Observatoire de Zi-Ka-Wei.

E. L.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Son Excellence M. KAO-LOU, ambassadeur de Chine à Paris, affirme que le personnel de Zi-Ka-Wei ne s'est pas seulement attiré l'admiration du monde par sa science et par les services qu'il a rendus aux navigateurs, mais encore qu'il a su, partout en Chine, s'attirer la sympathie et l'amitié des populations, et que ces sentiments se sont étendus à toutes les œuvres françaises en Chine. Il tient à les remercier toutes publiquement ici.

L'amiral MORNET apporte, dit-il, le témoignage de reconnaissance d'un marin qui a navigué en Extrême-Orient. Il souhaite au père Lejay, nouveau directeur de l'Observatoire de Zi-Ka-Wei, de poursuivre le travail de ses prédécesseurs avec le même succès.

La séance est levée à 18 h. 45 m.

---

## BIBLIOGRAPHIE

**Le moteur Diesel et ses dérivés** (moteurs à boule chaude et moteurs à précombustion). — Traité théorique et pratique à l'usage des utilisateurs, par F. ÉCORCHON, Ingénieur mécanicien principal de la Marine. Un vol. (25 × 16 cm), de XI + 333 p., 352 fig. Librairie Delagrave, éd., 15, rue Soufflot, Paris, 1929.
Index : 621-436.

Comme l'indique son titre, l'ouvrage de M. Écorchon est surtout prévu pour les utilisateurs. A cette fin, la partie descriptive y a une importance considérable. On y trouve décrits les principaux types de moteurs, depuis les plus anciens jusqu'aux moteurs récents, avec de nombreux détails intéressants et des figures claires.

Le chapitre important consacré au réglage, à la conduite et à l'entretien des moteurs ne manquera pas d'être apprécié de ceux que préoccupe le bon fonctionnement des moteurs. La partie théorique est dépourvue de formules compliquées et de raisonnements abstraits. Elle est traitée d'une façon élémentaire, ce qui la rend accessible au plus grand nombre. Les calculs un peu compliqués font l'objet d'un appendice.

Comme l'a dit M. Laubœuf, qui a préfacé cet ouvrage, la lecture de ce livre est recommandée à tous ceux qui ont à s'occuper des moteurs Diesel. Chacun y trouvera des renseignements très détaillés et des indications utiles.

PAUL DUMANOIS.

**Mission aux États-Unis et au Canada (avril, mai, juin 1929). Rapport** : CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. Un vol. (31 × 22 cm), 271 p., 80 fig., XXXIV pl., Société anonyme de l'Imprimerie Maulde et Renou, éd., 144, rue de Rivoli. Paris, 1929. Index : 385 + 656. 2-3.

La Cie P.-L.-M. a offert à la Société d'Encouragement le rapport de la mission d'ingénieurs qu'elle a envoyée en 1929 dans l'Amérique du Nord, pour y étudier le fonctionnement des chemins de fer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette mission était dirigée par MM. Mugniot, Ingénieur en chef de l'Exploitation, et Gérin, Ingénieur en chef-adjoint de la Voie, qu'accompagnaient six de leurs principaux assistants. Elle a visité, d'avril à juin, les installations les plus récentes des grands réseaux du Centre-Nord des États-Unis, de la région du Pacifique et du Sud du Canada.

Deux autres missions moins nombreuses l'avaient précédée en 1926 et 1928; l'objet de la première était l'étude de la signalisation et plus particulièrement du bloc automatique; le programme de la seconde, plus étendu, comprenait l'ensemble des services de Matériel et de Traction. Le chef de cette seconde mission était M. Japiot, Ingénieur en chef-adjoint, qui retournait pour la cinquième fois aux États-Unis.

Les rapports des missions de 1928 et 1929 sont présentés sous forme d'in-folios de 400 et 270 pages, accompagnés de nombreux tableaux, plans et photographies. Ils constituent des documents de première importance, non seulement par l'intérêt des installations décrites, mais aussi parce qu'elles ont été observées par des yeux aptes à les bien juger.

Le réseau du P.-L.-M. est de beaucoup le plus important de France par le développement de ses lignes et par le montant de ses recettes. Il ne pouvait pas ne pas céder au désir de bien connaître les réseaux encore plus grands que possède l'Amérique du Nord, dont les 500.000 km de chemins de fer transportent plus de la moitié du tonnage kilométrique mondial.

En 1886, après les débuts les plus désordonnés, les compagnies américaines avaient réussi à unifier leur attelage et leur freinage continu; la loi fédérale de 1893 consacra cet accord et en rendit les dispositions obligatoires. Or, la résistance de l'attelage unifié était 125 t, soit 4 fois celle de l'attelage de l'Europe continentale, 30 t. Complété par le frein Westinghouse, il a permis d'organiser des trains de marchandises, pouvant comprendre jusqu'à 120 wagons à bogies, longs de 1.400 à 1.500 m, et dont la charge atteint couramment de 4.000 à 5.000 t, et exceptionnellement 14.000 t. Et la charge de 5.000 t n'est pas réservée aux lignes plates : on la pratique sur des lignes à profil difficile, avec longues rampes de 16 et 20 mm.

Une telle organisation de transports massifs était imposée à la fois par l'énormité des richesses minières et par le grand éloignement des gîtes. L'étude de l'outillage qu'elle a suscité est devenue particulièrement intéressante pour les compagnies françaises, du fait qu'elles ont décidé dans ces dernières années de doubler la résistance de l'attelage et d'armer les trains de marchandises du frein Westinghouse. Elles sont ainsi amenées à chercher des solutions se rapprochant de celles qui sont déjà appliquées aux États-Unis.

On jugera de l'intérêt du rapport de la mission du P.-L.-M. de 1929 par l'énumération des sujets qui y sont traités.

Titre I. — *Organisation* : historique; statut; contrôle fédéral; association entre réseaux; administration des réseaux.

Titre II. — *Personnel* : réglementation du travail; décentralisation; unions professionnelles; contrats collectifs du travail; institutions patronales; revues périodiques distribuées aux agents et aux voyageurs.

Titre III. — *Équipement* : voie, constitution et entretien; gares de voyageurs; de marchandises; de triage; méthodes d'exploitation; matériel roulant et trains.

Titre IV. — *Service des voyageurs* : départ; composition des trains; arrivée; banlieue; tarifs; bagages.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Titre V.— *Service des marchandises* : service express et service ordinaire ; détails sur les « containers » ; camionnage ; échanges de matériel ; tarification et comptabilité.

Titre VI. — *Fruits et primeurs* : production ; transport ; distribution à l'arrivée ; gares-marchés.

Titre VII. — *Action commerciale.*

*Annexes.*

Le rapport n'est pas dans le commerce. On peut le regretter, car s'il est particulièrement utile aux ingénieurs des chemins de fer, qui sont appelés à le connaître, sa lecture serait certainement profitable aux économistes, aux industriels et aux législateurs qui y trouveraient des renseignements de haut intérêt sur une organisation du travail et des grandes sociétés, souvent bien différente de la nôtre et qui a produit des résultats que nous pouvons envier. VICTOR SABOURET.

**Les applications des rayons X. Physique. Chimie. Métallurgie**, par J.-J. TRILLAT. (Recueil des conférences-rapports de documentation sur la physique, vol. 17). Un vol. cart. (24 × 16 cm) de 293 p., 108 fig. ; Les Presses universitaires de France, éd., 49, boulevard Saint-Michel (5e). Index : 537 531.

A la fin du siècle dernier, Rœntgen découvrait les rayons X ; la propriété remarquable possédée par ces rayons d'impressionner la plaque photographique ou de rendre fluorescentes certaines substances même à travers les corps opaques recevait bientôt de multiples applications, d'abord dans les sciences médicales, puis dans l'étude des corps solides et en particulier des divers matériaux. Mais en 1912, Laue montrait que ces rayons étaient susceptibles d'être diffractés par les cristaux : il devenait possible d'étudier non seulement la structure des corps solides, mais encore, dans un grand nombre de cas, la constitution des molécules et des atomes. Les célèbres travaux de Bragg père et fils, de Hull, de Debye et Scherrer, offraient un champ nouveau à l'activité des chercheurs.

Il y a quelques années, un jeune physicien français, M. J.-J. Trillat, élève de M. Maurice de Broglie, soutenait, devant la Faculté des Sciences de Paris, une thèse remarquée sur les applications de la spectrographie X à l'étude de certains composés organiques. Depuis cette époque, il n'a cessé de poursuivre dans cet ordre d'idées d'importantes recherches, et est devenu dans ce domaine un spécialiste qualifié aussi bien par ses connaissances scientifiques que par son habileté expérimentale. Il était donc tout désigné pour présenter devant la Société de Physique une conférence-rapport sur les applications des rayons X à la physique, à la chimie et à la métallurgie. Ce rapport vient d'être publié par les Presses universitaires en un volume de près de 300 pages qui constitue une excellente mise au point de cette importante question.

Dans une première partie, l'auteur décrit l'appareillage et la technique employés tant pour la production des rayons que pour les opérations spectrographiques. Dans une seconde partie, M. Trillat expose successivement les applications de ces procédés à l'étude des métaux et de leurs transformations, des composés organiques et des produits colloïdaux. Les derniers chapitres sont consacrés à la structure de la cellulose, du caoutchouc et de diverses matières organiques naturelles, à l'état liquide et aux états mésomorphes, enfin à l'analyse chimique et à la radiographie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette énumération suffit à faire comprendre toute l'ampleur du sujet traité, Quant à l'importance des résultats obtenus, il suffira sans doute de rappeler qu'en ce qui concerne les produits métallurgiques, les méthodes spectrographiques ont confirmé et, sur un grand nombre de points, complété les indications de la métallographie ou de l'analyse physico-chimique; pour ce qui est de la cellulose et des fibres textiles, elles nous ont apporté quelque lumière dans un domaine où nous ne savions jusqu'ici à peu près rien.

L'ouvrage de M. Trillat est d'une lecture facile. Il intéressera les hommes de science et les techniciens qui veulent se mettre au courant des progrès réalisés grâce à une méthode d'investigation qui a fourni déjà des résultats considérables et dont il semble raisonnable d'attendre beaucoup plus encore dans l'avenir.

RENÉ DUBRISAY.

**Les minerais, Étude, Préparation mécanique, Marché,** par Ch. BERTHELOT, ingénieur-conseil, et J. ORCEL, docteur ès sciences, assistant de minéralogie au Muséum national d'Histoire naturelle. (Encyclopédie minière et métallurgique.) Un vol. br. (23 × 16 cm), 544 p., 156 fig., XXIV pl., J.-B. Baillière et fils, éd., 19, rue Hautefeuille, Paris, 1930. Index : 622.7 + 553.

*Préface.*

Le livre de MM. Berthelot et Orcel mérite de retenir longuement l'attention de tous ceux que préoccupe la question des minerais.

En effet, il allie fort heureusement la science et la technique, les études de laboratoire et les réalisations industrielles.

D'ailleurs, les noms des deux auteurs sont le plus sûr garant de la valeur des documents rendus ainsi publics : le premier a justement acquis, dans le monde industriel, une réputation qui lui a valu des missions de toute première importance; l'autre est le collaborateur précieux d'un des maîtres les plus universellement connus et aimés, M. A. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum d'Histoire naturelle. Nuls n'étaient plus qualifiés pour écrire ce volume, le premier d'une telle importance publié en langue française.

Le lecteur attentif y trouvera, clairement exposées, les méthodes générales qui fixent la nature et la valeur des minerais, qui serviront souvent de point de départ dans l'étude des traitements mécaniques, voire des traitements métallurgiques.

D'ailleurs, des exemples, choisis parmi les plus complexes, permettent de juger de l'importance des méthodes.

Une partie capitale de ce livre est consacrée, d'autre part, à la situation actuelle du marché et même des métallurgies des différents métaux. C'est une mise au point fort remarquable, du point de vue économique, comme du point de vue technique.

Les chapitres consacrés à l'étude des méthodes de concentration, spécialement l'exposé très précis et très suggestif du flottage, constituent une documentation qui ne le cède en rien aux ouvrages les plus spécialisés. Particulièrement les pages relatives au flottage sélectif et à l'aptitude des différents minerais à cette opération, renseigneront de façon la plus moderne les intéressés.

Par sa clarté, par la suite logique de son exposé, par sa riche documentation, ce livre si vivant, parce que vécu par ses auteurs, leur fait particulièrement honneur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous ne doutons pas que prospecteurs, mineurs, métallurgistes ne lui réservent dans leur bibliothèque, dans celle des livres que l'on consulte couramment, une place de choix. LÉON GUILLET.

**La fabrication industrielle des porcelaines, cuisson, décoration**, par MARC LARCHEVÊQUE. (Encyclopédie de chimie industrielle). Un vol. br. (23 × 16 cm) de 372 p., 101 fig. J.-B. Baillière éd. 19, rue Hautefeuille, Paris (6e) 1929.
Index : 666.5.

Cet ouvrage doit comprendre trois tomes. Le second, qui vient de paraître, est spécialement consacré à la cuisson et la décoration.

Le tempérament même de l'auteur se manifeste dans cette seconde partie de son ouvrage comme dans la première[1]. Il y a mis toute l'ardeur qu'on lui connaît pour indiquer aux autres ce qu'il a appris et surtout ce que, personnellement, il a pratiqué.

Il entre ainsi, pour le fonctionnement d'appareils, dans des détails de manipulation auxquels on n'est pas habitué. Pour tout ce qui touche la céramique, et notamment les questions concernant la cuisson, il n'est pas de détails inutiles à connaître. L'oubli ou la négligence d'une précaution, considérée par certains comme sans importance, ont pu être l'origine de déboires et même de fortes déceptions.

Il n'est peut-être pas d'industrie où la conscience professionnelle, notablement éclairée par l'expérience, soit plus manifestement utile que dans ce qui concerne le travail de l'argile. Certains aléas, capables même parfois d'amener à des pièces qui nous charment, ne peuvent contenter le véritable professionnel. Il comprend que le céramiste, digne de ce titre, doit, dans la plus grande mesure possible, être maître de la matière, savoir la conduire pour en réaliser des pièces réclamant des qualités techniques ainsi que cela se présente pour des éléments devant aller ensemble et être égaux à eux-mêmes autant qu'on peut l'espérer.

Pour certains points, les indications peuvent sembler trop rapides pour une parfaite compréhension, mais il faut reconnaître qu'alors, l'auteur n'a pas hésité à renvoyer aux autres études pouvant compléter ce qui paraîtrait manquer. Notamment dans le chapitre des moyens de contrôle.

L'esprit chercheur de M. Marc Larchevêque l'a mis en contact avec des appareils que peu de fabricants ont expérimentés comme lui. On peut donc dire que nombreux sont ceux qui peuvent trouver dans son travail des renseignements et documents qu'ils ignorent et qui, s'ils ne sont pas pour eux d'une utilité immédiatement apparente, contribueront toujours à leur faire connaître un des nombreux problèmes que soulève l'industrie céramique. Il y aura ainsi pour eux une expérience dont tôt ou tard ils tireront profit. J. LOEBNITZ.

**La céramique industrielle. Chimie technologique**, Tome I : IX + 398 p., 165 fig.; tome II : 399 à 920 p., 166-397 fig., par ALBERT GRANGER, 2 vol. br. (24 × 16 cm); Gauthier-Villars, éd., 55, quai des Grands-Augustins, Paris (6e), 1929. Index : 666.3.

La maison Gauthier-Villars vient de faire paraître dans sa bibliothèque technique une nouvelle édition de *La céramique industrielle* par Albert Granger.

(1) Voir le *Bulletin* d'octobre 1928, p. 797.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plan adopté pour la première édition a été exactement maintenu pour celle-ci. En raison des variétés qui se présentent dans l'industrie céramique, du côté des matières, de leur traitement, du façonnage, et de ses procédés, puis des travaux qu'ils permettent, l'exposé devient très complexe. D'une part, suivant le travail auquel elle est soumise, une même argile permet des résultats très différents comme aussi, bien que partant de matières d'origines diverses, on réalise parfois des produits absolument comparables ou répondant à une même destination.

Tous les aspects ne peuvent de même être envisagés; aussi, pour la présentation d'un travail sur la céramique, il ne peut exister de classification ne prêtant pas à critique.

Celle adoptée par M. Granger est bonne et il a bien fait de s'y maintenir. Il y a apporté des subdivisions donnant de la clarté et facilitant ainsi le travail pour le lecteur.

Les développements de chaque chapitre ont été revus, l'auteur y apportant des adjonctions utiles et comblant un certain nombre de lacunes. Le cours professé au Conservatoire national des Arts et Métiers par M. Granger l'a amené à ces mises au point.

Elles se présentent dans tout l'ensemble de l'ouvrage. Chaque partie a été remaniée, en tenant compte de ce qui, pendant les 24 années qui séparent les deux éditions, a pu se présenter comme perfectionnement pratique ou comme mise au point technique.

L'importance de l'ouvrage est passée de 7 à 10 (de 644 à 920 pages) bien que certaines parties sans intérêt aient sagement été supprimées.

Ainsi se trouve réalisé un travail presque nouveau et consciencieux que ceux qui s'intéressent à la fabrication céramique pourront consulter avec profit.

J. Loebnitz.

**Le Danemark**, publié par le Ministère des Affaires étrangères et le Département des Statistiques du Danemark. Un vol. relié (19 × 13 cm), de 418 p., XXXVIII pl. Copenhague, Imp. Bianco Luno, 1929. Index : 338 (489).

Les membres de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale désireux de connaître le Danemark, ce petit pays depuis si longtemps ami de la France, trouveront tous les renseignements désirables dans le volume qu'ont publié le Ministre des Affaires étrangères et le Département des Statistiques et qui a été offert à notre bibliothèque. Ses 418 pages de petit format (in 18) agrémentées de photogravures, avec ses index très complets constituent une remarquable documentation sur l'ancienne patrie des Vikings : population, constitution, administration, enseignement, finances publiques, agriculture, pêche, industrie, commerce, banques, navigation, communications, conditions sociales, constructions navales, musées et institutions scientifiques, littérature, marchandises et maisons d'exportation.

Le Danemark est surtout connu comme pays agricole. Mais, depuis quelques années, l'industrie s'y est beaucoup développée et, aujourd'hui, elle occupe à peu près le même nombre de personnes que l'agriculture.

De 1897 à 1925, la puissance des machines employées, exprimée en chevaux, est passée de 48 057 à 436 784. Signalons, parmi les principales branches de son activité : la pêche dont la production totale, qui atteignait 13,3 millions de couronnes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en 1908, est montée en 1926 jusqu'à 36 millions; les produits alimentaires qui utilisent 132 555 ch; les métaux, 79 010; la céramique et la verrerie 53 318, les produits chimiques, 45 382, les articles en bois 45 031, les travaux de terrassement et de construction, 32 849 ch.

Une partie importante de la grande industrie des produits alimentaires est en relation directe avec la production agricole; c'est le cas de la production du beurre, du lard, du lait et de la crème condensée, des conserves de viandes et de légumes, des farines et semoules de blé et d'avoine. Le Danemark possède aussi une industrie sucrière importante. Ses neuf sucreries ont donné en 1927, 137 000 t de sucre.

La production de la margarine se base sur une consommation intérieure importante et stable; les Danois exportent leur beurre. En 1927, il existait 139 fabriques produisant un total de 72 millions de kilogrammes de margarine représentant une valeur de 81 millions de couronnes et occupant 1 300 ouvriers. Cette industrie est étroitement liée à celle de l'huilerie, la fabrication de la margarine utilisant des huiles végétales. Leur extraction s'est concentrée dans quelques grands établissements. Ceux-ci vendent les huiles aux fabriques danoises de margarine et aux savonneries, et les résidus de la fabrication, c'est-à-dire les tourteaux, aux agriculteurs pour la nourriture du bétail. En 1927, ces huileries ont produit 83.000 t d'huile et 212 000 t de tourteaux d'une valeur de 100 millions de couronnes. Dans le courant de la même année, l'exportation des huiles s'est chiffrée à 33 000 t.

Il est curieux de constater que c'est au grand commerce d'exportation des beurres réputés du Danemark que l'oléomargarinerie et l'huilerie doivent leur existence et leur prospérité.

La fabrication de la bière danoise est parvenue à un haut degré de perfectionnement grâce à des méthodes spéciales de fermentation, fruits de remarquables recherches scientifiques. En 1927, le Danemark a produit 700 000 hl de bière légère et 1 430 000 hl de bière forte.

Les porcelaines du pays, en particulier celles de Copenhague, ont une renommée universelle. Leur production représentait en 1927 une valeur de 8 millions de couronnes. Le sol du Danemark comprend certaines espèces de terres argileuses propres à cette fabrication et à celle des briques, des tuiles et du ciment. La valeur de ces produits a représenté en 1927 un total de 33 millions de couronnes.

Les industries métallurgiques et mécaniques se trouvent dans une situation difficile au Danemark, en ce qui concerne les matières premières nécessaires, comme le fer et le charbon. Il faut importer celles-ci à grand frais. Mais le pays n'en fabrique pas moins des machines et des instruments réputés. Le développement de l'agriculture et de la laiterie a provoqué la fabrication de machines agricoles et d'appareils de laiterie qui s'exportent en quantités considérables. Le Danemark fournit aussi à l'étranger : des appareils pour la fabrication du ciment, des machines à travailler les métaux, des automobiles et des bicyclettes.

La construction des navires, qui est très développée, est une conséquence naturelle du grand rôle que le pays a toujours joué dans la navigation. C'est lui qui est la patrie d'origine du fameux moteur Diesel dont l'emploi se généralise non seulement dans la marine mais aussi dans les chemins de fer.

Le Danemark fabrique encore de grandes quantités de câbles électriques et de fils d'acier dont une partie importante est exportée.

Toutefois, c'est surtout l'agriculture qui mérite de retenir l'attention de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'observateur, tant par l'importance du rôle qu'elle joue dans l'économie nationale que par sa remarquable organisation. L'étendue des surfaces cultivées en 1920 se montait à 3.660.000 ha, celle des forêts à 537.000 ha, celle des jardins à 50.000 ha. Les exploitations moyennes de 15 à 16 ha représentent de beaucoup la plus grande partie de l'étendue cultivée (56,7 p. 100). Les très grandes propriétés ne disposent que d'une portion relativement modeste de l'étendue totale. Les propriétés de 0,55 ha à 15 ha n'en occupent que 24,3 p. 100.

Lorsque, il y a 50 ans, les grands pays exportateurs de céréales menacèrent la production européenne du blé, le Danemark se tourna résolument vers l'élevage du bétail. Il employa pour son alimentation les blés importés à bon compte. Depuis, l'agriculture danoise s'est de plus en plus tournée de ce côté. Elle cultive le sol d'une manière intensive : elle lui demande surtout des fourrages. Elle a beaucoup développé la culture des pommes de terre, des plantes racines et entretient de grandes étendues d'herbages et de prairies artificielles.

Les branches essentielles de l'agriculture danoise sont la production laitière et du lard ; celle des œufs a pris aussi une grande extension. Au cours des 50 dernières années, l'effectif du bétail bovin a presque doublé, le nombre des porcs plus que sextuplé et celui des poules plus que quadruplé ; pendant ce laps de temps, sous l'influence des progrès de la culture, l'ensemble des récoltes végétales a augmenté dans une proportion de 150 p. 100.

Mais la production végétale est loin de suffire aux besoins du troupeau. En 1927, le Danemark a importé environ 33 p. 100 de sa production en grains et matières fourragères pour compléter la production nationale.

Les produits de la culture sont employés en majeure partie à l'élevage. L'agriculture danoise importe environ 4 fois plus de grain et de fourrage qu'elle n'en récolte.

La production animale constitue le pivot de l'économie rurale danoise : lait, beurres, lard, viande, œufs.

La production laitière, considérée dans son ensemble et sans tenir compte des quantités de lait consacrées à l'élevage, s'est élevée en 1927 à environ 4.400.000 t. Sur ce chiffre 300.000 t ont été consommées par la population sous forme de lait frais, 160.000 employées à la fabrication du fromage, du lait condensé pour l'exportation et de la crème, tant pour la consommation indigène que pour l'exportation. Mais la majeure partie, soit environ 3.900.000 t, a servi à la fabrication du beurre. La production totale du beurre atteignit 162.000 t en 1927.

La majeure partie de la production beurrière est exportée. La consommation indigène n'est que d'environ 19.000 t, le beurre y étant en grande partie remplacé par la margarine dont la fabrication et la consommation s'élèvent à environ 73.000 t par an.

Quant à la production des animaux, où domine celle des porcs, l'abatage total de ces derniers peut être évalué pour 1927 à 5.300.000 têtes.

La production des œufs, calculée d'après le nombre des poules et la ponte moyenne par poule, avoisine 65.000 t.

La prospérité agricole remarquable du Danemark ne tient pas seulement à l'excellence des méthodes culturales mais à l'admirable réseau de sociétés d'agriculture et de coopératives qui couvre le pays. Grâce à cette organisation, les petites et moyennes propriétés sont placées dans les mêmes conditions que les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grandes au point de vue de l'achat des engrais, des semences et de la vente des produits. Le Danemark est la patrie de la coopération, de l'union des agriculteurs. L'ouvrage que nous analysons le montre clairement une fois de plus.

Il existe 134 sociétés agricoles avec 114.000 membres et 1.200 sociétés de petits fermiers avec 85.000 membres. Ces sociétés, groupées en organisations locales communes, forment en outre deux grandes fédérations nationales. Ces fédérations, avec le Comité central des Sociétés coopératives et la Société royale d'Agriculture. constituent, réunies, un organisme commun : le Conseil de l'Agriculture. Celui-ci représente les intérêts de l'agriculture à l'égard du gouvernement, des autres industries et de l'étranger.

275 sociétés s'intéressent à l'élevage des chevaux, 1.042 à celui des bovins.

Les sociétés de contrôle, qui sont de dates relativement récentes, prennent une importance de plus en plus considérable. D'abord soutenues surtout par les grands propriétaires, elles englobent maintenant un nombre croissant de petits exploitants. Elles rendent des services considérables. Elles ont pour tâche principale de surveiller le rendement des vaches en lait et en beurre. Elles permettent de discriminer les animaux qui sont les plus intéressants à conserver, de rejeter les autres, d'organiser l'alimentation d'une façon rationnelle. Il existe 1.211 sociétés de contrôle avec environ 36.500 membres possédant en tout environ 473.000 vaches, c'est-à-dire à peu près le tiers du nombre total des vaches du Danemark.

Les sociétés coopératives de production, de vente et d'achat des produits agricoles jouent un rôle encore plus important que les précédentes. Elles forment, on peut le dire, la clef de voûte de la prospérité de l'agriculture danoise. Elles comprennent : des laiteries coopératives (184.700 membres), des abattoirs coopératifs (175.600 membres), des sociétés locales d'exportation des œufs (50.000 membres), des sociétés d'exportation du bétail (15.500 membres), des sociétés d'achat de fourrages (73.800 membres), des sociétés coopératives pour l'achat des engrais (76.300 membres).

Les laiteries coopératives ont permis au Danemark d'exporter du beurre de qualité constante, à un prix à peu près stable, et aux petits cultivateurs de vendre leur lait dans des conditions aussi avantageuses que les grands.

Quelle est la cause profonde de cette situation florissante? L'éducation et l'instruction poussées très loin, répandues dans toutes les classes de la population. La création et le perfectionnement des sociétés coopératives, l'excellence des procédés de l'agriculture n'auraient pas été possibles si l'instruction n'avait pas pénétré chez les plus modestes paysans. Ces résultats admirables, on les doit d'abord aux 4.493 écoles primaires où s'instruisent 493.200 enfants, puis, et peut-être surtout, aux écoles populaires supérieures, fondées en 1.844 par Grundwig, évêque, historien et professeur. Elles ont pour but de mettre à la portée du peuple la littérature, les sciences, la sociologie, les langues étrangères. En principe, l'âge de leurs élèves varie de 14 à 33 ans. Mais des personnes plus âgées, des vieillards même, les fréquentent, tant le peuple danois a soif de s'instruire. Parfaitement adaptées au train de vie des campagnards, elles reçoivent les jeunes paysans durant les cinq mois d'hiver, les filles durant les cinq mois d'été. Elles sont en relation directe avec les écoles d'agriculture.

Le degré supérieur de l'enseignement agricole est représenté par l'Institut royal vétérinaire de Copenhague.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La diversité et l'étendue des matières traitées dans le *Danemark* ne nous permettent pas d'étendre davantage notre analyse. Nous nous en sommes tenu aux parties qui concernent le plus directement la Société d'Encouragement. Le lecteur s'intéressera certainement encore aux chapitres consacrés aux conditions sociales : protection des ouvriers, mouvement syndical, assistance et prévoyance sociales, assurances sociales, hygiène publique, législation sur la tempérance.

G. WERY.

**Les transports commerciaux. Manuel pratique**, par CHARLES CALOT, chef du Service des Réclamations à la Compagnie d'Orléans, préface de R. BLOCH, Ingénieur en chef honoraire à la Compagnie d'Orléans. Un vol. (19 × 12 cm) de 523 p., fig. Librairie Delagrave, 15, rue Soufflot (5e) Paris, 1929. Prix, br. 20 fr.
Index : 656. 2. 6. 7. 9.

Cet ouvrage mérite vraiment le sous-titre qu'il porte. C'est bien un manuel pratique, dans lequel on trouve les notions essentielles nécessaires pour être renseigné sur les transports commerciaux modernes, par chemins de fer, navigation, automobilisme et aviation.

Pour les chemins de fer, par exemple, après un bref exposé historique et des données sommaires d'ordre technique, géographique et économique, l'auteur étudie plus en détail les réseaux français, leur statut légal, leur organisation financière et administrative; puis il consacre deux chapitres documentaires, l'un au transport des voyageurs et des bagages, l'autre au transport des marchandises. Le lecteur trouve dans ces chapitres ce qu'il a besoin de savoir comme client du chemin de fer en France, et un autre chapitre précisant la responsabilité du chemin de fer achève de le renseigner.

La navigation maritime et la navigation fluviale sont l'objet d'une partie importante du volume qui se divise elle-même en deux fractions distinctes. La première est remplie de notions concernant le navire moderne, sa construction, ses moyens divers de propulsion, avec indications sur les règles de sécurité auxquelles il est soumis et sur les moyens de contrôle employés pour en assurer l'observation. On y trouve aussi des indications précises sur le tonnage et la composition des différentes flottes de commerce du monde, sur les grandes routes maritimes et sur les grands ports. La deuxième fraction étudie le contrat de transport maritime en droit français sous ses divers aspects et se complète d'un accessoire indispensable sur les risques de mer et les assurances maritimes.

L'automobilisme et l'aviation sont étudiés ensuite séparément et d'après le même procédé, c'est-à-dire en présentant d'abord les faits d'ordre technique sur lesquels s'est fondé et par lesquels s'explique chacun de ces modes de transports; ensuite les faits économiques qui provoquent et accompagnent leur développement; enfin les obligations juridiques qui naissent des contrats de transports commerciaux exécutés par automobile ou par aviation.

Tous ceux qui se sont efforcés d'expliquer au grand public la nature, l'objet et les conséquences des actes auxquels il se livre journellement connaissent la difficulté de l'entreprise poursuivie par M. Charles Calot. Quant à son utilité, elle se mesure à l'accroissement constant, nous dirions volontiers à l'envahissement, des transports de toutes sortes dans notre vie moderne.

PAUL DE ROUSIERS.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller**, par Floris DELATTRE, professeur à l'Université de Lille. Un vol. (14 × 22 cm) de XIV + 424 p. Librairie Armand Colin, 103, boulevard Saint-Michel (5e), Paris, 1930. Prix, br. 35 fr.

Index : 15622 (42).

M. Floris Delattre avait déjà publié une série d'ouvrages dénotant une connaissance approfondie de la société anglaise et de la pensée anglaise. Les circonstances l'ayant amené à étudier le conflit houiller qui règne en Angleterre, d'une façon latente ou déclarée depuis vingt ans bientôt, il a apporté à son examen la méthode d'un observateur et la pénétration d'un psychologue. Son livre n'intéresse pas seulement ceux que préoccupent le grave problème du charbon anglais et ses répercussions sur le commerce, la finance, la puissance maritime et politique du pays; il jette une vive lumière sur la valeur sociale du peuple anglais.

L'aspect économique du problème houiller est facile à saisir. Depuis le milieu du XIXe siècle, à partir du moment où l'industrie s'est transformée par le travail mécanique et l'emploi de la vapeur, à partir des chemins de fer et de la navigation à propulsion mécanique, l'Angleterre a tiré de la houille, non seulement de grands profits, mais des éléments importants de supériorité économique. D'autres pays possédaient des gisements de charbon, aucun n'en exploitait qui fussent si merveilleusement disposés pour l'exportation par mer, c'est-à-dire pour la distribution à longues distances. Par suite, jusqu'à la guerre, alors même que les États-Unis produisaient deux fois plus de charbon que la Grande-Bretagne, celle-ci restait la plus grande exportatrice. Sur les 270 millions de tonnes qu'elle tirait de son sous-sol, en 1913, près de 80 millions étaient exportés et 20 millions de tonnes pris comme soutes par les navires dans les ports britanniques étaient consommés en dehors du territoire national.

On ne dira jamais assez ce que son « bloc de charbon » a rapporté à l'Angleterre pendant 60 ans. C'est un des facteurs essentiels de cette prospérité victorienne dont tout bon Anglais garde fidèlement la mémoire et l'orgueil. Sans doute, l'effort et l'initiative avaient mis en valeur cette richesse du sous-sol; mais les facilités extraordinaires de distribution avaient rendu cet effort et cette initiative prodigieusement fructueux. Tandis qu'en France, par exemple, un régime méthodique, appliqué avec une technicité supérieure, à un sous-sol généralement avare de charbon, ne permettait qu'une production inférieure aux besoins du pays; tandis qu'en Allemagne, des gisements remarquablement abondants, mais éloignés géographiquement de tout port de mer, devaient réduire leur production à la capacité d'absorption des pays avoisinants, l'Angleterre répandait sa houille dans les ports des deux tiers du globe sans rien changer à l'organisation traditionnelle de ses mines, sans pousser outre mesure ses progrès techniques, confiante dans des procédés qui donnaient de si enviables résultats.

Pendant ce temps, le monde entier était poussé par la révolution technique de l'industrie et des transports vers la recherche des sources d'énergie. La houille blanche fournissait un premier appoint. Le pétrole apportait, lui aussi, son contingent avec la découverte des moteurs à combustion interne. Enfin, les méthodes d'extraction de la houille se perfectionnaient et le prix de revient sur le carreau de la mine devenait, dans bien des cas, inférieur, aux États-Unis, en Allemagne ou ailleurs, à ce qu'il était en Angleterre. Parfois même, l'avantage ainsi gagné par les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mines étrangères compensait l'infériorité que leur éloignement de la mer leur valait au point de vue de l'exportation.

C'est dans ces circonstances que la Grande Guerre éclata. M. Floris Delattre explique avec beaucoup de précision comment elle fut l'occasion d'un double désordre. En premier lieu, les mineurs, sentant que leur concours était indispensable, le vendirent chèrement et se firent attribuer de larges augmentations. En second lieu, le Gouvernement ne pouvant pas imposer aux patrons le paiement des salaires qui auraient déséquilibré tous leur calculs, fit payer par les étrangers, même par ses alliés, à des prix exorbitants, le charbon qu'il leur cédait et accorda aux ouvriers mineurs, sur les fonds ainsi obtenus, des bonifications supplémentaires notables; à un moment, le prix du charbon était pour les Anglais de 16 shillings 6 pence la tonne, pour les alliés de 65 shillings. Ainsi l'ouvrier mineur s'habituait à toucher une rémunération que l'exploitation était incapable de supporter, et le Gouvernement comblait la différence entre le salaire normal payé par les patrons et le salaire effectif touché par les ouvriers.

Il n'est pas surprenant que les mineurs en aient conclu que le salaire n'avait rien à voir avec le rendement de l'exploitation. Au surplus, leurs leaders leur expliquaient que c'était là un début dans le régime de la nationalisation préconisé par eux. Aussi, quand, la guerre terminée, le charbon anglais dut lutter de nouveau contre ses rivaux étrangers et que le Gouvernement, n'ayant plus les ressources qu'il s'était créées aux dépens de ses alliés, voulut cesser ses libéralités envers les mineurs, l'opposition fut-elle radicale et absolue contre toute réduction de salaires ou toute augmentation de la durée du travail.

M. Floris Delattre présente, avec beaucoup d'impartialité, de souci d'exactitude et de relief, l'historique des grèves de 1921 et de 1926. Il montre les mineurs têtus (pigheaded), les compagnies minières aussi étroites souvent dans leur point de vue; les premiers niant le problème économique, les seconds n'y voyant de solution que dans un sacrifice imposé aux ouvriers. Les commissions d'enquête analysent mieux les divers éléments de la situation mais n'en tirent aucune recommandation précise dans laquelle le Parlement et l'opinion puissent trouver la base d'une réforme, de telle sorte que les moyens anormaux et dilatoires se succèdent les uns aux autres sans que la source du mal soit atteinte.

Le grand danger qui menace l'Angleterre c'est de voir son exportation de charbon compromise. Si elle produit à un prix de revient trop élevé pour que l'avantage tiré du voisinage de la mer soit plus que compensé, elle est battue d'avance. Le charbon de la Ruhr peut atteindre Rotterdam, actuellement, avec un prix de transport de 2 ou 3 marks; si le charbon anglais rendu dans les ports anglais revient à un prix supérieur à celui du charbon allemand à Rotterdam, la partie sera perdue. Pour la gagner, il faut réduire le prix de revient du charbon sur le carreau de la mine. On est surpris que les compatriotes de Richard Cobden aient tant de peine à apprendre cette leçon que le célèbre économiste prêchait avec tant de conviction aux jours heureux de l'ère victorienne. Comment cette poutre n'apparaît-elle pas à ceux qui distinguent si bien la paille dans l'œil de leur voisin?

Les enquêtes Sankey et Samuel ont très bien fait ressortir l'organisation défectueuse de certaines mines anglaises. Dans l'ensemble, elles sont trop nombreuses et insuffisamment concentrées. On comptait, en Grande-Bretagne, près de 1.500 entreprises différentes en 1926. Comparez le nombre des compagnies françaises,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

allemandes, américaines; il en faudrait quinze fois moins pour obtenir une proportion analogue. De plus, les progrès techniques y demeurent peu marqués: alors que l'abatage mécanique atteint 67 p. 100 en Amérique, 83,4 p. 100 dans la Ruhr, 70 p. 100 dans notre département du Nord et 65 p. 100 dans le Pas-de-Calais, il ne dépasse pas 22 p. 100 en Angleterre!

Les deux questions se tiennent, d'ailleurs. Certaines améliorations techniques sont impossibles à réaliser dans une mine de faible importance et pourraient très bien être envisagées si cette mine était jointe à d'autres. Mais, en dehors des obstacles de toutes sortes que les intérêts particuliers opposent toujours à tout groupement et encore plus à toute fusion, le régime de propriété des houillères anglaises rend ces opérations plus difficiles qu'ailleurs. En effet, les concessions de mines étant données, non pas par l'État, comme chez nous, mais par les landlords, demeurés maîtres du tréfonds, leur étendue est forcément limitée aux bornes mêmes du domaine superficiel. Et comme, d'autre part, les conditions de la concession varient d'un propriétaire à un autre, la réunion de plusieurs d'entre elles comporte de sérieuses complications. Pour cette raison, la substitution de l'État aux landlords permettrait plus aisément la constitution de concessions correspondant à des unités normales d'exploitation. Ce serait là son véritable intérêt, beaucoup plus que la suppression des *royalties;* c'est-à-dire des droits payés aux concédants. On calcule qu'elle représente moins de 6 pence par tonne de houille. C'est peu de chose en présence du prix de revient, qu'il faudrait réduire de plusieurs shillings.

Mais les *coal owners* ne veulent pas entendre parler du rachat de leurs *royalties*, et quand les leaders mineurs réclament la nationalisation des mines, ils entendent bien que les mines doivent être non seulement possédées, mais encore exploitées par l'État. Il semble qu'une opinion éclairée pourrait guider le Parlement vers une solution raisonnable et techniquement justifiée de cette partie du problème. Pour le moment, il faut constater que toute solution économique est encore dans le futur contingent.

Un résultat a été acquis, pourtant. La solution purement politique rêvée par la Fédération des Mineurs s'est avérée vaine et contraire au sentiment national. En 1926, la grève générale avait été puissamment organisée pour appuyer la grève particulière des mineurs et contraindre, en quelque sorte, le Gouvernement à capituler devant elle. En présence de cette mise en demeure, l'Anglais moyen s'est senti menacé. Il n'a pas admis que la constitution même de l'Angleterre fût mise en péril pour défendre des intérêts privés, même légitimes. Il est demeuré persuadé que les moyens légaux d'agir sur l'opinion étaient suffisants pour assurer la juste représentation de ces intérêts. Plus simplement, il s'est rendu compte que les mineurs ne « jouaient pas le jeu » et quand le juge Atbury a déclaré que la grève générale était illégale, il a été heureux de constater que le jugement de ce magistrat traduisait le sentiment intime du public.

C'est quelque chose que les leaders des mineurs anglais se soient ainsi heurtés à un obstacle sur le terrain politique. Rien ne peut les ramener plus efficacement à une conception plus exacte de leur rôle qui est un rôle économique. C'est plus encore que leur échec soit dû, non seulement à la sentence d'un juge, mais à l'attitude exemplaire de l'ensemble de la nation. Il faut lire dans l'ouvrage de M. Floris Delattre les nombreux traits qui peignent l'absence d'amertume, et même de mauvaise humeur, chez les victimes de la grève générale obligés de se rendre pédes-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trement à leurs chantiers ou à leurs bureaux; la confiance générale dans le bon sens de la nation anglaise, dans le sincère désir d'aboutir à un arrangement raisonnable; par dessus tout ce beau sang-froid qui, loin de dramatiser les faits, les ramène à leurs justes proportions, mais fait appel à toutes les ressources d'énergie pour les combattre. Enfin, l'esprit sportif qui donne un attrait à la lutte, sans faire appel à aucun sentiment de haine. On peut dire que si l'Angleterre n'a pas encore réussi à résoudre le problème économique d'où est né le conflit houiller, elle a conjuré avec une admirable maîtrise le cataclysme social dans lequel ce conflit menaçait de l'entraîner. C'est la conviction qui se dégage du bel ouvrage de M. Floris Delattre.

PAUL DE ROUSIERS.

---

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN OCTOBRE 1930.

IMBEAUX (Dr ED.). — **Essai d'hydrogéologie.** Recherche, étude et captage des eaux souterraines. In-4 (28 × 19) de XX + 704 p., 345 fig. Paris, Dunod, 1930. **17889**

BESSIÈRE (GUSTAVE). — **La relativité vue simplement.** In-8 (20 × 13) de VIII + 148 p., 34 fig. Paris, Dunod, 1930. **17890**

WOODWORTH (J.). — **Découpage, matriçage, poinçonnage, emboutissage.** 2e édition française d'après la 7e édition américaine, par JEAN LÉVY. In-8 (25 × 16) de VIII + 375 p., 704 fig. Paris, Dunod, 1930. **17891**

WHEELER (E.). — **La soie artificielle.** Fabrication et propriétés. Traduit de l'anglais par HENRI TATU. In-8 (25 × 16) de XII + 156 p., 50 fig. Paris, Dunod, 1930. **17892**

FLUSIN (GEORGES). — **Électrothermie appliquée.** Tome I. *Les calculs électrothermiques. Les pertes de chaleur dans les fours. Le carbone en électrothermie. Les électrodes en charbon et en graphite.* (*Encyclopédie de chimie industrielle*). In-8 (23 × 15) de 380 p., 100 fig. Paris. J.-B. Baillière et fils, 1930. **17893**

RICAUD (L. J. M.) et MARGET (EDM.). — **Applications de l'électricité à la marine**, complété par **Appareils de télécommande et de télépointage**, par J.-L. ROUTIN. (*Encyclopédie d'électricité industrielle*). In-8 (23 × 15) de 320 p., 126 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils. 1930. **17894**

DELATTRE (FLORIS). — **L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller (1919-1926).** Étude de psychologie sociale. In-8 (23 × 14) de XIV + 424 p. Paris, Armand Colin, 1930. **17895**

CLAUDEL (J.). — **Aide-mémoire des ingénieurs, architectes, entrepreneurs, conducteurs de travaux, agents voyers, dessinateurs, etc.** Partie pratique : Formules, tables et renseignements usuels. 12e édition entièrement refondue par ONÉSIME ROUX et ALBERT CARNEL. In-8 (22 × 14). Tome I, de XXVI + 1048 p., 723 fig.; Tome II, p. 1049-2296, fig. 724-1613. Paris, Dunod, 1930. **17896-7**

RISCH (L.), BRÉTIGNIÈRE (L.), GUICHERD (J.), JOUVET (F.). — **Grignon (Le Château et l'École).** Pour le centenaire. Volume publié sous les auspices de l'Association amicale des Anciens Élèves. In-8 (23 × 15) de 301 p., fig., VIII pl. Paris, Aux éditions de « La Bonne Idée », 152, rue de Vaugirard (15e), 1926 (*Don de l'Imprimerie de Vaugirard*). **17898**

MICHOTTE (FÉLICIEN). — **L'énergie, ses causes, ses dangers et leur prévention.** 1re partie : Étude des diverses formes de l'énergie. La combustion et le feu. Énergie végétative. Combustion spontanée des végétaux. In-8 (23 × 15) de 157 p., 6 fig. Paris, Institut de la science du feu, 45, avenue Trudaine (9e). (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **17899**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GOUVERNEMENT GÉNÉRAL DE L'INDOCHINE. — INSPECTION GÉNÉRALE DES TRAVAUX PUBLICS. — **Contrat type pour les grands travaux à entreprendre en Indochine.** In-4 (28 × 19) de 183 p. Hanoï, 1930. **17900**

OFFICE RÉGIONAL AGRICOLE DU NORD. — **Centre national d'expérimentation agricole de Grignon. La Ferme extérieure en 1929.** In-8 (24 × 16) de 186 p., I pl. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1930. **17901**

BERTHELOT (CH.) et ORCEL (J.). — **Les minerais.** Étude, préparation mécanique, marché. (*Encyclopédie minière et métallurgique*). In-8 (23 × 15) de 544 p., 156 fig., XXIV pl. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930. **17902**

SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE L'ÉCLAIRAGE (134, boulevard Haussmann, Paris (8e). — **Brochure n° 2** (édition 1931) : *Réflecteurs et diffuseurs.* In-8 (21 × 14) de 128 p. 73 fig. **17903**

KAHN (ROGER). — **Organisation industrielle appliquée à la fabrication des produits de consommation courante.** In-8 (25 × 16) de VIII + 123 p., 7 fig. Paris, Dunod, 1930. **17904**

ANGLÈS D'AURIAC (P.). — **Leçons de sidérurgie** professées à l'École des Mines de Saint-Étienne. 2e édition revue et mise à jour par J. ESTOUR. In-8 (25 × 16) de 716 p., 231 fig. Paris, Dunod, 1930. **17905**

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — **Compte rendu des fêtes du Cinquantenaire de l'Institut national agronomique, 27, 28, 29 juin et 1er juillet 1929.** In-8 (25 × 16) de 159 p., 42 fig. Paris, 5, quai Voltaire (7e). **17906**

COMITÉ DE NORMALISATION DE LA MÉCANIQUE. (Fédération de la Mécanique, 92, rue de Courcelles, Paris (8e). — **Feuilles de normes, CNM 1** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Profil du filet* SI *conforme aux décisions du Congrès de Zurich 1898.* — **CNM 2** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Jeux et tolérances de filetage. Généralités.* — **CNM 3** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Filetages à partir de 3 mm.* — **CNM 4** (CPS. fasc. E 1) (mars 1928) : *Fraisures normales.* — **CNM 5** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons bruts ou usinés à tête hexagonale ou carrée sur fer. Diamètres de 3 à 80 mm.* — **CNM 6** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons bruts ou usinés à tête cylindrique. Diamètres de 6 à 80 mm.* — **CNM 7** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons bruts ou usinés à tête ronde. Diamètres de 4 à 60 mm.* — **CNM 8** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons bruts ou usinés à tête fraisée ou fraisée bombée, sur fer. Diamètres de 4 à 60 mm.* — **CNM 9** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons à tête carrée large (charpente en bois). Diamètres de 12 à 30 mm.* — **CNM 10** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons à tête bombée, collet carré (Boulons* J *ou Japy). Diamètres de 5 à 30 mm.* — **CNM 11** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons à bois à tête fraisée ou fraisée bombée. Diamètres de 5 à 30 mm.* — **CNM 12** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons de roues. Diamètres de 6 à 16 mm.* — **CNM 13** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Boulons pour socs de charrues. Diamètres de 6 à 16 mm.* — **CNM 14** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Vis à tête prismatique pour métaux. Diamètres de 3 à 80 mm.* — **CNM 15** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Vis à tête fendue, ronde ou cylindrique pour métaux. Diamètres de 3 à 36 mm.* — **CNM 16** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Vis à tête fendue fraisée ou fraisée bombée pour métaux. Diamètres de 3 à 36 mm.* — **CNM 17** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Goujons bruts ou tournés. Diamètres de 6 à 30 mm.* — **CNM 18**, f. 1, 2, 3 (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Longueurs de tige, longueurs de filetage et serrages pour boulons et goujons à un seul écrou et pour vis. Diamètres de 5 à 10 mm, de 11 à 20 mm, de 22 à 36 mm.* — **CNM 19**, f. 1, 2, 3 (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Longueurs de tige, longueurs de filetage et serrages pour boulons et goujons à écrou et contre-écrou. Diamètres de 6 à 11 mm, de 12 à 22 mm, de 24 à 36 mm.* — **CNM 20** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Écrous hexagonaux bruts ou usinés. Diamètres de 3 à 80 mm.* — **CNM 21** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Écrous carrés. Diamètres de 3 à 80 mm.* — **CNM 22** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Écrous normaux à créneaux et goupillage. Diamètres de 6 à 80 mm.* — **CNM 23** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Rondelles brutes ou usinées sur fer ou sur bois.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Diamètres de 5 à 80 mm.* — **CNM 24** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Goupilles fendues. Séries longue et courte, pour diamètres de 6 à 80 mm.* — **CNM 25** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Goupilles coniques.* — **CNM 26**, f. 1, 2 (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Rivets (dimensions des têtes). Diamètres de 1 à 33 mm.* — **CNM 27** (CPS, fasc. E 1) (mars 1928) : *Notations abrégées pour boulonnerie et visserie de la Commission permanente de Standardisation.* — **CNM 28** (déc. 1928) : *Vis sans tête à bout plat. Diamètres de 3 à 22 mm.* — **CNM 29** (déc. 1928) : *Vis sans tête à bout pointu. Diamètres de 3 à 22 mm.* — **CNM 30** (déc. 1928) : *Vis à tête carrée et à bout pointu. Diamètres de 3 à 22 mm.* — **CNM 31** (déc. 1928) : *Vis à tête cylindrique réduite et à bout pointu. Diamètres de 3 à 11 mm.* — **CNM 32** (déc. 1928) : *Vis sans tête, à cuvette. Diamètres de 3 à 16 mm.* — **CNM 33** (déc. 1928) : *Vis à tête carrée et à cuvette. Diamètres de 3 à 22 mm.* — **CNM 34** (déc. 1928) : *Vis à tête cylindrique réduite et à cuvette. Diamètres de 3 à 11 mm.* — **CNM 35**, f. 1 (juin 1929) : *Vis à téton, sans tête. Diamètres de 3 à 39 mm.* — **CNM 35**, f. 2 (juin 1929) : *Vis à téton, tête carrée ordinaire. Diamètres de 3 à 39 mm.* — **CNM 35**, f. 3 (juin 1929) : *Vis à téton, petite tête carrée. Diamètres de 3 à 39 mm.* — **CNM 35**, f. 4 (juin 1929) : *Vis à téton, tête cylindrique réduite. Diamètres de 3 à 39 mm.* — **CNM 35**, f. 5 (juin 1929) : *Vis à téton, tête hexagonale réduite. Diamètres de 3 à 39 mm.* — **CNM 36** (juil. 1929) : *Rondelles Grower.* — **CNM 38** (juil. 1930) : *Goupilles de position coniques.* — **CNM 39** (juin 1930) : *Tolérances sur goupilles coniques et sur goupilles de position coniques.* — **CNM 40** (sept. 1929) : *Vis à téton court, petite tête carrée. Diamètres de 3 à 36 mm.* — **CNM 41**, f. 1, 2 (mai 1929) : *Dessins techniques. Disposition de projections, coupes et sections. Échelles.* — **CNM 42** (mai 1929) : *Dessins techniques. Traits.* — **CNM 43** (mai 1929) : *Dessins techniques. Hachures.* — **CNM 44**, f. 1, 2 (mai 1929) : *Dessins techniques. Indications de cotes.* — **CNM 45**, f. 1, 2 (mai 1929) : *Dessins techniques. Indications de limites, indications de façonnage.* — **CNM 46** (mai 1929) : *Dessins techniques. Représentation simplifiée des filetages.* — **CNM 47** (mai 1929) : *Dessins techniques. Représentation des pièces de révolution.* — **CNM 51** (CPS, fasc. E 2-1) (août 1928) : *Centres d'usinage pour travaux entre pointes.* — **CNM 52** (janv. 1929) : *Forets à centrer pour perçage de l'avant-trou.* — **CNM 53** (juil. 1929) : *Forets à centrer pour centres avec chanfrein de protection.* — **CNM 54** (janv. 1929) : *Forets à centrer pour centres sans chanfrein de protection.* — **CNM 61** (CPS, fasc. E 2-11) (août 1928) : *Emmanchements cylindriques d'outillage.* — **CNM 62**, f. 1 (juin 1930) : *Clavetages forcés. Clavettes inclinées sans talon.* — **CNM 62**, f. 2 (juin 1930) : *Clavetages forcés. Clavettes ordinaires à talon et minces à talon.* — **CNM 63**, f. 1 (juin 1930) : *Clavetages libres. Clavettes parallèles ordinaires.* — **CNM 63**, f. 2 (juin 1930) : *Clavetages libres. Clavettes parallèles fixées par vis.* — **CNM 64** (juin 1930) : *Clavettes-disques.* — **CNM 65** (juin 1930) : *Arbres porte-fraises.* — **CNM 67** (déc. 1929) : *Carrés d'entraînement.* **17836**

Bureau de Normalisation de l'Automobile (Chambre syndicale patronale des Fabricants d'accessoires et de pièces détachées d'automobiles, etc., 18, rue de Tilsitt, Paris (17e). — **Feuilles de normes, BNA 1** (juin 1930) : *Compteurs (tachymètres, taximètres, etc.). Prise de commande. Sens de rotation. Flexible.* — **BNA 2** (juil. 1930) : *Carburateurs. Brides ovales à 2 trous.* — **BNA 3** (juin 1930) : *Bougies, Culot, 6 pans, écrou, clef, fil.* — **BNA 4** (juil. 1930) *Radiateurs et réservoirs. Bouchon de remplissage.* — **BNA 5** (juil. 1930) : *Appareils de bord. Diamètres d'encastrement.* — **BNA 6** (juin 1930) : *Accumulateurs. Encombrements, fixation, bornes.* — **BNA 7** (juin 1930) : *Carburateurs et limiteurs de vitesse.* — **BNA 8** (juin 1930) : *Freins et embrayages. Garnitures et bandes tissées.* — **BNA 28** (juin 1930) : *Pare-chocs (voitures). Plan de protection des véhicules légers.* — **BNA 87** (avril 1930) : *Bouts d'arbres cylindriques.* — **BNA 88** (avril 1930) : *Filetages à gauche. Repérage par légères saignées.* — **BNA 89** (mai 1930) : *Boite de vitesses. Fixation au moteur.* — **BNA 90** (mai 1930) : *Boite de vitesses. Fixation au moteur.* — **BNA 91** (mai 1930) : *Tampons de choc (poids-lourds). Hauteur du sol, largeurs, longueurs.* — **BNA 92** (juin 1930) : *Sens de rotation des appareils. Définitions générales.* — **BNA 93** (juin 1930) : *Bobines d'allumage, Fixation, encombrement maximum bornes.* — **BNA 94** (juin 1930) : *Moyeux*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*de roues. Roues détachables par boulons.* — **BNA 95** (juil. 1930) : *Tolérances sur goupilles coniques et sur goupilles de position coniques.* — **BNA 96** (juil. 1930) : *Clavetages libres. Clavettes parallèles ordinaires.* — **BNA 97** (juil. 1930) : *Clavetages forcés. Clavettes inclinées sans talon.* — **BNA 98** (août 1930) : *Clavettes-disques et fraises pour logements.* — **BNA 99** (août 1930) : *Arbres et moyeux cannelés. Série courante.* — **BNA 100** (août 1930) : *Arbres et moyeux cannelés. Série forte.* — **BNA 101** (août 1930) : *Arbres et moyeux cannelés. Tolérances.* — **BNA 102** (août 1930) : *Arbres cannelés. Calculs et exemples.* — **BNA 103** (août 1930) : *Arbres cannelés. Abaque pour le calcul.* — **BNA A1** (juil. 1930) : *Normes du B. N. A. Répertoire numérique.* — **BNA A4** (juil. 1930) : *Questions à l'étude. Graphique d'état des travaux.* — **BNA B1, B2** (août 1930) : *Normes du B. N. A. Répertoire alphabétique.* — **BNA-M. R1** (août 1930) : *Normes du B. N. A. (moto et cycle). Répertoire numérique.* — **BNA-M9** (juil. 1930) : *Freins à tambour pour motocyclettes. Diamètres, largeurs, garnitures.* — **BNA-M10** (juil. 1930) : *Chaînes à rouleaux pour cycles et motos.* **17497**

***

DIRECTION GÉNÉRALE DES DOUANES. — **Tableau général du commerce.** Année **1928** : *Commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères.* Paris, Imprimerie nationale, 1929. **Pér. 34**

ASSOCIATION PARISIENNE DE PROPRIÉTAIRES D'APPAREILS A VAPEUR. — **Bulletin annuel.** 55e exercice, **1929.** Paris, 66, rue de Rome. **Pér. 33**

COMITÉ DES TRAVAUX HISTORIQUES ET SCIENTIFIQUES (Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts). — **Bulletin de la Section des Sciences économiques et sociales.** Année **1929.** Paris, Imprimerie nationale; E. Leroux. **Pér. 26**

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE (Ingénieurs agronomes). Promotions 1876 à 1928. — **Annuaire.** Année **1930.** Paris, 5, quai Voltaire (7e). **Pér. 92**

SOCIÉTÉ AMICALE DES INGÉNIEURS DE L'ÉCOLE SUPÉRIEURE D'ÉLECTRICITÉ. — **Annuaire 1930.** Malakoff (Seine), 8 à 14, avenue Pierre-Larousse. **Pér. 92**

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DU L'AUTOMOBILE. — **Annuaire 1930.** Paris, 8, rue Jean-Goujon (8e). **Pér. 92**

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DU MAROC. — **Mémoires,** n° XXIV (30 juin 1930) : *Contribution à l'étude des Diptères du Maroc,* par E. SÉGUY, 206 p., 115 fig. Rabat, Institut scientifique chérifien; Paris, Émile Larose. **Pér. 469**

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES. — **Mémoires,** n° **21** (Vol. 3, n° 6) : *Granite et Gabbro de la Sila de Calabre,* par MAURICE LUGEON et ÉLISABETH JÉRÉMINE, p. 209-231, V pl. Lausanne. **Pér. 209**

INSTITUT D'ÉGYPTE. — **Mémoires présentés.** Tome XV : *Essai sur le droguier populaire arabe de l'Inspectorat des pharmacies du Caire,* par M. A. H. DUCROS, de VIII + 165 p., IX pl.; — Tome XVI : *Révision du Nummulitique égyptien,* par JEAN CUVILLIER, de 371 p., XXV pl., 1 carte. Le Caire. **Pér. 32**

PRÉFECTURE DE POLICE (2e Direction, 2e Bureau). — **Rapport sur les opérations du Service d'inspection des Établissements classés dans le département de la Seine pendant l'année 1929,** présenté à M. le Préfet de Police par M. L. Brunel. Paris, Imp. Chaix. **Pér. 245**

SOCIÉTÉ LIBRE D'ÉMULATION DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE DE LA SEINE-INFÉRIEURE. — **Bulletin.** Exercices **1928; 1929.** Rouen, Imp. A. Lainé. **Pér. 6**

SOCIÉTÉ AMICALE DE SECOURS DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE. — **Annuaire 1930.** Paris, Gauthier-Villars et Cie. **Pér. 92**

*L'agent général, gérant.*

E. LEMAIRE.

Coulommiers. Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

129e ANNÉE. DÉCEMBRE 1930.

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

## LE LABOURAGE ÉLECTRIQUE [1]

par M. MAURICE BITOUZET, *administrateur de la Société électrique de Travaux agricoles.*

M. LE PRÉSIDENT, MESDAMES, MESSIEURS,

Il appartenait à votre Société qui, par définition, s'intéresse à l'industrie sous toutes ses formes, d'attacher, à l'heure actuelle, une attention particulière à une industrie dont j'oserai dire qu'elle est en France la plus nationale qui soit : l'industrie de la terre.

Voici peu d'années que la mentalité française est venue à cette conception que l'agriculture est proprement une industrie, une industrie comme une autre, où la terre étant la matière première, l'industriel rural transforme cette matière première à l'aide de main-d'œuvre, de force motrice et d'outillage.

Or, tout le monde sait qu'à la campagne la main-d'œuvre disparaît, la force motrice est insuffisante, l'outillage est embryonnaire.

La main-d'œuvre disparaît parce que l'on gagne plus à la ville? Oui, mais aussi parce qu'on y est mieux. L'électricité n'est-elle pas l'un des principaux agents de ce mieux être?

La force motrice est insuffisante pour ne pas dire inexistante? Sous quelle forme peut-elle donc être amenée à la ferme ou dans les champs en aussi grande quantité qu'il le faudrait? Sous une seule forme : l'électricité.

L'outillage, à quelques exceptions près, est rudimentaire? Qu'aurait-il servi de construire des machines à rendement décuple et centuple de celui des pauvres outils mus par l'homme ou les bêtes si, à ces machines nouvelles, on ne pouvait adapter le seul moteur suffisamment souple, robuste, maniable et à bon marché : le moteur électrique.

Il faut donc poser en principe absolu que tout progrès agricole est lié au développement de la distribution de l'électricité dans les campagnes.

(1) Communication faite en séance publique par l'auteur le 14 juin 1930. Cette communication a été accompagnée de la projection de films cinématographiques desquels ont été tirés quelques renseignements complémentaires qu'on trouvera dans le compte rendu de la séance du 14 juin 1930 (Voir le *Bulletin* de juillet-août-septembre 1930, p. 664).



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour nous éclairer sur ce développement, voyons *grosso modo* ce qui est fait, pour tâcher d'en déduire ce qui reste à faire. Cela m'amène, et je m'en excuse, à vous parler non seulement du labourage électrique mais à vous dire un mot également des autres applications de l'électricité à l'agriculture.

### ÉTAT ACTUEL DE L'ÉLECTRICITÉ EN AGRICULTURE.

Il y a plus de 15 ans que la question de l'électricité en agriculture fait l'objet des préoccupations des électriciens et leurs congrès lui ont fait une place dont l'importance n'a cessé de croître. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la bibliographie technique pour se faire une idée du nombre d'articles de revues électriques et de journaux agricoles, du nombre de conférences d'ingénieurs ou de fonctionnaires de l'agriculture qui, dans toutes les régions de la France, inlassablement, ont signalé aux populations les avantages immenses que l'agriculture pouvait attendre de l'électricité.

Ces efforts ont d'ailleurs été suivis d'un certain nombre de réalisations dans le domaine de l'outillage électrique agricole et notamment en ce qui concerne l'outillage de la ferme.

### OUTILLAGE D'INTÉRIEUR DE FERME.

*Machines d'utilisation ancienne.* — Je ne dirai qu'un mot des appareils de travail à la ferme. Les applications du moteur électrique étaient encore à leurs débuts que déjà des agriculteurs en faisaient emploi dans les travaux de la ferme à l'aide d'importantes installations électriques autonomes. On rencontre fréquemment à l'heure actuelle les machines suivantes mues par l'électricité : des batteuses de céréales, des presses à paille, des élévateurs de paille, des égreneuses de maïs, des ébarbeurs d'orge, des tondeuses de moutons, des meules à affûter, des pompes; des tarares (fig. 1), des épierreurs, des cribleurs et des trieurs de grains; des aplatisseurs d'avoine, des cuiseurs, des broyeurs et des concasseurs, des hache-paille, des broyeurs d'ajoncs, des laveurs et des décrotteurs de racines, des coupe-racines, des broyeurs de tourteaux ou de tubercules cuits; des broyeurs d'os, des broyeurs et des mélangeurs d'engrais; des machines à scier les bûches.

Toutes ces machines prennent des puissances très faibles variant de 0,25 ch à 5 ou 6 ch.

Un tableau, connu sous le nom de tableau Petit, du nom de l'ingénieur agronome qui l'a établi et répandu, montre de façon frappante ce que l'on peut faire avec un kilowatt-heure. Nous le donnons en annexe.

A ces machines d'utilisation déjà ancienne, on s'est borné à adapter soit un moteur électrique individuel faisant corps avec chaque machine, soit un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moteur portatif sur brouette, sur civière, sur trépied (fig. 1) que l'on relie momentanément à l'un ou l'autre des appareils à actionner.

*Machines nouvelles.* — A côté de ces machines d'application courante, quelques applications plus récentes prennent un développement appelé à un certain avenir : d'abord le dispositif de *séchage des foins*. On met en meules le fourrage frais, dès qu'il est coupé. Une cheminée d'aération ménagée dans la masse permet de chasser, à l'aide d'un ventilateur électrique se mettant en marche automatiquement, l'air échauffé par la fermentation dès que la température ambiante dépasse 50° à 60°. Le refroidissement obtenu par l'arrivée de l'air frais arrête la fermentation en temps utile. Dès que la température a suffisamment baissé, le moteur s'arrête de lui-même et l'opération se renouvelle jusqu'à dessiccation complète de la masse.

Ce dispositif paraît présenter de sérieux avantages sur la méthode antique de fenaison.

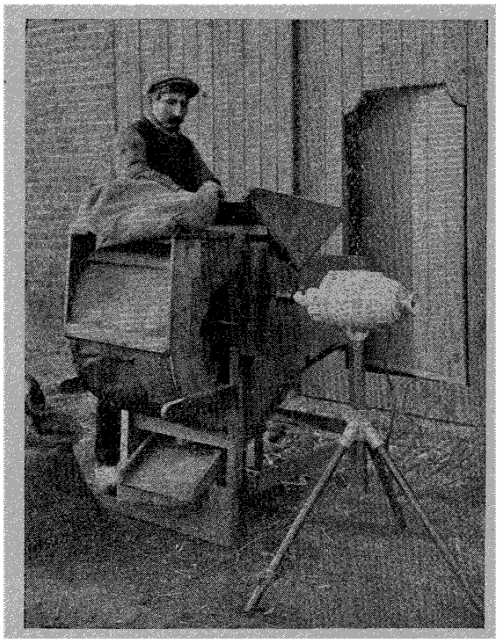


Fig. 1. — Moteur électrique portatif actionnant un tarare.

Quelques applications plus récentes prennent un développement de jour en jour plus accentué : c'est notamment la *machine à traire* (fig. 2 et 3) appelée, semble-t-il, à se généraliser, à en croire les fermiers d'élevage qui l'établissent de plus en plus en remplacement des vachers dont le recrutement devient presque impossible.

Également la *machine à ensiler le fourrage* (fig. 4) qui consiste essentiellement en un dispositif de transport par soufflerie jusque dans les silos du fourrage à l'état frais préalablement haché dans la même machine.

Il convient aussi de signaler le dispositif d'*éclairage artificiel* installé *dans les poulaillers* qui est commandé par un mécanisme d'horlogerie; cet éclairage donne aux poules l'illusion d'un jour plus long; il intensifie la ponte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi mille dispositifs ingénieux, pratiquement irréalisables auparavant, naissent chaque jour dans la ferme grâce à l'électricité et peuvent transformer profondément les conditions d'exploitation.

### OUTILLAGE DES CHAMPS.

Si le matériel de la ferme n'a demandé en général qu'une mise au point pour être adapté au fonctionnement sur les réseaux électriques, il n'en a pas

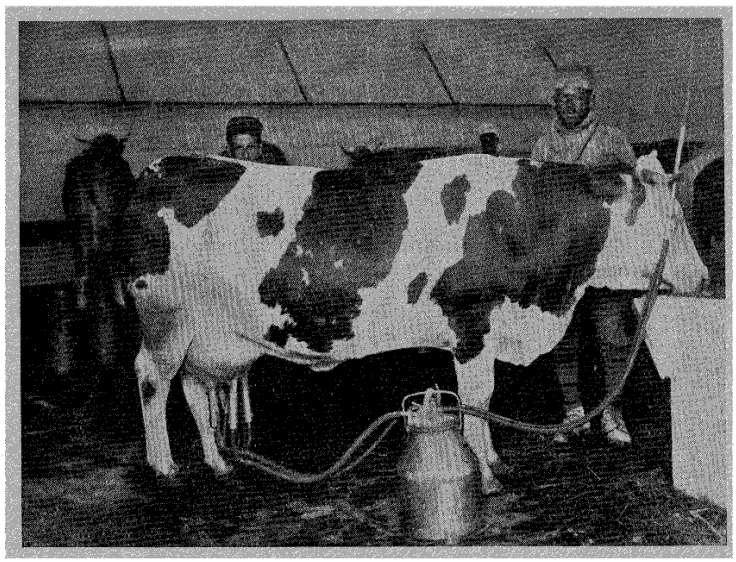


Fig. 2. — Machine à traire électrique.

été de même en ce qui concerne l'outillage de travail aux champs et, tout d'abord, le principal d'entre eux : le matériel de labourage.

LABOURAGE ÉLECTRIQUE. — Pour le labourage électrique les difficultés techniques (pour ne parler tout d'abord que de celles-ci) sont tout autres que pour l'outillage d'intérieur de ferme. A la ferme, il suffit d'une puissance relativement faible (1 à 10 ch) prise, en un point déterminé une fois pour toutes, sur un réseau qui alimente généralement en basse tension une agglomération plus ou moins importante, s'il ne s'agit pas de fermes isolées bien entendu.

Aux champs, la demande de puissance est beaucoup plus forte (10 à 120 ch); elle est utilisée en des points variables avec les terres à travailler; elle ne peut être prise que sur des canalisations qui sont forcément à des ten-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sions élevées, étant données les puissances en jeu et la distance qui sépare généralement les terrains de labour du réseau de l'agglomération.

Malgré ces obstacles d'ordre technique, malgré les difficultés économiques dont nous parlerons plus loin, le labourage électrique est dès maintenant sorti de la période de tâtonnements pour entrer, non seulement dans la période de réalisation pratique, mais encore dans celle de l'exploitation industrielle.

Une société industrielle constituée récemment par des secteurs de la

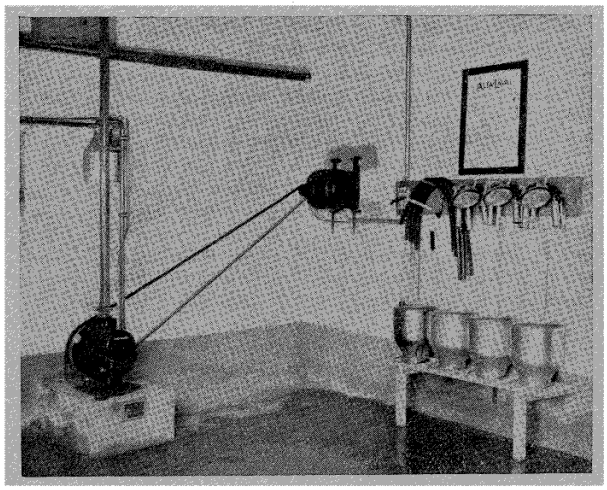


Fig. 3. — Moteur de la machine à traire électrique et ses accessoires.

région parisienne [2] a acquis des matériels de labour et a pris en charge d'autres matériels achetés par des coopératives agricoles. Elle effectue sur les uns comme sur les autres tous travaux nécessaires d'entretien, de réparations, de remise en état en fin de campagne ; elle achète d'autre part du courant électrique au secteur comme un abonné ordinaire, et, compte tenu de ces divers éléments, elle traite à forfait avec les agriculteurs à « tant » l'hectare suivant la profondeur du labour demandée et suivant les conditions économiques du moment.

Les résultats obtenus pendant les quatre premières années d'exercice ont été les suivants (voir page ci-après).

Quatre années de pratique ont permis de se rendre compte assez exactement des conditions à réaliser pour un matériel type de labourage électrique

(2) *La Société électrique de Travaux agricoles*, siège social, 67, rue de Dunkerque, Paris (10e). (N.D.L.R.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | Nombre de matériels exploités. | Nombre d'hectares labourés. | Recettes correspondantes. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| Campagne 1926-1927 . . . . | 7 | 1.400 | 450.000 fr |
| — 1927-1928 . . . . | 9 | 1.400 | 680.000 fr |
| — 1928-1929 . . . . | 9 | 2.000 | 700.000 fr |
| — 1929-1930 . . . . | 11 | 2.200 | 830.000 fr. |

*Matériel.* — Le matériel n'est pas d'un type unique : il est conditionné par le caractère des terres à labourer.

Si les terres sont fortes ou très groupées, desservies par des routes faciles, le gros matériel lourd, à double treuil, de 15 à 18 t par treuil, avec moteurs de 100 à 120 ch (fig. 5 et 6) paraît donner le rendement maximum.

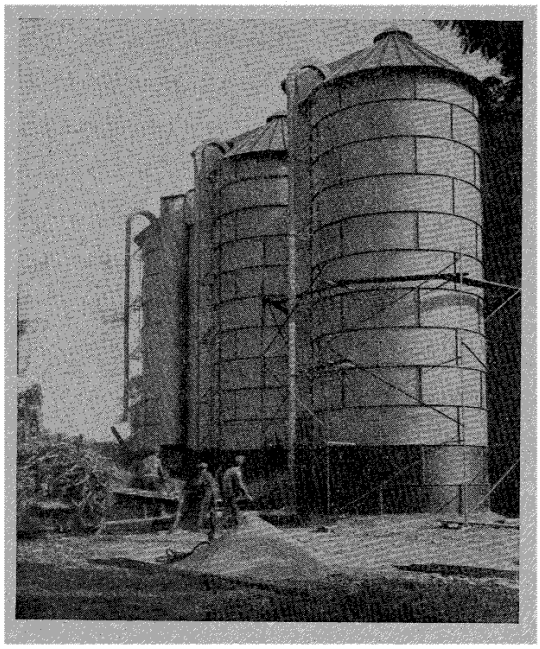


Fig. 4. — Machine électrique à ensiler les fourrages frais.

Si, au contraire, les terres de labour sont réparties sur un territoire trop vaste qui imposerait au matériel des déplacements importants, si les voies d'accès sont en état douteux, si les pièces de labour sont d'assez faibles dimensions, il y a avantage à utiliser un matériel plus léger, à double treuil, d'un poids de 4 à 5 t par treuil, avec moteurs de 35 et 50 ch. Le poids relativement faible de ces treuils entraîne et nécessite l'emploi d'un dispositif de butée automatique en vue d'éviter leur déplacement sous l'effort de traction du câble actionnant la charrue; mais cela ne présente aucune difficulté.

Tous les matériels dont il est parlé ci-dessus sont capables d'effectuer une moyenne journalière de 3 à 5 ha en labours profonds de 30 cm, le travail effectué variant évidemment d'après la surface à labourer d'un seul tenant.

L'entreprise de labourage électrique rencontre auprès des exploitants agricoles une extraordinaire faveur. Alors qu'en 1926 et 1927 il lui fallait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

solliciter de toutes parts des commandes à titre d'essai, dès la fin de la campagne 1928-1929 les adhérents se sont inscrits en foule pour les labours 1929-1930 si bien que, dès avant le début de ceux-ci, l'entreprise en question avait la pleine utilisation des matériels qu'elle a pris en charge.

Cette faveur s'explique facilement par la qualité impeccable du travail exécuté; en effet, le moteur électrique peut supporter momentanément un effort supplémentaire considérable, suffisant pour vaincre sans diminution de vitesse les obstacles souterrains que rencontre la charrue : rocs, racines, masses argileuses, obstacles qui constitueraient pour les autres modes de

Fig. 5. — Le chantier de labourage de la Société générale agricole de la Coopérative du Vexin (treuil de 15 à 18 tonnes).

labour une sérieuse difficulté. De même, certains endroits difficiles, notamment dans les pointes des pièces, ont été travaillés dans des conditions que les agriculteurs, de leur propre aveu, n'avaient pas osé espérer. Ces derniers sont en outre dégagés de toutes les sujétions qu'entraînait le labourage à vapeur : transport de charbon, fourniture de l'eau, etc.

Les progrès sont moins sensibles en matière de labourage électrique pour les petites exploitations ou pour les terres très morcelées. Cependant un matériel léger de faible puissance, à treuil unique (fig. 7), muni d'un dispositif extrêmement ingénieux et robuste, pour la commande mécanique du treuil depuis la charrue, existe en France depuis quelques années; un certain nombre d'exemplaires de ce type sont actuellement en service, notamment pour la culture de la vigne. Le principal obstacle à son développement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rapide dans les régions de céréales paraît résider dans le fait que, si faible que soit la puissance absorbée par ce treuil (10 à 15 ch), elle dépasse souvent les possibilités des réseaux ruraux à basse tension, d'autant que les terres à labourer sont généralement situées en dehors de l'agglomération et qu'une extension tant soit peu importante du réseau local de basse tension entraînerait, pour une puissance de cet ordre, des dépenses d'établissement ou des chutes de tension inadmissibles.

La solution paraît devoir être cherchée dans l'emploi conjugué de ces

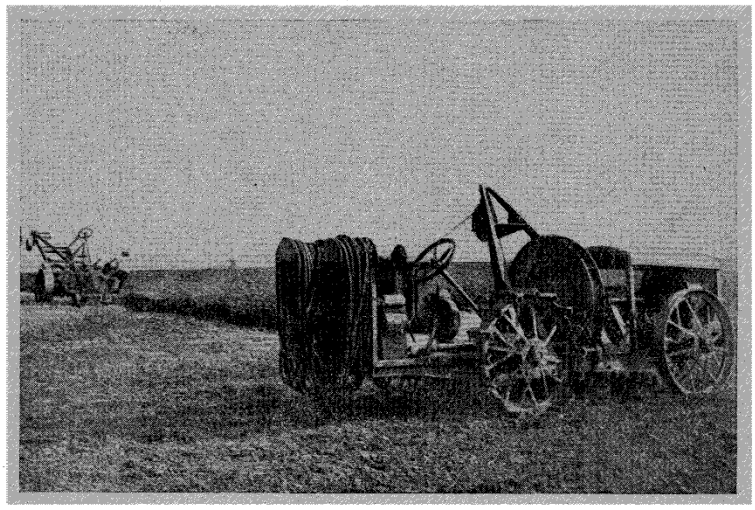


Fig. 6. — Chantier de labourage Estrade-Alsthom (treuil de 5 tonnes).

treuils avec les postes de transformation mobiles dont il est parlé ci-après, à propos du battage en plaine.

*Main-d'œuvre.* — La société d'entreprise n'a pas rencontré dans l'utilisation du matériel des difficultés techniques anormales. Par contre, le recrutement de la main-d'œuvre d'exploitation est extrêmement délicat. Tel ouvrier mécanicien-électricien ne peut s'habituer à la vie nomade ; au contraire, tel ouvrier rural, que ne rebutent pas ces conditions un peu spéciales d'existence, ignore les premières notions de mécanique et d'électricité, pour le plus grand dommage du matériel mis entre ses mains. Il faut compter sur une moyenne de 5 ou 6 hommes essayés pour un retenu.

Une seconde difficulté, et plus grande encore, réside dans l'utilisation des équipes pendant la morte-saison. En effet, la période des labours dure au maximum 5 à 6 mois, compte tenu d'un à deux mois pour les opérations annuelles (indispensables après chaque campagne) de démontage, révision

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

complète et remise en état du matériel : c'est environ quatre mois par an pendant lesquels le personnel d'exploitation est totalement inoccupé.

L'entreprise en question a pu résoudre momentanément cette difficulté capitale grâce à ses attaches avec les sociétés de distribution de la région qui lui ont permis d'incorporer ses hommes, durant la saison creuse, dans les équipes de construction et d'entretien des réseaux. Mais la solution rationnelle consiste à placer la main-d'œuvre en question dans les exploitations agricoles où des labours ont été effectués. Cette disposition, qui peut d'ailleurs constituer une des clauses du contrat de labourage, paraît devoir être acceptée facilement par les exploitants agricoles.

Toutes difficultés pratiques actuellement résolues, si les questions

Fig. 7. — Treuil léger de labourage électrique Joya (de 1,5 tonne).

financières que soulève l'achat des matériels étaient également résolues, le labourage électrique constituerait donc pour l'industrie agricole, comme pour l'industrie électrique, c'est-à-dire, pour deux branches maîtresses de l'activité nationale, un élément nouveau d'importance capitale.

BATTAGE EN PLAINE. — Le fait d'actionner une machine à battre à l'aide d'un moteur électrique n'est pas une nouveauté, car le premier abonné de force motrice du premier réseau rural a probablement été un agriculteur battant en grange, c'est-à-dire emmagasinant ses gerbes de blé dans les greniers de sa ferme et battant sa récolte par petits paquets, à l'aide d'une machine à battre installée dans la ferme.

Mais ce procédé est rarement employé dans les exploitations importantes qui battent leur blé sur le lieu même de la récolte avec, naturellement, des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moteurs beaucoup plus puissants que ceux qui sont employés à l'intérieur de la ferme.

Cette opération s'effectuait généralement jusqu'ici à l'aide de machines à vapeur dont l'alimentation en eau et en charbon soulevait parfois d'extrêmes difficultés, comme d'ailleurs pour le labourage à vapeur.

La solution électrique, infiniment plus simple, consiste dans l'emploi d'un moteur alimenté directement par les lignes à haute tension à l'aide d'un poste transformateur mobile (fig. 8). La cabine, contenant les appareils de transformation du courant, est ainsi amenée à pied d'œuvre, branchée sur la ligne, et la machine à battre peut être actionnée immédiatement.

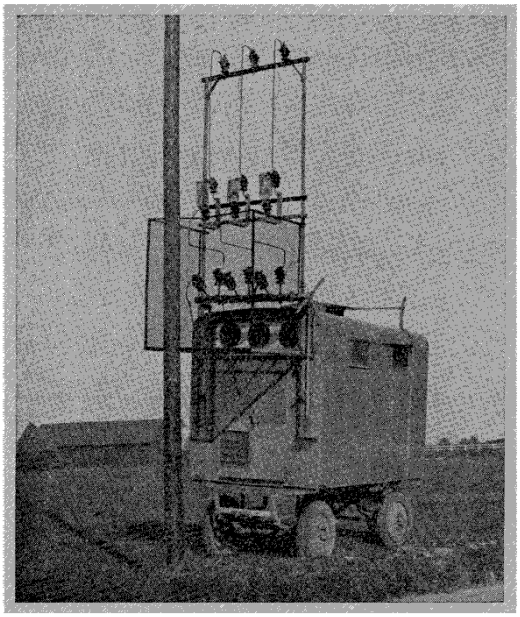


Fig. 8. — Cabine mobile de battage de 20 kVA en service sur le Nord-Lumière.

IRRIGATION. — Tous les techniciens de l'agriculture savent que l'on peut obtenir, grâce à l'irrigation, des améliorations extrêmement importantes de certaines terres qui passent ainsi d'une quasi-stérilité à une productivité tout à fait appréciable.

Le problème consiste à prendre l'eau où elle se trouve, soit dans un cours d'eau plus ou moins proche, soit dans la nappe souterraine et à l'amener au point haut du terrain à irriguer.

L'irrigation, pour donner sa pleine efficacité, doit être soumise à certaines règles : par exemple être supprimée pendant les heures d'ensoleillement et rétablie pour la nuit. L'énergie électrique convient donc admirablement pour un tel usage, puisque avec un simple interrupteur horaire commandant le moteur de la pompe, celle-ci pourra être mise en marche et arrêtée automatiquement sans qu'il soit besoin de déranger personne.

La dépense d'énergie, comparée aux résultats à envisager, est fort peu de chose, puisque l'on peut tabler sur une consommation moyenne de 100 kWh par an et par hectare.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTROCULTURE. — Ce n'est pas seulement sous forme d'énergie mécanique que l'électricité peut servir l'agriculture, c'est aussi sous la forme directe d'électrisation du sol, généralement dénommée « électroculture ».

Le principe consiste à soumettre la terre aux effluves électriques engendrés par un champ électrostatique ; ce champ est créé soit à l'aide d'un filet métallique soumis à une tension élevée, soit par une source d'énergie à haute fréquence.

Les résultats de cette électrisation sont encore discutés par les savants et les praticiens. L'impression d'ensemble qui se dégage actuellement de ces expériences est qu'en général les plantes soumises aux effluves électriques croissent plus vite et plus vigoureusement que les plantes témoins.

D'autre part, des essais d'*arrosage lumineux*, effectués sur des fruits de serre, donnent des résultats tout à fait remarquables au point de vue de la maturation. Ces essais continuent à l'heure actuelle dans les laboratoires de M. Truffaut, à Versailles, et l'on peut fort bien envisager le moment où seront servies sur certaines tables des fraises mûries électriquement en plein hiver.

## CONCLUSIONS.

On peut dire, certes, que toutes ces applications sont à leur début puisque la plus vieille, le labourage électrique, a quelques années à peine d'existence. Telles quelles, elles permettent de concevoir un très vaste espoir : celui de voir bientôt le dur travail des champs facilité, simplifié, décuplé en intensité et, par conséquent, en efficacité, grâce au merveilleux instrument que constitue la ligne électrique.

Entre autres qualités, elle en a une essentielle : elle existe, elle est là, près du champ. Elle peut donner, sans qu'on y change un boulon, sans qu'on y ajoute un gramme de cuivre, des centaines et des centaines de kilowatts alors que quelques-uns de ces kilowatts, judicieusement employés, allégeraient dès maintenant et supprimeraient bientôt l'effort physique du cultivateur.

Si l'agriculture manque de bras, suivant la formule consacrée, c'est peut-être qu'elle a lassé, en leur demandant un effort excessif, les bras qui travaillaient pour elle.

Que cet effort soit réduit, les hommes reviendront à la terre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE

### CE QU'ON PEUT FAIRE AVEC UN KILOWATT-HEURE FORCE

(Tableau Petit)

*Dans ses champs :*

Labourer un are à 30 centimètres;
— deux ares à 22 centimètres;
— trois ares à 15 centimètres;
Déchaumer quatre ares;
Éclairer son chantier de labourage pendant deux heures;
Irriguer un hectare pendant 14 heures avec 3,50 m d'élévation.

*Dans sa grange ou sur les meules :*

Battre 140 gerbes de blé de 3,5 kg;
Éclairer son chantier de battage pendant 5 heures;

*Dans sa laiterie, vacherie :*

Traire à la machine 100 vaches;
Écrémer 1.400 litres de lait;
Baratter 1.000 litres de crème;
Malaxer 200 kilogrammes de beurre.

*Dans son chai :*

Fouler 10.000 kilogrammes de vendange;
Soutirer son foudre de 300 hectolitres;
Broyer 170 kilogrammes de sarments;
Remplir et boucher 250 bouteilles.

*Dans son grenier :*

Monter 70 sacs de blé à 10 mètres;
Trier 100 sacs de blé;
Nettoyer au tarare 10 sacs de blé;
Brosser 100 kilogrammes d'avoine.

*Au fournil :*

Cuire 2 kilogrammes de pain;
Pétrir 8 sacs de farine.

*Pour son alimentation :*

Produire 4 kilogrammes de glace;
Élever 3.000 litres d'eau à 20 mètres;
Stériliser 10.000 litres d'eau par l'ozone;
Broyer 2.000 kilogrammes de pommes pour son cidre;
Presser 12 hectolitres de pommes broyées.

*Dans son atelier :*

Scier 90 mètres de bois;
Affûter 200 sections de faucheuse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Dans la salle de préparation d'aliments :*

Aplatir 400 litres d'avoine pour les chevaux;
Broyer 250 kilogrammes d'ajoncs;
Broyer 600 kilogrammes de tourteaux;
Concasser 100 kilogrammes de seigle;
— 300 kilogrammes de maïs Plata;
— 200 kilogrammes de blé;
Couper 5.000 kilogrammes de betteraves;
Hacher 500 kilogrammes de paille;
Mélanger 500 kilogrammes d'engrais;
Moudre 50 kilogrammes d'orge.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# JULES RICHARD (1848-1930)

par M. VICTOR SABOURET, *membre du Conseil de la Société d'Encouragement.*

M. Jules RICHARD, membre du Comité des Arts mécaniques, s'est éteint le 18 juin dernier, à l'âge de 82 ans. La Société d'Encouragement perd en lui un représentant éminent de l'industrie de la mécanique de précision, dont il fut un des principaux promoteurs et qu'il sut conduire à un haut degré de prospérité et de perfection.

Jules Richard nous offre un type accompli de l'ingénieur autodidacte, qui, par son intelligence, sa volonté, sa passion du travail, sut parer aux insuffisances de sa formation première. Il fut aussi un généreux bienfaiteur qui consacra sa fortune à la fondation d'une école d'apprentissage spécialisée à l'art auquel il consacra toute sa vie.

A sa mort, en 1875, le père de Jules Richard laissa à ses quatre fils un atelier à peu près vide d'ouvriers et chargé de dettes. Jules, l'aîné, qui avait alors 27 ans, prit en mains cette succession difficile et, aidé, au début, par son frère cadet Max, constitua la Maison Richard Frères qui devint rapidement prospère. A partir de 1891, il resta seul propriétaire et directeur des Établissements Jules Richard, qu'il ne cessa de développer jusqu'à sa mort.

Jules Richard n'a pas fréquenté d'autre école que l'école primaire. Très jeune, il débuta comme ouvrier dans l'atelier paternel; puis, pour se perfectionner dans l'art qui l'attirait, il travailla chez d'autres constructeurs et eut la bonne fortune de collaborer avec Marey dans l'exécution de son pneumographe. A la mort de son père, il était attaché aux Ateliers des Postes et Télégraphes pendant la période de mise au point du télégraphe Hugues.

A l'étau dans la journée, Jules Richard suivait le soir les cours du Conservatoire des Arts et Métiers. C'est là qu'il put connaître les principes de la cinématique dont il possédait l'intuition à un degré exceptionnel.

Très rapidement il aborda le problème de l'enregistrement continu des phénomènes naturels ou du fonctionnement des machines, auquel il devait trouver des solutions aussi ingénieuses que variées. Dès 1878, il avait réalisé l'enregistrement sur papier enfumé des variations barométriques. Il ne s'en contenta pas longtemps puisqu'en 1882, il créait l'*enregistreur universel* par ordonnées curvilignes, inscrites sur un cylindre tournant à l'aide d'une plume de grande capacité, garnie d'une encre qui ne sèche pas. Et ainsi naissait le type classique que la science et l'industrie allaient utiliser dans le monde entier.

Vers 1891, Jules Richard y ajoutait une autre fabrication : celle de la photographie stéréoscopique, réalisée sous la forme de son célèbre *vérascope*, que complètent d'ingénieux accessoires.

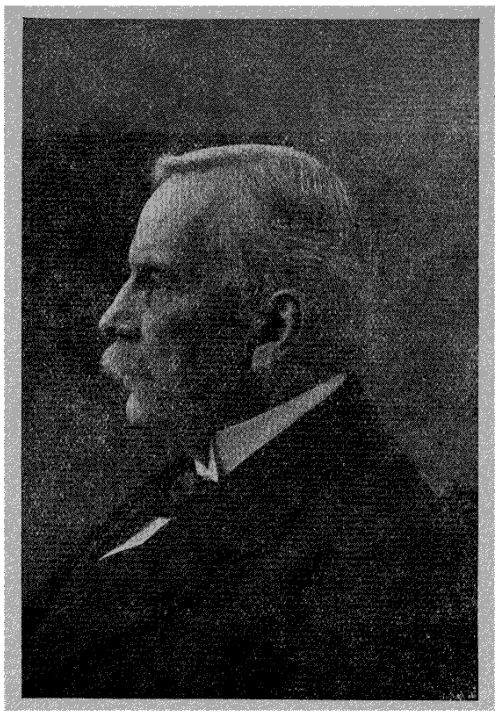
En 1921, Jules Richard a transformé sa maison en société, s'entourant d'administrateurs et d'actionnaires, tous anciens employés ou ouvriers de l'établissement. L'effectif du personnel atteint environ 300 personnes et depuis longtemps la production a dépassé le nombre de 100.000 enregistreurs et 100.000 vérascopes, dont la moitié au moins a été exportée dans les pays les plus divers, portant au loin le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

renom d'une fabrication française irréprochable et suscitant partout de nombreuses imitations.

Ce succès se comprend, car le jour où il construisit un enregistrement simple, pratique et précis, Jules Richard a rendu un inappréciable service aux savants et aux ingénieurs, puisque l'observation et le contrôle *continu* des variations sont à la base de tout progrès, aussi bien dans les sciences naturelles que dans l'industrie.

Les appareils enregistreurs de la pression atmosphérique, de la température et de l'état hygrométrique de l'air construits par les Établissements Jules Richard



Jules Richard (1848-1930).

sont à peu près les seuls qui soient en service courant dans les stations de l'Office national météorologique.

L'activité créatrice de Jules Richard ne s'était pas ralentie dans ses dernières années. Tout récemment, il créait encore ce merveilleux appareil de poche, à la fois photographique et stéréoscopique, l'*homéos*, que son collaborateur dévoué, M. Henrard, nous a présenté le 28 janvier 1928, dans une séance publique de notre Conseil.

Jules Richard n'a pas été seulement un fécond inventeur et un habile administrateur : il avait depuis longtemps doté son personnel d'institutions généreuses en faveur des familles nombreuses, des malades, des retraités. En 1923, il a fait mieux encore : il a constitué à la Ville de Paris la donation d'une rente annuelle de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

300.000 fr pour créer et entretenir une école destinée à former des ouvriers spécialisés dans la mécanique de précision. Cette école est installée dans un très beau bâtiment municipal, qui était alors disponible, 21, rue Carducci, Paris (19e).

L'École d'Apprentis mécaniciens précisionnistes de la Fondation Jules Richard compte 100 élèves, 40 en première année et 30 dans chacune des deux suivantes. Son recrutement se fait par voie de concours public. La haute réputation de son enseignement, la gratuité des cours et du déjeuner provoquent, chaque année, une grande affluence de candidats et, par suite, un niveau intellectuel élevé des candidats admis. Cette belle institution a fait l'admiration des membres de notre Société lors de la visite qu'ils en ont faite, le 31 mai 1929 [1].

Au cours de sa longue carrière, Jules Richard a accumulé les distinctions honorifiques et les récompenses. Chevalier de la Légion d'honneur dès 1894, il a été nommé commandeur en 1925.

(1) Voir le compte rendu de cette visite dans le *Bulletin* de juillet-août-septembre 1929, p. 558.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA LIME

par M. CHARLES FREMONT.

(*Fin.*)

## TROISIÈME PARTIE. — TAILLE DES LIMES

### 44. — Taille manuelle de la lime.

L'ouvrier, pour tailler à la main les limes de toutes formes et de toutes dimensions, se sert d'un ciseau et d'un marteau de poids approprié.

La figure 221 représente un tailleur de limes dans son atelier.

La figure 222 nous montre, par une installation improvisée, la tenue du ciseau de la main gauche, le petit doigt appuyé sur la lime pour permettre de régler l'avancement de l'outil après chaque entaille; le marteau est tenu de la main droite.

Lorsque, après avoir taillé une des faces de la lime, l'ouvrier se dispose à tailler la face opposée, il appuie la lime sur un lit ou support en régule, métal assez mou pour ne pas émousser les dents déjà relevées.

La lime est maintenue ferme sur ce lit à l'aide d'un tire-pied, lanière de cuir tendue par le pied de l'ouvrier.

### 45. — Outils du tailleur de limes.

Le ciseau en acier trempé a un taillant plus ou moins aigu selon la finesse de l'entaille à produire. Pour les limes rudes, l'angle de coupe de ce ciseau (fig. 223) est de 55° à 60°.

Les manches des marteaux sont courts et inclinés d'environ 45° sur l'axe des marteaux.

Certains de ces marteaux ont une forme coudée (fig. 224 et 225), de sorte que leur œil est incliné de l'angle voulu, et leurs manches sont droits.

Dans d'autres localités, le corps du marteau reste droit et c'est le manche qui est façonné pour se trouver sous l'inclinaison voulue. Les figures 224 à 228 sont des marteaux ayant les manches ainsi façonnés ; on voit sur ces trois manches les empreintes des doigts profondément creusées par l'usage.

Le coup de marteau du tailleur de limes est donné par un mouvement du bras et surtout de l'avant-bras, mais non du poignet.

D'autres ouvriers, les serruriers, les mécaniciens, etc., lorsqu'ils frappent du marteau sur leur burin ou ciseau à froid, ont, au contraire, un mouvement de flexion du poignet très prononcé, en plus de celui du bras; la



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vitesse d'impact est alors plus grande que celle qui est produite par le tailleur de limes.

### 46. — Quantité de travail dépensée par l'ouvrier tailleur de limes.

Pour mesurer le travail dépensé par les tailleurs de limes, j'ai dû avoir

Fig. 221. — Un tailleur de limes dans son atelier.

Fig. 222. — Installation improvisée pour montrer la tenue du ciseau et du marteau par le tailleur de limes.

recours à des spécialistes, puisque leur mode de frapper du marteau est spécial.

MM. Lallement frères, ingénieurs et fabricants de limes à Cosne (Nièvre), ont eu l'obligeance d'effectuer une série d'essais de choc sur crushers avec des marteaux de poids différents. Ces essais m'ont permis d'établir le tableau H.

Le nombre de coups de marteau donné à la minute a été relevé :

1° Pour le *travail continu*, c'est-à-dire sans aucun arrêt, et par conséquent d'une assez faible durée totale;

2° Pour le *travail moyen*, c'est-à-dire en tenant compte des arrêts de l'ouvrier, arrêts nécessités par les exigences de l'ouvrage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est certain que le travail moyen de la journée est sensiblement inférieur au précédent, car il comporte des repos plus longs qui s'ajoutent aux arrêts dus à l'exigence de l'ouvrage.

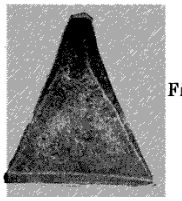


Fig. 223. — Ciseau de tailleur de limes.

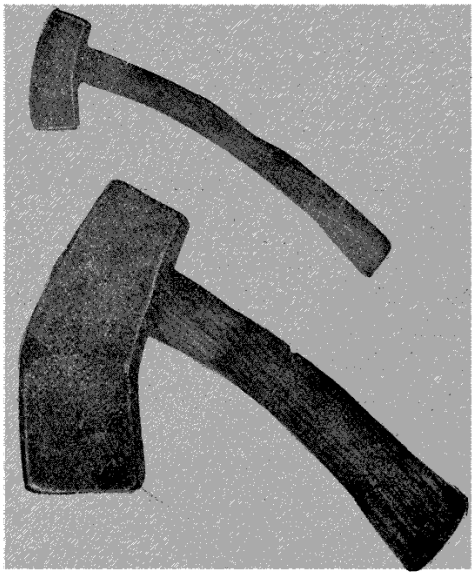


Fig. 224 et 225. — Marteaux de tailleur de limes, poids : 0,125 et 2 kg (1/3 grandeur).

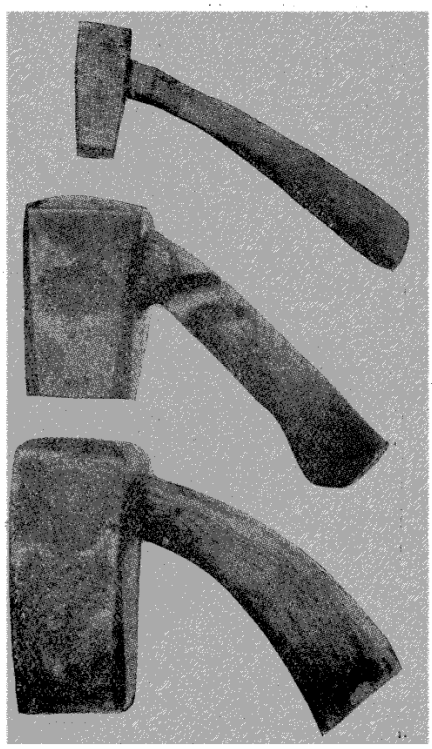


Fig. 226 à 228. — Marteaux de tailleur de limes, poids : 0,285; 2,20 et 3,75 kg (1/3 grandeur).

Les empreintes des doigts sur le manche résultent d'un long usage.

## Tableau H.

### Travail dépensé par l'ouvrier tailleur de limes au marteau

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids du marteau utilisé . . . . . | kg | 5,0 | 4,5 | 3,9 | 3,6 | 3,0 | 2,6 |
| Hauteur moyenne de chute. . . . | m | 0,225 | 0,225 | 0,255 | 0,260 | 0,285 | 0,300 |
| Nombre de coups à la minute (travail continu) . . . . . | | 88 | 90 | 92 | 96 | 105 | 114 |
| Nombre moyen de coups à la minute. | | 50 | 53 | 60 | 62 | 67 | 75 |
| Travail pour lever le marteau. . . | kgm | 1,125 | 1,012 | 0,995 | 0,936 | 0,855 | 0,780 |
| Travail par coup de marteau . . . | kgm | 4,40 | 4 | 3,80 | 3,75 | 3,60 | 3.45 |
| Effort moyen d'appui de la main sur le marteau . . . . . | kg | 14,50 | 13,30 | 11 | 10,80 | 9,65 | 8,90 |
| Vitesse d'impact du marteau . . . | m:sec | 4,15 | 4,15 | 4,36 | 4,52 | 4,85 | 5,09 |
| Travail produit par seconde (travail continu) . . . . . | kgm | 6,45 | 6 | 5,83 | 6 | 6,30 | 6,55 |
| Travail moyen produit par seconde. | kgm | 3,66 | 3,53 | 3,80 | 3,88 | 4,02 | 4,31 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 47. — Obliquité des entailles sur l'axe longitudinal de la lime.

Nous avons vu que les écouennes avaient leurs dents de toute la largeur de la lime. Mais, le plus généralement, les dents sont produites par deux tailles dites *croisées*.

Le tracé géométrique (fig. 229) indique l'obliquité de chacune de ces deux tailles sur l'axe longitudinal de la lime, imposée par quelques grandes administrations.

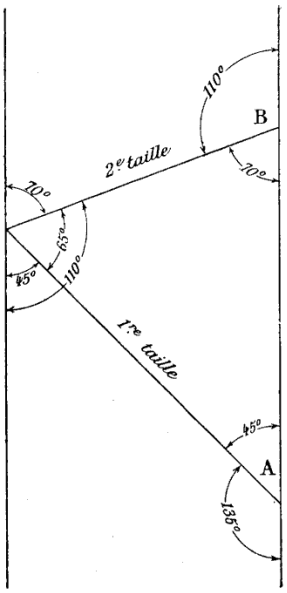



Fig. 229. — Tracé géométrique donnant l'obliquité relative des deux tailles croisées.

La première taille fait un angle de 45° et la seconde taille, dite *le croisé*, fait un angle de 110°.

Pour les limes destinées au commerce, les fabricants s'écartent peu de cette obliquité.

### 48. — Inclinaison du ciseau sur la surface de la lime.

Non seulement le taillant du ciseau est placé obliquement par rapport à l'axe longitudinal de la lime, mais ce ciseau est incliné par rapport à la surface de la lime; cette inclinaison est nécessaire pour produire la bavure qui doit servir à former la dent.

Si le ciseau pénétrait perpendiculairement à la surface de la lime, les deux bords de l'entaille seraient semblables : ce seraient deux petites bosses à surface cylindrique. En pénétrant de biais, le ciseau soulève, d'un côté seulement, une bavure à bord aigu; puis, en continuant sa course, par sa pénétration, il augmente l'entaille angulaire et, par suite, la bavure qui en est la conséquence (fig. 230).

Cette première taille, produite par les bavures rectilignes et parallèles, fait de la lime une sorte d'écouenne et serait susceptible d'un assez bon rendement avec une production appréciable de limaille.

Mais cette première taille n'est destinée qu'à limiter la largeur des dents qui seront produites par la seconde taille ou croisé.

Aussi le tailleur *ébavure* l'ébauche en forme d'écouenne, c'est-à-dire qu'avec une lime bien trempée, il arase les sommets angulaires des bavures — il enlève ainsi le *ponpon* suivant un terme d'atelier — comme on le voit sur la photographie de la figure 231.

L'ébauche ainsi ébavurée ne pourrait plus servir d'écouenne; j'en ai fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tremper une et, à titre de curiosité simplement, j'en ai essayé le rendement. J'ai trouvé une dépense de 635 kgm pour 1 g de limaille d'acier doux. Nous avons vu qu'en moyenne, les limes neuves du commerce dépensaient 120 kgm; je peux ajouter, à titre d'indication générale, qu'une lime usée, qu'on retire du service, peut encore, en général, produire 1 g de limaille avec une dépense d'environ 230 kgm.

### 49. — Comparaison de la forme des entailles produites soit par un effort dynamique, soit par un effort statique.

C'est toujours par un choc sur le ciseau que les limes sont taillées à la main ou à la machine.

Il est intéressant de comparer une entaille produite par une pression sta-

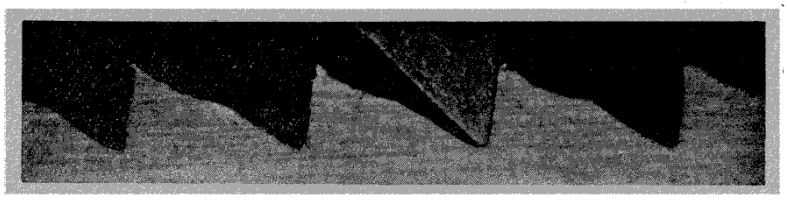


Fig. 230. — Première taille; le ciseau est incliné (22 diamètres).

Fig. 231. — Première taille ébavurée : coupe perpendiculaire à l'entaille (22 diamètres).

tique sur le ciseau, à l'entaille habituelle par choc, non pour voir si la pression statique pourrait avantageusement remplacer le choc, mais pour différencier les phénomènes d'inertie qui résultent de l'effet du choc.

Pour obtenir les efforts gradués de la pression statique, j'ai utilisé une presse hydraulique.

Pour produire les efforts dynamiques d'intensité déterminée, j'ai fait une petite installation spéciale sur l'enclume d'un mouton à essayer les métaux (fig. 232).

Le morceau destiné à être taillé repose sur un bloc à inclinaison variable; une vis sert, après chaque entaille, à régler l'avancement de la quantité voulue.

Un dispositif pare à une rechute du marteau ou contre-coup. Cette instal-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ation permet d'effectuer des essais de taille sous des angles variables, comme sur une machine à tailler les limes, avec cet avantage que l'intensité du choc est réglée à la volonté de l'opérateur, qui fixe la hauteur de chute du marteau en conséquence.

Sur une barrette d'acier de lime ayant 10 mm de largeur, j'ai effectué des

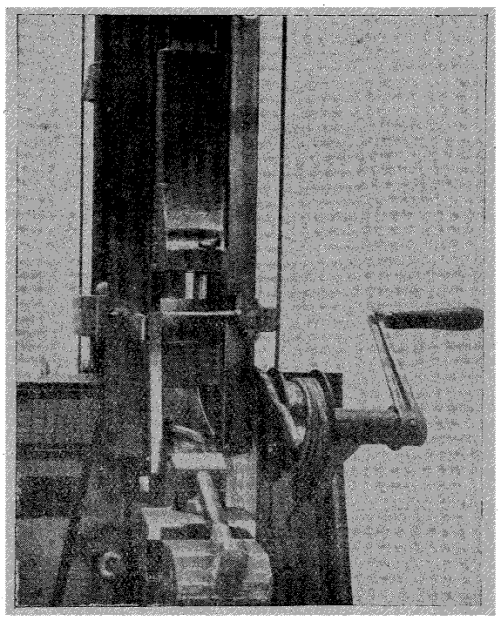


Fig. 232. — Installation pour tailler au mouton des limes d'étude.

entailles successives avec un ciseau de tailleur de limes et sous des efforts statiques croissants.

J'ai d'abord constaté que, pour faire pénétrer ce ciseau dans l'acier, il fallait un effort d'environ 1.250 kg; c'est ce qu'on peut appeler la limite élastique de cet acier à la pénétration du taillant de ce ciseau, puisqu'en dessous de cet effort il n'y a pas d'empreinte visible.

J'ai ensuite effectué 5 entailles successives sous des efforts statiques croissants de : 2.500 kg, — 3.000 kg, — 3.500 kg, — 4.000 et 4.500 kg.

La figure 233 montre la photographie de ces entailles successives au grossissement de 22 diamètres.

La figure 234 montre, au même grossissement, la photographie de 6 entailles successives produites au mouton sous des chocs d'intensité croissante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La dépense de travail au choc, par centimètre de longueur d'entaille, a été de 1 kgm — 1,15 — 1,50 — 1,75 — 2 et 2,25 kgm.

L'aspect de ces deux sortes d'entailles est différent.

Avec le choc, la crête de la dent est plus aiguë et plus élevée au-dessus de la face initiale de la lime que celle de la dent produite par pression statique; le refoulement du métal, sous le ciseau, s'effectue différemment parce qu'il intervient des phénomènes d'inertie de la matière.

Cette différence du relief de la bavure est très sensible : une dent produite

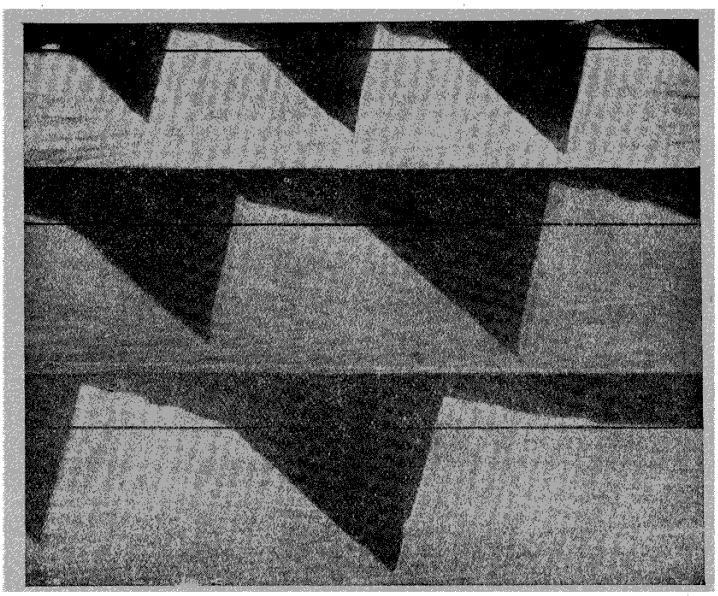


Fig. 233. — Entailles successives effectuées sous des pressions statiques croissantes (22 diamètres).

sous le choc est à peu près deux fois plus élevée que la dent analogue produite par pression statique.

Par conséquent, pour avoir un relief égal à celui que produit le choc, il faut faire une entaille statique, presque deux fois plus profonde.

Le refoulement de l'acier, en arrière de la dent, s'effectue beaucoup plus loin sous l'effort statique que sous l'effort dynamique.

### 50. — Formation des dents de la lime par la taille croisée.

Nous venons de voir comment, sous le choc du marteau, le ciseau, en pénétrant dans l'acier de la lime, fait une entaille, et, par déplacement du métal, produit une longue bavure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est cette bavure qui fait la dent de la lime dans l'écouenne (fig. 51 à 63).

Mais nos limes ordinaires sont généralement à *petites dents crochues*, et nous avons dit que ces dents résultaient de *deux tailles croisées*, données au ciseau sous des angles déterminés (fig. 229).

La première bavure dont le profil est donné (fig. 230), est surcoupée par la seconde entaille, ou le croisé, qui produit alors une série de petites bavures, que nous appellerons bavures secondaires, pour les différencier des premières bavures dont elles sont nées.

Pour mieux faire comprendre comment se forment ces petites bavures secondaires qui font les dents crochues de la lime, j'ai pris une ébauche de lime ayant déjà la première bavure résultant de la première taille et j'ai sur-

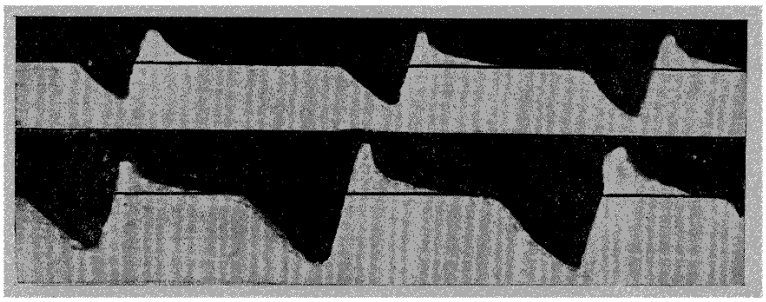


Fig. 234. — Entailles successives effectuées par des chocs du mouton tombant de hauteurs croissantes (22 diamètres).

coupé par le croisé, mais en ayant soin de faire pénétrer le ciseau à des profondeurs croissantes, pour montrer schématiquement la forme de la bavure secondaire à des périodes successives de sa production.

La figure 235 est la photographie, au grossissement de 10 diamètres, de ce spécimen de taille croisée à profondeurs croissantes.

Dans cette seconde taille, le ciseau attaque d'abord la partie la plus haute, la crête de la première bavure, il la *coupe obliquement* (fig. 229) et produit la bavure secondaire qui se développe sous la poussée du taillant du ciseau, dans une direction perpendiculaire au croisé et, par conséquent, oblique par rapport à la première bavure.

C'est cette obliquité de direction qui fait que la pointe de la dent, provenant de la crête de la première bavure, se trouve déportée et finalement placée entre deux entailles voisines au lieu de se trouver en bordure immédiate de l'une d'elles.

D'une façon générale, la partie avant de la petite bavure secondaire qui constitue le *front de la dent* a une *forme ogivale* assez analogue à celle de nos

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

outils de tours, de raboteuses, de limeuses, etc., et qui dérive de la forme originelle de la *gouge*.

### 51. — Dents de limes à pointe rebroussée.

Nous avons déjà vu, à propos de l'influence de la cassure du sommet des dents (fig. 215), des dents dont la pointe se trouve rebroussée à *contresens de la coupe*.

La figure 235 permet de comprendre comment s'effectue cet enroulement de l'extrémité de la dent.

Beaucoup de limes du commerce ont ce défaut à des degrés différents, et

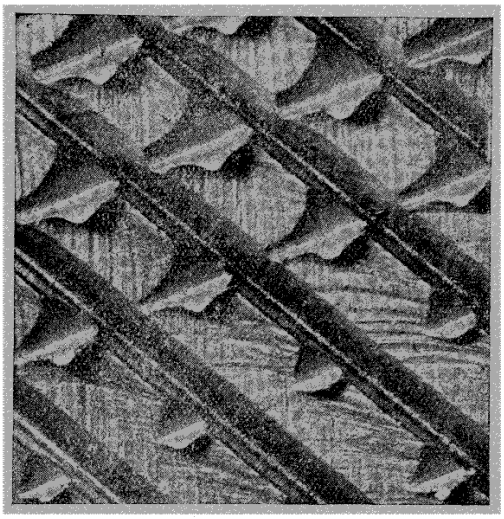


Fig. 235. — Formation de la dent des limes. Les entailles du croisé ont été faites à des profondeurs croissantes pour montrer le développement de la bavure (10 diamètres).

pour montrer cette taille défectueuse, j'ai choisi une lime typique qui, à l'essai, m'avait donné un des plus mauvais rendements.

J'ai meulé le champ de cette lime pour faire apparaître de *profil* quelques dents.

Les dents étant, à la surface de la lime, placées en quinconce, le plan de section résultant de ce meulage passe par des parties différentes des dents qui se suivent.

Les coupes transversales de ces dents voisines peuvent donc être, dans une certaine limite, considérées comme si elles étaient des coupes parallèles et successives effectuées sur une même dent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 236 est la photographie, au grossissement de 12 diamètres, d'une portion de l'arête de cette lime meulée sur son champ.

La vue est prise de telle façon que les deux faces contiguës, la face plate

Fig. 236. — Dents à pointe rebroussée, vues de biais (12 diamètres).

Fig. 237. — Deux dents voisines à pointe rebroussée, vues de front (15 diamètres).

Fig. 238. — Dents à pointe rebroussée, vues de face (12 diamètres).

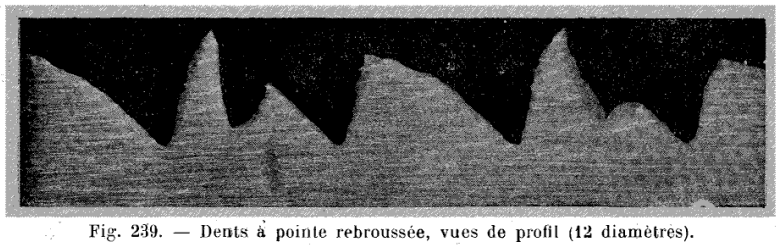


Fig. 239. — Dents à pointe rebroussée, vues de profil (12 diamètres).

dentelée et le champ meulé, apparaissent à la fois; on voit ainsi de *biais* chacune de ses deux faces et, par suite, à quelle partie de la dent correspond la coupe produite par le meulage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le front de chaque dent, c'est-à-dire la partie avant de la dent qui, en service, refoule devant elle la parcelle de limaille à détacher, se trouve, sur cette photographie, placée à gauche de la dent.

On constate que, dans toutes ses parties, le sommet de chaque dent est plus ou moins tourné vers l'arrière au lieu d'être tourné vers l'avant.

La figure 237 montre deux dents voisines, vues de front, et photographiées au grossissement de 15 diamètres; le cintrage du sommet de ces dents est très visible.

La photographie de la figure 236 donne la vue de *biais* pour permettre de comprendre quelles sont les parties correspondantes de chaque dent coupée; j'ai cru utile de compléter par des vues prises de *face*, et de la surface taillée

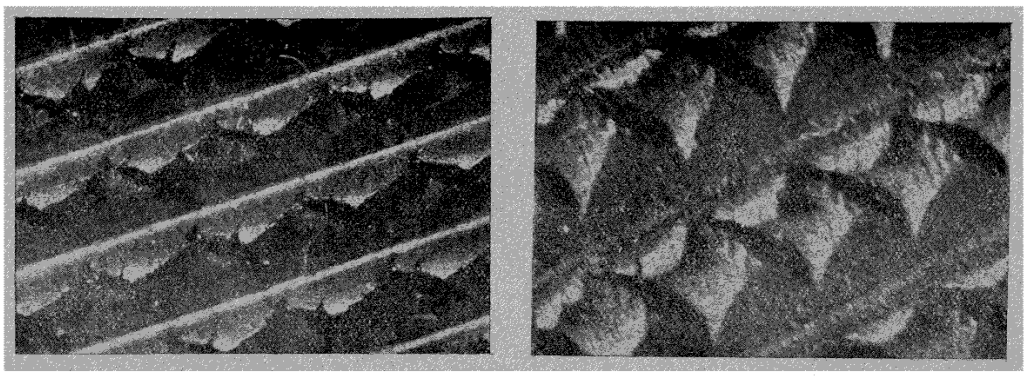


Fig. 240 et 241. — Spécimen de limes dont les dents sont rebroussées à la taille (grossissement, 10 et 15 diamètres).

et de la surface meulée (fig. 238 et 239) pour montrer la forme exacte du profil des dents coupées.

Les figures 240 et 241 sont les photographies à 10 et à 15 diamètres de deux limes dont les dents sont rebroussées, mais à des degrés différents.

### 52. — Formes variées des dents des limes du commerce.

Lorsqu'on examine à la loupe les dents des limes qu'on trouve dans le commerce et provenant de divers fabricants, on constate que ces dents ont, pour chaque lime, un aspect très différent de celui des autres limes.

Ces variations d'aspect résultent des variations des angles de coupe et de dépouille du ciseau, de son inclinaison au moment de la taille, de l'intensité du choc et de sa vitesse d'impact, du degré d'obliquité des tailles, du polissage préalable plus ou moins parfait de la surface de la lime recevant la taille, de la dureté relative du lit sur laquelle repose la face taillée, etc., etc.

Pour observer l'aspect des dents des limes neuves ou usagées, j'ai dû

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

imaginer une installation spéciale représentée sur la figure 242; un support, *mobile dans tous les sens*, présente la lime sous un microscope et permet de

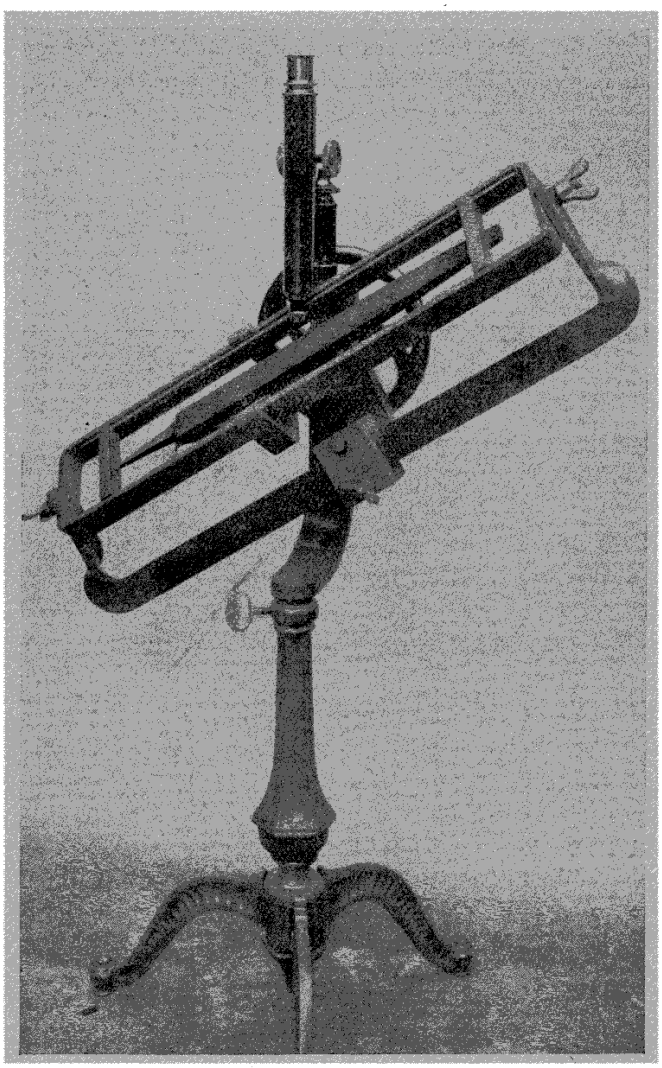


Fig. 242. — Installation spéciale pour examiner au microscope les dents des limes.

l'examiner dans toute sa longueur, sur chacune de ses faces et sous une obliquité quelconque.

Pour donner une idée de cette dissemblance de forme et d'aspect, j'ai photographié les dents de dix limes prises au hasard (fig. 243 à 252).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

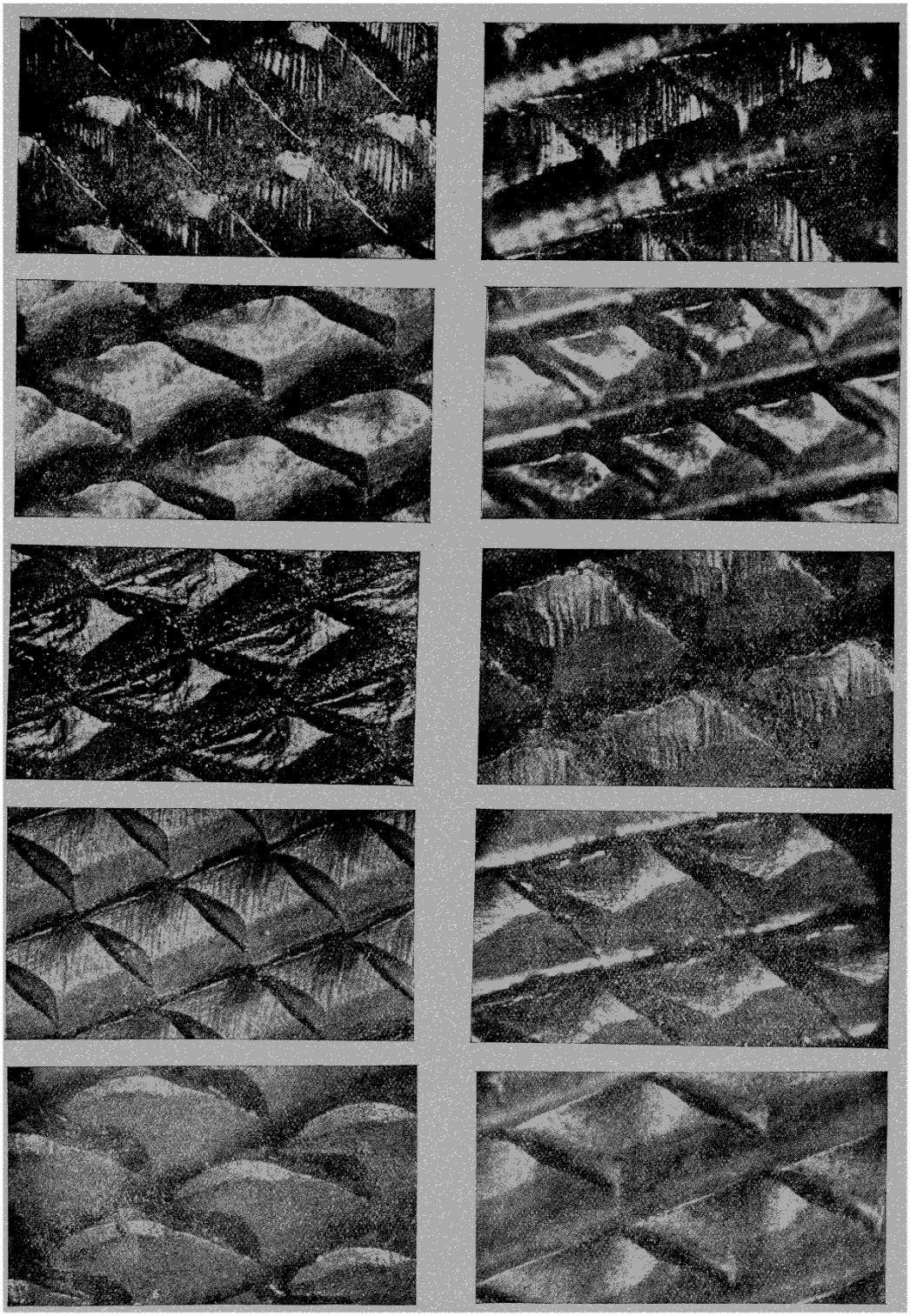


Fig. 243 à 252. — Photographies de 10 limes prises au hasard, montrant la diversité des formes des dents (10 diamètres environ).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME PARTIE. — USAGE DE LA LIME

## 53. — Usure des limes.

Tous les praticiens savent que plus le métal d'une lime est dur, mieux celle-ci résiste à l'usure.

On sait aussi que la lime s'use d'autant plus rapidement qu'elle lime des métaux plus durs ou contenant des parties plus dures.

Les fabricants de limes recherchent des aciers aussi durs que possible et s'appliquent à donner la trempe la plus convenable pour obtenir le maximum de dureté des dents.

Mais cette dureté est limitée : il ne faut pas qu'elle soit si excessive qu'elle

Fig. 253. — Portion d'une dent d'écouenne à sommet égrené (grossissement, 10 diamètres).

confine à la fragilité qui fait rompre les dents sous la pression vive que supporte toute lime en service.

Nous avons vu, chapitre 40, une lime dont le sommet des dents s'est écaillé dès le début de sa mise en service (fig. 214).

Cette cassure a détaché, du *front* des dents, un léger éclat, en forme d'écaille d'autant plus apparent à l'œil qu'on regarde la lime en bout, c'est-à-dire suivant sa longueur, la pointe tournée du côté de l'œil.

La figure 253 montre, au grossissement de 10 diamètres, une dent d'écouenne égrenée en service ; l'arête de la cassure, plus vive que le sommet primitif, donne souvent une meilleure coupe à la dent.

Lorsque les dents d'une lime en service ne se cassent pas, comme celles des figures 214 et 253, elles s'usent alors graduellement sur le métal limé, comme il en serait, mais plus rapidement, sur une meule de grès.

La figure 254 montre les dents usées d'une lime que l'ouvrier a cessé d'utiliser, son rendement étant devenu trop faible. On voit parallèlement à l'axe longitudinal de la lime, des stries semblables à celles que l'on observe sur les pièces métallique meulées.

Pour me renseigner d'une manière générale sur l'usure de la lime, j'ai choisi parmi des limes des une au paquet à taille croisée d'une très bonne marque, une lime particulièrement bien taillée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 253 est la photographie, au grossissement de 10 diamètres, d'une portion de surface de cette lime à taille croisée; la vue est prise du côté du *front des dents*, pour montrer la taille des dents et surtout l'acuité de leur sommet qui s'usera au limage.

Avec cette lime, j'ai limé à la machine de l'acier à 78 kg : mm² de résistance, sous une charge d'appui constante de 25 kg avec une course de 25 cm.

Tous les 1.000 coups de lime, j'ai recueilli et pesé la limaille produite par les 100 derniers coups, et j'ai enregistré le diagramme pour me permettre de calculer la quantité de travail dépensé pour produire 1 g de cette limaille.

Dès le début de l'essai, la première centaine de coups de lime a produit

Fig. 254. — Dents de lime usees (grossissement, 10 diamètres).

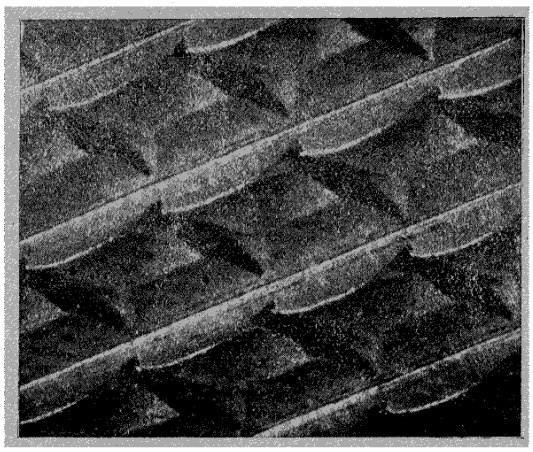


Fig. 255. — Lime neuve, vue du front des dents, pour montrer le degré d'acuité du sommet des dents (grossissement, 10 diamètres).

9,150 g de limaille et la dépense de travail a été de 113 kgm par gramme, c'est à-dire que, pour produire 1 g de cette limaille il fallait dépenser 113 kgm.

Avec 3.000 coups de lime, la production de limaille est tombée à 6,780 g pour 100 coups de lime, avec une dépense de 151 kgm par gramme de limaille.

L'usure est donc déjà sensible et laisse des traces au sommet des dents dont l'acuité est moindre qu'au début. La figure 256 est la photographie, au grossissement de 12 diamètres, prise après ces 3.000 premiers coups de lime; on constate que le sommet des dents présente des petites surfaces planes : ce sont les facettes d'usure avec de fines stries parallèles à l'axe longitudinal de la lime.

Après 10.000 coups de lime, la production de la limaille a été de 4,900 g pour 100 coups de lime avec une dépense de 181 kgm par gramme de limaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La photographie de la figure 257 montre qu'il y a agrandissement des facettes d'usure.

Après 15.000 coups de lime, la production de limaille est descendue à 4,500 g par 100 coups de lime, avec une dépense de travail de 190 kgm par

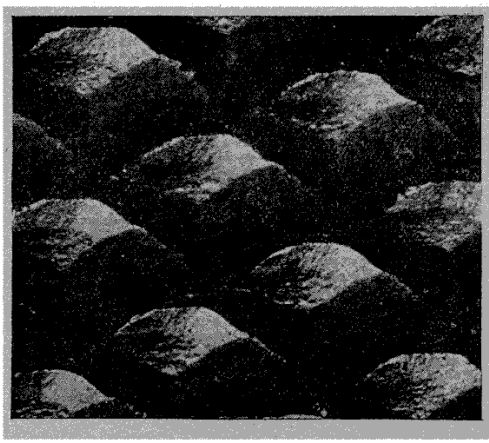


Fig. 256. — Usure du sommet des dents après 3.000 coups de lime (grossissement, 10 diamètres).

Fig. 257. — Usure au sommet des dents après 10.000 coups de lime (grossissement, 10 diamètres).

Fig. 258. — Usure du sommet des dents après 15.000 coups de lime (grossissement, 10 diamètres).

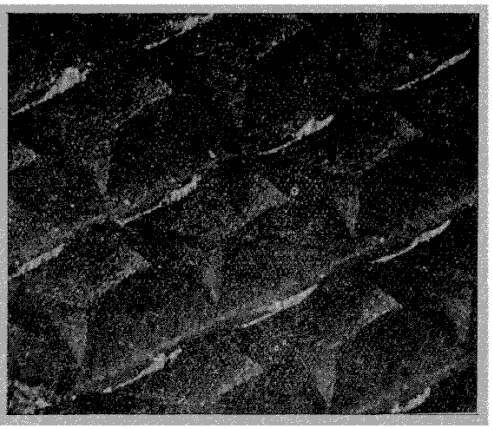


Fig. 259. — Usure du sommet des dents après 20.000 coups de lime (grossissement, 10 diamètres).

gramme de limaille. La figure 258 montre l'usure des dents à cette période d'essai.

Après 20.000 coups de lime, la production a été de 4,100 g par 100 coups de lime, avec une dépense de travail de 200 kgm par gramme de limaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 259 est la photographie prise à cette nouvelle période de l'essai.

Après 25.000 coups de lime, la production de la limaille a été de 3,850g par 100 coups de lime ; la dépense de travail a été de 213 kgm ; la figure 260 est la photographie prise à la fin de cet essai continu d'usure normale.

On constate sur cette dernière photographie, plus facilement encore que sur les précédentes, l'augmentation graduelle des facettes d'usure, les stries parallèles, et aussi les dimensions un peu inégales de ces zones d'usure; cette inégalité tenant surtout à la hauteur inégale du sommet des dents, comme nous l'avons vu au chapitre 41.

La figure 261 donne le graphique de cet essai continu d'usure normale, d'une bonne lime jusqu'à 25.000 coups de lime. Ce graphique permet de constater d'un seul coup d'œil la chute de production de la limaille et l'augmentation de dépense du travail au fur et à mesure de l'usure de la lime.

Ce nombre de 25.000 coups de lime peut correspondre à l'emploi normal pendant deux journées de 10 heures environ.

A cette période d'usure, la lime produit de la limaille dont le prix de revient est de 53,25 fr le kilogramme.

En effet, l'ouvrier produisant environ 2 kgm par seconde, comme nous l'avons vu, le prix de la main-d'œuvre étant de 0,90 fr l'heure et les frais généraux comptés ordinairement pour la même valeur, les 7.200 kgm produits à l'heure par l'ouvrier limeur coûtent 1,80 fr, soit 0,25 fr les 1.000 kgm [42].

La production de 1 kg de limaille exigeant une dépense de 213.000 kgm à 0,25 fr les 1 000 kgm, cela fait 53,25 fr.

Quand la lime était neuve la limaille revenait à 28,25 fr le kilogramme. Avec une autre lime semblable, j'ai obtenu un meilleur rendement : 87 kgm, soit 21,75 fr le kilogramme de limaille.

Le prix de la limaille revient donc, après 25.000 coups de lime, au double du prix de la limaille produite par la lime neuve.

On voit combien l'intérêt économique exige l'emploi de bonnes limes et seulement pendant le temps d'usage qui leur permet le meilleur rendement; il est donc économique d'abandonner une lime bien avant qu'elle ne soit complètement usée.

En pratique, il est difficile d'estimer à quel moment l'ouvrier doit cesser d'utiliser une lime en service depuis un certain temps.

Ainsi j'ai usé une lime analogue à la précédente, jusqu'à ne plus donner que 1g de limaille pour 100 coups de lime sur de l'acier à 100 kg:mm² de résistance.

La figure 262 montre l'usure excessive des dents à cette période d'usure,

(42) Ces prix sont ceux d'avant-guerre; actuellement, en 1930, la main-d'œuvre de l'ajusteur est sept fois chère.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et cependant, à l'essai à la main, cette lime donnait la sensation d'une morsure effective sur le métal quoiqu'en fait il n'y ait, en production de limaille, qu'une infime poussière.

Fig. 260. — Usure du sommet des dents après 25.000 coups de lime (grossissement, 10 diamètres).

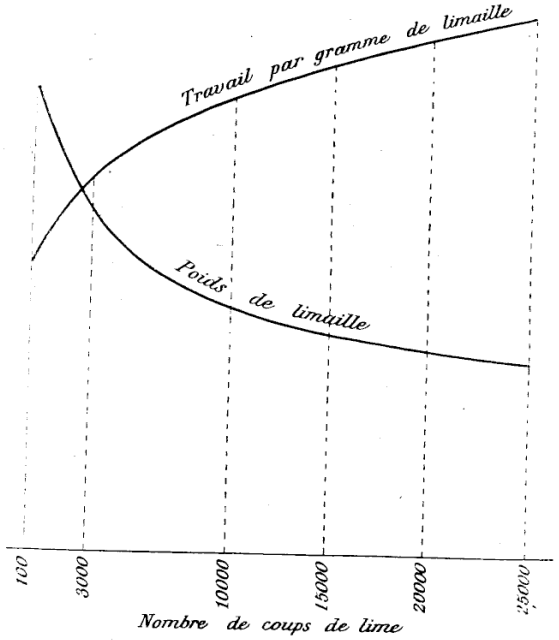



Fig. 261. — Graphique d'un essai continu d'usure normale d'une lime à taille croisée.
En abscisses : le nombre de coups de lime jusqu'à 25.000;
En ordonnées : 1° le poids de limaille de 100 coups de lime, relevé à chaque mille, à raison de:
1 cm de hauteur par gramme de limaille;
2° le travail correspondant dépensé, à raison de 1 mm d'ordonnée pour 2 kgm.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 263 est la photographie d'une dent de cette lime, prise au microscope au grossissement de 70 diamètres, pour montrer les stries d'usure.

### 54. — Formation des traits de lime.

Quand l'ouvrier a posé sa râpe ou sa lime sur l'ouvrage à limer, il effectue d'abord un effort d'appui des deux mains pour faire pénétrer les dents de

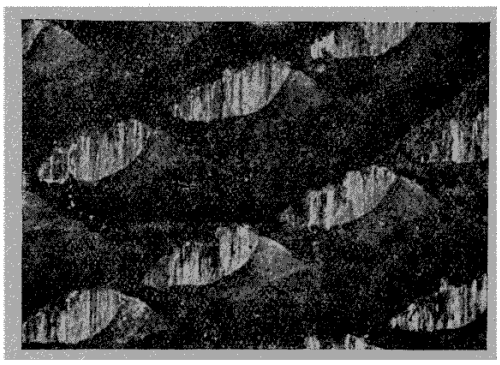


Fig. 262. — Usure excessive du sommet des dents d'une lime (10 diamètres).

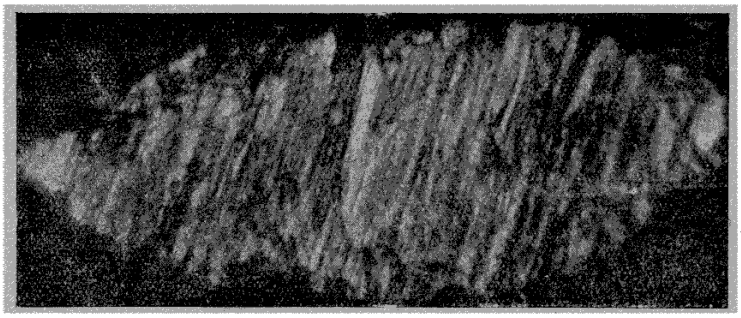


Fig. 263. — Zone d'usure d'une dent vue au microscope (70 diamètres).

l'outil dans la matière à enlever. Sous cet effort d'appui, le sommet de la dent tend à refouler latéralement la matière ; il y a une déformation élastique locale d'autant plus réduite que le sommet de la dent est plus aigu, puis une déformation permanente, c'est-à-dire une *empreinte de la dent*, d'autant plus profonde que la dent est plus aiguë.

Dès que l'ouvrier pousse sa lime à bois ou à métal, les dents engagées refoulent devant leur front le petit grain de limaille jusqu'à ce qu'il soit détaché.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme nous l'avons vu au chapitre 42, la vitesse de la lime a une influence marquée sur la production de la limaille ; dans certains cas, on constate que l'empreinte de la dent n'étant d'abord qu'une déformation élastique de la matière, la *poussée en vitesse* de la dent produit alors une déformation permanente et, par suite, le détachement d'une parcelle de métal ; ce détachement n'aurait pu s'effectuer par la simple déformation élastique initiale.

Les figures 264 à 266 montrent, au grossissement de 10 diamètres, la photographie du limage à la râpe d'un morceau de chêne dans trois directions différentes, le détachement du copeau s'effectuant de façon différente suivant la direction de la lime par rapport au sens des fibres du bois.

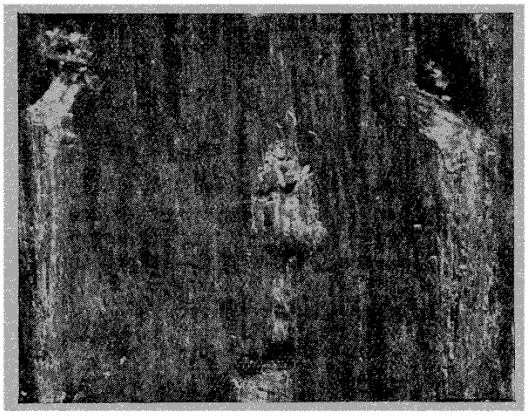


Fig. 264. — Limage à la râpe d'un morceau de chêne dans le sens longitudinal des fibres (10 diamètres).

Les figures 267 et 268, au grossissement moindre, de 3,5 diamètres environ, donnent les photographies du râpage d'un morceau de bois de sapin.

Les dents des limes ayant des formes très variées, leurs empreintes sont aussi très variées.

La forme et le volume d'une empreinte dépendent de la dureté de la matière limée, de l'effort d'appui sur la lime, du nombre de dents en prise avec la surface limée, de la forme et des dimensions de ces dents et surtout de leur degré d'acuité.

Sous la pression d'appui, effectuée par les deux mains de l'ouvrier, les dents de la lime s'enfoncent légèrement en refoulant latéralement le métal limé ; mais toute cette déformation est élastique et si l'ouvrier, sans pousser la lime, cesse la presssion d'appui, cette déformation cesse instantanément.

Plus les dents sont écartées les unes des autres, plus la pression locale est élevée et plus la déformation élastique est importante.

Si alors l'ouvrier pousse très lentement sa lime, les dents se déplacent et la déformation élastique suit le mouvement.

Mais si, au lieu d'être lent, le mouvement de la lime a une rapidité suffisante, le métal, par inertie, oppose une résistance au front de la dent : il n'y a plus glissement des dents mais cisaillement du métal qu'elles repoussent devant elles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les copeaux détachés sont d'autant plus petits que les dents sont nombreuses pour une surface donnée.

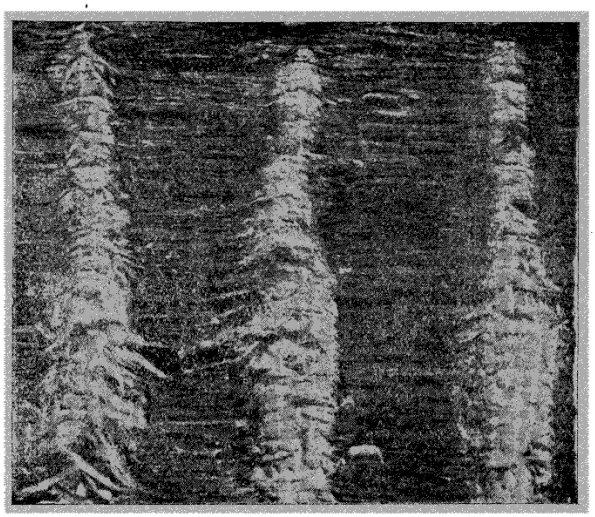


Fig. 265. — Limage à la râpe d'un morceau de chêne dans le sens transversal des fibres (10 diamètres).

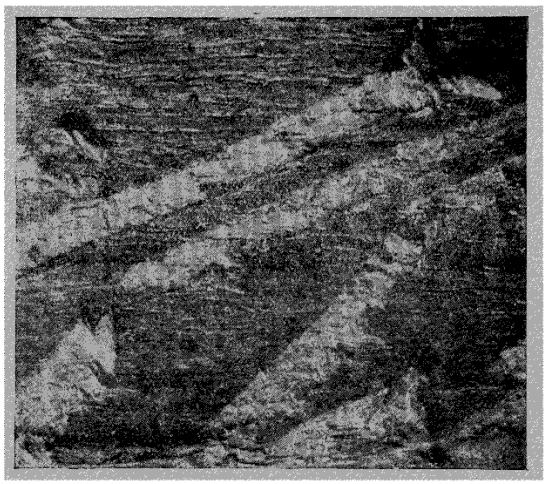


Fig. 266. — Limage à la râpe d'un morceau de chêne dans le sens oblique aux fibres (10 diamètres).

La figure 269 montre la genèse du trait de lime sur de l'acier doux; on voit, latéralement au trait de lime, la déformation par traction du métal.

La figure 270 montre la genèse du trait de lime sur la fonte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux photographies sont au grossissement de 50 diamètres.

Les déformations du métal seront expliquées en détail, dans une prochaine étude sur la coupe des outils.

La figure 271 montre, au grossissement de 10 diamètres, la photographie d'un coup de lime bâtarde sur une surface d'acier doux et d'une course très réduite, environ 2 mm; on constate l'inégalité sensible de la largeur des traits de lime : les sommets des dents ne se trouvant pas de même hauteur, ils pénètrent à des profondeurs différentes.

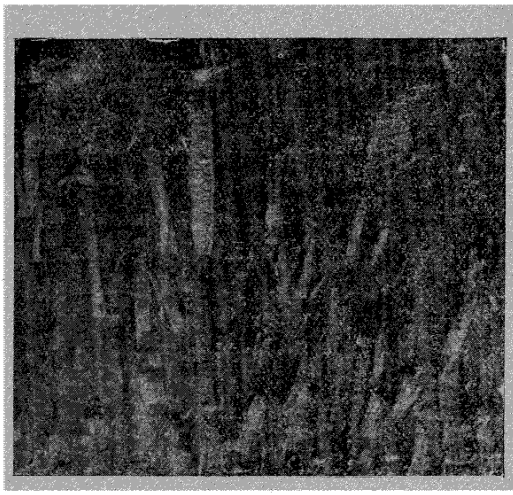


Fig. 267. — Limage à la râpe d'un morceau de sapin dans le sens longitudinal des fibres (3,5 diamètres).

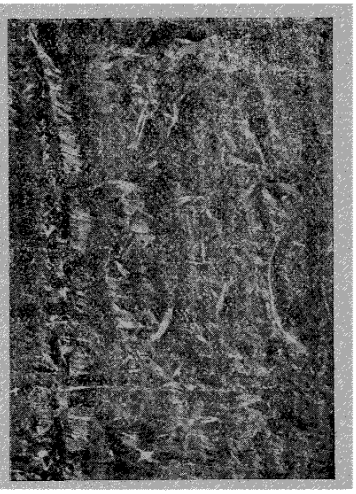


Fig. 268. — Limage à la râpe d'un morceau de sapin dans le sens transversal des fibres (3,5 diamètres).

### 55. — Formes diverses des grains de limaille.

Pour un même métal limé, les parcelles détachées par les dents des limes sont de formes variées.

Les unes ont l'aspect de longs copeaux, sortes de bandes étroites enroulées sur elles-mêmes en forme de vrille, plus petites mais analogues aux copeaux détachés par les outils de nos tours, raboteuses, etc. : le métal enlevé paraît avoir été *coupé*.

La figure 272 montre quelques-uns de ces copeaux en vrille, photographiés au grossissement de 10 diamètres et provenant d'un limage d'acier demi-dur avec une écouanne neuve.

D'autres parcelles ont l'aspect de grains, à forme compacte plissée et recoquillée, comme on le voit sur la figure 273, au même grossissement que la précédente; le métal enlevé paraît avoir été *arraché* et *comprimé*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces grains de limaille, à forme compacte, sont parfois de dimension assez réduite pour présenter à l'œil l'aspect de poussière métallique.

La figure 274 montre cette poussière de limaille produite sur de l'acier doux par la lime usée, représentée figure 254.

La figure 275 montre cette limaille fine, adhérente aux dents de la lime par suite d'aimantation.

Dans le limage, la plus grande partie de la limaille produite est projetée

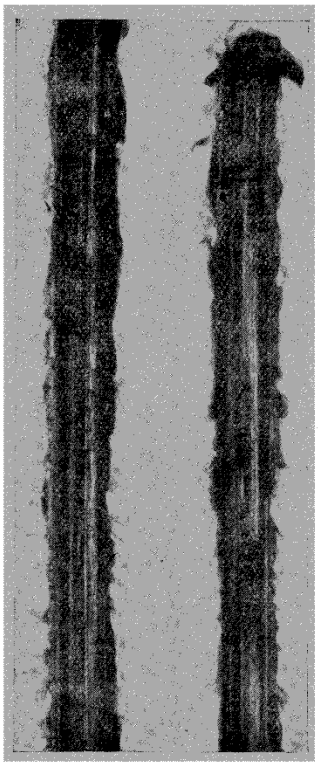


Fig. 269. — Genèse du trait de lime dans l'acier doux (50 diamètres).

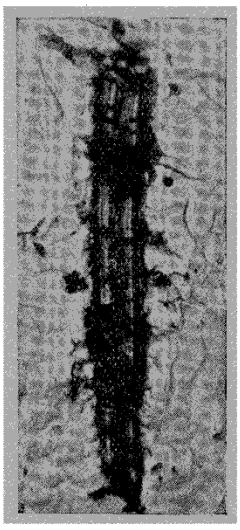


Fig. 270. — Genèse du trait de lime dans la fonte (50 diamètres).

par la lime en avant de la pièce limée, mais la lime retient, entre ses dents, une certaine quantité de limaille.

Cette quantité de limaille ainsi retenue varie avec la forme et l'écartement des dents, la dimension de la taille et sa profondeur, l'état hygrométrique et surtout le degré d'aimantation de la lime, la nature du métal limé, la dimension des copeaux, etc.

Au coup de lime suivant, une partie de cette limaille retenue se détache

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

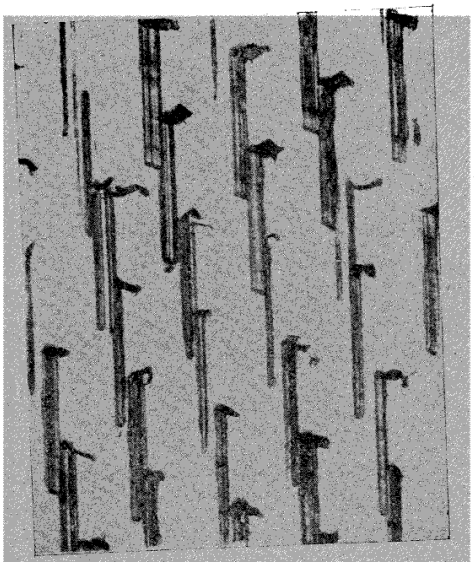


Fig. 271. — Coup de lime d'une bâtarde sur de l'acier doux : les traits de lime ont une largeur différente (10 diamètres).

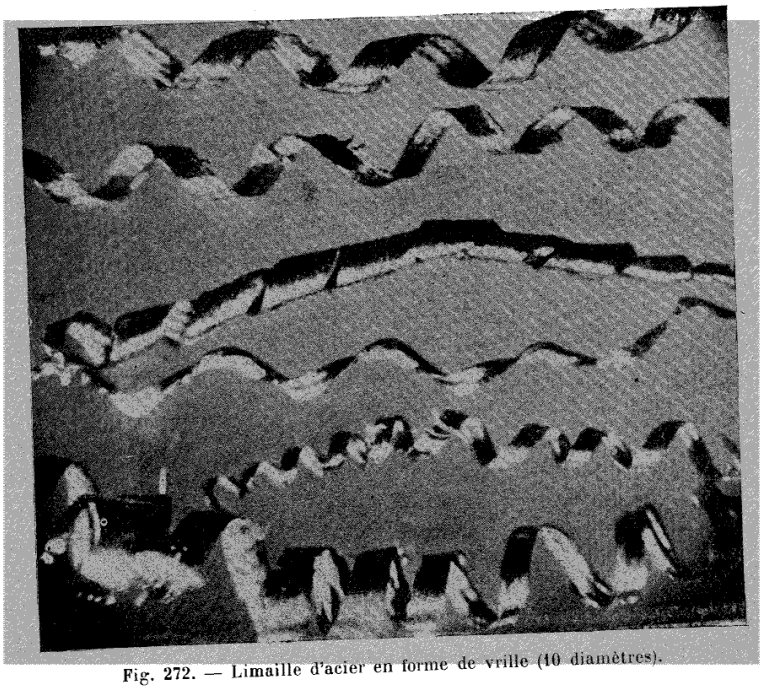


Fig. 272. — Limaille d'acier en forme de vrille (10 diamètres).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des dents et tombe en *arrière* de la pièce limée, par conséquent avant que celles-ci n'attaquent à nouveau le métal.

Dans quelques cas, j'ai pesé la limaille tombée en avant et celle tombée en arrière.

Avec une lime des une j'ai trouvé 30 g de limaille recueillie en avant et

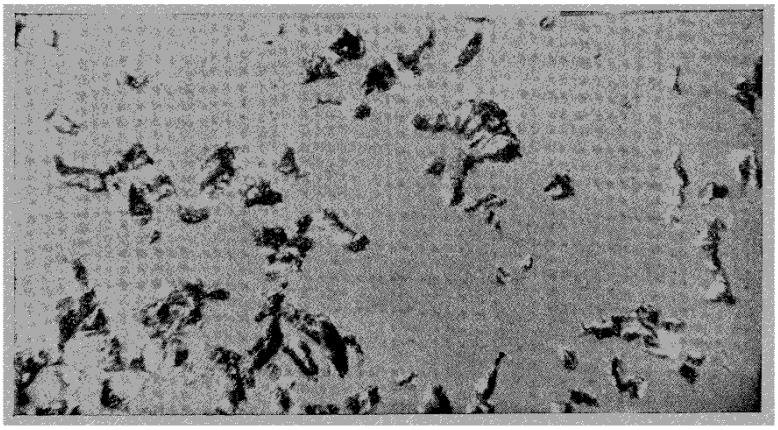


Fig. 273. — Limaille d'acier en forme de grains (10 diamètres).

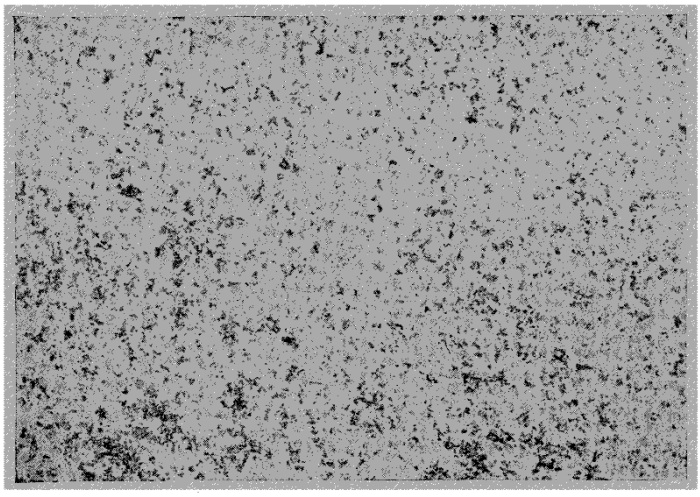


Fig. 274. — Limaille d'acier en forme de poussière (5 diamètres).

6 g de limaille recueillie en arrière par 100 coups de lime sous une charge d'appui de 100 kg et 7,150 g et 1,450 g par 100 coups de lime sous charge d'appui de 25 kg. Ces essais, effectués par la même lime sur un même acier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à 78 kg:mm². Dans ces deux observations, le rapport des deux poids de limaille est de $\frac{1}{5}$.

Avec une autre lime semblable j'ai trouvé le rapport de $\frac{1}{3}$.

Enfin, avec une troisième lime semblable, mais sur de l'acier très dur à 144 kg:mm², j'ai trouvé 4,850 g de limaille en avant et 0,210 g en arrière; la limaille plus fine tombe facilement; le rapport cette fois n'est que de $\frac{1}{24}$.

Fig. 275. — Limaille fine adhérente aux dents de la lime par l'effet d'une aimantation.

Voici quelques indications sur la quantité tombée; mais pour connaître la quantité qui reste j'ai cardé des écouannes de dimension analogue et j'ai recueilli 0,100 g, 0,200 g, 0,500 g de limaille. Avec une de ces écouannes enduite d'huile, au cardage, j'ai recueilli 3,350 g de limaille agglomérée, et à l'essai, sous la même charge d'appui, l'effort de poussée avait baissé d'un tiers.

Nous avons vu, chapitre 43, que le degré de dureté de l'acier limé a une grande influence sur la forme de la limaille. Les praticiens savent que les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

métaux différents se coupent aussi différemment : le plomb ne se coupe pas comme le cuivre, le cuivre comme le laiton, etc.

Nous avons vu aussi que les formes initiales des dents des limes ont une très grande influence, ainsi que leur degré d'usure, sur la forme de la limaille produite.

### 56. — Appréciation erronée de la qualité d'une lime d'après l'aspect de la limaille qu'elle a produite.

La forme des grains de limaille devrait, d'après les indications données au chapitre précédent, permettre d'apprécier la qualité de la lime qui a produit cette limaille.

Pour permettre de se renseigner sur le degré d'exactitude de l'appréciation qu'on peut tirer de l'aspect de la limaille pour déduire la qualité de la lime, j'ai réuni une collection de limailles provenant de quatre métaux différents :

1° acier demi-dur de 55 à 60 kg : mm² de résistance ;

2° cuivre rouge de 21,50 kg : mm² de résistance et de 40 p. 100 d'allongement total (sur 200) ;

3° laiton de 31 kg : mm² de résistance et de 60 p. 100 d'allongement total (sur 200) ;

4° fonte mécanique de 21 kg : mm² de résistance à la traction.

Le limage a été effectué à la machine, avec des limes neuves de provenances diverses.

La pression d'appui sur la lime a été constante pour chaque essai et de 25 kg pour l'acier, le cuivre rouge et la fonte, et de 30 kg pour le laiton.

La photographie de ces limailles a été prise au grossissement uniforme de 5 diamètres.

J'ai classé ces photographies (fig. 276 à 298) dans l'ordre du rendement de la lime, c'est-à-dire de la quantité de travail dépensée par gramme de limaille produite, en commençant par la limaille de la meilleure lime.

A l'examen de ces photographies, on s'attend à trouver de la limaille en copeaux en vrille d'autant plus grands que la lime a donné un meilleur rendement, car on sait que les outils de tour, raboteuse, etc., donnent cette forme de copeaux lorsqu'ils coupent bien le métal.

Or il n'en est rien : les meilleures limes actuelles n'ont pas leur limaille du meilleur aspect ; en général, la limaille d'un même métal par une même lime est de forme hétérogène, ainsi qu'on le voit sur la figure 277.

Il n'est donc pas possible d'apprécier exactement la qualité d'une lime d'après l'aspect de sa limaille ; tout au plus, peut-on en déduire une vague présomption de cette qualité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUIÈME PARTIE. — ESSAI DES LIMES

## 57. — Utilité de l'essai des limes.

Les consommateurs de limes ont un très grand intérêt à vérifier la qualité

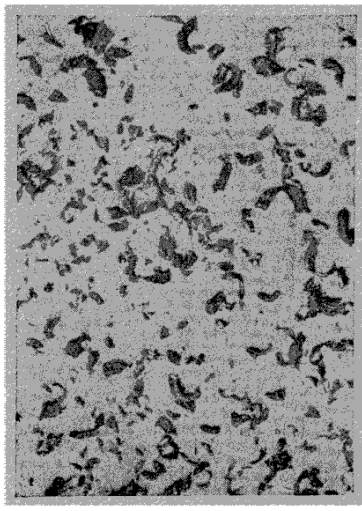


Fig. 276. — Limaille d'acier demi-dur (5 diametres) (dépense de travail 83 kgm).

Fig. 277. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 91 kgm).

Fig. 278. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 97 kgm).

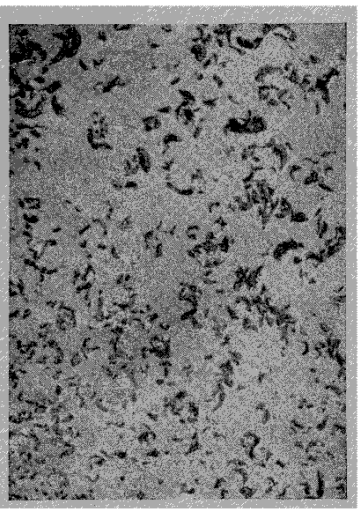


Fig. 279. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 112 kgm).

des limes qu'ils achètent puisque, comme nous l'avons vu, leur rendement varie dans de grandes proportions, parfois du simple au quaduple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les fabricants de limes ont aussi un grand intérêt à évaluer la qualité des limes qu'ils produisent, d'abord pour savoir si celles qu'ils livrent répondent

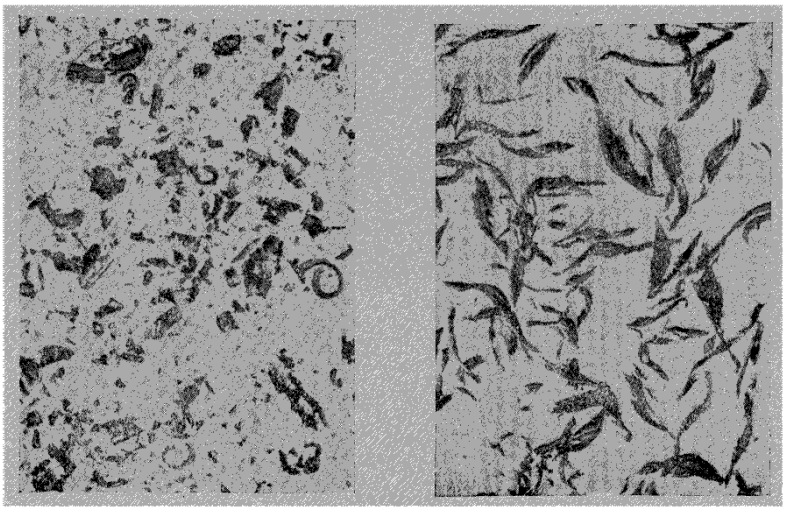


Fig. 280. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 115 kgm).

Fig. 281. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 115 kgm).

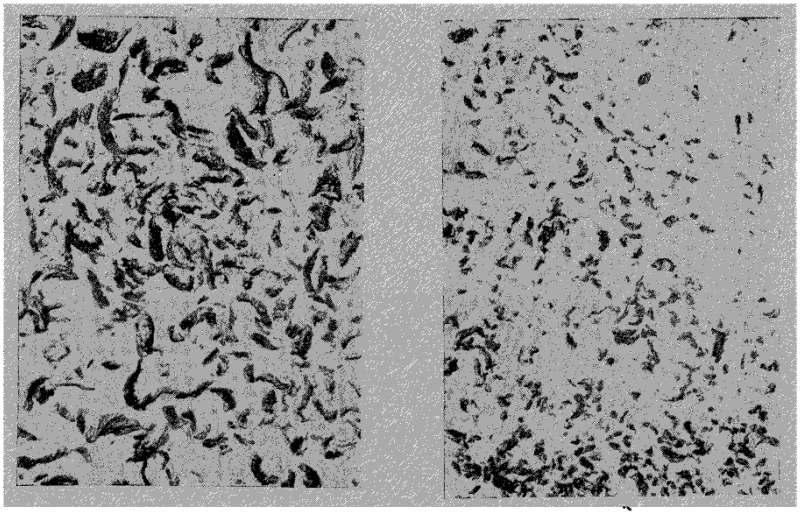


Fig. 282. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 130 kgm).

Fig. 283. — Limaille d'acier demi-dur (5 diamètres) (dépense de travail 150 kgm).

aux conditions imposées et ensuite pour guider leur fabrication dans le but de l'améliorer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Rappelons qu'en principe, pour apprécier la valeur économique d'une lime, il faut tracer le *graphique* de l'essai continu d'usure normale de la lime,

Fig. 284. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 82 kgm).

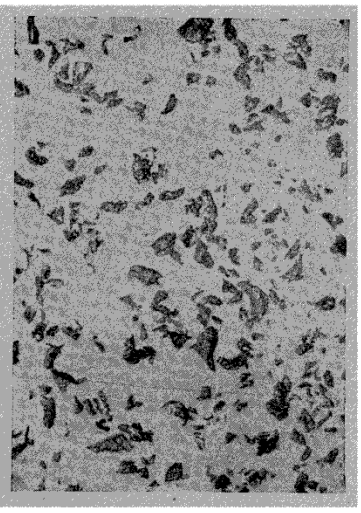


Fig. 285. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 87 kgm).

Fig. 286. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 90 kgm).

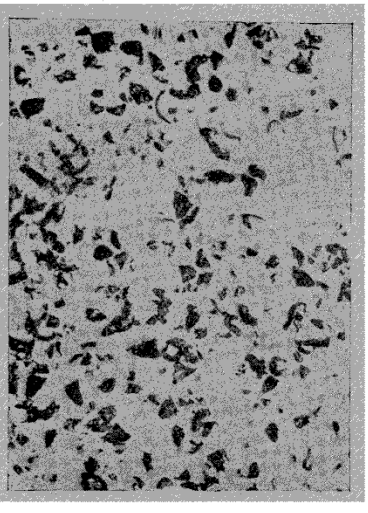


Fig. 287. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 100 kgm).

sous charge d'appui déterminée et constante et avec une course fixée, ce graphique donnant le poids de la limaille produite, par exemple par chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

centaine de coups de lime et la *dépense de travail* correspondante (fig. 261) et cet essai doit être continué jusqu'à l'usure totale de la lime.

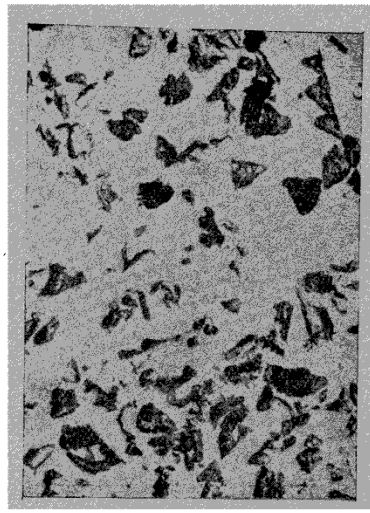


Fig. 288. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 106 kgm).

Fig. 289. — Limaille de cuivre rouge (5 diamètres) (dépense de travail 106 kgm).

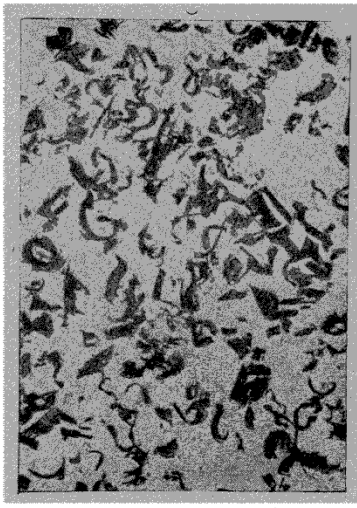


Fig. 290. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 63 kgm).

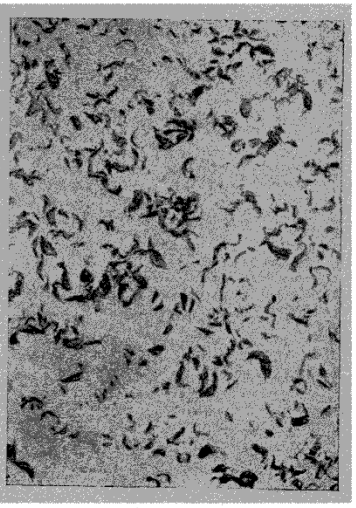


Fig. 291. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 65 kgm).

Ce graphique comporte la mesure du rendement, qui dépend plus spécialement de la forme des dents donnée par la taille, et l'évaluation de la durée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la lime, sa résistance à l'usure dépendant surtout de la qualité de l'acier, de sa dureté; il est bien entendu que, par qualité de l'acier de la lime, il ne

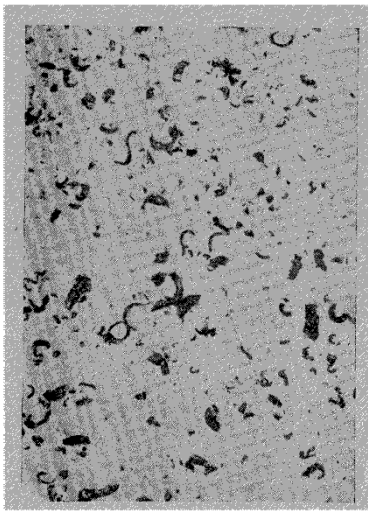


Fig. 292. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 72 kgm).

Fig. 293. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 102 kgm).

Fig. 294. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 112 kgm).

Fig. 295. — Limaille de laiton (5 diamètres) (dépense de travail 145 kgm).

s'agit pas seulement de la qualité initiale de l'acier employé, mais surtout de celle que la lime finie présente à l'essai, c'est-à-dire après avoir subi tous les traitements mécaniques et thermiques, notamment la trempe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 58. — Anciennes méthodes empiriques d'essai des limes.

Depuis longtemps l'essai des limes était confié aux ouvriers ajusteurs

Fig. 296. — Limaille de fonte (5 diamètres) (dépense de travail 71 kgm).

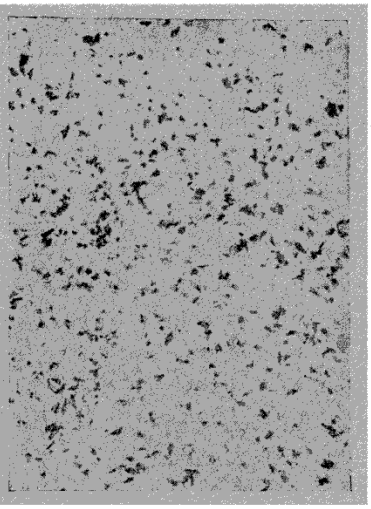


Fig. 297. — Limaille de fonte (5 diamètres) (dépense de travail 111 kgm).

Ceux-ci, en limant à l'étau, appréciaient plus ou moins approximativement le mordant de la lime et en déduisaient comparativement la qualité relative au rendement.

Pour se renseigner sur la dureté de la lime et, par suite, sur sa durée probable en service, l'ouvrier limait sur des corps plus durs que le métal habituellement limé : des croûtes de pièces fondues, des aciers légèrement trempés, tels que des lames de scie, etc.

Si les dents de la lime ainsi essayée résistaient ou s'égrenaient, on admettait alors que la dureté était suffisante; si, au contraire, l'extrémité des dents s'émoussait et blanchissait, c'est que la lime n'avait pas assez de dureté.

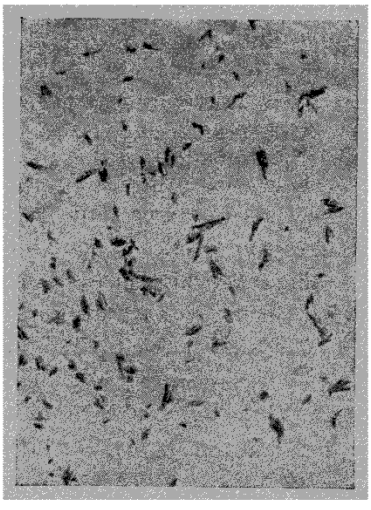


Fig. 298. — Limaille de fonte (5 diamètres) (dépense de travail 182 kgm).

C'est probablement à la suite d'essais de ce genre que, le 21 septembre 1801, les limes de Raoul, ainsi que je l'ai rapporté plus haut (chap. 10), furent déclarées de qualité supérieure aux



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

limes anglaises; le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, qui nous parle de ces essais, ne nous renseigne pas sur les procédés employés pour l'essai de ces limes [43].

Mais le *Bulletin* de cette société nous donne en 1817 (t. XVI, p. 28) le détail des essais de limes effectués par une commission, et ce sont les procédés d'essais primitifs que nous venons d'indiquer, qui nous sont donnés dans le texte ainsi publié :

« Une commission, composée de MM. Gillet de Laumont, Baillet et Regnier (rapporteur) a été chargée d'examiner les limes présentées par M. Saint-Bris, propriétaire et fondateur de la manufacture de limes d'Amboise (Indre-et-Loire).

« Il a été remis à une fabrique d'ornements en bronze, des limes en paille, pour être employées sur le cuivre, au sortir de la fonte.

« Ces limes, quoique dures, ont un peu blanchi; elles partagent ce défaut avec celles d'Allemagne; mais, employées ensuite sur le fer et l'acier, elles ont fait un très bon usage. Les limes bâtardes et douces résistent davantage; néanmoins elles blanchissent aussi en limant le cuivre au sortir du sable; les limes anglaises ne résistent pas mieux à cette rigoureuse épreuve...

« Un ébéniste a limé avec un tiers-point quatre lames de scie; il n'a employé qu'un angle de la lime, et cet angle peut encore tailler d'autres scies. Les râpes qui lui ont été remises ont servi à râper du buis; elles sont mordantes et de bonne qualité. »

Plus tard, en 1838, l'Administration de l'Artillerie française établit, pour les limes, les conditions de recettes suivantes :

Réception des limes [44].

« Pour s'assurer de la bonne qualité des limes, on examine d'abord si « elles sont droites et non voilées, si elles n'ont ni pailles, ni gerçures, si la « taille est régulière et si les dents sont exemptes de bavures dites *rebarbes*.

« On les éprouve sur un morceau d'acier de cémentation recuit au rouge « brun; elles doivent y bien mordre dans toute leur étendue, tant par le plat « que par les angles; elles ne doivent pas mordre en reculant ni former de « *sillons* ou *voies*; elle ne doivent pas non plus dévier de la direction que « leur imprime la main de l'ouvrier.

« En les tirant à rebours, l'extrémité des dents ne doit pas être refoulée, « mais résister et casser net, ce qu'on appelle *grener*.

« On casse quelques limes dont on travaille l'acier à la forge, pour recon-

(43) *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, t. I, 1802, p. 57.

(44) Procédés de fabrication dans les Forges. Extrait du cours sur le service des officiers d'artillerie approuvé par le Ministre de la Guerre le 3 août 1838, p. 264.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« naître s'il est d'un travail facile, s'il se soude bien; on en fait des « outils, tels que burins, ciseaux, etc., qu'on éprouve après qu'ils ont été « trempés. »

CAMUS [45], ancien fabricant de limes, donne, en 1846, une méthode d'épreuve des limes, basée, comme la précédente, sur l'essai de la qualité de l'acier, sans s'inquiéter du rendement possible.

Il dit de serrer dans l'étau un morceau d'acier fondu aussi dur que possible — mais non trempé — et d'essayer la lime, sur cette barrette de 8 mm d'épaisseur, de la manière suivante :

« Placez-la à plat, le bas de la taille sur l'arête de l'acier d'essayage; « pressez légèrement en la tirant en arrière, mais par un mouvement de tor- « sion sans presque la déplacer, afin d'en faire égrener la taille, mais le « moins possible : c'est seulement pour vous assurer que la dent égrène, « bien que ce soit avec un peu de résistance : cela prouve que la lime est « dure et que l'acier a conservé du corps. Faites-lui subir la même épreuve « au milieu de sa longueur et à la pointe, sur chacun des deux plats. Vous « avez dû remarquer que la résistance de l'égrenure était bien égale de la « pointe au talon de la taille; c'est la preuve du degré uniforme de dureté, « et vous êtes assuré que la lime égrène et qu'elle ne blanchira pas en s'en « servant, si toutefois la fleur de la taille a toute la vivacité désirable, ce dont « vous devez vous rendre compte en donnant un coup de lime de la pointe à « la queue, comme si vous vouliez limer à plat le champ du morceau d'acier « d'essayage; vous devez sentir si la lime *grippe* bien, mais en enlevant « presque la lime, afin de ne pas l'égrener dans toute sa longueur et aussi « pour ne pas trop fatiguer la fleur de la taille qui est si indispensable pour « limer les métaux gras, tels que le cuivre, l'or, l'argent, etc. »

### 59. — Appréciation de la qualité d'une lime par l'ouvrier limeur.

Il est d'usage, chez les marchands de limes, de donner des échantillons à l'essai, pour permettre aux consommateurs d'apprécier la bonne qualité de leur marque et de se réserver des commandes.

Comment les consommateurs opèrent-ils pour estimer la qualité des limes qu'on leur soumet?

Il paraît, d'après les renseignements que j'ai pu recueillir, que, dans la plus grande partie des cas, le consommateur remet ces limes à ses ouvriers pour s'en servir en travail courant.

Or, il est extrêmement rare que l'ajusteur lime toujours des pièces sembla-

(45) CAMUS, *L'Art de tremper les fers et les aciers*, Rocroi, 1846, p. 303.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bles, en même métal, etc., l'appréciation de la qualité du rendement de la lime échappe donc dans cet essai, puisque les essais effectués ne sont pas comparables.

Nous avons vu que l'appréciation de la qualité d'une lime par l'aspect de la limaille qu'elle produit est un procédé défectueux.

L'estimation de la qualité de la lime, au point de vue de sa durée, est aussi peu probante, parce que l'usure variera avec la matière que l'ouvrier aura à limer; si son travail exige qu'il écroûte de la fonte; qu'il lime de l'acier hétérogène contenant des grains plus durs, ou le champ d'une tôle, etc., il y aura une destruction prématurée des dents.

L'impossibilité d'évaluer pratiquement la qualité d'une lime par son usage dans un travail courant a déterminé la grande masse des consommateurs à donner leurs commandes de limes au marchand qui propose le plus bas prix et souvent à celui qui a les meilleures relations.

Dans ces conditions, le fabricant n'a aucun intérêt à améliorer sa fabrication, mais seulement à faire baisser son prix de revient au détriment de la qualité. Il compte d'ailleurs sur une publicité étendue, l'envoi de prospectus annonçant une durée illimitée de ses limes et leur production de limaille en quantité exagérée J'ai vu un prospectus qui annonce la production de 240 kg de limaille avec la lime préconisée, quand un autre fabricant, et des meilleurs, se contente d'annoncer 4 kg de limaille.

Cependant, certains petits patrons consommateurs, et ce fut longtemps mon cas, essaient les limes qu'on leur propose en les comparant à une lime de la marque dont ils se servent habituellement, et cela de la façon suivante : sur un *même* morceau d'acier doux, serré dans l'étau, ils liment alternativement avec la lime proposée et avec la lime habituelle, recommençant tantôt avec l'une tantôt avec l'autre, jusqu'à ce qu'ils croient avoir pu, par la résistance et l'effort antagoniste opposé, distinguer celle des deux limes comparées qui possède le meilleur *mordant*.

Puis, pour apprécier la dureté de la lime, on l'essaie sur du métal très dur et on examine l'effet produit sur la pointe des dents en regardant la lime suivant son axe longitudinal et dans les deux sens.

Si les dents sont trop molles, quand on regarde la lime en bout, le manche tourné vers l'œil, on constate que les dents ont leur extrémité blanchie et émoussée; si les dents sont assez dures, quand on regarde la lime encore en bout, mais dans l'autre sens, c'est-à-dire la pointe tournée vers l'œil, on constate que des dents sont égrenées · le front de ces dents s'est écaillé comme nous l'avons vu (fig. 214).

Pour me renseigner sur le degré d'exactitude qu'on peut attribuer à cette méthode empirique, j'ai fait l'expérience suivante :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les limes dont je connaissais exactement le rendement, j'en ai choisi deux portant les numéros 22 et 23.

Ces limes essayées sur la machine de la figure 209, ont donné les résultats suivants :

Sous une même charge d'appui de 25 kg, avec la même course de 20 cm, et sur le même morceau d'acier :

la lime n° 22 a exigé un effort de poussée de 34 kg,
la lime n° 23 — — 33 kg.

Après un travail de 200 coups de lime dans ces conditions, la production de la limaille recueillie a été de :

19,370 g pour la lime n° 22.
12,210 g — n° 23.

Le calcul déduit de ces chiffres une dépense de :

91,55 kgm de travail pour produire 1 g de limaille avec la lime n° 22.
142,50 kgm — — 1 g — n° 23.

L'écart entre les rendements de chacune de ces deux limes est donc de plus de 50 p. 100.

J'ai donné ces deux limes à essayer comparativement aux deux ouvriers A et F qui m'ont montré le plus de différence de rendement dans mes essais antérieurs (chap. 27).

Or, après des essais réitérés sur le même morceau d'acier doux, chacun de ces ouvriers m'a déclaré qu'il ne trouvait presque pas de différence de mordant entre ces deux limes, qu'il les considérait comme de même valeur, mais que s'il y avait une différence, ce serait en faveur de la lime n° 22.

J'ai recommencé l'expérience 4 mois plus tard, et j'ai trouvé le même résultat. Malgré un écart de rendement de plus de 50 p. 100 deux ouvriers compétents n'ont pas été capables de distinguer la meilleure des deux limes essayées.

Il est tout aussi impossible à l'ouvrier d'estimer la durée d'une lime, parce que, en pratique, il y a trop d'éléments variables : variations des efforts des ouvriers, variations du genre et des conditions du limage, etc.

En fait, l'ouvrier peut, tout au plus, estimer, et cela avec plus ou moins d'exactitude, dans deux essais comparatifs, quelle est la lime qui a plus de mordant que l'autre; mais le résultat pratique lui échappe, même quand sa compétence et sa bonne foi ne peuvent être suspectées.

Le jugement arbitraire de l'ouvrier à l'aide de ces méthodes empiriques ne peut donc être admis pour l'essai des limes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette conclusion rejetant la méthode d'essai de la lime par la main de l'ouvrier a conduit à recourir à l'essai par un procédé mécanique.

### 60. — Essai des limes à la machine.

Un mécanicien anglais de Manchester, EDWARD HERBERT, a imaginé, en 1905, une machine à essayer les limes.

Dans cette machine [46] la lime à essayer est fixée entre deux poupées solidaires d'une plate-forme soumise à un mouvement alternatif.

Une barre du métal à limer est guidée par des rouleaux et pressée en bout contre la lime par un poids fixé au bout d'une chaîne passant sur une poulie.

La coupe de la lime essayée sur cette barre se fait pendant la course avant comme dans le travail manuel ; au retour de la lime, la pression de la barre de métal ne s'exerce pas.

Un appareil enregistreur relève le diagramme de l'opération. Le tambour tourne proportionnellement au nombre de coups de lime ; perpendiculairement, le crayon trace l'usure de la barre de métal limé.

Par ce double mouvement, le diagramme tracé permet bien de connaître, en chaque point de la courbe, le poids de la matière enlevée correspondant au nombre des coups de lime donnés mais non l'effort de poussée sur la lime ni le travail dépensé.

Aussi l'incohérence des résultats enregistrés fut remarquée des praticiens [47]. Des doutes sur la valeur des diagrammes enregistrés résultèrent de ce que ceux-ci indiquèrent des limes comme étant de la meilleure qualité, alors qu'en réalité elles donnèrent de pauvres résultats ; des limes identiques et fabriquées dans les mêmes conditions variaient dans la proportion de 4 à 1 ; parfois, à l'essai des deux faces d'une même lime, la proportion variait de 10 à 1.

Dans les essais de limes effectués sur les machines Herbert et similaires, c'est-à-dire sur des machines ne mesurant pas la *quantité de travail dépensé* pour la production de la limaille, on paraît supposer que cette quantité de travail, pour produire un poids donné de limaille, est la même pour toutes les limes également appuyées. Or nous avons vu (chap. 37) que la dépense de travail pour produire 1 g de limaille de 4 métaux différents : acier, fonte, cuivre, laiton, avec *diverses limes neuves*, sous *la même charge d'appui*, variait parfois du simple au double.

Sur ces machines à essayer, l'effort de poussée de la lime varie, mais rien ne l'indique puisqu'elles n'enregistrent pas le diagramme du travail.

Mais, en service, la lime est actionnée par les mains de l'ouvrier, et cela

(46) *The Engineer*, 28 septembre 1906, p. 320.
(47) *Engineering*, 9 septembre 1910, p. 361.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans de mauvaises conditions, en appuyant et poussant à *bout de bras*; le rendement en est très faible et comme le prix de la main-d'œuvre est extrêmement élevé, il est indispensable d'évaluer dans l'essai d'une lime, la quantité de travail dépensé pour produire une quantité donnée, 1 g par exemple, de limaille.

### 61. — Conditions imposées par l'État pour la réception des limes.

Pendant longtemps le prix de la lime servait seul de base pour le choix des soumissionnaires dans les grandes administrations de l'État.

Devant l'insistance des services techniques, les bureaux chargés de faire les commandes de limes furent obligés de tenir compte de la qualité de la lime proposée.

Ainsi la Marine nationale, d'après son cahier des charges du 9 avril 1926, modifié le 8 juin 1929, tient compte à la fois du prix de la lime et de la production de la limaille.

L'essai est effectué sur une machine alternative du type Brest. La vitesse linéaire moyenne de la lime essayée est de 30 à 35 m:min. La pression moyenne d'appui est de 13,500 kg. Le métal d'épreuve est de l'acier de construction de 55 kg:mm² de résistance à la traction. La durée de l'essai est de 6 heures

Le prix de revient du limage de 1 g de limaille est calculé par une formule dans laquelle n'entre pas la quantité du travail dépensé pour produire ce gramme de limaille.

L'échantillon classé le premier est celui qui, d'après cette formule, donne le prix de revient minimum pour le limage de 1 g de métal.

La Direction des Forges de l'Artillerie, dans son cahier des charges spéciales pour les limes, impose l'essai sur une machine analogue, c'est-à-dire ne mesurant pas la quantité de travail dépensé pour produire un poids donné de limaille.

Le Laboratoire d'Essais mécaniques de l'État, installé au Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris, effectue pour le public des essais de limes.

Dans un procès-verbal d'essai, du 16 mars 1928, de l'essai d'une lime plate bâtarde de 300 mm de longueur, il est dit que l'essai a été effectué sur de l'acier à 65 kg:mm² de résistance à la traction et sous charge d'appui de 3 kg sur la lime, charge dérisoire.

L'essai a consisté à mesurer uniquement le poids de limaille produite à l'heure, pendant 10 heures.

Dans ce laboratoire officiel de l'État, il n'est pas tenu compte, dans ses essais de limes, de la dépense de travail pour la production de la limaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces essais sont donc sans aucune valeur pratique et ne peuvent que fausser l'appréciation qu'on en peut tirer sur la qualité de la lime ainsi essayée.

### 62. — Considérations générales sur l'essai des limes.

En principe, une lime doit être essayée sur le métal qu'elle limera le plus souvent, la taille variant avec le métal.

Mais la plupart de nos limes sont utilisées successivement sur des métaux différents : cuivre, laiton, bronze, fonte, aciers de résistances très différentes, etc.

Le choix du métal sur lequel sera essayée la lime est de la plus grande importance puisque, ainsi que nous l'avons vu au chapitre 43, la dépense de travail par gramme de limaille diminue sensiblement quand la résistance à la traction du métal va en croissant.

En outre, deux métaux peuvent avoir même résistance à la traction et avoir une très grande différence de résistance à la *rupture finale* à la traction.

Or, dans le cas de la coupe du métal par un outil, lime, scie, burin, c'est la résistance à la rupture finale de ce métal qui intervient.

L'utilité de cette résistance a été signalée pour la première fois dans une note que j'ai communiquée, le 1$^{er}$ mars 1920, à l'Académie des Sciences, sur la *résistance des aciers à la coupe des outils*.

« Les praticiens savent que des aciers de même résistance à l'essai de « traction présentent parfois, à l'outil qui les entame, une plus grande « dureté les uns que les autres.

« Ainsi j'ai vu un acier à 78 kg:mm$^2$ de résistance à la rupture qui usait « rapidement les lames de scie qui l'entamaient alors qu'un autre acier à « 121 kg:mm$^2$ de résistance à la rupture se laissait facilement entamer et « n'usait que fort peu les lames.

« J'ai trouvé l'explication de ce phénomène paradoxal en mesurant la « résistance *finale* de ces deux aciers.

« L'acier à 121 kg:mm$^2$ de résistance rupture est à 165 kg de résistance « finale et l'acier à 78 kg:mm$^2$ de résistance rupture est à 195 kg de résis- « tance finale.

« Il est rationnel qu'un acier à 195 kg:mm$^2$ de résistance finale soit plus « dur à couper et use plus rapidement l'outil qu'un acier qui n'a que « 165 kg:mm$^2$ de résistance finale.

Il est bien entendu qu'on ne peut comparer les résultats d'essais de limes que s'ils ont été effectués dans les mêmes conditions; il faut donc, dans ces essais, limer le même métal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai signalé, dans les chapitres 37 à 43, les principales causes influençant le rendement des limes, et dont il faut tenir compte dans les essais.

Les essais des limes varient avec le but à atteindre, soit pour les étudier en vue d'améliorer la fabrication, soit pour faire la réception des limes.

Pour effectuer ces divers essais, j'ai imaginé une nouvelle machine différant de celle qui a servi à mes premières expériences.

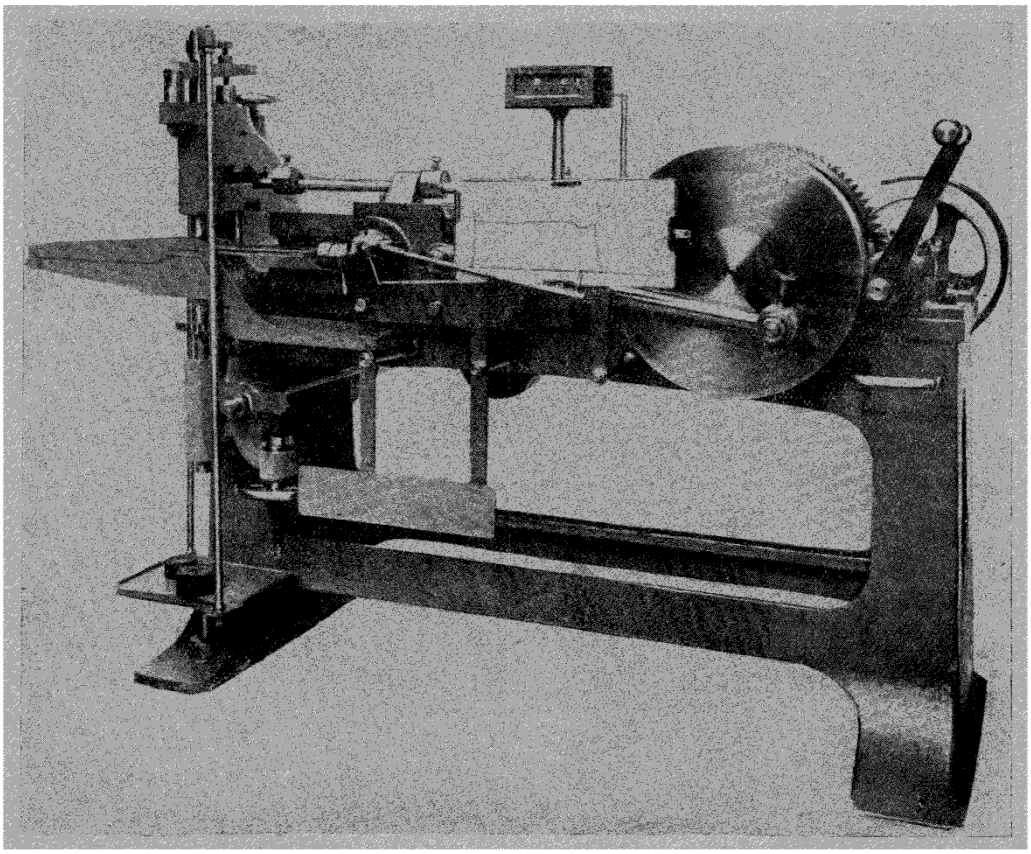


Fig. 299. — Nouvelle machine à essayer les limes, fonctionnant sous la charge d'appui normale de 25 kg.

La figure 299 montre cette machine, qui fonctionne au moteur, à la vitesse normale de 60 coups à la minute.

Une manivelle permet au besoin le fonctionnement à bras, à vitesse réduite naturellement.

Un appareil enregistreur trace le diagramme du travail : en abscisses la course de la lime en grandeur réelle, et en ordonnées l'effort de poussée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un compteur indique le nombre de coups de lime. Des cuvettes en tôle, placées sous la lime, recueillent toute la limaille produite pendant l'essai.

La figure 299 montre la photographie de la machine fonctionnant sous charge d'appui de 25 kg sur la lime; cette charge correspond à l'effort maximum pratique de l'ouvrier.

La figure 300 montre la photographie de la même machine lorsqu'elle

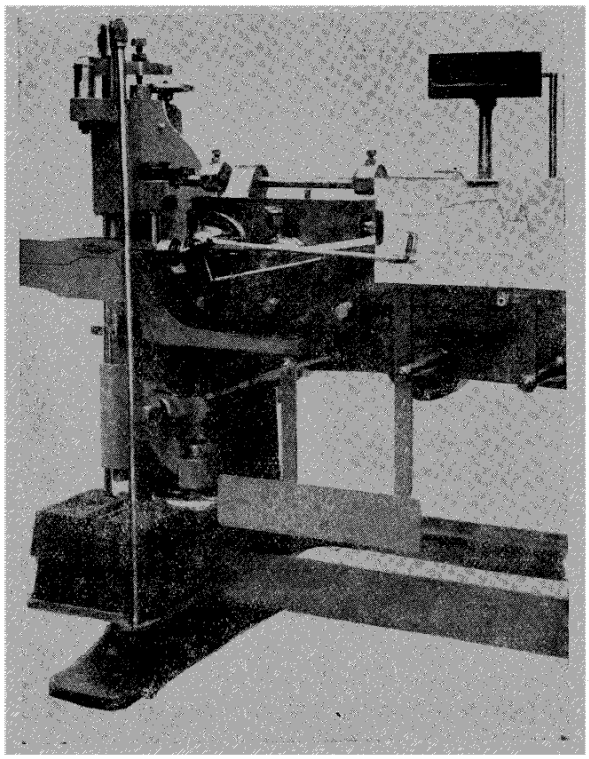


Fig. 300. — Nouvelle machine à essayer les limes, fonctionnant sous une charge d'appui de 100 kg.

est disposée pour fonctionner *à outrance*, c'est-à-dire sous une charge d'appui pouvant atteindre 100 kg.

La figure 301 montre la machine disposée pour le tarage du ressort dynamométrique qui mesure l'effort de poussée sur le manche de la lime essayée; pendant les essais, la lime est horizontale; pour le tarage du ressort, le manche dynamométrique est amené, par une rotation sur son axe, dans une position verticale, et le papier du diagramme est fixé sur une seconde planchette.

Ce tarage s'effectue sous des chargées graduées; il peut atteindre le poids

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 200 kg correspondant à l'effort de poussée maximum, même sous une charge d'appui de 100 kg sur la lime.

Ainsi, j'ai pu effectuer de nombreux essais sous charge d'appui normale de 25 kg, sous charge de 100 kg, et sur des aciers de résistances diverses allant de 40 kg:mm² à 150 kg:mm².

Une bonne lime ordinaire a supporté l'essai à outrance sous charge

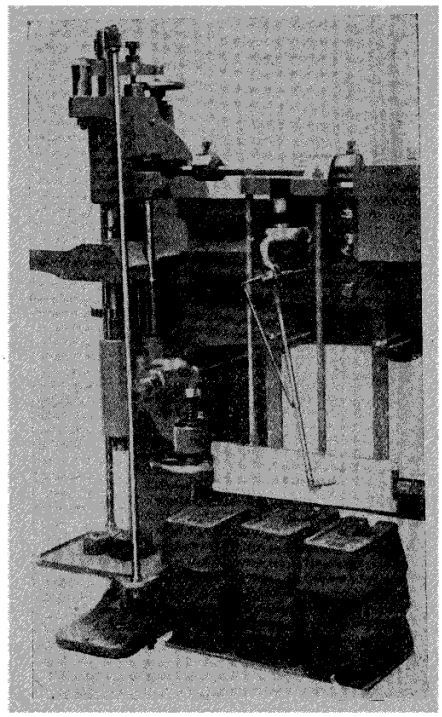


Fig. 301. — Nouvelle machine à essayer les limes.
Tarage du dynamomètre de poussée sur la lime, sous des poids allant jusqu'à 200 kg.

d'appui de 100 kg effectué sur de l'acier à 42 kg:mm² et a donné 30 g de limaille par 100 coups de lime et avec une chute de production lente et graduée.

Une autre lime semblable a très bien supporté le même essai sur acier à 80 kg:mm², mais s'est usée en 300 coups de lime sur de l'acier à 100 kg:mm².

Je n'ai pas encore trouvé de limes résistant à un essai à outrance sur un acier spécial chrome-nickel à 150 kg:mm² de résistance à la rupture.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut donc faire des essais de laboratoire répondant à tous les besoins possibles en combinant la dureté du métal de l'éprouvette limée avec la charge d'appui.

### 63. — Méthode pratique de réception des limes.

L'essai de réception à imposer au cahier des charges pour la fourniture des limes doit comporter la mesure de deux facteurs différents :

1° Le *rendement* initial de la lime neuve, mesuré par la quantité de travail dépensé pour produire 1 g de limaille d'un métal donné, sous une charge d'appui déterminée ;

2° La *durée* possible de la lime qui, en service, s'use graduellement et dont le rendement diminue plus ou moins rapidement. La durée d'une lime, toutes autres choses étant égales, dépend de sa *dureté* : plus une lime est dure, plus son usure est lente.

Pour mes expériences sur l'étude des limes puis pour leur réception, j'ai choisi, pour mesurer le *rendement*, un acier à 100 kg:mm² de résistance rupture à la traction. L'éprouvette d'essai, cylindrique, d'un diamètre de 50 mm, tournait de quelques degrés après chaque coup de lime. La lime supporte pendant l'essai un effort d'appui de 25 kg; ce qui correspond à l'effort moyen de l'ouvrier. Je recueille la limaille produite par 100 coups de lime donnés sur cet acier à 100 kg:mm² et je la pèse avec précision, au centigramme. La quantité de travail dépensé est le produit de la course de la lime par son effort de poussée, course et effort enregistrés par le diagramme. Au cours de ces 100 coups de lime j'enregistre 3 coups de limes successifs, pour en constater la similitude, parce que toutes les dents de la lime ne sont jamais également en prise avec le métal limé; cette irrégularité entraîne une irrégularité dans l'effort de poussée de la lime; le tracé du diagramme enregistre exactement ces variations qui se superposent dans les coups successifs.

L'observation de la partie de la lime correspondant à chacune de ces variations du diagramme permet parfois d'en trouver la cause.

La quantité de travail dépensée et mesurée par le diagramme est ensuite divisée par le poids de la limaille pesée avec précision et le *rendement* est le nombre de kilogrammètres dépensés par gramme de limaille.

Pour évaluer la dureté relative de la lime essayée, je lui fais donner, toujours sous 25 kg d'appui, 100 coups sur un acier très dur, au nickel-chrome, à 150 kg:mm² de résistance à la rupture et à très haute résistance finale.

La lime ainsi usée subit alors un troisième essai, un essai de rendement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

absolument semblable au premier, pour mesurer la chute de rendement produite par l'essai d'usure.

Souvent la chute de rendement est beaucoup plus grande pour une face de la lime que pour l'autre.

Après avoir subi ces trois essais, une bonne lime ordinaire peut encore être utilisée; cet essai est donc économique.

La durée de cet essai de réception, effectué sur les deux faces d'une lime au paquet, est d'environ 45 minutes.

Les très bonnes limes, après le troisième essai, n'ont une augmentation de travail par gramme de limaille que de quelques kilogrammètres, deux ou trois, par exemple; les bonnes limes du commerce, pour cette chute de rendement marquent une augmentation de dépense de travail d'environ 10 kgm.

### 64. — La lime fraiseuse.

Le consommateur de limes, n'ayant pas à sa disposition de procédé pratique pour en évaluer la qualité, ne se base, pour ses achats, que sur le prix de vente; et le fabricant, pour donner satisfaction à son client, ne s'applique, dans sa fabrication, qu'à faire baisser le prix de revient et cela, naturellement, aux dépens de la qualité de la lime.

Certains fabricants ont envisagé une autre solution du problème commercial : ils ont imaginé de présenter une lime *donnant*, au client, *l'impression d'un très grand rendement* possible, et, pour obtenir ce résultat, ils ont repris la taille de l'antique écouane (chap. 7).

Mais, pour éviter chez l'acheteur toute idée de désuétude que lui laisserait le nom d'écouane, ces négociants ont choisi celui de *lime fraiseuse*, la taille des grandes dents de cette écouane moderne étant un peu analogue à celle des fraises circulaires de nos machines-outils, ce qui leur permet en outre de prôner, sur les prospectus, des qualités merveilleuses qu'auraient ces limes fraiseuses.

L'un d'eux affirme que l'invention de ces limes est un grand progrès dans l'outillage moderne et que, grâce à leur grand rendement, leur emploi procure une économie de 50 à 90 p. 100.

Un autre affirme que cette invention est si déconcertante et les résultats en sont si surprenants qu'aucune comparaison ne peut être faite avec la lime ordinaire car quoique étant un outil manuel, la lime fraiseuse donne le même résultat que la fraise circulaire de la machine-outil!

La lime fraiseuse accomplit en une heure le travail qu'on ferait en 2 à 10 heures, à l'aide d'une lime ordinaire et avec une dépense d'efforts moindre de la part du mécanicien car, afin d'obtenir le meilleur résultat, il doit limer plus lentement et moins appuyer sur l'outil que s'il employait une lime ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour déterminer la valeur de ces affirmations, j'ai choisi parmi les limes fraiseuses les plus réputées en France, en Angleterre, en Allemagne, en Suisse, etc., 11 de ces limes, dont j'ai mesuré le rendement sur de l'acier à 100 kg:mm² de résistance et essayé la dureté après usure sur de l'acier à 150 kg:mm², ainsi que je l'ai expliqué (chap. 63).

Le travail nécessité pour la production de 1 g de limaille sur l'acier à 100 kg:mm² a varié de 72 kgm à 117 kgm, et il a, le plus souvent, été de *87 à 90 kgm.*

La chute de ce rendement, après usure sur l'acier à 150 kg:mm² a été de *2 kgm* à *20 kgm* et le plus souvent de 6 à 8 kgm.

Les limes fraiseuses étant très recommandées pour le cuivre et ses alliages, j'ai mesuré le rendement de deux de ces limes sur les mêmes éprouvettes de cuivre, de bronze et de laiton qui m'ont servi pour mes essais antérieurs. Une de ces limes a exigé 83 kgm pour produire 1 g de limaille de cuivre, et l'autre lime seulement 48 kgm; pour produire 1 g de limaille de bronze, la première lime a dépensé 77 kgm, et l'autre 45 kgm; pour produire 1 g de limaille de laiton, la première lime a dépensé 69 kgm et l'autre 43 kgm.

Or, nous avons vu (chap. 37) qu'avec des limes ordinaires, mais bien taillées, j'ai pu produire 1 g de limaille de cuivre avec une dépense de travail minimum de 24 kgm.

Les deux limes fraiseuses essayées sur le cuivre, le bronze et le laiton ont donc donné des résultats déplorables.

Les 11 limes fraiseuses essayées sur de l'acier à 100 kg:mm², avec une dépense de travail d'environ 87 à 90 kgm par gramme de limaille ne donnent pas un rendement meilleur que celui que nous donnent les bonnes limes ordinaires en acier au carbone, puisque nous avons trouvé, pour ces limes ordinaires, un rendement moyen de 75 kgm à 80 kgm par gramme de limaille.

Mais, en général, ces limes fraiseuses présentent plus de dureté que les limes ordinaires et, par conséquent, sont susceptibles d'une plus grande durée, non pas grâce à leur taille, mais parce qu'elles sont souvent confectionnées en acier spécial; la dépense supplémentaire, de ce fait, est d'ailleurs peu élevée car le volume de ces limes est assez faible et leur prix de vente, qui est de 5 à 8 fois le prix de la lime ordinaire, permet d'utiliser un acier un peu plus coûteux.

Le réaffûtage est possible, au prix de 4 à 5 francs par lime.

Le fabricant, n'étant pas guidé par des essais méthodiques, taille ses limes au petit bonheur et, non seulement les angles de coupe des dents ne sont pas les plus avantageux, mais l'acuité du tranchant est souvent des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus défectueuses, même sur une lime neuve, ainsi qu'on le constate sur la figure 302, dans laquelle l'arête tranchante est partout émoussée et égrenée avant d'avoir servi.

Mais il n'est pas douteux qu'une étude méthodique de cette écouane en améliorerait le rendement possible.

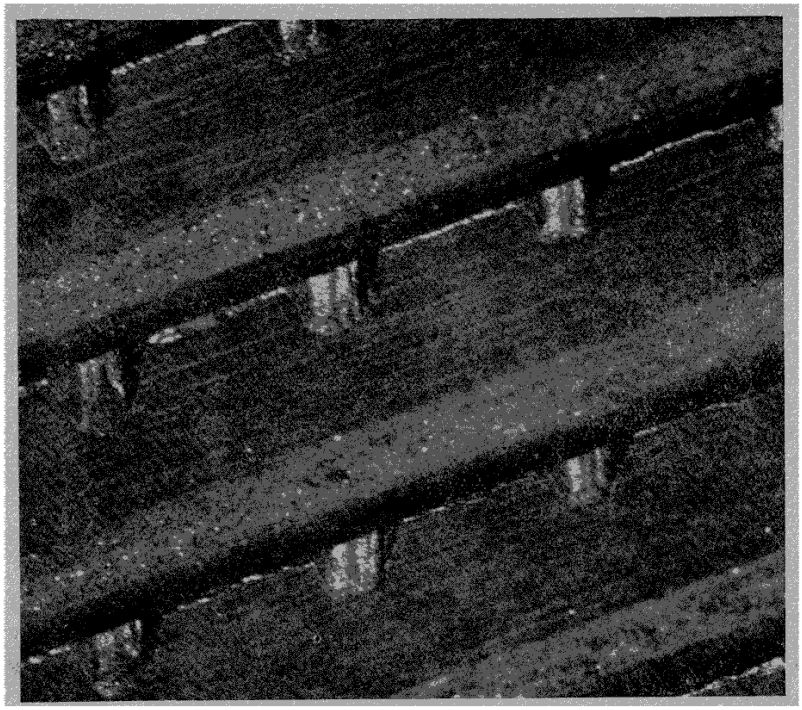


Fig. 302. — Lime fraiseuse dont l'arête des dents est émoussée et égrenée (grossissement, 14 diamètres).

### 65. — Pour fabriquer de meilleures limes.

Nous avons vu que la qualité d'une lime dépend à la fois de deux facteurs différents :

1° Le *rendement* de la lime;

2° La *durée* possible de la lime avec un rendement satisfaisant.

Pour fabriquer de meilleures limes, il faut donc modifier certains des procédés employés dans la fabrication actuelle et dont dépendent ces deux facteurs.

Rappelons qu'une lime a un rendement d'autant meilleur qu'elle exige une moindre dépense de travail pour produire un même poids de limaille

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un métal donné. Et la lime n'est économique que si elle conserve un bon rendement pendant son service, par conséquent si elle dure longtemps.

Le rendement dépend de la taille, la durée dépend de la dureté de la lime.

Nos limeurs savent bien qu'une lime de faible dureté s'use vite, son rendement décroissant rapidement.

### 66. — Influence du polissage à la meule.

Les limes, une fois forgées, sont meulées pour leur enlever la couche d'oxyde qui les recouvre.

Ce meulage produit des *stries superficielles*, plus ou moins grosses et profondes suivant le grain de la meule utilisée.

La déformation permanente locale du métal qui résulte de la production de ces stries est la cause d'un écrouissage réparti inégalement sur la surface meulée.

Lors de la taille des dents de la lime, le métal strié est refoulé par la pression des faces tranchantes du ciseau et la surface de la crête de la dent paraît plus unie que la partie voisine; néanmoins cette crête est *fissurée* profondément.

La figure 303 montre sur une lime en cours de taille et au grossissement de 15 diamètres, les différentes étapes successives de cette transformation des stries du meulage.

En bas sur la figure, on voit les stries sur la surface meulée, puis ces stries sont coupées transversalement par la première taille et ensuite elles sont déformées ainsi qu'il vient d'être dit, par la seconde taille, oblique sur la première.

La figure 304 montre l'aspect des dents de la même lime terminée et prête à être utilisée.

Soumise à un essai de *rendement*, sous charge d'appui de 25 kg, comme il est expliqué au chapitre 63, cette lime a donné, pour 100 coups de lime sur acier à 100 kg:mm² de résistance à la rupture, un poids de 10,270 g de limaille, avec une dépense de travail de 86 kgm par gramme de limaille, ce qui correspond au rendement d'une bonne lime du commerce.

Mais après avoir subi un essai de *résistance des dents*, sur une éprouvette en acier au chrome-nickel d'une résistance à la rupture de 150 kg:mm², ce rendement, mesuré par un nouvel essai sur éprouvette en acier à 100 kg:mm², n'a plus été que de 6,470 g de limaille (au lieu de 10,270 g) et avec une dépense de travail de 119 kgm par gramme de limaille, soit une dépense supplémentaire de 33 kgm par gramme de limaille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En service, cette lime, d'un bon rendement initial, n'aurait eu qu'une courte durée.

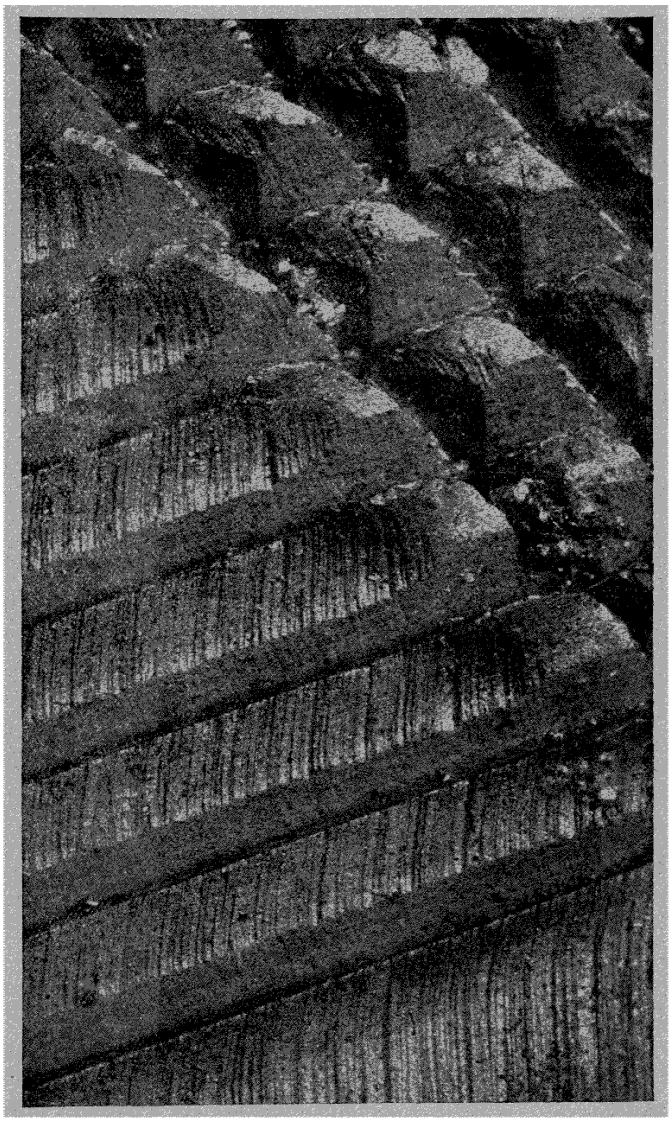


Fig. 303. — Transformation des stries de meulage d'une lime au cours de la taille (grossissement, 15 diamètres).

Cette chute assez importante de rendement est causée par la rupture d'une partie de la crête des dents, ainsi qu'on le constate sur la figure 305,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui est la photographie de la lime, au même grossissement de 15 diamètres, prise après ce dernier essai de rendement.

La figure 306 montre, sur une lime neuve, d'un fabricant réputé, la fissuration profonde de la crête des dents, consécutive aux stries de meulage.

En résumé, la présence des stries superficielles produites par le meulage

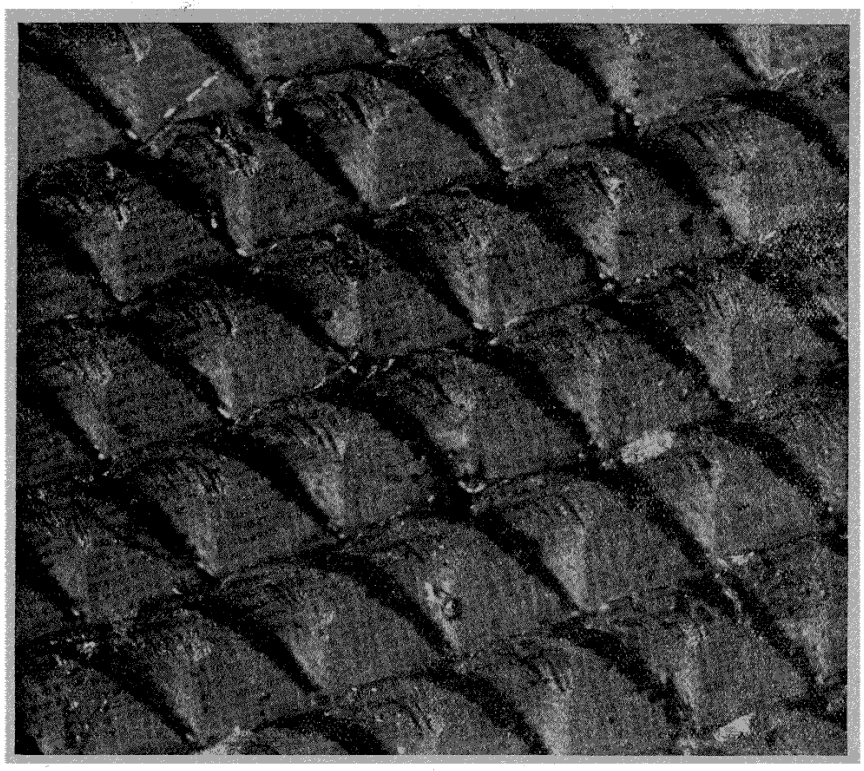


Fig. 304. — Aspect des dents d'une lime neuve (grossissement, 15 diamètres).

est parfois une cause très importante de fissuration des dents de la lime et de rupture partielle de la crête, ce qui diminue le rendement et cela d'autant plus rapidement que les stries sont plus grosses et plus profondes.

*Cette grave défectuosité dans la taille des limes est très facile à éviter en pratique*, puisqu'il suffit d'effectuer un polissage plus parfait avec une meule à grain fin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 67. — Influence de la vitesse de refroidissement pendant la trempe.

Pour me renseigner sur le phénomène de refroidissement lors de la trempe d'une lime, j'ai construit un bac en tôle galvanisée, dont une des parois était faite d'une glace pour permettre de voir ce qui se passait à l'intérieur du bain de trempe.

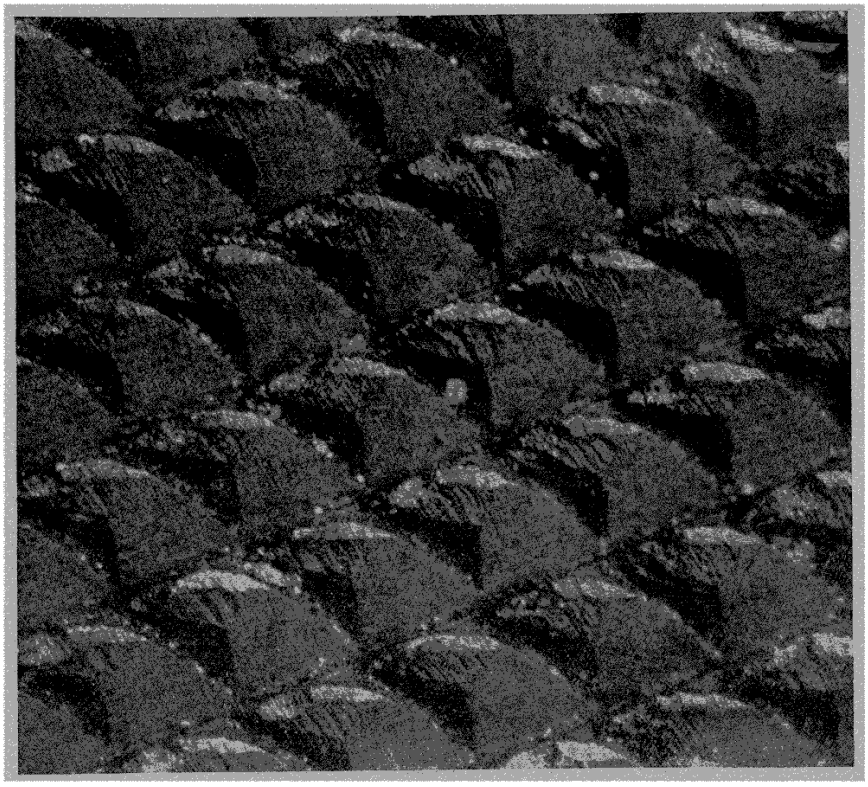


Fig. 305. — Rupture, en service, du front des dents, consécutive aux fissurations par striage (grossissement, 15 diamètres).

J'ai constaté, lors de la trempe, que l'ouvrier ne descend pas la lime bien verticalement dans le bain : elle est plus ou moins inclinée.

On voit que, par suite de cette inclinaison, les bulles de vapeur qui se forment sur la surface supérieure de la lime s'élèvent rapidement et sont remplacées par l'eau voisine qui se vaporise à son tour et ainsi de suite; pour la face inférieure de la lime, le phénomène est différent : les bulles de vapeur ne peuvent pas monter verticalement; elles suivent la surface

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

inférieure de la lime et forment une sorte de lame de vapeur dont l'ascension rapide la projette parfois sur la main qui tient la tenaille serrant la lime, et brûle ainsi l'ouvrier. Mais cette lame de vapeur isole en partie la face inférieure de la lime de la couche d'eau; le refroidissement est plus lent que pour l'autre face [48].

Ce ralentissement de refroidissement explique que, souvent, une face d'une lime est beaucoup moins résistante et s'use plus rapidement que l'autre face.

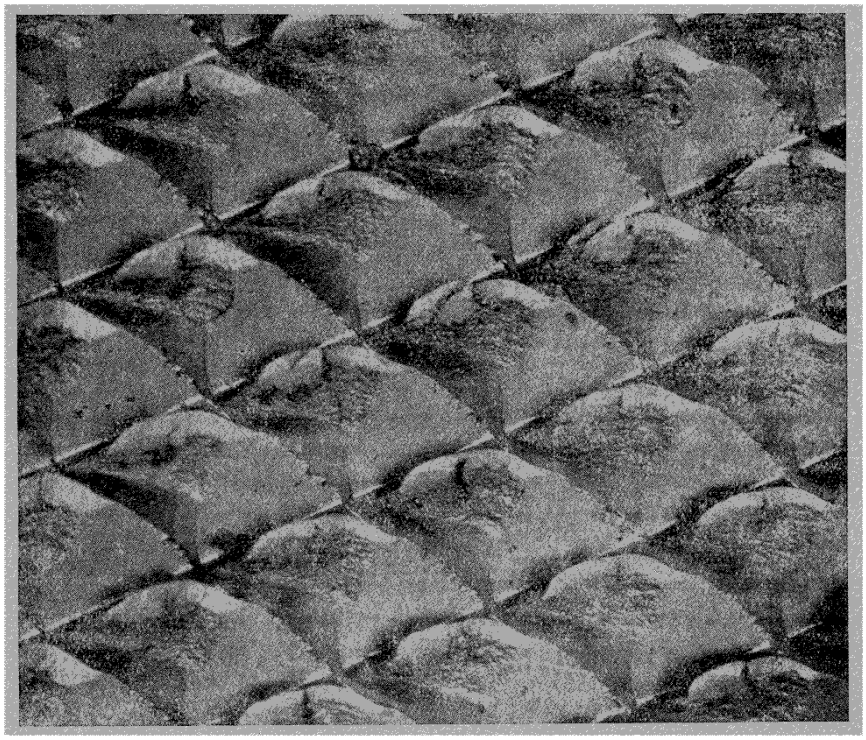


Fig. 306. — Fissuration profonde du front des dents d'une lime neuve (grossissement, 15 diamètres).

Pour montrer la grandeur possible de cet écart de résistance, j'ai fait tremper une lime dans un courant d'eau à grande vitesse pour balayer rapidement les bulles de vapeur au fur et à mesure de leur production et j'ai fait tremper une autre lime semblable à la précédente mais en l'inclinant dans le bain de trempe pour refroidir plus lentement la face inférieure ainsi qu'il a été expliqué.

(48) J'ai essayé en 1910 de prendre une photographie de ce phénomène de refroidissement, mais sa vitesse est très grande et j'ai dû renoncer à l'enregistrer par la photographie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A l'essai d'usure sur l'acier au nickel-chrome à 150 kg : mm², la première lime bien trempée a donné successivement, pour 100 coups de lime, 7,250 g, 6,300 g et 5,080 g, tandis que la face trempée plus lentement sur la seconde lime a donné successivement, pour 100 coups de lime, 3,200 g, 2,700 g et 2,270 g. La différence de résistance à l'usure est donc très grande et il y a intérêt à refroidir très rapidement par un jet d'eau froide.

En résumé les fabricants de limes peuvent facilement, et *sans augmentation sensible de dépense*, fabriquer de bien meilleures limes en soignant le meulage et la trempe ainsi que je viens de l'expliquer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

### SÉANCE PUBLIQUE DU 8 NOVEMBRE 1930.

Présidence de M. Louis Mangin, *président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Sont présentés pour devenir membres et admis séance tenante :

M. Gougis (André), administrateur-délégué des Établissements Gougis, 3, rue Émile-Labiche, à Auneau (Eure-et-Loir), présenté par M. de Fréminville et M. Lemaire;

l'Union suisse des Techniciens (Section de Paris), 6, rue Martel, Paris (10e), présentée par M. Lemaire;

M. Fabry (Charles) (O. ✻), membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne et à l'École polytechnique, directeur de l'Institut d'Optique, 150, avenue du Maine, Paris (14e), présenté par le général Ferrié, M. Lyon et le colonel Renard.

M. de Fréminville, *secrétaire général*, présente et analyse des ouvrages récemment entrés dans la Bibliothèque :

*Microbiologie appliquée à la fertilisation du sol*, par Edmond Kayser. 5e éd. revue et augmentée. (Encyclopédie agricole publiée sous la direction de M. G. Wery). Paris, J.-B. Baillière et fils, 19, rue Hautefeuille (6e), 1930. (Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration);

*Microbiologie appliquée à la transformation des produits agricoles*, par Edmond Kayser. 5e éd. revue et augmentée. (Encyclopédie agricole publiée sous la direction de M. G. Wery). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1931. (Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration);

Compagnie des Chemins de fer de Paris a Lyon et a la Méditerranée. — *Congrès international sur les appareils utilisés dans la lutte contre les ennemis des cultures*, tenu à Lyon, salle du Conservatoire et Exposition-démonstration tenue dans les domaines de l'École d'Agriculture d'Ecully (Rhône), 24 et 25 juillet 1929, sous le haut patronage de M. le Ministre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'Agriculture avec la collaboration de l'Institut des Recherches agronomiques et du Service de la Défense des Végétaux et de l'Inspection phytopathologique et sous la présidence de M. Mangin. Compte rendu. Paris, Service agricole de la Compagnie P.-L.-M., 20, boul. Diderot, 1930. (Don de la Compagnie P.-L.-M., membre de la Société);

*Travaux pratiques de métallographie*, par W. Broniewski. Traduit du polonais par G. Pruszkowski. Fondation Mianowski, Institut d'encouragement aux travaux scientifiques. Varsovie, Palais Staszio. Paris, Dunod, 92, rue Bonaparte (6e), 1930;

*La vie du verre*, par Ad. Lecrenier et P. Gilard. (Bibliothèque scientifique belge. Section technique). Paris, Dunod, 1930;

*Le fermier en auto*, par René Champly. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 26, rue Jacob (6e), 1930;

*Tourbillons. Forces acoustiques. Circulations diverses*, par H. Bouasse, avec la collaboration expérimentale de MM. Fouché et Marty. Tome I. (Bibliothèque scientifique de l'ingénieur et du physicien). Paris, Librairie Delagrave, 15, rue Soufflot (5e), 1931;

*Étude sur l'utilisation de l'énergie des marées en France*, par Georges Moreau. Paris, Librairie Delagrave, 1931;

*L'École supérieure d'Aéronautique. Histoire d'une initiative française*, par Fernand Borie. Paris, Imp. Chaix, 20, rue Bergère (9e), 1930;

*Le benzol et l'évolution des idées en matière de carburants*, par M. Brunschwig. (ex *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bull. mai-juin 1930). Paris, Société des Ingénieurs civils de France, 19, rue Blanche (9e);

*The first half century of Office Management*, par W. H. Leffingwell. (ex *National Office Management Association*, 1930);

*Notes on screw gauges by the Gauge-testing staff of the Metrology Department.* 3d edition, revised and enlarged, May 1930. (National Physical Laboratory). London, H. M. Stationery Office, Adastral House, Kingsway, W. C. 2;

*Coefficient d'équivalence n* $\left(n = \frac{\text{E acier}}{\text{E béton}}\right)$ *et tensions admissibles du béton et de l'acier dans le béton armé*, par M. Rŏs. (1er Congrès international du Béton et du Béton armé, Liége, septembre 1930). Liége, Éditions, « La Technique des travaux », 196, rue Grétry;

*Résultats de mesures de déformations et de tensions sur dalles à champignons*, par M. Rŏs et A. Eichinger. (1er Congrès international du Béton et du Béton armé, Liége, septembre 1930). Liége, Éditions « La Technique des travaux ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Henri Brillié, Ingénieur en chef conseil à la Compagnie générale transatlantique, fait une communication sur *Les roulements sur huile et leurs applications diverses.*

Les roulements sur huile dont M. H. Brillié préconise l'emploi peuvent procurer une certaine économie dans un grand nombre d'industries; comme elle se répète fréquemment, l'économie totale faite sur les combustibles et les lubrifiants se traduirait, pour la France seule, par plusieurs dizaines, peut-être une centaine de millions de francs.

Dans l'emploi des lubrifiants, on peut utiliser deux propriétés qui n'ont été bien distinguées que tout récemment : l'onctuosité et la viscosité.

L'*onctuosité* se définit mal; elle correspond à la sensation « onctueuse » qu'on éprouve quand on presse, par exemple entre les doigts, une goutte de lubrifiant : il y a adhérence à la peau, même après frottement prolongé avec les doigts ou avec un chiffon sec. Cette adhérence existe aussi pour les surfaces métalliques; on peut l'augmenter en introduisant dans le lubrifiant des corps spéciaux. Une huile est très onctueuse quand l'attraction, qui s'exerce entre les molécules de cette huile, ou certaines de ces molécules dites « molécules actives », et les molécules de la surface à lubrifier, est plus grande que l'attraction de ces molécules les unes pour les autres. Ces molécules actives se déposent alors sur les surfaces lubrifiées, s'y coincent en formant une couche extrêmement mince d'une épaisseur de l'ordre de ($10^{-7}$ mm) qui est l'*epilamen*. Plus les molécules sont grandes, plus l'epilamen est résistant, meilleur est le lubrifiant. L'existence de cet epilamen a pour effet de substituer au frottement de métal sur métal deux frottements d'un epilamen sur une couche de lubrifiant; si cette couche n'est pas épaisse de plus de $10^{-6}$ mm environ, les phénomènes hydrodynamiques normaux ne se produisent pas. On est dans le cas du graissage onctueux, celui qui est ordinairement employé.

La *viscosité* se définit et se mesure avec précision; elle existe dans tous les liquides même non lubrifiants. Si on interpose un liquide visqueux entre deux surfaces frottantes, à partir du moment où les phénomènes de viscosité se développent, le coefficient de frottement est considérablement réduit et d'autant plus que le liquide est moins visqueux; ainsi l'eau, qui est environ 36 fois moins visqueuse que la moyenne des huiles, a un coefficient de frottement beaucoup moindre : le coefficient de frottement, pour des patins glissants, varie comme la racine carrée du coefficient de viscosité.

Cette utilisation de la viscosité a été réalisée à l'Exposition universelle de Paris en 1889, sur le chemin de fer glissant à patins, établi à titre de démonstration sur une voie de 150 m de longueur environ. Les résultats qui avaient été obtenus permettaient de conclure à la très grande supériorité du frottement visqueux sur les meilleurs frottements onctueux. Dans les coussinets, cette supériorité subsiste, quoique à un degré moindre, si, au lieu d'eau, pratiquement inutilisable (les phénomènes de viscosité ne donnent un effet notable qu'à partir d'une certaine vitesse) on emploie un lubrifiant qui agit par onctuosité aux démarrages et aux stoppages, et qui, d'autre part, est mieux retenu, grâce à son onctuosité, entre les parties frottantes. L'eau, dans le patin glissant, devait être envoyée entre les parties frottantes sous une certaine pression; pour les coussinets, avec l'huile, on peut employer tous les systèmes d'alimentation, par mèche par exemple, en utilisant la capillarité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'utilisation de la viscosité de l'huile dans les coussinets ne nécessite aucune transformation importante : il suffit de supprimer les rainures d'huile, ou pattes d'araignée, sur les surfaces de portage; le plus souvent on peut les boucher par simple apport de métal. Elles sont remplacées par ce que M. H. Brillié appelle des *bassins-relais* d'huile. Ce sont des cavités rectilignes, profondes de quelques millimètres (il suffirait de quelques dixièmes de millimètre s'il n'y avait pas à tenir compte de l'usure du métal qui, à la longue, aboutirait à leur suppression), de profil et d'espacement convenables, limitées à leurs extrémités et dont l'exécution à la fraise est très facile. On réalise ainsi un film d'huile continu entre les surfaces frottantes, c'est-à-dire le graissage visqueux.

Les applications récentes de ce film d'huile, sous la forme préconisée par M. H. Brillié, aux lignes d'arbres des navires, aux articulations diverses et butées des machines marines, aux coussinets des turbines et de leurs arbres à engrenages, aux concasseurs de pierres, pulvériseurs, etc., ont montré le bien-fondé de ces considérations. Le frottement est équivalent à ce que donneraient des roulements à billes, avec cette supériorité que l'ajustement reste très précis et qu'on évite le danger pouvant résulter de la rupture d'une bille. L'économie procurée, chiffrée en argent, est en moyenne de 8 p. 100 pour les machines marines avec butées. Elle a été trouvée, pour des paliers à bagues, sensiblement équivalente à celle que donnent des paliers à billes.

E. L.

M. Rauling. — Le jeu est-il augmenté entre les surfaces portantes?

M. H. Brillié. — Le jeu sur les rayons est, pour nos machines de paquebots, aussi bien sur les coussinets ordinaires que sur les coussinets O. P. R., de $\frac{1}{1.000}$ du rayon.

M. Rauling. — Quel est l'intervalle entre les bassins?

M. H. Brillié. — La largeur des bassins est le plus souvent de $\frac{1}{10}$ du diamètre de l'arbre; la profondeur de $\frac{1}{10}$ de la largeur; l'intervalle de 3 à 4 fois la largeur. Il suffit en général de 4 bassins pour un demi-coussinet.

M. Rauling. — Ces règles ne paraissent pas applicables aux très petits rayons.

M. H. Brillié. — Pour les petits rayons, on peut se contenter de deux bassins par demi-coussinet.

M. Sauvage. — Quels dispositifs emploie-t-on pour empêcher que l'huile ne s'écoule en bout?

M. H. Brillié. — Le film d'huile ne produit pas son effet d'augmentation des pressions aux extrémités des coussinets; la pression dans le film, pour chaque tranche transversale, va en diminuant très rapidement vers les bords. Pour obvier dans une certaine mesure à cet inconvénient, nous arrêtons les bassins à environ 15 mm de ces bords.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. ANDROUIN. — Quel est l'ordre de grandeur des pressions et des vitesses admissibles entre les surfaces frottantes pour que l'huile ne soit pas expulsée et pour que le film d'huile reste continu?

M. H. BRILLIÉ. — La vitesse peut descendre à 100 ou 80 tours par minute environ; pour des vitesses plus grandes, par exemple dans les turbines, la vitesse est assez grande pour qu'on n'ait pas à se préoccuper des fuites d'huile. A ces vitesses, le graissage visqueux est réalisé de lui-même. J'ajouterai que, là où, avec le graissage ordinaire, on observe des élévations de température de 30 à 40 degrés, on n'observe qu'une élévation de 8 à 9 degrés si on a recours aux tracés spéciaux que nous préconisons.

M. SAUVAGE. — Il semble que, d'après vos déclarations, le graissage sur film d'huile soit mis au point pour les machines marines. En est-il de même pour les autres applications, à terre par exemple, machines fixes ou mobiles?

M. H. BRILLIÉ. — Des essais ont été faits sur des locomotives des réseaux de l'Est et du P.-O., mais il est difficile de les suivre aussi bien que sur les machines marines. Une difficulté, pour l'application, résulte de la faible épaisseur du régule que la présence des bassins peut affaiblir encore davantage. Les compagnies hésitent à augmenter l'épaisseur pour le cas où, le coussinet chauffant, le métal viendrait à fondre. On a les mêmes difficultés le plus souvent avec les faibles épaisseurs de métal pour les coussinets des moteurs d'automobiles. On peut tourner la difficulté en creusant les bassins dans l'arbre.

M. ANDROUIN. — Je voudrais répéter ma question sous une autre forme. Sont-ce la pression et la vitesse qui, isolément, doivent être comprises entre certaines limites, ou bien est-ce une fonction de ces deux grandeurs, leur produit par exemple? Il serait intéressant de le savoir pour les machines-outils pour lesquelles il faut une grande précision d'ajustement, irréalisable avec les roulements à billes ou à rouleaux.

M. H. BRILLIÉ. — Le film d'huile est parfaitement applicable aux machines-outils. Il suffit de donner aux bassins des formes et des dimensions convenables. Dans tous les cas, c'est le rapport de la pression à la vitesse qui intervient et non le produit de ces deux éléments; de toute façon, le film sera d'autant plus stable que la vitesse tangentielle sera plus grande.

M. ANDROUIN. — Quelle est l'influence du fini de la surface et de la dureté du métal de l'arbre?

M. H. BRILLIÉ. — Je n'ai sur ces points aucun résultat d'expérience. Ces facteurs ne peuvent d'ailleurs intervenir qu'au cours du démarrage. Dans tous les cas, après le démarrage, la nature des surfaces n'a plus d'importance.

M. SAUVAGE. — Le film d'huile ne rendrait-il pas le régulage inutile?

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. H. BRILLIÉ. — Pour le démarrage surtout, il est utile de conserver le régule, car, lorsque la vitesse linéaire est inférieure à une certaine limite, il n'y a pas de film d'huile.

M. ANDROUIN. — La vitesse peut-elle descendre au-dessous de 1 m : sec?

M. H. BRILLIÉ. — Cela dépend de la pression par centimètre carré. La grandeur qui intervient est le *coefficient de charge*, qui, avec les valeurs normales pour le jeu et le coefficient de viscosité, est égal au quotient $\frac{P}{N}$ de la pression par centimètre carré par le nombre de tours par minute; le film sera bien établi pour $\frac{P}{N} < 0{,}4$.

M. FIEUX. — Les difficultés au démarrage, dans le cas du graissage visqueux, semblent être évitées dans les paliers à aiguilles, imaginés depuis peu. Les aiguilles ne roulent qu'au démarrage; ensuite, elles ne tournent plus ou très peu et semblent servir seulement à maintenir le lubrifiant entre elles et à former des coins d'huile entre elles-mêmes et les surfaces cylindriques de l'arbre et du coussinet.

M. H. BRILLIÉ. — Je n'ai pas de résultats relatifs à des coussinets à aiguilles, mais, en ce qui concerne les coussinets à billes, des expériences ont été faites à Choisy-le-Roi sur un pulvériseur à galets, avec des paliers ordinaires, puis avec roulements à billes; le rendement a été augmenté de 25 à 30 p. 100, avec ces derniers coussinets, mais, la poussière dégagée par la pulvérisation, s'interposant entre les billes, provoquait leur rupture. On a employé le film d'huile : le fonctionnement n'est devenu particulièrement satisfaisant qu'après un certain nombre d'opérations, soit 700 heures de marche environ.

A partir de ce moment, le rendement a été trouvé le même qu'avec les roulements à billes.

M. le colonel JANVIER. — Quelle est la consommation d'huile?

M. H. BRILLIÉ. — Il est difficile de la mesurer exactement. Nous n'avons de chiffres exacts que pour nos navires de l'agence du Havre, où l'application des procédés modernes de graissage a permis de réaliser une économie annuelle de plus de 100 t d'huile pour l'ensemble des navires de l'agence, mais cette économie d'huile constatée n'est pas attribuable uniquement à l'emploi du film d'huile. Nous sommes amenés à estimer à 20 p. 100 environ l'économie d'huile que le film permet de réaliser. Parfois, elle est beaucoup plus grande. Sur un concasseur de pierres Dalbouze et Brachet, dont les têtes de bielles chauffaient constamment avec les tracés à pattes d'araignée, le film d'huile, tout en supprimant les échauffements, a procuré une économie de 10 kg d'huile de ricin par jour et par articulation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. DE FRÉMINVILLE, *secrétaire général.* — Notre président, M. Mangin, appelé par d'autres engagements, vient de nous quitter en me chargeant de l'excuser auprès de vous. Je remercie en votre nom M. Henri Brillié de son intéressante communication et des renseignements complémentaires qu'il nous a donnés au cours de la discussion.

La séance est levée à 19 h.

---

## SÉANCE PUBLIQUE DU 22 NOVEMBRE 1920.

Présidence de M. LOUIS MANGIN, *président.*

La séance est ouverte à 17 h.

Se sont présentés pour devenir membres de la Société et admis séance tenante :

MM. LAZARD FRÈRES et Cie, banquiers, 5, rue Pillet-Will, Paris (9e), présentés par MM. Lacoin et Servonnet;

M. FAUGERAS (Jacques), Ingénieur agronome, 23, avenue Niel, Paris (17e), présenté par M. de Fréminville.

M. L. MANGIN *président.* — J'ai le très vif regret de vous annoncer la mort d'un de nos collègues du Conseil, M. HENRY GALL, qui était membre du Comité des Arts chimiques depuis 1914.

M. Henry Gall était président du Conseil et administrateur-délégué de la Société d'Électro-chimie, d'Électro-métallurgie et des Aciéries électriques d'Ugine, société qu'il avait fondée, qu'il porta à un haut degré de prospérité et qui rendit les plus grands services pendant la guerre. Il était aussi président de la Société des Produits azotés.

M. Henry Gall avait été président de la Société des Ingénieurs civils pendant la guerre. Il était président de la Société de Chimie industrielle à la fondation de laquelle il avait grandement contribué.

Notre collègue était officier de la Légion d'honneur.

Nous adressons à sa famille et à ses nombreux amis l'expression de notre douloureuse sympathie.

M. L. MANGIN, *président.* — Dans la séance en comité secret que notre Conseil d'Administration vient de tenir, il a nommé 4 nouveaux de ses membres :

M. René DUBRISAY, déjà membre correspondant, qui fera partie du Comité des Arts chimiques;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. FABRY, membre de l'Institut, qui fera partie du Comité des Arts économiques;

M. ALQUIER et M. CAZIOT, tous deux Ingénieurs agronomes, qui feront partie du Comité d'Agriculture.

Conformément aux statuts, cette nomination doit être ratifiée par la prochaine assemblée générale des membres de la Société. Et il en sera de même pour les autres membres du Conseil déjà nommés pendant l'année 1930.

M. DE FRÉMINVILLE, *secrétaire général*, présente et analyse quelques-uns des ouvrages entrés récemment dans la Bibliothèque :

*Les principes de la méthode statistique avec quelques applications aux sciences naturelles et à la science des affaires*, par Lucien MARCH. Paris, Félix Alcan, 108, boulevard Saint-Germain (6e), 1930. (Don de l'auteur);

*Leçons de géométrie projective*, par Federigo ENRIQUES. Traduit de la 4e édition italienne par P. LABÉRENNE. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 55, quai des Grands-Augustins (6e), 1930;

*Barême métallurgique*, par Georges DUNEUFGERMAIN. 3e éd. Amiens (Somme), chez l'auteur, 19, avenue de Londres;

*Lignes électriques et postes à haute tension et règlements s'y rapportant*, par Alfred SOULIER. Paris, Garnier frères, 6, rue des Saints Pères (7e), 1930;

*Le chronométrage*, par Paul PLANUS. Paris, Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes (6e), 1930. (Don du Comité national de l'Organisation française);

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — *Compte rendu de la Manifestation de sympathie et de reconnaissance des Ingénieurs agronomes à leurs maîtres et camarades Wery, directeur honoraire de l'Institut agronomique, A.-Ch. Girard et E. Schribaux, professeurs honoraires* (23 mars 1930). Paris, 5, quai Voltaire (7e);

*Traité sur les bois du Nord et renseignements usuels*, par G. DUNEUFGERMAIN. 2e éd. Amiens (Somme), chez l'auteur, 19, avenue de Londres, 1929;

*Distribution générale des éléments magnétiques en France. Formules représentatives. Définition numérique des anomalies.* (Comité national français de Géodésie et de Géophysique. Section de magnétisme et électricité terrestres. Nouveau réseau magnétique de la France au 1er janvier 1924. 2e mémoire), par E. MATHIAS, Ch. MAURAIN et L. EBLÉ. (ex *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, t. VIII, 1930). Paris, Les Presses universitaires de France, 49, boulevard Saint-Michel (5e).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. René Dubrisay, Ingénieur en chef des Manufactures de l'État, professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers, examinateur à l'École polytechnique, fait une communication sur *les colloïdes argileux et leurs applications en céramique.*

Les suspensions que l'on peut obtenir en délayant dans l'eau des matières argileuses ont été étudiées pour la première fois par Schlœsing père il y a une cinquantaine d'années; depuis cette époque, la question a fait l'objet de nombreuses recherches tant en France qu'à l'étranger : il a semblé néanmoins à l'auteur qu'un certain nombre de points pouvaient rester à élucider, en se plaçant spécialement au point de vue des conceptions modernes sur l'état colloïdal.

Pour partir d'une manière aussi bien définie que possible, M. Dubrisay a travaillé sur du kaolin de Limoges, purifié par la méthode de sédimentation indiquée par Schlœsing; il obtenait ainsi un produit dont la composition répondait bien à la formule de la kaolinite, et dans lequel l'analyse chimique ne permettait de reconnaître la présence d'aucune base alcaline ou alcalino-terreuse. Des suspensions étaient préparées au moyen de ce produit dans des liqueurs alcalines ou acides de composition connue; ces suspensions étaient placées dans des cloches graduées disposées verticalement et laissées au repos. On observait la vitesse de chute du nuage formé à la partie supérieure des tubes. On put ainsi constater que la stabilité des suspensions, faible en milieu acide ou neutre, devient plus grande dans les liqueurs alcalines, passe par un maximum, et décroît à nouveau dans les milieux fortement alcalins.

Si on porte en abscisses le $p$H du liquide et en ordonnées la vitesse de chute, mesurée en millimètres par 24 heures, le minimum de vitesse correspond à $p\text{H} = 11{,}6$ et $v = 0{,}54$ mm/24 h. Avant le minimum, la vitesse est assez lentement décroissante; après, elle est assez rapidement croissante.

Ces essais, repris avec des kaolins de diverses origines, conduisent à des résultats analogues, mais l'optimum de stabilité varie avec la nature du kaolin essayé; il peut y avoir là une méthode permettant de classer les divers produits argileux.

La mesure de la vitesse de chute constituant un procédé relativement grossier, l'auteur a confirmé les résultats obtenus par des déterminations néphélémétriques, ainsi que par des observations microscopiques et ultra-microscopiques. Le phénomène a pu même être enregistré cinématographiquement dans un film tiré par le Dr Commandon.

M. Dubrisay a étudié aussi l'aspect des dépôts obtenus lorsque l'on délaye dans des solutions acides ou alcalines des quantités notables de kaolin. Ici encore, on observe une particularité : le volume du dépôt varie avec la réaction du milieu. Ce volume commence par décroître quand l'acidité du milieu diminue, passe par un minimum, puis croît quand l'alcalinité augmente; le minimum de volume correspond précisément à l'optimum de stabilité observé pour les suspensions. L'auteur a pu montrer que ces variations de volume sont liées à la proportion d'eau d'interposition existant dans le dépôt entre les parties solides; le phénomène semble donc pouvoir être rattaché à la forme lamellaire des particules argileuses qui, dans le cas des suspensions stables, ne se déposent qu'avec une extrême lenteur et peuvent ainsi, dans leur chute, se disposer les unes sur les autres, comme les cartes d'un jeu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

régulièrement placées. Cette explication, proposée par M. H. Le Chatelier, peut être justifiée en particulier par l'interprétation de spectrogrammes obtenus au moyen des rayons X par M. J.-J. Trillat.

L'auteur signale en terminant que ces diverses observations sont en rapport avec le procédé de préparation par coulage des pâtes céramiques ; on sait que pour une même quantité d'eau ajoutée à un poids donné d'argile, la pâte est plus fluide lorsqu'elle est en présence de petites quantités d'alcali. On a vérifié par des mesures de plasticité effectuées par la méthode d'Attenberger, qu'en faisant varier la quantité d'alcali ajoutée à l'eau de gâchage, on obtenait, pour une pâte contenant les mêmes proportions d'eau et d'argile, une variation de fluidité analogue à celle qui a été observée quand on met le kaolin en suspension, car on observe un maximum de fluidité précisément pour une concentration d'alcali qui correspond approximativement soit à l'optimum de stabilité des suspensions, soit au minimum de volume du dépôt.

M. Portevin. — La méthode de sédimentation de Schlœsing, à laquelle M. Dubrisay a eu recours pour l'étude des suspensions argileuses, a été également utilisée pour l'examen et la qualification des sables de fonderie dont la partie argileuse donne la cohésion; pour cela, on a employé l'eau ordinaire ou l'eau acidulée; il était intéressant de reprendre ces déterminations en tenant compte des faits qui viennent d'être signalés.

Par ailleurs, j'ai eu l'occasion autrefois, dans le coulage des pâtes à porcelaine, de constater les heureux effets en fabrication d'un contrôle de l'alcalinité, ce qui confirme les observations de M. Dubrisay.

La séance est levée à 18 h.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE EN NOVEMBRE 1930.

COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE. — **Congrès international sur les appareils utilisés dans la lutte contre les ennemis des cultures,** tenu à Lyon, salle du Conservatoire et Exposition-démonstration tenue dans les domaines de l'École d'Agriculture d'Ecully (Rhône), 24 et 25 juillet 1929, sous le haut patronage de M. le Ministre de l'Agriculture avec la collaboration de l'Institut des Recherches agronomiques et du Service de la Défense des Végétaux et de l'Inspection phytopathologique et sous la présidence de M. MANGIN. Compte rendu. In-4 (28 × 19) de 218 p., fig. Paris, Service agricole de la Compagnie P. L. M., 20, boulevard Diderot, 1930. (*Don de la Compagnie P. L. M, membre de la Société*). **17907**

BRONIEWSKI (W.). — **Travaux pratiques de métallographie.** Traduit du polonais par G. PRUSZKOWSKI. In-8 (24 × 17) de VI + 110 p., 128 fig. Fondation Mianowski, Institut d'encouragement aux travaux scientifiques. Varsovie, Palais Staszic. Paris, Dunod 1930. **17908**

LECRENIER (AD.) et GILARD (P.). — **La vie du verre.** (*Bibliothèque scientifique belge. Section technique*). In-12 (19 × 12) de 187 p., fig. Paris, Dunod, 1930. **17909**

CHAMPLY (RENÉ). — **Le fermier en auto.** In-12 (19 × 12) de 210 p., 122 fig. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique, 1930. **17910**

BOUASSE (H.). — **Tourbillons. Forces acoustiques. Circulations diverses,** avec la collaboration expérimentale de MM. FOUCHÉ et MARTY. Tome I. (*Bibliothèque scientifique de l'ingénieur et du physicien*). In-8 (25 × 16) de XXIV + 423 p., 219 fig. Paris, Librairie Delagrave, 1931. **17911**

MOREAU (GEORGES). — **Étude sur l'utilisation de l'énergie des marées en France.** In-8 (25 × 16) de VI + 102 p., 30 fig. Paris, Librairie Delagrave, 1931. **17912**

KAYSER (EDMOND). — **Microbiologie appliquée à la fertilisation du sol.** 5e édition revue et augmentée. (*Encyclopédie agricole* publiée sous la direction de M. G. Wery). In-12 (19 × 12) de 364 p., 56 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1930. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration*). **17913**

KAYSER (EDMOND). — **Microbiologie appliquée à la transformation des produits agricoles.** 5e édition revue et augmentée. (*Encyclopédie agricole* publiée sous la direction de M. G. Wery). In-12 (19 × 12) de 488 p., 53 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1931. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration*). **17914**

MARCH (LUCIEN). — **Les principes de la méthode statistique avec quelques applications aux sciences naturelles et à la science des affaires.** In-8 (24 × 16) de XI + 807 p., 50 fig. Paris, Félix Alcan, 1930. (*Don de l'auteur*). **17915**

ENRIQUES (FEDERIGO). — **Leçons de géométrie projective.** Traduit de la 4e édition italienne par P. LABÉRENNE. In-8 (25 × 16) de 430 p., 186 fig. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1930. **17916**

DUNEUFGERMAIN (GEORGES). — **Barème métallurgique.** 3e édition. In-8 (21 × 14) de 160 p. Amiens (Somme), chez l'auteur, 19, avenue de Londres. **17917**

SOULIER (ALFRED). — **Lignes électriques et postes à haute tension et règlements s'y rapportant** (Arrêté ministériel du 30 avril 1927 et commentaires pour son application). In-12 (19 × 12) de 283 p., 82 fig. Paris, Garnier frères, 1930. **17918**

COMITÉ DE NORMALISATION DE LA MÉCANIQUE. (Fédération de la Mécanique, 92, rue de Courcelles. Paris (8e). — **Feuilles de normes, CNM 81** (juin 1929) : *Écrous borgnes. Diamètres de 10 à 80 mm.* — **CNM 82** (oct. 1929) : *Écrous à oreilles. Diamètres de 3 à 18 mm.* — **CNM 83** (juin 1929) : *Écrous hauts à créneaux et goupillage. Diamètres de 6 à 80 mm.* — **CNM 84** (juin 1929) : *Écrous ronds. Diamètres de 6 à 36 mm.* — **CNM 85** (juin 1929) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Écrous à embase. Diamètres de 6 à 36 mm.* — **CNM 91**, f. 1, 2 (CPS, fasc. E2-8) (août 1928) : *Sens de manœuvre d'embrayage.* — **CNM 92** (CPS, fas. E2-8) (août 1928) : *Sens de manœuvre pour déplacements de coulisseaux.* — **CNM 93** (CPS, fasc. E2-8) (août 1928) : *Sens de manœuvre pour déplacements d'appareils à mouvement circulaire. Sens de manœuvre pour serrage d'étaux, plateaux, etc.* — **CNM 94** (CPS, fasc. E2-4) (oct. 1929) : *Unification des cadrans indiquant les déplacements des chariots et organes divers de machines-outils.* — — **CNM 99** (juillet 1930) : *Supports d'outils pour tours et autres machines.* — **CNM 100** (juin 1930) : *Rainures à T. Rainures pour languettes.* — **CNM 101** (janv. 1929) : *Poignées de manivelles, volants à mains, leviers de manœuvre, etc. fixes ou tournantes.* — **CNM 110** (juil. 1930) : *Règles d'homogénéité des normalisations.* — **CNM 111** (juil. 1930) : *Règles d'homogénéité des normalisations. — Annexe : Normalisations réalisées ou en projet.* — **CNM 112** (juil. 1930) : *Diamètres normaux.* — **CNM 117** (déc. 1929) : *Arbres de transmission. — Diamètres.* — **CNM 131** (déc. 1929) : *Filetages à pas fins.* — **CNM 134** (oct. 1929) : *Filetage trapézoïdal. Pas de 3 à 20 mm.* — **CNM 135** (déc. 1929) : *Pas des vis-mères de tours.* — **CNM 141** (juin 1930) : *Hauteurs d'axe des machines motrices et réceptrices.* — **CNM 151** (juin 1930) : *Engrenages droits interchangeables de mécanique générale. Engrenage à denture courte.* — **CNM 201** (déc. 1929) : *Tarauds courts à main. Tarauds-mères à repasser les filières. Tarauds pour machines à décolleter. Dimensions principales.* — **CNM 202** (déc. 1929) : *Tarauds longs à queue courte (anciennement : Tarauds longs à main). Tarauds à tailler les filières. Dimensions principales.* — **CNM 203** (déc. 1929) : *Tarauds longs à queue moyenne (anciennement : Tarauds longs à machine). Dimensions principales.* — **CNM 204** (déc. 1929) : *Tarauds longs à queue longue (anciennement : Tarauds longs à l'enfilade). Dimensions principales.* — **CNM 221** (juil. 1930) : *Fraises pour clavettes-disques.* — **CNM 251** (oct. 1929) : *Section des aciers à outils. Ronds, aciers pour outils forgés, octogonaux.* — **CNM 252** (oct. 1929) : *Sections des aciers à outils. Plats.* — **CNM 301** (juin 1930) : *Tuyauteries d'usines. Diamètres nominaux.* — **CNM 302** (juin 1930) : *Tuyauteries d'usines. Pressions nominales; pressions en service.* — **CNM 303**, f. 1, 2 (juil. 1930) : *Tuyauteries d'usines. Dimensions de raccordement des brides rondes. Pressions nominales jusqu'à 25; Pressions nominales 40 à 100.* **17836**

***

LE CHATELIER (HENRY). — **L'économie politique et la science.** Discours prononcé au banquet annuel de la Société d'Économie politique de Lyon, le 12 mai 1930. In-8 (21 × 14) de 12 p. Lyon, Imp. L. Bonnaviat, 13, rue Sainte-Catherine, 1930. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration*). **Pièce 13628**

LE CHATELIER (HENRY). — **La 3e qualité du chef : la science.** Conférence prononcée le 15 mars 1930 à l'amphithéâtre de physique de l'École polytechnique à l'occasion des dix ans d'*X Information*. (ex *X Information*, n° 10, 25 mars 1930). In-12 (20 × 12) de 16 p. Paris, Société nouvelle des Imprimeries parisiennes réunies, 33, rue Jean-Jacques-Rousseau. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration*). **Pièce 13629**

FOLLAIN (R.). — **La machine frigorifique à vapeur d'eau du type « marine ».** Progrès récents, principales applications. (ex *Association technique maritime et aéronautique*, juin 1930). In-8 (24 × 16) de 35 p., 22 fig. **Pièce 13630**

**Matériel roulant exposé par la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée à l'Exposition internationale de Liége 1930.** In-4 (31 × 21) de 25 p., XIV planches. **Pièce 13631**

BŒUF (F.). — **Quelques caractères particuliers de l'agriculture tunisienne (cultures annuelles) déterminés par les facteurs climatiques.** (ex *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, vol. IX, 1929, nos 97-98-99-100). In-8 (24 × 16) de 25 p. Paris, Laboratoire d'agronomie tropicale, 57, rue Cuvier. **Pièce 13632**

KAHN (L.). — **Note sur l'économie des transports aériens réguliers.** (ex *Association*



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*technique maritime et aéronautique*, juin 1930). In-8 (26 × 18) de 37 p., 15 fig. Paris, Imp. Chaix, 1930. (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13633**

FERET (R.). — **Résistances des bétons au choc, à l'usure et au décollement, comparées à leurs résistances à la compression, à la flexion et à la traction.** In-4 (32 × 24) de 72 p., 130 fig. Paris, Revue des matériaux de construction et de travaux publics, 148, boul. Magenta, 1930. (*Don de l'auteur, membre du Conseil d'Administration*). **Pièce 13634**

PHILIPPOTAUX (A.). — **Recherches sur la vie et l'œuvre de M. Aurelio de Pasino (1533-1585)**, architecte italien des La Marck. In-8 (25 × 16) de 79 p. Sedan. Imp. André Suzaine, 1930. **Pièce 13635**

LE TOUZÉ (M.) et TOURNEUR (M.). — **Note sur les installations fixes de traction électrique de la ligne de Culoz à Modane.** (ex *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1930). In-4 (30 × 21) de 32 p., 18 fig., II pl. Paris, Dunod, 1930. (*Don de la Compagnie P.-L.-M., membre de la Société*). **Pièce 13636**

GREBEL (A.). — **La « politique » française du pétrole.** (ex *Génie civil*, 2, 9 et 16 août 1930). In-8 (23 × 16) de 38 p., 3 fig. Paris, Le Génie civil, 5, rue Jules-Lefebvre (9e). (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13637**

GREBEL (A.). — **De l'utilisation du gas oil dans les camions automobiles.** (ex *Chaleur et Industrie*, juin et juillet 1930). In-4 (27 × 22) de 20 p., 5 fig. Paris, Chaleur et Industrie, 5, rue Michel-Ange. (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13638**

GREBEL (A.). — **De la conjugaison des qualités des carburants et des moteurs à explosion.** (ex *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bulletin de janvier-février 1930). In-8 (24 × 16) de 144 p., 34 fig. Paris, Société des Ingénieurs civils de France, 19, rue Blanche (9e). (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13639**

GREBEL (A.). — **Les carburants appropriés aux moteurs à explosion modernes.** (ex *Chimie et Industrie*, avril-mai-juin 1930). In-4 (27 × 22) de 25 p., 15 fig. Paris, Chimie et industrie, 49, rue des Mathurins. (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13640**

ADAM (JEAN-HENRI). — La France économique en 1929. **Les industries électriques.** (ex *Revue d'économie politique*, mai-juin 1930). In-8 (25 × 17) de 24 p. Paris, Librairie du Recueil Sirey, 22, rue Soufflot (5e). (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13641**

**Des faits et des chiffres sur l'industrie automobile française.** 1930, 3e année. In-8 (24 × 16) de 64 p. Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), Michelin et Cie. **Pièce 13642**

GRAUX (L.) — **Introduction à la normalisation nationale des ajustements.** (ex *Génie civil*, 23 et 30 août 1930). In-8 (24 × 16) de 18 p. Paris. Le Génie civil, 5, rue Jules-Lefebvre (9e). (*Don de l'Association française de Normalisation*, 27, avenue de Friedland, Paris (8e). **Pièce 13643**

SATET (R.) — **L'organisation scientifique. Une méthode pour analyser rapidement une entreprise.** In-8 (21 × 13) de 16 p. Paris, chez l'auteur, 68, rue Duhesme (18e), 1930. (*Don de l'auteur, membre de la Société*). **Pièce 13644**

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — **Institut d'organisation commerciale et industrielle.** In-8 (21 × 13) de 68 p. Paris, 18, rue Chateaubriand (8e). **Pièce 13645**

MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE. OFFICE NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE. — **Rapport général au Ministre du Commerce et de l'Industrie sur la situation et les travaux de l'Office national de la Propriété industrielle.** Année **1929.** (ex *Journal officiel*, 20 août 1930). In-4 (31 × 24) de 8 p. Paris, Imprimerie des Journaux officiels, 31, quai Voltaire. **Pièce 13646**

BORIE (FERNAND). — **L'École supérieure d'Aéronautique.** Histoire d'une initiative française. In-8 (21 × 13) de 43 p. Paris, Imp. Chaix, 1930. **Pièce 13647**

BRUNSCHWIG (M.). — **Le benzol et l'évolution des idées en matière de carburant.** (ex *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bull. mai-juin 1930). In-8 (24 × 16) de 21 p. Paris, Soc. des Ingénieurs civils de France, 19, r. Blanche (9e). **Pièce 13648**

LEFFINGWELL (W. H.). — **The first half century of Office Management.** (ex *National Office Management Association*, 1930). In-4 (28 × 22) de 15 p., 1 fig. **Pièce 13649**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY. — **Notes on screw gauges by the Gauge-testing Staff of the Metrology Department.** 3d edition, revised and enlarged, May 1930. In-8 (24 × 18) de 88 p., 34 fig. London, H. M. Stationery Office, Adastral House, Kingsway, W. C. 2. **Pièce 13650**

RŐS (M.). — **Coefficient d'équivalence** $n\left(n = \frac{\text{E acier}}{\text{E béton}}\right)$ **et tensions admissibles du béton et de l'acier dans le béton armé.** (1er Congrès international du Béton et du Béton armé, Liége, septembre 1930). In-4 (28 × 22) de 13 p., 9 fig. Liége, Éditions « La Technique des travaux », 196, rue Grétry. **Pièce 13651**

RŐS (M.) et EICHINGER (A.). — **Résultats de mesures de déformations et de tensions sur dalles à champignons.** (1er Congrès international du Béton et du Béton armé, Liége, septembre 1930). In-4 (28 × 22) de 9 p., 15 fig. Liége, Éditions « La Technique des travaux ». **Pièce 13652**

DUNEUFGERMAIN (G.). — **Traité sur les bois du Nord et renseignements usuels.** 2e éd. In-8 (22 × 14) de 41 p. Amiens (Somme), chez l'auteur, 19, av. de Londres, 1929. **Pièce 13653**

MATHIAS (E.), MAURAIN (CH.) et EBLÉ (L.). — **Distribution générale des éléments magnétiques en France. Formules représentatives. Définition numérique des anomalies.** (Comité national français de Géodésie et de Géophysique. Section de magnétisme et électricité terrestres. — Nouveau réseau magnétique de la France au 1er janvier 1924. 2e mémoire). (ex *Ann. de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, t. VIII, 1930). In-4 (31 × 24) p. 37-62, 1 carte. Paris, Les Presses universitaires de France, 49, boul. Saint-Michel (5e). **Pièce 13654**

ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE. — **Compte rendu de la Manifestation de sympathie et de reconnaissance des Ingénieurs agronomes à leurs maîtres et camarades Wery, directeur honoraire de l'Institut agronomique, A.-Ch. Girard et E. Schribaux, professeurs honoraires** (23 mars 1930). In-8 (24 × 16) de 28 p., VI pl. Paris, 5, quai Voltaire (7e) **Pièce 13655**

PLANUS (PAUL). — **Le chronométrage.** In-4 (27 × 22) de 15 p. Paris, Comité national de l'Organisation française, 44, rue de Rennes (6e), 1930. (*Don du Comité national de l'Organisation française*). **Pièce 13656**

ASSOCIATION TECHNIQUE DE L'INDUSTRIE DU GAZ EN FRANCE. — **Compte rendu du 52e Congrès de l'Industrie du Gaz, Rouen, 17-21 juin 1929.** Paris, 21, rue Blanche. **Pér. 298**

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. — DIRECTION DE L'AGRICULTURE. — OFFICE DE RENSEIGNEMENTS AGRICOLES. — **Statistique agricole annuelle, 1928.** Paris, Imp. nationale, 1930. **Pér. 242**

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS. — **Compte rendu des travaux.** Année **1929.** Tome I : *Commissions d'études*; Tome II : *Commissions administratives*. Paris, Librairies-imprimeries réunies. **Pér. 148**

**Mémorial des Poudres**, publié par les soins du SERVICE DES POUDRES, avec l'autorisation du Ministre de la Guerre. — Tome XXIII (4e fasc.). Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1928. **Pér. 223**

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. — DIRECTION DES MINES, 2e Bureau. — **Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1927.** Paris. Imp. nationale. **Pér. 138**

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS. — **Recueil de lois, ordonnances, décrets, règlements et circulaires concernant les services dépendant du Ministère des Travaux publics,** dressé par les soins de l'administration centrale. 2e série. Tome XXXVI, année **1928.** Paris, Imp. nationale. **Pér. 144**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES ADMIS PENDANT L'ANNÉE 1930

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE.

M. Alquier (Jules) (O. ✻), directeur de laboratoire à l'Institut des Recherches agronomiques, secrétaire général de la Société d'Hygiène alimentaire, 16, rue de l'Estrapade, Paris (5e), parr. MM. Mangin et Roux (5 avril 1930).

M. Canac (François) (O. ✻), docteur ès sciences, directeur scientifique du Laboratoire du Centre d'Études de la Marine, Arsenal maritime, Toulon (Var), parr. M. Lemaire (14 décembre 1929).

M. Cartault (Paul) (✻, 🎗, 🎖, Ⓜ), docteur en droit, licencié ès lettres, diplômé de l'École des Sciences politiques, avocat au Conseil d'État et à la Cour de Cassation, 15, rue Duroc, Paris (7e), parr. MM. Watier et Lafosse (10 mai 1930).

M. Caziot (Pierre) (O. ✻), Ingénieur agronome, expert près le Tribunal de la Seine, 2, rue Borghèse, Neuilly-sur-Seine (Seine), parr. MM. H. Hitier et G. Wery (14 juin 1930).

M. Charbaut (Charles) (✻, 🎖), directeur général de la Société métallurgique de Knutange, président de l'Association des Maîtres de forges de Lorraine, Knutange-Aciéries (Moselle), parr. MM. Sauvage et Lemaire (14 décembre 1929).

M. Charles (Louis), Ingénieur du Conservatoire des Arts et Métiers, lauréat de la Société d'Encouragement, ingénieur-constructeur, 26, boulevard Rochechouart, Paris (18e), parr. MM. Dumanois et Sauvage (5 avril 1930).

Compagnie des Experts-Comptables de Paris, 92, rue de Richelieu, Paris (2e), parr. M. Julhiet (5 avril 1930).

M. Darizcuren (Georges), directeur de l'Agence du Sud-Ouest de la Vacuum Oil Co. S.A.F., 37, rue Bouffard, Bordeaux (Gironde), parr. M. Maurice Girard (11 janvier 1930).

M. David (Pierre) (✻, 🎖), ancien élève de l'École polytechnique, docteur ès sciences, ingénieur au Laboratoire national de Radio-électricité, 56, rue de Vaugirard, Paris (6e), parr. M. le général Ferrié (10 mai 1930).

M. Dubreuil (Hyacinthe), mécanicien, 30, rue des Villegranges, Les Lilas (Seine), parr. MM. H. Le Chatelier et Gruner (5 avril 1930).

M. Esnault-Pelterie (Robert) (O. ✻), président de la Société des Savants et Inventeurs de France, 37, rue des Abondances, Boulogne-sur-Seine (Seine), parr. M. le général Ferrié (14 juin 1930).

Établissements Flaba, Thomas, Delahaye et Belgica, Le Cateau (Nord), parr. M. Delmar (14 décembre 1929).

Établissements Vermorel, à Villefranche (Rhône), parr. MM. Viala et Ringelmann (25 octobre 1930).

M. Favre (Louis), Ingénieur agronome, licencié en droit, professeur à l'École de Psychologie, 16, rue des Écoles, Paris (5e), parr. M. le Dr Bordas (8 février 1930).

M. Fabry (Charles) (O. ✻), membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne et à l'École polytechnique, directeur de l'Institut d'Optique, 150, avenue du Maine, Paris (14e), parr. général Ferrié, colonel Renard, M. G. Lyon (8 novembre 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Faugeras (Jacques), Ingénieur agronome, 23, avenue Niel, Paris (17e), parr. M. de Fréminville (22 novembre 1930).

M. Foss Erling, diplômé de l'École polytechnique de Copenhague, ingénieur civil, 6, rue Pasteur, Saint-Cloud (Seine-et-Oise), parr. M. Ringelmann (22 février 1930).

M. Gougis (André), administrateur-délégué des Établissements Gougis, 3, rue Émile-Labiche, Auneau (Eure-et-Loir), parr. MM. Wery et Lemaire (8 novembre 1930).

M. Guittonneau (Gustave) (✻), Ingénieur agronome, directeur de la Station centrale de Microbiologie, 16, rue Claude-Bernard, Paris (5e), parr. MM. Viala et Kayser (12 avril 1930).

M. Hab (Georges) (I. ❶), professeur aux Cours techniques des Écoles municipales de la Ville de Paris, ingénieur à la Société d'Engins graisseurs et d'Organes de Transmission, 4, rue de la Butte-aux-Cailles, Paris (13e), parr. MM. Sauvage et de Fréminville (11 janvier 1930).

M. Hall (Louis), attaché commercial adjoint à l'Ambassade des États-Unis, 4, villa Patrice-Boudard, Paris (16e), parr. M. Lemaire (25 janvier 1930).

M. Henry-Lepaute (Marcel) (✻), administrateur-délégué de la Société des Établissements Henry-Lepaute, 17, rue Desnouettes, Paris (15e), parr. MM. Sauvage et Lemaire (11 janvier 1930).

M. Hugues (Raymond) (✻), Ingénieur C. A. M., ingénieur-chef du Service technique-exportation aux Usines Citroën, 4, avenue Rapp, Paris (7e), parr. M. Sauvage (12 avril 1930).

M. Kahn (Louis) (✻, ✻), Ingénieur du Génie maritime, chef-adjoint du Cabinet du Ministre de l'Air, 1 *bis*, quai aux Fleurs, Paris (4e), parr. MM. le colonel Renard et Dumanois (5 avril 1930).

M. Kammerer (Victor) (✻), Ingénieur des Arts et Manufactures, ingénieur en chef de l'Association alsacienne des Propriétaires d'Appareils à vapeur, 8, rue de la Bourse, Mulhouse (Haut-Rhin), parr. MM. Sauvage et Walckenaer (5 avril 1930).

M. Lavarde (Pierre) (✻, ✻), Ingénieur du Génie maritime C. R., ingénieur, 45, rue de Prony, Paris (17e), parr. MM. Sauvage et J. Fieux (11 janvier 1930).

MM. Lazard Frères et Cie, banquiers, 5, rue Pillet-Will, Paris (9e), parr. MM. Lacoin et Servonnet (22 novembre 1930).

Manufacture française de Tapis et Couvertures, 5, boulevard Saint-Jean, Beauvais (Oise), parr. MM. Dantzer et Lemaire (8 mars 1930) (membre perpétuel).

M. Nicolau (Pierre) (✻, ✻, ❶), chef d'escadron d'artillerie, chef du Service de l'Atelier de Précision à la Section technique de l'Artillerie, 69, rue de Rennes, Paris (6e), parr. M. A. Portevin (5 avril 1930).

M. Noël (Ernest), industriel, administrateur-délégué de la Société anonyme « Les Mosaïques Noël », 55, rue de Flandre, Paris (19e), parr. MM. Magne et Lœbnitz (5 avril 1930).

M. Pastac (Isaac), docteur ès sciences, ingénieur-chimiste, chef du Service chimique aux Établissements Truffaut, à Versailles, 90 *bis*, avenue de Paris, Versailles (Seine-et-Oise), parr. MM. Mangin et Lemaire (5 avril 1930).

Mme Randoin (Lucie), agrégée de l'Université, directrice du Laboratoire de Physiologie à l'Institut des Recherches agronomiques, directeur de laboratoire à l'École des Hautes-Études, 24, rue Pierre-Curie, Paris (5e), parr. MM. E. Roux et Mangin (5 avril 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Reymondin (Georges) (✻, I. ❶, O. ⛃), expert-comptable près la Cour d'Appel, breveté par l'État, président de la Compagnie des Experts-Comptables de Paris, vice-prsident de la Société de Comptabilité de France, 9, rue Jouvenet, Paris (16e), parr. M. Julhiet (5 avril 1930).

M. Roger-Petit (Jean-Camille) (✻, ⛃), ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur-conseil, 61 *bis*, boulevard Beauséjour, Paris (16e), parr. M. Blétry (14 décembre 1929).

M. Roux (Albert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 42, avenue de Ceinture, Enghien (Seine-et-Oise), parr. M. Léon Guillet (5 avril 1930).

Société de Comptabilité de France, 92, rue de Richelieu, Paris (2e), parr. M. Julhiet (5 avril 1930).

M. Souchay (Pierre), Ingénieur des Constructions mécaniques (École supérieure d'Aéronautique), 51, rue du Rocher, Paris (8e), parr. M. Dumanois (5 avril 1930).

Syndicat des Fabricants de Cuirs vernis de France, 64, rue de Bondy, Paris (10e), parr. MM. J. Herrenschmidt et Lemaire (14 juin 1930).

Union suisse des Techniciens (Section de Paris), 6, rue Martel, Paris (10e), parr. M. Lemaire (8 novembre 1930).

M. Verriest (Léo) (I. ❶), agrégé de l'Université, archiviste-paléographe, licencié ès sciences sociales, docteur spécial en histoire, directeur de l'Exposition nationale du Travail, à Bruxelles, en 1930, 193, avenue de la Couronne, Bruxelles (Belgique), parr. M. Lemaire (10 mai 1930).

M. de Vilmorin (Roger), licencié ès sciences, 54, avenue Foch, Paris (16e), parr. MM. H. Hitier et G. Wery (22 février 1930).

M. Watier (Henry) (O. ✻, ⛃), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, conseiller d'État, directeur des Ports maritimes et des Voies navigables, 16, quai de la Mégisserie, Paris (1er), parr. M. Lafosse (8 février 1930), (membre à vie).

Comte d'Yanville (Raymond) (✻), horticulteur, maire de Grangues, président de la Société d'Horticulture de l'arrondissement de Pont-l'Évêque, à Grangues par Dives-sur-Mer (Calvados), parr. MM. Hitier et Lemaire (13 décembre 1930).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE ALPHABÉTIQUE
## DES NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS
### DANS LA CENT VINGT-NEUVIÈME ANNÉE DU BULLETIN
### (JANVIER-DÉCEMBRE 1930)

**129e année.**

*Les nombres en chiffres romains indiquent le ou les mois du cahier. Le nombre en chiffres arabes qui les suit indique la page.*

## A


ALLEMAGNE (Henry-René d'). — *Les Saint-Simoniens (1827-1837)*. . . V 428

ALQUIER (Jules). — Voir ROUX.

ANDRÉ (Émile). — Communication sur : La question des lubrifiants nationaux; la culture du colza en France et en Afrique du Nord (Compte rendu de l'Assemblée générale du 14 décembre 1929). . I 70

— — (Mémoire) . . . . . II 95

ANDROUIN (M. J.). — Analyse de : *La rectification des pièces mécaniques*, par Henri GUÉNARD . . . . . I 78

— Rapport, au nom du Comité des Arts mécaniques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les appareils protecteurs des mains imaginés par M. Georges BOUILLET pour les machines à travailler le bois . . . V 365


## B


BAGGE (Eric). — Voir MAGNE.

BARREAU (L.). — Voir WILBOIS.

BECHMANN (Lucien). — Rapport, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur l'œuvre architecturale de M. Auguste PERRET. V 354

— Progrès réalisés dans l'emploi du courant électrique pour les distributions d'eau chaude, le chauffage et la cuisine . . . . . VII-VIII-IX 533

BÉJAMBES (Mlle M.). — Voir GUITTONNEAU.

BERGERON (Louis). — *Machines hydrauliques* . . . . . II 185

BERR (Raymond). — L'évolution de l'industrie des engrais chimiques. . . . . VI 483

BERTHELOT (Ch.). — *Les houilles, leur marché, leur préparation mécanique, leur utilisation chimique* . . . . . I 80

— et ORCEL (J.). — *Les minerais. Étude. Préparation mécanique. Marché.* XI 871

BINQUET (Albert). — Voir MAGNE.

BITOUZET (Maurice). — Communication sur : Le labourage électrique (Compte rendu de la séance publique du 14 juin 1930) . VII-VIII-IX 664

— — (Mémoire) . . . . . XII 885

BLONDEL (F.). — Communication sur : L'état de l'industrie minière dans les colonies françaises, son présent, son avenir (Compte rendu de la séance publique du 8 mars 1930). IV 322

— — (Compte rendu de la séance publique du 10 mai 1930) . . VI 521

— — (Mémoire) . . . . VII-VIII-IX 605

BODIN (V.). — Voir LŒBNITZ.

BOLL (Marcel). — *Cours de chimie*, t. I: *Lois générales, métalloïdes*. . . VI 527

BOLL (Marcel) et CANIVET (P.-A.). — *Précis de chimie : généralités, chimie minérale, chimie organique* . . VI 527

BOLL (Marcel) et FÉRY (André). — *Précis de Physique* . . . . . VI 529

— *Physique (classes de spéciales)*. VI 529

BONHERBE (J.). — Voir WILBOIS.


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

BONNET (Pierre). — *La commercialisation de la vie française du premier Empires à no jours* . . . . . I 79
BOUILLET (Georges). — Voir ANDROUIN.
BRESSON (Charles). — *Appareillage électrique haute tension : théorie, construction, applications*. . . . . III 258
BRÉTIGNIÈRE (L.). — L'École nationale d'Agriculture de Grignon . . . X 690
BRILLIÉ (Henri). — Les roulements sur huile. Contribution à l'étude des coussinets des matériels roulants. . . . . IV 283
— — Communication sur : Les roulements sur huile et leurs applications diverses (Compte rendu de la séance publique du 8 novembre 1930) . . . . . XII 956
BRUNEHANT (Louis). — Essai d'exportation du blé français (Procès-verbal de la séance du 2 avril 1930 du Comité d'Agriculture). . . . . IV 330
BRUZON (E.). — *Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine* . . . . . III 265
BUILDER (A.). — *Travail du plâtre*. VI 528

## C

CALOT (Charles). — *Les transports commerciaux. Manuel pratique* . XI 877
CANIVET (P.-A.). — Voir BOLL.
CARPENTIER (Jean). — Analyses de : *Appareillage électrique haute tension : théorie, construction, applications*, par Charles BRESSON. . . . . II 258
— — *Comptage de l'énergie électrique en courants alternatifs*, par J. TARTINVILLE . . . . . III 259
CHARRON (E.). — Communication sur : l'ondoscope, appareil permettant de montrer en projection l'évolution et les propriétés générales des ondes : réflexion, réfraction, interférences et diffraction (Compte rendu de la séance publique du 11 janvier 1930). . . . . II 153
— — (Mémoire) . . . . . IV 305
CHESNEAU (G.). — Analyses de : *Les houilles, leur marché, leur préparation mécanique. leur utilisation chimique*, par CH. BERTHELOT. . . . I 80
— — *Manuel pratique de l'émaillage sur métaux*, par Louis-Élie MILLENET III 256
CHEVALIER (Auguste). — L'œuvre de l'Association cotonnière coloniale au cours de ces dernières années et la situation actuelle de la production cotonnière dans nos colonies (Procès-verbal de la séance du 6 mars du Comité de Commerce) . . IV 332
CHEVALIER (J.). — Voir WILBOIS.
CHEVENARD (Pierre). — *Analyse dilatométrique des matériaux*. II 187, III 261
CHOLLET (F.). — Les canots de sauvetage modernes . . . . . V 407
CHORINE (V.). — Voir MÉTALNIKOV.
COLMET DAÂGE (G.). — Analyse de : *Barrages conjugués et bassins de compensation*, par Georges LAPORTE. III 267
CRÉMIEUX (Albert). — Communication sur : La photoscopie et le procédé photoscopique (Mémoire). . . III 210
— — (Compte rendu de la séance du 8 février 1930). . . . . III 247

## D

DANTY-LAFRANCE (Louis). — Qu'est-ce que l'organisation scientifique du travail? . . . . . VII-VIII-IX 653
DAVID (Pierre). — Voir FERRIÉ.
DECAUX (Bernard). — Voir FERRIÉ.
DELATTRE (Floris). — *L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller*. . XI 878
DELOGE (L.-G.). — Voir WILBOIS.
DUBREUIL (H.). — *Standards. Le travail américain vu par un ouvrier français*. Préface de H. LE CHATELIER. I 82
DUBRISAY (René). — Analyses de : *Équilibres superficiels des solutions colloïdales. Biophysique moléculaire*, par P. LECOMTE du NOUY . . . I 78
— — *Cours de chimie physique*, par L. GAY. . . . . VI 526
— — Analyse de : *Les applications des rayons X. Physique. Chimie. Métallurgie*, par J.-J. TRILLAT . . . . . XI 870

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— Communication sur les colloïdes argileux et leurs applications en céramique (Compte rendu de la séance publique du 22 novembre 1930) . . . . . XII 962
DUMANOIS (Paul). — Communication sur : Le moteur Diesel et les moteurs à combustibles lourds (Compte rendu de la séance publique du 22 mars 1930) . . . . . IV 325
— — (Mémoire) . . . . . VI 456
— Rapports, au nom du Comité des Arts mécaniques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les travaux de :
— — M. Louis KAHN sur la construction et la navigation aéronautiques . . . . . V 356
— — M. Gabriel VOISIN concernant la construction automobile . . V 359
— Rapport (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930) sur le moteur « Puissance » de M. Louis CHARLES. . V 395
— Analyse de : *Le moteur Diesel et ses dérivés*, par F. ECORCHON. . XI 868

## E

ECORCHON (F.). — *Le moteur Diesel et ses dérivés* . . . . . XI 868
ELVINGER (F.). — Voir WILBOIS.

## F

FAURE (G.). — Voir WILBOIS.
FERRIÉ (Général G.-A.). — Rapport, au nom du Comité des Arts économiques, au sujet des travaux du R. P. Pierre LEJAY sur la mesure rapide de la gravité au moyen d'un appareil transportable . . . . XI 765
— Rapports, au nom du Comité des Arts économiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur :
— — Les amplificateurs réalisés par M. Pierre DAVID en vue de la radiodiffusion . . . . . V 397
— — L'appareil à mesurer les fréquences en usage dans la radiodiffusion réalisé par M. Bernard DECAUX. . . . . V 397
FÉRY (André). — Voir BOLL.
FÉRY (Ch.). — Rapport, au nom du Comité des Arts économiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur le photocolorimètre de M. René TOUSSAINT. . . . . V 397
FIEUX (Jean). — Rapport, au nom du Comité des Arts mécaniques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les travaux de M. P. LAVARDE se rapportant au perfectionnement de la locomotive à vapeur . . . . V 358
FOEX (Étienne). — Voir MANGIN.
FRANÇOIS (A.). — Voir MESNAGER.
FRÉMINVILLE (Charles de). — Les progrès réalisés dans l'application de l'organisation scientifique du travail exposés au IVe Congrès international tenu à Paris du 19 juin au 24 juin 1929 . . . . . I 31
— Rapport, au nom du Comité des Arts mécaniques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les ouvrages de M. Camille ROURE concernant les machines-outils. . . . . V 395
— Analyse de :
*L'appareillage des fabrications mécaniques*, par Camille ROURE . . I 78
FREMONT (Charles). — La lime . . . X 709, XI 793, XII 901

## G

GABELLE (Henri). — Le Conservatoire national des Arts et Métiers à l'Exposition de Liége . . . . . X 684
GAILLARD (P.). — Voir LŒBNITZ.
GARNIER (Maurice). — *Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de tir* . . . . . IV 339
— Le général SEBERT . . . . . VI 433
— Analyses de : *Analyse dilatométrique des matériaux*, par Pierre CHEVENARD . . . . . II 187

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— — *Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur*, par A. PÉRARD . . . . . III 257
GAY (L.). — *Cours de chimie physique* . . . . . VI 526
GRANGER (Albert). — *La céramique industrielle. Chimie technologique.* XI 872
GREBEL (André). — Communication sur : Le cognement dans les moteurs à explosion et les carburants non détonants (Compte rendu de la séance publique du 22 février 1930). . . . . III 251
— — (Mémoire) . . . . VII-VIII-IX 624
GRIGNARD (Victor). — Quelques remarques à propos du projet de réforme de la nomenclature de chimie organique . . . . . III 225
GRUNER (L.-E.). — Analyse de : *Standards. Le travail américain vu par un ouvrier français*, par H. DUBREUIL . . . . . I 82
GUÉNARD (Henri). — *La rectification des pièces mécaniques*. . . . . I 78
GUILLAUME (Ch.-Ed.). — Les travaux récents du Bureau international des Poids et Mesures. . . . . V 414
— Analyse de : *Analyse dilatométrique des matériaux*, par Pierre CHEVENARD . . . . . III 261
GUILLET (Léon). — Analyses de : *La soudure électrique à l'arc et ses applications*, par Maurice LEBRUN. VI 528
— — *Les minerais. Étude. Préparation mécanique. Marché*, par Ch. BERTHELOT et J. ORCEL . . . . . XI 871
— Rapport, au nom du Comité des Arts chimiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les recherches de M. Albert ROUX pour l'étude des alliages métalliques aux rayons X. V 368
GUITTONNEAU (G.), KEILLING (J.) et BÉJAMBES (Mlle M.). — *Les terres à prunier de l'Agenais et leurs besoins en éléments fertilisants* . . . . III 263
— Voir VIALA.

## H

HARDY (Georges). — Rapport, au nom du Comité de Commerce (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur le relèvement des métiers d'art indigènes en Indochine. . . . . V 389

## J

JULHIET (Ed.). — Analyses de : *Les services de l'entreprise. Leur aménagement, leur outillage, leur personnel* . . . . . III 268
— — *Administration financière. Méthodes comptables et bilans*, par L. QUESNOT . . . . . IV 341
— — *Les commissaires aux comptes dans les sociétés anonymes devant l'opinion*, par G. REYMONDIN . VI 530
— — *Comment on organise une affaire commerciale*, par P. SAVARY. . VI 530

## K

KAHN (Louis). — Voir DUMANOIS.
KAMMERER (Victor). — Voir WALCKENAER.
KEILING (J.). — Voir GUITTONNEAU.
KRIEG (Henri). — Communication sur : L'organisation du travail dans les exploitations agricoles coloniales et sur son application à la culture du caoutchouc en Indochine (Compte rendu de la séance publique du 12 avril 1930). . . . . V 422
— — (Mémoire) . . . . . VI 471

## L

LACOIN (Maurice) et SERVONNET (Hyacinthe). — Rapport, au nom du Comité de Commerce (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur diverses œuvres d'enseignement. . . . . V 379
LAPORTE (Georges). — *Barrages conjugués et bassins de compensation.* III 267
LARCHEVÊQUE (Marc). — *La fabrication*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*industrielle des porcelaines, cuisson, décoration* . . . . . XI 872
LAURET (André). — Voir RENARD.
LAVARDE (P.). — Les économiseurs système Dabeg pour locomotives. I 15
— Voir FIEUX.
LEBRUN (Maurice). — *La soudure électrique à l'arc et ses applications.* VI 528
LE CHATELIER (Henry). — Rapport, au nom du Comité des Arts chimiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les recherches de M. Michel SAMSOEN sur l'état vitreux . . . . . V 369
— Voir DUBREUIL.
LECOMTE du NOUY (P.). — *Équilibres superficiels des solutions colloïdales. Biophysique moléculaire.* . . . . I 78
LECORNU (Léon). — *Théorie mathématique de l'élasticité* . . . . . III 255
— Analyse de : *La transmission de la chaleur*, par TEN BOSCH . . . . IV 339
LEJAY (R. P. Pierre). — Instrument transportable pour la mesure rapide de la gravité, en campagne . . XI 766
— Communication sur : La prévision des typhons du Pacifique (Compte rendu de la séance publique du 25 octobre 1930) . . . . . XI 865
LEMAIRE (Eugène). — Tables réduites des constantes physiques de la vapeur d'eau. . . . . II 92
— Analyses de : *Les Saint-Simoniens (1827-1837)*, par Henry-René d'ALLEMAGNE . . . . . V 429
— — *Précis de chimie : généralités, chimie minérale, chimie organique*, par Marcel BOLL et P.-A. CANIVET . . . . . VI 527
— — *Physique (classes de spéciales)*, par Marcel BOLL et André FÉRY. VI 529
LEROY (Thérèse). — Voir WILBOIS.
LETORT (J.). — Voir WILBOIS.
LŒBNITZ (J.). — Analyses de : *La fabrication industrielle des porcelaines, cuisson, décoration*, par Marc LARCHEVÊQUE . . . . . XI 872
— — *La céramique industrielle. Chimie technologique*, par Albert GRANGER. XI 872
— Rapport, au nom du Comité des Arts chimiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les recherches de MM. V. BODIN et P. GAILLARD sur la dessiccation des argiles et les pâtes argileuses . . . . . V 396
LYON (Gustave). — Analyse de : *Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de tir*, par Maurice GARNIER . . . . . IV 339

## M

MAGNE (H. M.). — Oxydes de fer employés comme colorants des enduits de chaux ou de ciment (Procès-verbal de la séance du 18 février 1930 du Comité des Constructions et des Beaux-Arts) . III 254
— Rapports, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur :
— — L'œuvre de décoration mobilière et architecturale de M. Eric BAGGE . . . . . V 379
— — Les travaux de décoration architecturale de M. Albert BINQUET . V 398
— Analyse de : *Travail du plâtre*, par A. BUILDER . . . . . VI 528
MAJORELLE (Jean). — Communication sur : Deux réalisations dans le domaine de la documentation technique et économique : les fiches documentaires et les cartes industrielles de la Société de Documentation industrielle (Compte rendu de la séance publique du 25 janvier 1930). . . . . II 161
— — (Mémoire) . . . . . III 193
MANGIN (Louis). — Séances publiques du
— — 11 janvier 1930 . . . . . II 151
— — 8 février — . . . . . III 243
— — 22 — — . . . . . III 248
— — 22 mars — . . . . . IV 324
— — 10 mai — . . . . . VI 516
— — 24 — — . . . . . VI 523
— — 14 juin — . . VII-VIII-IX 661
— — 25 octobre — . . . . . XI 858
— — 8 novembre — . . . . XII 954
— — 22 — — . . . . XII 960
— Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930. Allocution . . . . V 345

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— Rapports, au nom du Comité d'Agriculture (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les travaux de :
— — M. Paul MARCHAL sur l'entomologie appliquée . . . . . V 350
— — M. Étienne FOEX sur la pathologie végétale . . . . . V 373
— — M. Isaac PASTAC, sur l'emploi de matières colorantes comme produits anticryptogamiques . . . V 374
— Communication sur : Le Congrès de la Rose et de l'Oranger, tenu à El Goléa (Algérie) les 28 et 29 janvier 1930 (Compte rendu de la séance publique du 10 mai 1930). VI 519
— — (Mémoire) . . . . . X 66
MARCHAL (Paul). — Voir MANGIN (Louis).
MÉNÉTRAT (G.). — Communication sur : Le stéréoscope universel Ploix (Mémoire) . . . . . II 89
MESNAGER (A.). — Rapport, au nom du Comité des Constructions et des Beaux-Arts (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les procédés de cimentation du terrain et des maçonneries imaginés par M. A. FRANÇOIS. V 376
METALNIKOV (S.) et CHORINE (V.) — Utilisation des microbes dans la lutte contre les insectes nuisibles. VII-VIII-IX 538
MICHOTTE. — Dépôt de trois plis cachetés relatifs : 1° à une question d'hydraulique ; 2° à une question d'incendie ; 3° au travail des textiles (séance publique du 25 octobre 1930) . XI 858
MILLENET (Louis-Élie). — *Manuel pratique de l'émaillage sur métaux.* III 256
MOUSSU (G.). — La fièvre ondulante (fièvre de Malte, fièvre méditerranéenne, mélitococcie) (Procès-verbal de la séance du 8 janvier 1930 du Comité d'Agriculture) . . . II 166

## N

NICOLAU (Capitaine P.). — Quelques progrès récents des méthodes de contrôle des produits métallurgiques . . . . . II 117
— Voir PORTEVIN.
ORCEL (J.). — Voir BERTHELOT.

## P

PASTAC (Isaac). — Voir MANGIN.
PÉRARD (A). — *Les idées actuelles sur la définition de l'unité de longueur.* III 257
PERRET (Auguste). — Voir BECHMANN.
PHILIPPOTEAUX (A.). — *Aurelio de Pasino, architecte italien* (1533-1585). X 683
PONTHIÈRE (M.). — Voir WILBOIS.
PORTEVIN (Albert). — Rapport, au nom du Comité des Arts chimiques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les travaux du Capitaine P. NICOLAU sur la détermination des propriétés mécaniques des matériaux. . . V 369
POSTEL-VINAY (M.). — Analyse de : *Mécanique, électricité et constructions appliquées aux appareils de levage.* T. II. *Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels*, par Louis ROUSSELET . . . . . VI 338

## Q

QUESNOT (L.). — *Administration financière. Méthodes comptables.* . . IV 341
QUINQUET (Alfred). — Dépôt d'un pli cacheté concernant l'exploitation internationale des limons fins (création d'un institut) (Compte rendu de la séance publique du 14 juin 1930). VII-VIII-IX 661

## R

RACHINEL (E.). — Voir WILBOIS.
RANDOUIN (Mme Lucie). — Voir ROUX.
RENARD (M.). — Voir WILBOIS.
RENARD (Lieut.-Col. Paul). — L'œuvre aérodynamique de Gustave EIFFEL (Mémoire) . . . . . III 232
— Rapport, au nom du Comité des Arts économiques (Compte rendu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les progrès réalisés par M. André LAURET dans la construction des carburateurs. V 371
REURE. — *Le chauffage par la vapeur des longs trains* . . . . . I 66
REY (Jean). — Séance publique du 25 janvier 1930 . . . . . II 158
REYMONDIN (G.). — *Les commissaires aux comptes dans les sociétés anonymes devant l'opinion* . . . . . VI 530
RIMAILHO (Lieut.-Col.). — Voir WILBOIS.
RINGELMANN (Max). — Les moteurs animés considérés comme machines motrices . . . . . I 22, III 215
RISLER (Georges). — Rapports, au nom du Comité de Commerce (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur : L'Œuvre de Protection du Nourrisson . . . . . V 391
— L'École des Surintendantes de France . . . . . V 393
ROUCH (J.). — La navigation du Rhin. VII-VIII-IX 551
ROUME (Ernest). — Séance publique du 22 mars 1930 . . . . . IV 321
ROURE (Camille). — *L'appareillage des fabrications mécaniques. Machines-outils pour le travail des métaux :* I. *Machines spéciales;* II. *Machines d'usage général. Machines-outils pour le travail du bois. Outillage des fabrications mécaniques* . . . . . I 78
— Voir FRÉMINVILLE (Ch. de).
ROUSIERS (Paul de). — Analyses de : *La commercialisation de la vie française du premier Empire à nos jours*, par Pierre BONNET . . . . . I 79
— — *Les transports commerciaux. Manuel pratique*, par Charles CALOT. XI 877
— — *L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller*, par Floris DELATTRE. XI 878
— Une association pour la stabilité de la monnaie (Procès-verbal de la séance du 3 avril 1930 du Comité de Commerce) . . . . . IV 337
— Séance publique du 12 avril 1930. V 420
ROUSSELET (Louis). — *Mécanique, électricité et constructions appliquées aux appareils de levage :* T. II. *Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels* . . . . . IV 338
ROSZAK (Charles). — Voir WALCKENAER.
ROUX (Albert). — Voir GUILLET.
ROUX (Eugène). — Rapports, au nom du Comité d'Agriculture (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les travaux de :
— Mme Lucie RANDOUIN sur la physiologie de la nutrition et sur les vitamines . . . . . V 352
— M. Jules ALQUIER sur l'alimentation humaine et le rationnement du bétail . . . . . V 353

## S

SABOURET (Victor). — Analyse de : *Mission aux États-Unis et au Canada (avril, mai, juin 1930). Rapport :* CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE . . . . . XI 868
— Jules RICHARD (1848-1930) . . XII 898
SAMSOEN (Michel). — Voir LE CHATELIER.
SAURIN (Jules). — Le problème du peuplement dans l'Afrique du Nord. IV 274
SAUVAGE (Ed.). — Assemblée générale du 14 décembre 1929. . . . . I 67
— L'Exposition des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée à Liége, en 1930 . . . . . XI 776
— Normalisation industrielle . . IV 282
— Perfectionnement à la machine frigorifique à vapeur d'eau Scam-Follain . . . . . VII-VIII-IX 550
— Fête du travail de la Société industrielle de l'Est (Nancy, 27 juillet 1930). . . . . VII-VIII-IX 651
SAVARY (P.). — *Comment on organise une affaire commerciale* . . . . VI 530
SÉJOURNÉ (Paul). — Communication sur : La ligne de chemin de fer de Casablanca à Marrakech et le transport des phosphates marocains (Compte rendu de la séance publique du 8 février 1930). . . . . III 244
SERVONNET (Hyacinthe). — Voir LACOIN.
SIMON (André). — Dépôt d'un pli

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cacheté relatif à un perfectionnement concernant des dispositifs de tissage continu sans canette (séance publique du 25 octobre 1930) . XI 858
SOCHACZEWER (D.). — *Notes sur les connaissances actuelles des propriétés de la vapeur d'eau* . . . . . I 76

## T

TARTINVILLE (J.). — *Comptage de l'énergie électrique en courants alternatifs* III 259
TEN BOSCH. — *La transmission de la chaleur* . . . . . IV 339
THUMEN (Ch.-B.). — Voir WILBOIS.
TOUSSAINT (René). — Voir FÉRY (Ch.).
TRIBOT-LASPIÈRE. — Communication sur : La géographie électrique de la France, œuvre de documentation industrielle; l'établissement des cartes des lignes et centrales électriques (Compte rendu de la séance publique du 25 janvier 1930). . II 163
— — (Mémoire) . . . . . III 204
TRILLAT (J.-J.). — *Les applications des rayons X. Physique. Chimie. Métallurgie* . . . . . XI 870

## V

VIALA. — Rapport, au nom du Comité d'Agriculture (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur les recherches de M. G. GUITTONNEAU sur la maladie de carence des pruniers de l'Agenais . . . . . V 374
VILMORIN (Roger de). — Les plantes de grande culture, méthodes de sélection et création de variétés nouvelles. (Communication à la séance publique du 24 mai 1930) . . . VI 524
— — (Mémoire) . . . . . XI 779
VOISIN (Gabriel). — Voir DUMANOIS.
VUIGNER (R.). — *Comment exploiter un domaine agricole* : T. I. *Aménagement du domaine*; T. II. *Exploitation du domaine* . . . . . III 266

## W

WALCKENAER (Ch.). — Analyses de : *Notes sur les connaissances actuelles des propriétés de la vapeur d'eau*, par D. SOCHACZEWER. . . . . I 76
— — *Machines hydrauliques*, par Louis BERGERON. . . . . II 185
— — *Théorie mathématique de l'élasticité*, par Léon LECORNU . . . . III 255
— Rapport, au nom du Comité des Arts mécaniques (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930), sur l'ensemble des travaux de :
— — M. Victor KAMMERER et notamment ceux relatifs aux appareils à vapeur . . . . . V 361
— — M. Charles ROSZAK. . . . . V 363
WERY (Georges). — Joseph HITIER (1865-1930) . . . . . XI 774
— Analyses de : *Le Danemark*, par le Ministère des Affaires étrangères et le Département des Statistiques du Danemark. . . . . XII 873
— — *Les terres à prunier de l'Agenais et leurs besoins en éléments fertilisants*, par G. GUITTONNEAU, J. KEILLING et Mlle M. BÉJAMBES . . . III 263
— — *Annales de l'Institut national agronomique* . . . . . III 263
— — *Le climat de l'Indochine et les typhons de la mer de Chine*, par E. BRUZON . . . . . III 265
— — *Comment exploiter un domaine agricole* : T. I. *Aménagement du domaine*; T. II. *Exploitation du domaine*, par R. VUIGNER . . . III 266
— Rapports (Compte rendu de l'Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930) sur l'attribution :
— — du prix Fourcade en faveur d'ouvriers de fabriques de produits chimiques . . . . . V 356
— — de médailles de bronze aux contremaîtres et aux ouvriers d'établissements industriels des exploitations agricoles . . . . . V 402

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE DES MATIÈRES

## CONTENUES DANS LA CENT VINGT-NEUVIÈME ANNÉE DU BULLETIN

## (JANVIER-DÉCEMBRE 1930)

**129e année.**

*Les nombres en chiffres romains indiquent le ou les mois du cahier. Le nombre en chiffres arabes qui les suit indique la page.*

## A


**ADMINISTRATION, COMPTES RENDUS, etc., DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT**

*Assemblée générale* du 14 décembre 1929 . . . . . I 67

*Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930 :*

— Distribution des récompenses décernées pour l'année 1929 :

Allocution de M. L. MANGIN. . . . V 345

*Bureau pour 1930* (Compte rendu de l'Assemblée générale du 14 décembre 1929) . . . . . I 74

*Comité d'Agriculture.* Séance du 8 janvier 1930 :

— — La fièvre ondulante (fièvre de Malte, fièvre méditerranéenne, mélitococcie), par G. MOUSSU . . . II 166

— Séance du 2 avril 1930 :

— — Essai d'exportation du blé français, par Louis BRUNEHANT . . IV 330

*Comité de Commerce.* Séance du 6 mars 1930 :

— — L'œuvre de l'Association cotonnière coloniale au cours de ces dernières années et la situation actuelle de la production cotonnière dans nos colonies, par Auguste CHEVALIER. . . . . IV 332

— Séance du 3 avril 1930 :

— — Une association pour la stabilité de la monnaie, par Paul de ROUSIERS. . . . . IV 337

*Comité des Constructions et des Beaux-Arts.* Séance du 18 février 1930 :

— — Oxydes de fer employés comme colorants des enduits de chaux ou de ciment, par H. M. MAGNE. III 254

*Liste des Membres du Conseil d'Administration :*

Membres titulaires . . . . . I 3

— honoraires . . . . I 11

— correspondants . . I 12

*Plis cachetés.* Dépôt d'un — — relatif à des perfectionnements concernant des dispositifs de tissage continu sans canette, par M. André SIMON (séance publique du 25 octobre 1930) . . . . . XI 858

— Dépôt de trois — — relatifs à : 1° une question d'hydraulique; 2° une question d'incendie; 3° au travail des textiles, par M. MICHOTTE (séance publique du 25 octobre 1930) . . . . . XI 858

— Dépôt d'un — — concernant l'exploitation internationale des limons fins (création d'un institut), par M. Alfred QUINQUET (Compte rendu de la séance publique du 14 juin 1930) . . . . . VII-VIII-IX 661

*Récompenses.* Distribution des — décernées pour l'année 1929 (Assemblée générale solennelle du 5 avril 1930) . . . . . V 345

— Rapports relatifs à ces — . . V 350

— Liste des —. . . . . V 405

*Séances publiques :*

— — 11 janvier 1930 . . . . II 151

— — 25 — — . . . . II 158

— — 8 février — . . . . III 243

— — 22 — — . . . . III 248

— — 8 mars — . . . . IV 321


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— — 22 — — . . . . IV 324
— — 12 avril — . . . . V 420
— — 10 mai — . . . . VI 516
— — 24 — — . . . . VI 523
— — 14 juin — . VII-VIII-IX 661
— — 25 octobre — . . . . XI 858
— — 8 novembre — . . . . XII 954
— — 22 — — . . . . XII 960
*Aérodynamique.* L'œuvre — de Gustave EIFFEL, par le Lieut.-Col. Paul RENARD (Mémoire) . . . III 232
*Afrique du Nord.* Le problème du peuplement dans l' — — —, par Jules SAURIN . . . . . IV 274
*Agriculture coloniale.* (Voir *Caoutchouc.*)
*Architecture.* Aurelio de Pasino, architecte italien (1533-1585), par A. PHILIPPOTEAUX . . . . . X 683
*Association cotonnière coloniale.* L'œuvre de l' — — — au cours de ces dernières années et la situation actuelle de la production cotonnière dans nos colonies, par Auguste CHEVALIER (Procès-verbal de la séance du 6 mars 1930 du Comité de Commerce) . . . . . IV 332

## B

### BIBLIOGRAPHIE

*Administration financière. Méthodes comptables et bilans,* par L. QUESNOT. IV 341
*Agriculture. Comment exploiter un domaine agricole* : T. I. *Aménagement du domaine*; T. II. *Exploitation du domaine,* par R. VUIGNER . . . III 266
*Analyse dilatométrique des matériaux,* par Pierre CHEVENARD. II 187, III 264
*Appareillage électrique haute tension : théorie, construction, applications,* par Charles BRESSON . . . . . III 258
*Appareils de levage. Mécanique, électricité et constructions appliquées aux — — —.* T. II. *Les ponts roulants à treillis et les grues à portiques actuels,* par Louis ROUSSELET . . . . . IV 338
*Aurelio de Pasino, architecte italien* (1533-1585). par A. PHILIPPOTEAUX . . . . . X 683
*Barrages conjugués et bassins de compensation,* par Georges LAPORTE. III 267
*Biophysique moléculaire.* Voir *Solutions colloïdales.*
*Céramique. La — industrielle. Chimie technologique* . . . . . XI 872
*Chemins de fer. Mission aux États-Unis et au Canada (avril, mai, juin 1929). Rapport* de la Cie DES CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE XI 868
*Chimie. Cours de —.* T. I. *Lois générales, métalloïdes,* par Marcel BOLL . . VI 527
*— Précis de — : généralités, — minérale, — organique,* par Marcel BOLL et P.-A. CANIVET . . . . . VI 527
*Chimie physique. Cours de — —,* par L. GAY. . . . . VI 526
*Commerce.* (Voir *Organisation commerciale.*)
*Commercialisation de la vie. La — — — — française du premier Empire à nos jours,* par Pierre BONNET . . I 79
*Commissaires aux comptes. Les — — — dans les sociétés anonymes devant l'opinion,* par G. REYMONDIN . . VI 530
*Danemark. Le —* par le MINISTRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES et le DÉPARTEMENT DES STATISTIQUES DU DANEMARK XI 873
*Dilatométrie.* (Voir *Analyses*).
*Élasticité. Théorie mathématique de l' —,* par Léon LECORNU . . . . III 255
*Électro-technique.* (Voir *Appareillage électrique*).
*Émaillage. Manuel pratique de l' — sur métaux,* par Louis-Elie MILLENET. III 256
*Énergie électrique. Comptage de l' — — en courants alternatifs,* par J. TARTINVILLE . . . . . III 259
*Entreprise.* (Voir *Organisation commerciale.*)
*Fabrications mécaniques. L'appareillage des — —. Machines-outils pour le travail des métaux :* I. *Machines spéciales;* II. *Machines d'usage général. Machines-outils pour le travail du bois. Outillage des — —,* par Camille ROURE. . . . . I 78
*Houilles. Les —, leur marché. leur pré-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*paration mécanique, leur utilisation chimique*, par Ch. BERTHELOT . . I 80
— *L'Angleterre d'après-guerre et le conflit houiller*, par Floris DELATTRE . . . . . XI 878
*Indochine. Le climat de l' — et les typhons de la mer de Chine*, par E. BRUZON . . . . . III 265
*Institut national agronomique. Annales de l' — — —* . . . . . III 263
*Machines hydrauliques*, par Louis BERGERON . . . . . II 185
*Machines-outils.* (Voir *Fabrications mécaniques.*)
*Mécanique. La rectification des pièces mécaniques*, par Henri GUÉNARD . I 78
*Minerais. Les — . Étude. Préparation mécanique. Marché*, par CH. BERTHELOT et J. ORCEL. . . . . XI 871
*Moteur Diesel. Le — — et ses dérivés.* par F. ECORCHON . . . . . XI 868
*Organisation commerciale. Les services de l'entreprise. Leur aménagement, leur outillage, leur personnel.* Cours et conférences par G. WILBOIS, CH.-B. THUMEN, M. PONTHIÈRE, J. CHEVALIER, Thérèse LEROY, L.-G. DELOGE, L. BARREAU, E. RACHINEL, J. BONHERBE, F. ELVINGER, Lieut.-Col. RIMAILHO, J. LETORT, M. RENARD, G. FAURE . . . . . III 268
— *Comment on organise une affaire commerciale*, par P. SAVARY . . VI 530
*Physique. Précis de —*, par Marcel BOLL et André FÉRY . . . . . VI 529
— (*classes de spéciales*), par Marcel BOLL et André FÉRY . . . . . VI 529
*Plâtre. Travail du —*, par A. BUILDER. VI 528
*Porcelaines. La fabrication industrielle des —, cuisson, décoration*, par Marc LARCHEVÊQUE . . . . . XI 872
*Prunier. Les terres à — de l'Agenais et eurs besoins en éléments fertilisants*, par G. GUITTONNEAU, J. KEILLING et Mlle M. BÉJAMBES . . . . . III 263
*Rayons X. Les applications des — —. Physique. Chimie. Métallurgie*, par J.-J. TRILLAT . . . . . XI 870
*Saint-Simoniens. Les — — (1827-1837)*, par Henry-René d'ALLEMAGNE. . V 429
*Solutions colloïdales. Équilibres superficiels des — —. Étude de biophysique moléculaire*, par P. LECOMTE du NOUY . . . . . I 78
*Soudure électrique. La — — à l'arc et ses applications*, par Maurice LEBRUN. VI 528
*Standards. Le travail américain vu par un ouvrier français*, par H. DUBREUIL, avec préface de H. LE CHATELIER. I 82
*Tir. Le calcul et l'expérience dans l'établissement des tables de —*, par Maurice GARNIER. . . . . IV 339
*Transmission de la chaleur. La — — — —* par TEN BOSCH. . . . . IV 339
*Transports commerciaux. Les — —. Manuel pratique*, par Charles CALOT. XI 877
*Typhons.* (Voir *Indochine.*)
*Unité de longueur. Les idées actuelles sur la définition de l' — —*, par A. PÉRARD . . . . . III 257
*Vapeur d'eau. Note sur les connaissances actuelles des propriétés de la — —*, par D. SOCHACZEWER . . . . . I 76
*Blé.* Essai d'exportation du — français, par Louis BRUNEHANT (Procès-verbal de la séance du 2 avril 1930 du Comité d'Agriculture). . . . . IV 330
*Bureau international des Poids et Mesures.* Les travaux récents du — — — —, par CH. ED. GUILLAUME. V 414

## C

*Canots de sauvetage.* Les — — — modernes, par F. CHOLLET . . V 407
*Caoutchouc.* L'organisation du travail dans les exploitations agricoles coloniales et son application à la culture du — en Indochine. Communication par Henri KRIEG (Compte rendu de la séance publique du 12 avril 1930). V 422
— — (Mémoire) . . . . . VI 471
*Carburants.* (Voir *Moteurs.*)
*Cartes des lignes et centrales électriques.* Établissement des — — — de la France. Communication par M. TRIBOT-LASPIÈRE (Compte rendu de la séance publique du 25 janvier 1930) . . . . . II 163



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— — (Mémoire). . . . . III 204
*Cartes industrielles.* (Voir *Documentation technique.*)
*Centrales électriques.* (Voir *Cartes.*)
*Céramique.* (Voir *Colloïdes argileux.*)
*Chauffage.* (Voir *Électricité. Trains.*)
*Chemins de fer.* L'Exposition des — — — de Paris-Lyon-Méditerranée à Liége, en 1930, par ED. SAUVAGE. XI 776
*Chimie organique.* Quelques remarques à propos du projet de réforme de la nomenclature de — —, par Victor GRIGNARD . . . . . III 225
*Colloïdes argileux* et leurs applications en céramique. Communication par René DUBRISAY (Compte rendu de la séance publique du 22 novembre 1930) . . . . . XII 962
*Colorants.* Oxydes de fer employés comme — des enduits de chaux ou de ciment, par H. M. MAGNE (Procès-verbal de la séance du 18 février 1930 du Comité des Constructions et des Beaux-Arts) . . . . . III 254
*Colza.* (Voir *Lubrifiants.*)
*Congrès de la Rose et de l'Oranger.* Le — — — — —, tenu à El Goléa (Algérie) les 28 et 29 janvier 1930. Communication par Louis MANGIN. (Compte rendu de la séance publique du 10 mai 1930) . . . . . VI 519
— — (Mémoire) . . . . . X 669
*Conservatoire national des Arts et Métiers.* Le — — — — — à l'Exposition de Liége, par Henri GABELLE. X 684
*Coton.* (Voir *Association cotonnière coloniale.*)
*Cuisine.* (Voir *Électricité.*)

## D

*Distributions d'eau.* (Voir *Électricité.*)
*Documentation industrielle.* (Voir *Géographie électrique.*)
*Documentation technique.* Deux réalisations dans le domaine de la — — et économique : les fiches documentaires et les cartes industrielles de la Société de Documentation industrielle. Communication par Jean MAJORELLE (Compte rendu de la séance publique du 25 janvier 1930). II 161
— — (Mémoire) . . . . . III 193

## E

*Éeole (L') nationale d'Agriculture de Grignon,* par L. BRÉTIGNIÈRE. . . . X 690
*Économiseurs système Dabeg.* (Voir *Locomotives.*)
*Électricité.* Progrès réalisés dans l'emploi du courant électrique pour les distributions d'eau chaude, le chauffage et la cuisine, par Lucien BECHMANN . . . . . VII-VIII-IX 533
*Électrification.* (Voir *Cartes des lignes et centrales électriques.*)
*Enduits.* (Voir *Colorants.*)
*Engrais chimiques.* L'évolution de l'industrie des — —, par Raymond BERR. . . . . VI 483
*Établissements horticoles de MM. Vilmorin-Andrieux et Cie.* (Voir *Horticulture.*)
*Exposition.* (Voir *Chemins de fer, Conservatoire national des Arts et Métiers.*)

## F

*Fiches documentaires.* (Voir *Documentation technique.*)
*Fièvre ondulante.* La — — (fièvre de Malte, fièvre méditerranéenne, mélitococcie), par G. MOUSSU (Procès-verbal de la séance du 8 janvier 1930 du Comité d'Agriculture) . . . II 166

## G

*Géographie électrique.* La — — de la France, œuvre de documentation industrielle. Communication par J. TRIBOT-LASPIÈRE (Compte rendu de le séance publique du 25 janvier 1930) . . . . . II 163
— — (Mémoire) . . . . . III 204
*Gravité.* Rapport, au nom du Comité des Arts économiques, au sujet des travaux du R. P. Pierre LEJAY sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la mesure rapide de la — au moyen d'un appareil transportable, par le général FERRIÉ . . . . . XI 765
— — (Compte rendu de la séance publique du 25 octobre 1930) . XI 859
— Instrument transportable pour la mesure rapide de la — en campagne, par le R. P. Pierre LEJAY. XI 766

## H

*Horticulture.* Visite des établissements horticoles de MM. VILMORIN-ANDRIEUX ET Cie. (Verrières-le-Buisson, 27 mai 1930) . . . . . VI 469

## I

*Indochine.* (Voir *Caoutchouc.*)
*Industrie minière.* État de l' — — dans les colonies françaises, son présent, son avenir. Communication par F. BLONDEL (Compte rendu de la séance publique du 8 mars 1930) . . . . . IV 322
— — (Compte rendu de la séance publique du 10 mai 1930) . . . VI 521
— — (Mémoire) . . . . VII-VIII-IX 605
*Insectes nuisibles.* Utilisation des microbes dans la lutte contre les — —, par S. MÉTALNIKOV et V. CHORINE. VII-VIII-IX 538

## L

*Labourage.* Le — électrique. Communication par Maurice BITOUZET (Compte rendu de la séance publique du 14 juin 1930) . VII-VIII-IX 664
— — (Mémoire) . . . . . XII 885
*Lignes électriques.* (Voir *Cartes.*)
*Lime* —, par Charles FREMONT. X 709, XI 793, XII 901
*Limons fins.* Dépôt d'un pli cacheté concernant l'exploitation internationale des — — (création d'un institut), par Alfred QUINQUET (Compte rendu de la séance publique du 14 juin 1930). . . . . VII-VIII-IX 661
*Locomotives.* Les économiseurs système Dabeg pour —, par P. LAVARDE. . . . . I 15
*Lubrifiants.* La question des — nationaux; la culture du colza et du ricin en France et dans l'Afrique du Nord. Communication par Émile ANDRÉ (Compte rendu de l'Assemblée générale du 14 décembre 1929) . . . I 70
— — (Mémoire). . . . . II 95
*Lubrification.* (Voir *Roulements sur huile.*)

## M

*Machine frigorifique.* Perfectionnement de la — — à vapeur d'eau Scam-Follain, par Ed. SAUVAGE . VII-VIII-IX 550
*Matériel roulant.* (Voir *Roulements sur huile.*)
*Métallurgie* (Voir *Produits métallurgiques.*)
*Mines.* (Voir *Industrie minière.*)
*Monnaie.* Une association pour la stabilité de la monnaie, par Paul de ROUSIERS (Procès-verbal de la séance du 3 avril 1930 du Comité de Commerce). . . . . IV 337
*Moteurs à explosion.* Le cognement dans les — — — et les carburants non détonants. Communication par André GREBEL (Compte rendu de la séance publique du 22 février 1930) . . . . . III 251
— — (Mémoire) . . . . VII-VIII-IX 624
*Moteurs animés.* — Les — — considérés comme machines motrices, par Max RINGELMANN . . . . I 22, III 215
*Moteur Diesel. Le — — et les moteurs à combustibles lourds.* Communication par Paul DUMANOIS (Compte rendu de la séance publique du 22 mars 1930) . . . . . IV 325
— — (Mémoire) . . . . . VI 456

## N

*Nécrologies* : M. Auguste RATEAU . II 158
— M. le Général SEBERT. . . . . II 159
— M. Georges MARIÉ. . . . . III 248
— Joseph HITIER (1865-1930), par Georges Wery . . . . . XI 774
— M. Jules RICHARD . . . . . XI 859
— M. Charles FREMONT . . . . . XI 859

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— M. A. Ch. GIRARD . . . . . IV 324
— M. Joseph HITIER . . . . . V 420
— le général SEBERT, par Maurice GARNIER . . . . . VI 433
— M. Henry GALL . . . . . XII 960
— Jules RICHARD (1848-1930), par Victor SABOURET . . . . . XII 898
*Normalisation industrielle*, par E. SAUVAGE . . . . . IV 282

## O

*Ondoscope*. Appareil permettant de montrer en projection l'évolution et les propriétés générales des ondes : réflexion, réfraction, interférences et diffraction. Communication par — E. CHARRON (Compte rendu de la séance publique du 14 janvier 1930) . . . . . II 153
— — (Mémoires) . . . . . IV 305
*Oranger*. (Voir *Congrès*.)
*Organisation scientifique du travail*. Les progrès réalisés dans l'application de l' — — — — exposés au IVe Congrès international tenu à Paris du 19 au 24 juin 1929, par Ch. de FRÉMINVILLE . . . . . I 31
— Qu'est-ce que l' — — — —? par Louis DANTY-LAFRANCE . VII-VIII-IX 653
*Oxydes de fer*. (Voir *Colorants*.)

## P

*Phosphates marocains*. La ligne de chemin de fer de Casablanca à Marrakech et le transport des — —. Communication par Paul SÉJOURNÉ (Compte rendu de la séance publique du 8 février 1930) . . . . . III 244
*Photoscopie*. La — et le procédé photoscopique. Communication par Albert CRÉMIEUX (Mémoire) . . . . . III 210
— — (Compte rendu de la séance publique du 8 février 1930) . . . III 247
*Plantes de grande culture*. Les — — — —, méthodes de sélection et création de variétés nouvelles Communication par Roger de VILMORIN (Compte rendu de la séance publique du 24 mai 1930) . . . . . VI 524
— — (Mémoire) . . . . . XI 779
*Poids et mesures*. (Voir *Bureau international*.)
*Produits métallurgiques*. Quelques progrès récents des méthodes de contrôle des — —, par P. NICOLAU. II 117

## R

*Rhin*. La navigation du —, par J. ROUCH : . . . . . VII-VIII-IX 551
*Ricin*. (Voir *Lubrifiants*.)
*Rose*. (Voir *Congrès*.)
*Roulements sur huile*. Les — — —. Contribution à l'étude des coussinets des matériels roulants, par Henri BRILLIÉ. . . . . IV 283
— Les — — — et leurs applications diverses. Communication par Henri BRILLIÉ (Compte rendu de la séance publique du 8 novembre 1930). XII 956

## S

*Société industrielle de l'Est*. Fête du travail de la — — — — (Nancy, 27 juillet 1930), par Ed. SAUVAGE VII-VIII-IX 651
*Stéréoscope*. Le — universel Ploix. Communication par G. MÉNÉTRAT (Mémoire) . . . . . II 89

## T

*Trains*. Le chauffage par la vapeur des longs —, par M. REURE . . . . . I 66
*Typhons*. La prévision des — du Pacifique. Communication par le R. P. Pierre LEJAY (Compte rendu de la séance publique du 25 octobre 1930). XI 865

## V

*Vapeur d'eau* : Tables réduites des constantes physiques de la — —, par Eugène LEMAIRE. . . . . II 92
— (Voir *Machine frigorifique*.)

*L'agent général, gérant*, E. LEMAIRE.

Coulommiers. — Imp. PAUL BRODARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires