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

Titre général : Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale
Titre du volume : 1903. 2e semestre

Mots-clés : Progrès scientifique et technique ; Innovations * France * 1900-1945
Description : 888 p. : ill.  ; 26 cm
Adresse : Paris : Société d'encouragement pour le développement de l'industrie nationale, 1903
Cote de l'exemplaire : BSPI.106

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?BSPI.106

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

S. E. I. N.
Bibliothèque

# BULLETIN

DE LA

# SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR

# L'INDUSTRIE NATIONALE

B151-106

PUBLIÉ

SOUS LA DIRECTION DU SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ

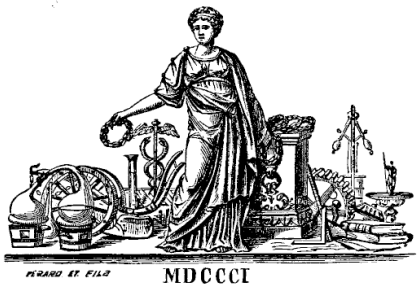
M. ED. COLLIGNON

---

**1903 (2e Semestre)**

---

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




PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ, RUE DE RENNES, 44

—

1903

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ

## RÉDACTION DU BULLETIN

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

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

102e ANNÉE. JUILLET 1903.

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

## SÉANCE GÉNÉRALE DU 26 JUIN 1903

### PRÉSIDENCE DE M. LINDER
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ

Le fauteuil de la présidence est occupé par M. LINDER, *président de la Société*. A ses côtés siègent : MM. Le Châtelier, Lindet et Voisin Bey, vice-présidents, et M. Collignon, secrétaire de la Société.

M. *le Président* ouvre la séance par le discours suivant :

MESSIEURS,

Dans le cours de l'année qui vient de finir, notre Société a été moins durement frappée qu'elle ne l'avait été dans celles qui l'ont immédiatement précédée, mais les pertes qu'elle a subies n'en ont pas moins été pour elle la source de regrets douloureux. Avant de vous parler des actes de votre Conseil et des récompenses qu'il a décernées, laissez-moi donner un pieux et affectueux souvenir à ceux de nos sociétaires que la faux du Temps a enlevés, et rendre un dernier hommage à leur mémoire.

Le 25 novembre dernier, *M. Ronna*, membre de notre Comité d'Agri-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culture, s'est éteint dans les souffrances d'une de ces cruelles maladies, pour lesquelles la science médicale n'a pas encore trouvé de remède. Notre collègue était Italien de naissance, mais vécut en France pendant presque toute sa vie et mourut citoyen français. Il débuta dans la carrière d'ingénieur, en 1857. Après avoir occupé, à Paris, successivement les fonctions de chef du secrétariat de plusieurs Sociétés industrielles nées du Crédit Mobilier et de co-directeur de la « Librairie agricole », puis, à Vienne, celles de directeur administratif des mines, usines et domaines de la Société austro-hongroise des chemins de fer de l'État, *M. Ronna* rentra à Paris, en 1892. Il se donna dès lors tout entier à sa vocation d'ingénieur-agronome, qu'il cultivait depuis longtemps, et prit une part active au mouvement agricole de notre pays, en y intervenant tantôt de façon personnelle, tantôt par ses écrits, notamment par une collaboration incessante au *Journal d'Agriculture pratique*.

Ces occupations, toutefois, n'avaient pas suffi pour satisfaire son ardeur au travail. Devenu membre du Conseil d'administration de la Société d'Encouragement (Section de l'Agriculture), il collabora à notre *Bulletin* avec un dévouement inlassable, et y publia des mémoires importants, notammment une étude sur les irrigations et l'assainissement des villes et des cours d'eau aux États-Unis, des travaux sur les eaux et les égouts de Rome, sur le Tibre, sur l'agriculture de l'avenir, et, en dernier lieu, une notice sur *Léonard de Vinci*, fragment d'une œuvre considérable, malheureusement interrompue par la mort.

Peu de mois s'étaient écoulés depuis le décès de M. Ronna, lorsqu'un nouveau deuil vint nous attrister et faire un vide dans le Comité des Constructions et des Beaux-Arts. M. *Félix Worms de Romilly* venait de mourir. Il appartenait à notre Société depuis 1885, et en suivait les travaux, toutefois sans s'y associer activement, reportant de préférence son attention sur les Sociétés purement scientifiques dont il faisait partie, et auxquelles le rattachaient des œuvres personnelles sur des questions de physique et de mécanique. Il portait un intérêt tout particulier au développement des progrès de ces sciences, qu'il a toujours été prêt à encourager modestement, le plus souvent sous le voile de l'anonyme, en donnant son concours pécuniaire aux recherches des savants et aux publications utiles.

Sir W. *Roberts Austen*, membre de la Société Royale de Londres, que nous avons perdu vers la même époque, appartenait au cadre de nos

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

correspondants étrangers. Il avait été lauréat de notre Société, en 1894, pour ses belles études sur les propriétés des alliages métalliques, et n'avait cessé, depuis lors, d'enrichir notre *Bulletin* de nombreux travaux.

Trois autres membres complètent le triste nécrologe de nos pertes :

*MM. A. Biver*, directeur de la Compagnie de Saint-Gobain ;

*Mesureur*, président de la Société des Ingénieurs civils ;

*Trouvé*, inventeur bien connu de nombreuses applications par la lumière électrique, et plusieurs fois lauréat de notre Société.

Nous adressons nos bien sympathiques regrets aux familles de ces amis disparus à jamais, en souhaitant qu'ils puissent être pour elles un adoucissement à leur douleur.

Dans nos dernières assemblées générales, nous vous avons fait part des mesures qu'avait adoptées le Conseil, pour arriver à donner une impulsion plus vive aux recherches qui intéressent notre industrie nationale. Ces mesures, constamment poursuivies depuis lors, ont continué à produire leurs fruits. Dès la rentrée prochaine, nous pourrons, en effet, avec les travaux terminés et une partie de ceux en cours, entreprendre la publication de deux nouveaux volumes d'importance considérable.

Un de ces volumes comprendra la collection des *Études sur la céramique* parues dans notre *Bulletin* pendant les dix années qui viennent de s'écouler, et, à la suite, deux annexes encore inédites : l'une sur les *gisements français de kaolin et d'argile réfractaire*, due à *M. Laville;* l'autre sur la *constitution chimique des argiles de France*, travail basé sur des expériences exécutées au laboratoire de la manufacture de Sèvres, par *M. Lavezard*, sous la direction de *M. Voght*. Ces annexes auront le précieux avantage de faire connaître aux industries intéressées une partie de notre richesse minérale jusqu'à présent mal étudiée et trop négligée et la composition intime des matières qui la constituent.

Le second volume aura pour objet de réunir en un ensemble complet les principaux travaux publiés sur les essais relatifs à la *fragilité des métaux*, travaux disséminés actuellement dans de nombreux recueils et écrits en diverses langues. Ces études ont pris, en ces dernières années, une gravité exceptionnelle, et notre Société, sur l'initiative d'un de ses membres, M. H. Le Châtelier, n'a pas hésité à y coopérer dès l'origine au moyen de subventions. La réunion des mémoires relatifs à cette grave ques-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion en un volume d'une lecture facile rendra, l'on ne saurait en douter, les plus grands services aux nombreuses industries qui produisent ou emploient les métaux. Les Compagnies de chemins de fer l'ont si bien compris que non seulement elles participent à l'œuvre, en mettant leurs laboratoires d'essais à la disposition des expérimentateurs, mais qu'elles contribuent aux frais de la publication entreprise par notre Société par l'allocation d'une somme de 2 000 francs.

D'autres subventions nous sont encore parvenues cette année : *M. Osmond*, lauréat du prix Schneider à la Société des Ingénieurs civils de France pour ses remarquables travaux de métallurgie, nous a donné le montant de ce prix pour être consacré, sous le patronage de notre comité de chimie, à des recherches métallurgiques. *M. Massion*, notaire à Paris, voulant perpétuer la mémoire de son fils, mécanicien de grand avenir subitement enlevé à la fleur de l'âge, nous a légué une somme de 30 000 francs, dont les revenus seront réservés à des recherches en vue de la construction d'un moteur à puissance spécifique très élevée.

Nous ne saurions assez remercier ces donateurs du concours précieux, matériel et moral, qu'ils nous donnent ainsi; il nous prouve une fois de plus que la Société d'Encouragement suit une bonne voie, et remplit son véritable rôle, en employant la majeure partie de ses ressources à des dépenses productives de résultats directement utiles à notre industrie nationale.

Aussi, serions nous disposés à faire un pas de plus dans la voie qui nous est tracée, en prêtant notre appui à la fondation, projetée par M. H. Le Châtelier, d'une *Revue de Métallurgie*, dont le but serait de doter la France d'un recueil périodique analogue aux publications du même genre d'Allemagne et d'Angleterre, qui ont rendu à leurs pays des services d'une importance si considérable. Malheureusement, l'exécution d'un pareil projet présente des difficultés complexes, qui font que sa réalisation ne peut dépendre de notre seul concours; mais s'il vient à aboutir, avec notre aide et celui des industries intéressées à sa réussite, notre Société aura contribué à rendre à la Métallurgie française un service signalé.

C'est dans le même ordre d'idées que votre Conseil a décidé de participer, par une allocation de 6 000 francs, aux ressources mises à la disposition de l'*Union cotonnière coloniale* par ses généreux fondateurs. Cette allocation a pour but d'encourager le développement de la culture du coton dans celles de nos colonies où elle paraîtrait devoir réussir et pour lesquelles elle pour-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait devenir une source importante de profits, dont les avantages ne manqueraient pas de rejaillir sur la mère patrie.

Quelque limitée que soit l'action de la Société par la modicité de ses budgets, votre Conseil n'a pas cru devoir borner ses encouragements à des travaux exécutés en faveur de l'industrie, de l'agriculture ou du commerce. Vous savez l'importance prise, depuis un demi-siècle, par l'étude des phénomènes météorologiques. Chaque jour accroît l'utilité des recherches entreprises à leur sujet, principalement au point de vue de la marine et de l'agriculture, et chaque jour ajoute à la portée scientifique des conséquences qui s'en déduisent. La Société d'Encouragement n'a pas cru pouvoir s'en désintéresser. M. Léon Teisserenc de Bort, fondateur de l'Observatoire de météorologie dynamique de Trappes, consacre depuis de longues années aux recherches de cette branche de la physique son travail et sa fortune. Encouragé par de brillants succès, il a pris récemment l'initiative, toute à l'honneur de notre pays, de l'établissement, sur un point de la côte du Danemark particulièrement atteint par les bourrasques, d'un poste météorologique destiné à l'étude des hautes régions de l'atmosphère au moyen de cerfs-volants et de ballons-sondes. Sur la proposition de M. Mascart et l'avis conforme du Comité des Arts économiques, votre Conseil a décidé de contribuer, par l'octroi d'une subvention de 3 000 francs, à la réalisation des explorations entreprises par M. Teisserenc de Bort.

Une question d'une nature toute différente intéresse en ce moment au plus haut point notre commerce et notre industrie; elle est très grave et nous manquons à son sujet, en France, de documents précis et impartiaux; c'est la question des trusts. Sur la proposition de notre Comité du commerce, nous avons accordé pour son étude une subvention de 1 500 francs à *M. Sayous*, actuellement en mission aux États-Unis.

En outre de ces encouragements, et sur la proposition de notre Comité d'Agriculture, les subventions suivantes ont été allouées :

400 francs à *M. Dupays*, pour l'aider à continuer, sous le contrôle de *M. Ringelmann*, ses recherches sur les distributions d'engrais, dont la première partie a déjà paru dans notre *Bulletin;*

800 francs à *M. Rousseau*, pour ses travaux sur la culture des Asperges;

500 francs à *M. Lavialle*, pour l'impression de son ouvrage sur le Châtaignier.

Ces derniers encouragements ont pu être distribués, sans grever notre budget normal, grâce à un don que la classe 38 de l'Exposition universelle a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait à la Société, en 1902, à l'instigation de M. Tisserand, président de notre Comité d'Agriculture, pour être employé à des recherches agricoles.

Les travaux que la Société a subventionnés, depuis qu'elle suit résolument la voie nouvelle qu'elle a adoptée, se rattachent, comme vous le voyez, à des sujets très divers; les sommes qu'elle y a consacrées s'élèvent à une quarantaine de mille francs. La dépense est forte sans doute, mais elle ne saurait nous laisser d'autre regret que celui de n'avoir pu faire davantage à cause de la modicité de nos ressources. C'est là, en effet, la seule considération qui arrête nos efforts, la coopération et le dévouement de nos collaborateurs ne nous ayant jamais fait défaut, et, nous en sommes certains, ne devant jamais nous manquer.

Messieurs, les prix que nous allons décerner sont peu nombreux; c'est la conséquence forcée de cette nouvelle application de nos ressources.

Parmi les questions qui préoccupent depuis longtemps les hygiénistes, il en est une dont la gravité s'impose d'une façon particulière à leur attention : procurer à nos populations des eaux potables qui les mettent à l'abri des maladies épidémiques dont les eaux malsaines sont le véhicule. Notre Comité des Arts économiques, désireux d'aider à la découverte d'un moyen simple, sûr, pratique et à la portée de tous, d'assurer la purification des eaux, avait mis au concours un prix de 2000 francs pour un appareil de ménage remplissant ces conditions. Ce prix a été décerné à *M. Lepage*, introducteur, en France, du stérilisateur Forbes.

Dans un autre ordre d'idées, notre Comité du Commerce avait mis au concours l'étude des Syndicats industriels de vente et de production, question délicate, dont la solution intéresse à la fois l'Industrie, le Commerce et la masse des consommateurs. L'étude portant la devise : « *Viribus unitis* », et dont *M. Cheysson* vous fera l'analyse, a mérité un encouragement de 2000 francs.

Cette année, Messieurs, comme les années précédentes, ni le dévouement, ni la science de nos collaborateurs ne nous ont fait défaut.

MM. Caudron, Charpy, Grenet, Guillet, Le Châtelier, Sauvage, Ziegler, ont enrichi notre *Bulletin* de travaux variés et savants, qui assurent à cette publication le caractère que nous cherchons à lui donner, depuis huit ans, celui d'une « mine précieuse de renseignements utiles ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Appert, Hitier, Kuss, de Lapparent, Lévy, Maury et Surcouf, de leur côté, par l'autorité de leur talent et leur haute compétence, ont maintenu à nos conférences leurs succès passés; ils voudront bien accepter, comme témoignage de notre reconnaissance et de notre cordial souvenir, la médaille commémorative que la Société a fait frapper en leur honneur.

Je ne veux pas terminer ce compte rendu sans témoigner aux contremaîtres et ouvriers, nos lauréats de ce jour, la vive satisfaction que j'éprouve en constatant, dans la liste des récompenses, la longue durée de leurs bons et loyaux services dans la même maison. Par le temps qui court, cette constatation est réconfortante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# PRIX ET MÉDAILLES

DÉCERNÉS DANS LA SÉANCE GÉNÉRALE DU 26 JUIN 1903

## PRIX FOURCADE, POUR LES OUVRIERS DES FABRIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES

Ce prix de 1 000 francs a été fondé par les exposants de la classe 47, à l'Exposition universelle de 1878, sur l'initiative de M. Fourcade et avec sa coopération, en faveur du simple ouvrier ayant le plus grand nombre d'années de service dans une même maison appartenant à l'une des industries représentées dans cette classe.

Le prix, pour 1903, est décerné à M. HENNEBIQUE (Félix-Alexandre), ouvrier depuis 49 ans aux Établissements Kuhlmann à Lille.

### ARTS ÉCONOMIQUES

## PRIX DE 2000 FRANCS

POUR UN APPAREIL DE MÉNAGE FACILITANT LA PURIFICATION DES EAUX POTABLES PAR L'ÉBULLITION

Ce prix est décerné : à M. LEPAGE, pour son *stérilisateur d'eaux*.

### COMMERCE

## PRIX DE 3000 FRANCS

POUR UNE ÉTUDE SUR LES SYNDICATS INDUSTRIELS DE PRODUCTION ET DE VENTE

Un encouragement de 2000 francs est accordé à M. E. Fuster auteur du mémoire remis sous la devise « *Viribus Unitis* ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉDAILLES

## I. — LISTE DES MÉDAILLES DÉCERNÉES PAR LA SOCIÉTÉ POUR DES INVENTIONS OU DES PERFECTIONNEMENTS AUX ARTS INDUSTRIELS

| Nos d'ordre. | NOMS DES LAURÉATS. | NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités. | INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles. |
|---|---|---|---|
| | | **MÉDAILLES D'OR** | |
| | MM. | MM. | |
| 1 | Boulanger. | Linder. | Trav. sur la résistance des cuirs (1). |
| 2 | Dumas. | Baclé. | Ouvrage sur l'acier au nickel (2). |
| 3 | Dupont. | Livache. | Émaillage des grosses pièces de fonte (3). |
| 4 | Gervais. | Bénard. | Reconstitution des vignobles en terrains crayeux. |
| 5 | Hersent. | Voisin Bey. | Travaux du port de Bizerte (4). |
| 6 | Ravaz. | Bénard. | Reconstitution des vignobles en terrains crayeux. |
| | | **MÉDAILLES DE VERMEIL** | |
| | MM. | MM. | |
| 1 | Donders. | Brull. | Grille Kudlicz (5). |
| 2 | Espitallier. | Pillet. | Constructions démontables (6). |
| 3 | Johansson. | Sauvage. | Calibres (7). |
| 4 | Sagourin et Ponsart. | Bénard. | Reconstitution des vignes en terrains crayeux. |
| | | **MÉDAILLES D'ARGENT** | |
| | MM. | MM. | |
| 1 | Bayard. | Belin. | Cellulotypie (8). |
| 2 | Coinon. | Livache. | Blanchiments des os (9). |
| 3 | Denaiffe et Sirodot. | Prillieux. | Ouvrage sur l'avoine 10). |
| 4 | Geschwind et Sellier. | Lindet. | Ouvrage sur la betterave agricole (10). |

(1) *Bulletin* de 1902, p. 701. — (2) *Bulletin* de février 1903, p. 161. — (3) *Bulletin* de mars 1903, p. 351. — (4) *Bulletin* de mars 1903, p. 321. — (5) *Bulletin* de novembre 1901, p. 563. — (6) *Bulletin* d'avril 1903, p. 449. — (7) *Bulletin* de mai 1903, p. 614. — (8) *Bulletin* de juillet 1902, p. 66. — (9) *Bulletin* de janvier 1903, p. 14. — (10) *Bulletin* de janvier 1903, p. 18.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Nos d'ordre. | NOMS DES LAURÉATS. | NOMS DES RAPPORTEURS nommés par les comités. | INVENTIONS OU PERFECTIONNEMENTS qui ont motivé les médailles. |
|---|---|---|---|
| | **MÉDAILLES D'ARGENT** | | |
| | MM. | MM. | |
| 5 | A. Gest. | Dupuis. | Ouvrage sur le « Livret Individuel ». |
| 6 | Jannin. | Bourdon. | Mandrineur pour tubes (1). |
| 7 | Philbert. | Ringelmann. | Ouvrage sur le « Génie rural ». |
| | **MÉDAILLE DE BRONZE** | | |
| | M. | M. | |
| 1 | Portebois. | Rozé. | Horloge à remontoir automatique (2). |

(1) *Bulletin* de janvier 1903, p. 18. — (2) *Bulletin* de janvier 1903, p. 22.

## MÉDAILLE DUMAS 1903

Le candidat présenté par M. Eiffel, *M. Milon*, est entré comme ouvrier à la maison Eiffel et a conquis successivement tous ses grades au service de cette maison. Il a fait comme chef de chantier, de 1887 à 1889, le montage de la Tour Eiffel et est resté depuis chef du service technique de la Société exploitante. Il est, depuis 1901, *Directeur de l'Exploitation*.

*M. Milon* mérite à tous les égards la médaille Dumas.

## MÉDAILLES COMMÉMORATIVES

Le Conseil d'administration a décidé d'offrir à plusieurs personnes, qui ont bien voulu faire des communications intéressant la Société, des médailles commémoratives en argent, à titre de remerciement, pour marquer l'intérêt avec lequel elles ont été accueillies. Ces médailles sont remises à :

MM. Appert, séance du 21 mai 1903. — *La fabrication mécanique des bouteilles*.
Kuss, séance du 19 décembre 1903. — *Le Reboisement des montagnes*.
Hitier, séance du 23 janvier 1903. — *Fermes à betteraves de la Saxe* (1).
Lapparent (de), séance du 28 novembre 1902. — *Les Volcans*.
Levy (R. G.), séance du 27 février 1903. — *Le Transvaal et son avenir*.
Mamy, séance du 27 mars 1903. — *Prévention des accidents du travail* (2).
Surcouf, séance du 13 février 1903. — *La navigation aérienne*.

(1) *Bulletin* de mars 1903, p. 372. — (2) *Bulletin* de mai 1903, p. 508.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉDAILLES

## II. — LISTE DES CONTREMAITRES ET OUVRIERS AUXQUELS ONT ÉTÉ DÉCERNÉES DES MÉDAILLES D'ENCOURAGEMENT

| Nos d'ordre. | NOMS ET PRÉNOMS. | ANNÉES DE SERVICE. | ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT. |
|---|---|---|---|
| | MM. | | |
| 1 | Allec (Athanaze). . . . . | 40 | Chef d'équipe ajusteur à la *Cie des Chemins de fer de P.-L.-M.*, à Arles. |
| 2 | Baillard (Mme Louise). . . . . | 46 | Ouvrière chez *MM. Blanzy, Poure et Cie*, à Boulogne-sur-Mer. |
| 3 | Baroin (Georges). . . . . | 38 | Charretier chez *M. Tétard*, à Gonesse (Seine-et-Oise). |
| 4 | Bartier (Siméon). . . . . | 31 | Cuiseur de glucose à la *Société des Amidonnerie et Glucoserie*, à Haubourdin. |
| 5 | Beaumont (Casimir) . . . . . | 46 | Massier à la *Société anonyme des Forges et aciéries de Denain et d'Anzin*, à Denain. |
| 6 | Copin (Auguste). . . . . | 43 | Chauffeur à la *Société anonyme des Forges et aciéries de Denain et d'Anzin*, à Denain. |
| 7 | Despierres (Louis). . . . . | 39 | Chef de chantier chez *M. Martin*. Entrepreneur de maçonnerie à Saint-Agil. |
| 8 | Ducout (Martin-Louis) . . . . . | 48 | Ouvrier à l'*usine de Saint-Jacques, Cie de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons*, à Montluçon. |
| 9 | Féraud (Joseph). . . . . | 39 | Contremaître principal à la *Cie des Chemins de fer de P.-L.-M.*, à Arles. |
| 10 | Gagneux (Louis-Auguste) . . . . | 46 | Ouvrier chez *MM. Blanzy, Poure et Cie*, à Boulogne-sur-Mer. |
| 11 | Hammel (Charles, André). . . . . | 37 | Ouvrier principal ajusteur à la *Cie des Chemins de fer de l'Est*, à Vesoul. |
| 12 | Hericher (Alfred-Vincent) . . . . | 33 | Chef monteur à la *Cie des Chemins de fer de l'Ouest*, à Sotteville. |
| 13 | Lamy (François-Jean). . . . . | 29 | Ouvrier affineur à la *Société du Comptoir Lyon-Alemand*, à Paris. |
| 14 | Mantelier (Ludovic).. . . . . | 38 | Sellier à la *Cie générale des Omnibus*, à Paris. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Nos d'ordre. | NOMS ET PRÉNOMS. | ANNÉES DE SERVICE. | ÉTABLISSEMENTS AUXQUELS ILS APPARTIENNENT. |
|---|---|---|---|
| | MM. | | |
| 15 | MERLIN (Jean) . . . . . | 36 | Jardinier chez *M. Corbin*, Maire de Saint-Just. |
| 16 | PRENIÈRE (Hugues). . . . . | 43 | Chef biseauteur à la *Cie de Saint-Gobain*, Chauny et Cirey à Montluçon. |
| 17 | VERHOYE (Léonard). . . . . | 38 | Ouvrier aux *Établissements Kuhlmann*, à Lille. |
| 18 | TURPIN (François). . . . . | 15 | Contremaître à la *Cie des Chemins de fer de l'Ouest*, à Rennes. |

*Le Secrétaire de la Société,*

ED. COLLIGNON,

Inspecteur général des ponts et chaussées, en retraite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# DISTRIBUTION DES PRIX ET MÉDAILLES

DÉCERNÉS POUR LES INVENTIONS UTILES
OU LES PERFECTIONNEMENTS DANS LES ARTS INDUSTRIELS

*Rapports des différents Comités*

## COMMERCE

RAPPORT à la Société d'Encouragement, au nom du *Comité du Commerce*, par M. E. **Cheysson**, *membre de ce Comité, pour rendre compte du résultat du Concours ouvert sur les Cartels et les Trusts.*

Notre temps est fertile en spectacles intéressants et ne laisse guère chômer notre curiosité; mais, parmi les phénomènes auxquels il nous fait assister, il en est peu qui soient aussi remarquables par la soudaineté et l'universalité de leur essor que celui des ententes industrielles, désignées sous les noms de *pools*, de *combinaisons*, de *cartels* et de *trusts*.

Malgré leurs variétés de formes, ces ententes procèdent toutes d'une réaction commune contre l'individualisme et la libre concurrence, qu'on accuse d'engendrer la ruine de l'industrie.

Depuis que nos petits marchés d'autrefois, séparés par des cloisons étanches, se sont ouverts et fondus en un seul marché, le marché mondial, l'ancien équilibre entre la consommation et la production est détruit et l'industrie, livrée à l'âpreté des compétitions acharnées, est devenue, dit-on, un champ de bataille où tous luttent pour la vie, où le vainqueur écrase sans pitié le vaincu.

De là, l'idée pour les industriels de cesser une lutte, dont ils faisaient les frais et de s'entendre pour régler les prix et la production. Après

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'heureuses tentatives, ces combinaisons se sont multipliées dans tous les pays, tantôt se bornant à de simples conventions, qui respectaient l'individualité des contractants ; d'autres fois, concentrant dans un comptoir la vente des produits fabriqués par tous les associés ; enfin, arrivant jusqu'à noyer ces derniers dans un consortium, qui groupe sous une marque unique les facultés industrielles et commerciales de chacun d'eux.

On est loin de s'accorder sur ces diverses organisations et sur le jugement qu'on en doit porter. Pour les uns, elles constituent un progrès auquel il faut applaudir, une évolution à la fois nécessaire et bienfaisante ; elles substituent l'harmonie des intérêts à leur antagonisme, l'ordre à l'anarchie ; en conjurant les crises de surproduction, elles régularisent la marche des ateliers, la tenue des cours, l'activité de la main-d'œuvre et le niveau des salaires ; grâce à la puissance de leurs capitaux et de leur fabrication, elles peuvent améliorer leur outillage et diminuer leurs frais généraux, ce qui leur permet d'abaisser les prix de revient et par suite les prix de vente pour le plus grand profit du public. En somme, d'après leurs avocats, les cartels et les trusts feraient à la fois les affaires du producteur, du consommateur et de l'ouvrier.

D'autres personnes ne partagent pas cet optimisme et manifestent leurs inquiétudes vis-à-vis de ce pouvoir sans contrepoids, qui n'a d'autre frein que sa propre modération et pourrait être tenté d'abuser de sa force pour opprimer le travail et la consommation, en abaissant les salaires et en relevant les prix. Les ouvriers se syndiquent pour opposer le trust des bras à celui des écus, de sorte qu'on voit se dresser en face l'une de l'autre deux formidables organisations, semblables à deux forteresses toutes hérissées de canons, et prêtes à ouvrir le feu au premier signal. De leur côté, les consommateurs s'inquiètent de n'être plus protégés par la concurrence, justement appelée « leur patronne » ; ils demandent à l'État de contenir ce débordement des trusts et songent à former à leur tour des ligues pour se défendre contre les majorations de prix.

L'expérience est encore de trop fraîche date pour permettre de formuler un arrêt définitif. Mais, si le moment n'est pas venu de juger ce mouvement en dernier ressort, nous avons du moins le devoir de l'étudier et de le suivre de près, à raison de la gravité des conséquences économiques et sociales qu'il peut avoir pour notre pays.

Pénétrée de l'actualité et de l'importance de cette question, la Société d'Encouragement a ouvert un concours pour « une étude sur les syndicats

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

industriels de production et de vente. » Un seul concurrent a répondu à notre appel et nous a présenté un mémoire sous la devise « *Viribus unitis* ».

Se conformant aux instructions données à l'appui du programme, ce mémoire ne s'est pas attaqué aux généralités du problème des ententes industrielles ; mais il s'est cantonné sur un terrain circonscrit, celui d'une application particulière. En pareille matière, mieux vaut en effet creuser en profondeur que s'étaler en surface. L'auteur a eu d'ailleurs la main heureuse et a fait choix d'un des cartels les plus fortement organisés, dont l'industrie nous présente aujourd'hui l'exemple. Il nous a mis en présence d'une étude très fouillée sur le *Syndicat des houilles de Westphalie*, véritable monographie, qui a vivement frappé l'attention du Comité de commerce par la précision, l'abondance et le relief de ses détails.

Dans une première partie, l'auteur nous retrace à grands traits l'histoire de l'industrie houillère dans le bassin Rhénan Weslphalien jusqu'à la constitution du syndicat houiller et nous fait assister à ses tâtonnements laborieux en quête de sa formule définitive. Après avoir commencé par un syndicat d'étude et de défense, les intéressés s'entendent ensuite pour la fixation des prix et l'extraction assignée à chaque mine. L'échec partiel de ces combinaisons successives les détermine enfin, en 1892, à constituer un syndicat général, qui monopolise la vente de tous les associés.

La deuxième partie est consacrée au fonctionnement de ce syndicat des houilles. L'on y trouve les détails les plus circonstanciés sur les organes de ce groupement, sur l'attribution de la part faite à chaque mine, sur la fixation des prix, sur les pouvoirs du comité directeur vis-à-vis de l'ensemble des associés et vis-à-vis de chacun d'eux en particulier. Ce mécanisme compliqué est démonté pièce à pièce et mis sous les yeux du lecteur avec une saisissante clarté.

Dans un dernier chapitre, l'auteur expose la crise qu'à la suite des hauts prix de 1900, l'industrie allemande vient de traverser en 1901 et 1902; puis il rend compte des résultats de l'enquête récente faite par les chambres de commerce sur les cartels en général et sur celui des houilles de Westphalie en particulier. Il termine par une appréciation générale des cartels, qu'il considère comme un des traits caractéristiques de l'organisation actuelle de l'industrie allemande et comme une des causes de son rapide essor.

Son mémoire est complété par des annexes, des statistiques et des cartes, qui achèvent de justifier ou de préciser certaines indications du texte.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tel est ce travail, d'une documentation très riche et très exacte. On sent que l'auteur possède à fond son sujet et le traite de première main. Il a fouillé jusqu'aux derniers replis de cette organisation syndicale et il l'a mise en pleine lumière avec une analyse pénétrante. Le style, élégant et précis, rend la lecture aussi agréable qu'elle est instructive.

Malheureusement, les conclusions du mémoire n'ont pas une ampleur en harmonie avec la partie descriptive et documentaire. L'auteur semble avoir eu la discrétion de vouloir laisser à ses lecteurs le soin de conclure, sans dégager lui-même de ses documents les enseignements qu'ils contiennent. Il a, non seulement le droit, mais encore le devoir, et, j'ajoute, le pouvoir d'être moins discret. Nous espérons qu'il publiera son étude qui nous semble appelée à un véritable succès vis-à-vis des économistes, des industriels et des hommes d'État, et nous exprimons le vœu que, dans la revision à laquelle il devra la soumettre pour cette publication, il veuille bien s'élever à quelques considérations générales, qui seront comme le couronnement naturel de son ouvrage et en augmenteront sensiblement la valeur et la portée.

C'est parce que ce mémoire a paru appeler un complément nécessaire que le Conseil d'administration n'a pas cru pouvoir lui attribuer le prix intégral de 3000 francs mis à la disposition de ce concours ; mais il tient à manifester toute son estime pour le talent qu'a déployé l'auteur du mémoire qui a pour devise : « *Viribus unitis* », en lui accordant une récompense de 2000 francs.

---

## AGRICULTURE

---

RAPPORT présenté par **M. J. Bénard,** au nom du *Comité d'Agriculture*, pour rendre compte du concours ouvert *sur la reconstitution du vignoble en terrains calcaires crayeux.*

S'il est une branche de l'industrie agricole qui, depuis un quart de siècle, a largement bénéficié des progrès scientifiques, c'est assurément la viticulture.

L'invasion phylloxerique, en même temps qu'elle soumettait nos vigne-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rons à la plus rude épreuve, a eu pour pour conséquence de stimuler de toutes parts l'attention et l'activité des intéressés. Les anciennes méthodes de la culture ont subi un bouleversement complet.

La reconstitution est aujourd'hui entreprise sur tous les points principaux de notre vignoble national; son achèvement n'est plus qu'une question de temps. Débarrassé des tâtonnements et des incertitudes de début, le vigneron possède désormais des règles suffisamment précises pour lui assurer presque partout le succès.

Un point reste cependant à élucider : la plupart des vignes américaines, dont la vigueur n'a rien à envier aux anciennes vignes françaises dans les terres franches non calcaires, ne sont plus aussi vigoureuses si on les cultive dans des sols riches en carbonate de chaux. Depuis peu, toutefois, une sélection s'opère, basée à la fois sur de précieuses observations scientifiques, vérifiées et confirmées par les expériences pratiques. Grâce à ces travaux, les dernières règles qui devront fixer la marche à suivre, pour les sols les plus difficiles, en vue de la reconstitution du vignoble, ne tarderont pas à être formulées.

Néanmoins, dans les terrains calcaires crayeux, où le carbonate de chaux friable et tendre constitue toujours la plus grande partie du sol, la plantation de nouvelles vignes greffées n'est pas encore sortie de la période des essais. Si la réussité paraît plus certaine dans le Midi, le dernier mot n'a pas été dit dans les Charentes, en Anjou, en Champagne, relativement à l'adaptation des différents porte-greffes les plus calcicoles et à leur affinité avec les principaux cépages employés comme greffons.

C'est pour vulgariser les principes nouveaux destinés à préciser la méthode à suivre pour la reconstitution du vignoble des terrains crayeux et en déduire des règles pratiques contrôlées par l'observation et l'expérience que la Société d'Encouragement, sur la proposition de notre éminent collègue M. Tisserand, qui a tant fait pour conserver la culture de la vigne à la France, a mis au concours la question de la reconstitution du vignoble dans les terrains calcaires crayeux.

Notre Section d'agriculture a reçu sur cette question plusieurs ouvrages de M. Ravaz, de M. Prosper Gervais, et un mémoire manuscrit de MM. Sagourin et Ponsart.

*M. Ravaz.* — Tous ceux qui s'occupent de la culture de la vigne connaissent les travaux de M. Ravaz. C'est en 1888, alors qu'il était directeur de la Station de Cognac, qu'il a continué les travaux antérieurs entrepris par ses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

savants collaborateurs, qu'il a commencé à établir dans les Charentes des champs d'expériences où il a expérimenté plus de 2 000 variétés de vignes américaines ou franco-américaines, hybrides ou non. Il a pu préciser, pour chacune d'elles, leurs facultés d'adaptation aux sols calcaires. Un certain nombre, appartenant à des groupes spéciaux, ont présenté des facultés d'adaptation très étendues et, dès ce moment, il était établi que, parmi les vignes américaines, on pouvait en trouver qui s'accommodaient des calcaires crayeux.

Seulement les vignes américaines ne sont pas toutes, et il s'en faut de beaucoup, résistantes au phylloxera ; leur résistance phyloxerique, contrairement à ce que l'on a cru, ne peut être étudiée dans un champ d'expériences. M. Ravaz a imaginé une méthode nouvelle pour la détermination de la résistance phylloxerique. De cette double épreuve, sont sorties des variétés porte-greffes qui sont actuellement employées sur de grandes étendues dans les régions à sol crayeux.

Sur les conseils de M. Ravaz, beaucoup de terrains de la Champagne de Cognac ont été reconstitués avec les variétés les plus nouvelles. On a reconnu que quelques kilogrammes de terre non calcaire : 15 à 20 kilogrammes mis au pied de la souche lors de la plantation, mettait la vigne à l'abri de la chlorose. Cette méthode a donné, depuis dix ans, d'excellents résultats dans la région de Cognac.

Les calcaires, dit M. Ravaz, agissent de deux manières. Ils sont utiles quand le sol est argileux, siliceux ou argilo-siliceux ; ils fournissent alors à la plante la chaux nécessaire à la végétation, à la fructification et à l'accumulation du sucre dans les grappes. Ils sont nuisibles quand le sol est lui-même très calcaire ; c'est qu'alors, formés de matériaux très tendres, très attaquables par les racines, ils amènent souvent le jaunissement du feuillage. Ils ont encore une action physique ; constitués par des éléments durs et compacts comme les calcaires cristallins ou oolithiques, ils laissent ruisseler à leur surface ou perdre dans leur fissures les eaux des pluies. Mais, tendres et crayeux comme les étages supérieurs du crétacé, ils forment éponge ; ils emmagasinent entre leurs particules la presque totalité des eaux qu'ils reçoivent.

Les travaux de M. Ravaz, poursuivis pendant douze ans à la Station viticole de Cognac, ont rendu les plus grands services à la région charentaise qui, après avoir éprouvé beaucoup de difficulté dans l'œuvre de reconstitution du vignoble, est appelée, dans quelques années, à retrouver son ancienne prospérité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*M. Prosper Gervais.* — L'influence de M. Prosper Gervais s'est surtout fait sentir dans les régions méridionales. Propriétaire de vignes dans les environs de Montpellier, il a procédé par la méthode expérimentale et est arrivé, au bout de quinze années d'efforts, au même but que M. Ravaz, par la pratique servie par une intelligence et une ténacité remarquables.

Les terres du domaine des Causses, dont M. Gervais est propriétaire, sont essentiellement calcaires puisqu'elles dosent en moyenne de 50 à 60 p. 100 de carbonate de chaux. Son premier champ d'expériences, contenant trois hectares, lui fit reconnaître la possibilité d'adaptation des hybrides américains et franco-américains aux terrains crayeux. Les renseignements qui se dégagèrent de ces premières expérimentations furent rapidement mis à profit par M. Gervais, qui s'appliqua à reconstituer progressivement toutes les terres de son domaine des Causses (80 hectares) avec les cépages qui s'étaient montrés les plus résistants à la chlorose. Mais il établit toutes ces plantations en ayant soin de placer les divers porte-greffes employés en état de comparaison les uns avec les autres de sorte que les vignes des Causses ne sont, à proprement parler, qu'une succession de champs d'expériences où il est facile de noter les progrès de l'évolution accomplie depuis le champ d'expériences initial. C'est en s'appuyant sur les leçons de choses qu'il en recevait que M. Gervais a publié la longue série d'articles ou d'ouvrages pour la plupart relatifs à la reconstitution du vignoble.

Aussi, quand la Société des agriculteurs de France décida d'organiser une vaste enquête sur la reconstitution des terrains calcaires, c'est à M. Gervais qu'elle confia le soin de diriger les travaux de la commission nommée à cet effet. On peut dire que, par les expériences qu'il a poursuivies aux Causses, aussi bien que par ses écrits et ses conférences, par son action incessante, M. Gervais a apporté la solution pratique de la reconstitution des sols crayeux du midi de la France. De plus, il a étudié l'ensemble des sols calcaires si variables par leur composition, si différents par leur constitution physique, selon qu'ils sont secs ou humides, souples ou compacts, superficiels ou profonds, selon que le carbonate de chaux s'y trouve associé à tels ou tels éléments, exigeant dans chaque cas des porte-greffes différents. Les solutions que M. Gervais a proposées ont été, pour la plupart, adoptées par l'ensemble des régions viticoles et sanctionnées par l'expérience, qui en a finalement démontré la valeur.

*MM. Sagourin et Ch. Ponsard.* — Appelés à parcourir journellement la grande plaine crayeuse de la Champagne, deux jeunes ingénieurs agronomes :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Sagourin, professeur départemental de Troyes, et M. Ch. Ponsard, professeur spécial de Bar-sur-Aube, nous ont envoyé un mémoire très étudié et très complet sur la reconstitution des vignes en terrains calcaires en général et en particulier dans le département de l'Aube.

Le département de l'Aube, où ils ont été à même de diriger les travaux de reconstitution, n'est pas, à proprement parler, une région viticole, à part les deux arrondissements de Bar-sur-Seine et de Bar-sur-Aube, qui se rattachent à la Basse-Bourgogne; on ne retrouve ailleurs que des petits vignobles disséminés sur les coteaux et produisant du vin destiné à la consommation locale. Le vignoble qui comptait, en 1852, 22 000 hectares, n'en compte plus, en 1902, que 11 000. Le phylloxera a détruit la moitié des vignes; à l'heure actuelle, la reconstitution s'est opérée sur 1 700 hectares. Dans un pays où la propriété est morcelée comme dans l'Aube, la reconstitution rencontre beaucoup plus de difficultés que dans d'autres régions.

Le but que les auteurs se sont proposés a été d'étudier tout ce qui s'était fait dans les autres contrées calcaires, les Charentes, l'Anjou, la Champagne et d'appliquer dans l'Aube les méthodes qui avaient le mieux réussi ailleurs.

La première partie est une étude très complète de la géologie des régions crayeuses, d'après la méthode de M. de Lapparent. La caractéristique des terres crayeuses, c'est l'insuffisance des éléments potassiques; toutes les analyses révèlent une pauvreté que l'on ne rencontre pas dans un seul autre terrain.

Dans les chapitres suivants, les auteurs traitent des hybrides, de l'adaptation des porte-greffes, de l'affinité, du greffage, du défoncement, de la fumure, de la taille. Les esprits les plus pessimistes doivent reconnaître, pour onéreuse qu'elle soit, que la reconstitution est possible même dans les terrains les plus infertiles et les plus ingrats.

Les frais, il est vrai, sont élevés, mais on doit observer que, dans la majorité des sols crayeux, aucune autre culture possible ne saurait fournir un produit brut aussi important; sans doute une maigre pâture ou un taillis de pins sylvestres dans les plaines de Champagne, une prairie artificielle ou une céréale, dans les coteaux charantais, seraient moins onéreuse à entretenir qu'un vignoble, mais la vigne seule est, encore aujourd'hui, capable de fournir à son propriétaire un revenu supérieur à toutes les autres cultures. Nulle culture n'exige autant de bras, autant de façons;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

c'est la culture familiale par excellence, et aucune ne retient comme la vigne l'homme au sol de son pays.

Aucun des candidats n'a rempli complètement les conditions du programme que vous aviez adopté; mais votre Conseil, heureux de constater les efforts remarquables qui ont été faits dans diverses parties de la France pour la reconstitution du vignoble dans les terrains calcaires crayeux, a accordé :

Une médaille d'or à M. Ravaz;
Une médaille d'or à M. Prosper Gervais;
Une médaille de vermeil à M. Sagourin;
Une médaille de vermeil à M. Ch. Ponsard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Barbet**, au nom du *Comité des Arts mécaniques* sur *un mécanisme de commande d'outils mobiles* présenté par **Félix Fromholt** demeurant à Paris, 32 Boulevard Ornano.

Lorsqu'une pièce est lourde et encombrante, comme une chaudière ou un bloc de pierre, on a souvent intérêt à ne pas la déplacer et à apporter dans son voisinage l'outil même qui doit la travailler.

Les riveuse portatives, les flexibles, etc., ont été imaginés dans ce but.

M. F. Fromholt soumet à la Société d'Encouragement un type de transmission par câbles, recevant le mouvement d'une poulie montée sur un arbre, et pouvant se déplacer aisément dans un rayon assez étendu de manière à atteindre dans leurs divers parties les pièces posées sur des voies ferrées voisines.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire la description que M. Fromholt donne lui-même de sa machine.

Une poulie, à gorge A (fig. 1 et 2) reçoit son mouvement de la transmission soit directement, soit par l'intermédiaire de courroie, câble, engrenages, embrayage, etc. Elle anime un câble de transmission qui passe successivement sur les poulies B, D, C, E. Entres les poulies A et B, C et E, ce câble passe à l'intérieur de deux douilles F et G fixes, reliées soit aux chaînes supportant les poulies soit au mur ou à la colonne placée derrière l'appareil.

Ces douilles F et G supportent le restant de l'appareil par l'intermédiaire d'un cadre H, sur lequel sont fixées les poulies B et C. La poulie D est montée à l'extrémité d'un levier articulé en K et équilibré au moyen d'un câble et de contrepoids comme il est indiqué sur la figure 1. Le cadre H peut tourner autour des douilles F et G, dont l'axe coïncide avec celui du câble passant à l'intérieur de sorte que, la ligne des contacts étant toujours la même, le cadre H pourra prendre une position quelconque autour de la ligne F, G.

Le levier qui porte à son extrémité la poulie D au moyen d'une fourche prenant l'axe présente une deuxième fourche articulée autour de cet axe et portant un tube à l'intérieur duquel passe l'arbre qui commande l'outil. La poulie D est folle sur son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

arbre. Uu engrenage conique donne son mouvement à l'arbre vertical, un manchon de débrayage permet d'interrompre et d'établir à volonté ce mouvement.

La poulie E supporte un contrepoids qui peut coulisser entre des guides fixes.

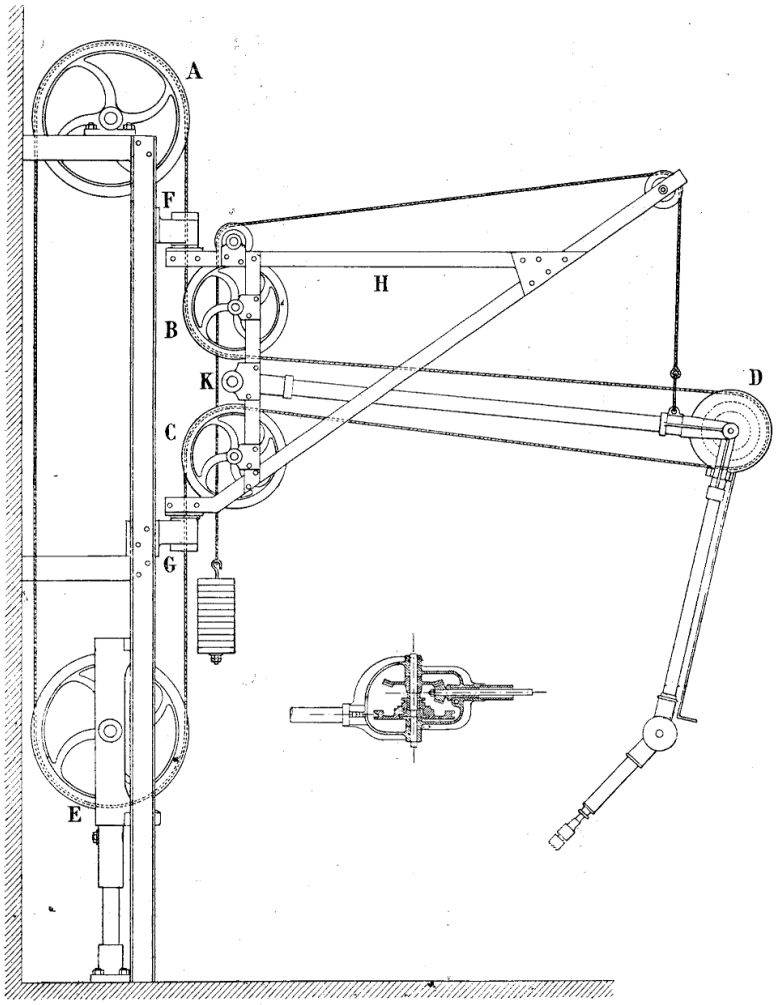



Fig. 1 et 2.

Elle sert à donner au câble la tension nécessaire et son déplacement permet une variation de longueur de celui-ci. Cette poulie est supportée par un cadre qui porte un piston à air pour amortir le choc en cas de rupture du câble.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les outils peuvent être de deux sortes : rotatifs ou outils percutants. Ils peuvent,

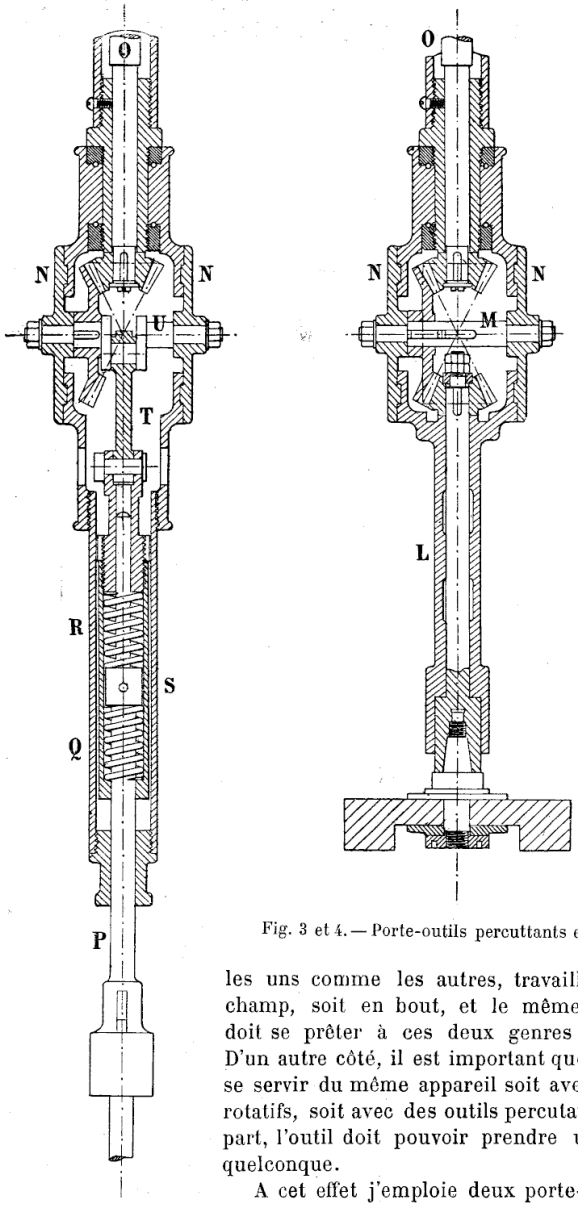



Fig. 3 et 4. — Porte-outils percuttants et rotatifs.

les uns comme les autres, travailler soit sur champ, soit en bout, et le même porte-outil doit se prêter à ces deux genres de travaux. D'un autre côté, il est important que l'on puisse se servir du même appareil soit avec des outils rotatifs, soit avec des outils percutants : d'autre part, l'outil doit pouvoir prendre une position quelconque.

A cet effet j'emploie deux porte-outils diffé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rents, servant l'un aux outils rotatifs et l'autre aux outils percutants, et spécialement combinés pour pouvoir remplacer facilement l'un par l'autre.

L'outil rotatif (fig. 4) est vissé dans un logement conique à l'extrémité d'un axe tournant dans une douille L. L'autre extrémité de cet axe porte un pignon denté conique, qui reçoit son mouvement de l'arbre vertical O, par l'intermédiaire d'un autre pignon et d'une roue engrenant à la fois avec ces deux pignons.

La douille L peut tourner autour de l'axe M entre deux plateaux N. N. portant un

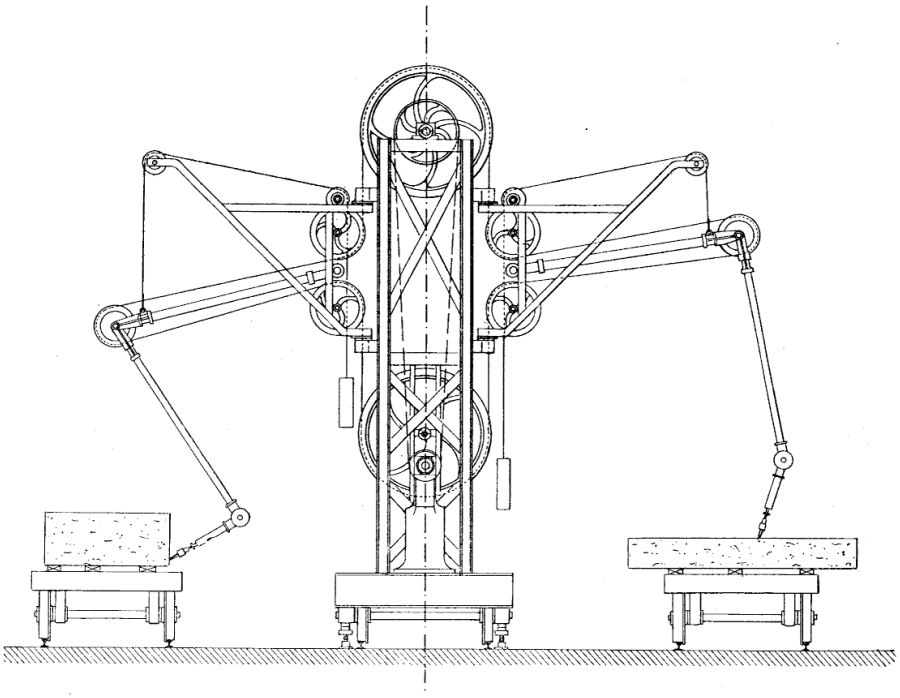


Fig. 5.

centrage, et qui sont fixés sur la douille terminant l'arbre vertical autour duquel elle peut tourner; cette rotation est facilitée par un roulement à billes.

L'entraînement par engrenages peut être remplacé par des cônes de friction pour les outils demandant plus de vitesse. On peut encore remplacer les engrenages et l'arbre rigide vertical par une courroie ou un câble transmettant la commande de l'axe de la poulie D (fig. 1) à l'axe M (fig. 4).

Des colliers peuvent être fixés sur la douille L pour supporter un tube relié à une canalisation d'eau afin de refroidir l'outil si cela est nécessaire.

L'outil percutant est fixé (fig. 3) sur une tige P, maintenue dans une boîte entre deux ressorts Q et R par une rondelle S. La boîte coulisse dans un cylindre et reçoit un mouvement alternatif par l'intermédiaire d'une bielle T, articulée sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe V. Cet axe reçoit son mouvement de l'arbre vertical O au moyen d'un pignon denté conique, et est maintenu entre les plateaux N. N, permettant la rotation du porte-outil autour de l'axe V. Cette partie est commune aux deux porte-outils, et permet de remplacer rapidement l'un par l'autre.

L'outil percutant peut varier de forme : ce peut être une boucharde, une aiguille, un poinçon, un fleuret de perforatrice, etc... Dans le cas où cet outil nécessiterait un mouvement de rotation automatique, comme les fleurets de perforatrices percutantes on obtiendra ce mouvement par l'adjonction d'un rochet et d'une rampe hélicoïdale, comme dans ces machines, ou par tout autre moyen.

Dans un chantier où l'on a grand intérêt à déplacer les outils plutôt que les pièces de grandes dimensions, on pourra disposer des appareils accouplés comme l'indique la figure 5, placés sur une charpente faisant partie d'un wagonnet que l'on fixe à l'endroit voulu du chantier au moyen de vérins et de haubans. La commande pourra être obtenue d'un moteur placé sur le wagonnet et transmise par courroie à la poulie du haut. Ce moteur sera électrique et recevra le courant par trolley d'une ligne placée parallèlement à la voie du wagonnet: ce peut aussi être un moteur quelconque : par exemple, un moteur à pétrole.

Nous pensons que le dispositif imaginé par M. Fromholt peut rendre des services, et qu'il y a intérêt à le faire connaître.

Votre Comité vous propose, en conséquence, de remercier l'inventeur de sa communication, et d'insérer le présent rapport au *Bulletin* avec les figures qui y sont jointes.

*Signé :* Barbet, *rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance le 10 juin 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon,** au nom du *Comité des Arts mécaniques,* sur les *produits en aluminium* destinés aux industries textiles, et fabriqués par **M. E. Du Pasquier**, rue de Vauban, 73, à Lyon.

MESSIEURS,

Les industries textiles, — la filature, la teinture et le tissage de la soie, entre autres, — font usage de bobines, de roquets, de canettes, etc., dont le bois constitue habituellement la matière première. Cette matière a pour avantages d'être peu coûteuse et de se laisser travailler aisément, mais elle présente de multiples inconvénients. Très hygrométrique, elle subit inégalement les variations de température ; c'est pourquoi, dans les ateliers de filature et de moulinage où l'atmosphère est saturée d'humidité, les bobines tournent irrégulièrement, donnent lieu à des soubresauts qui limitent la vitesse et occasionnent des casses de fils, par conséquent des déchets et des pertes de temps pour les rattaches.

M. Du Pasquier s'est proposé de substituer au bois un métal inoxydable et léger, l'aluminium. Quels que soient la température et le degré d'humidité, les bobines *tournent rond;* leur légèreté relative (3 bobines en aluminium ne pèsent pas plus que 2 bobines en bois) permet, en outre, d'accélérer la vitesse des organes qui les portent ou, à vitesse égale, de réduire la dépense de force motrice, puis d'enrouler plus de soie sur des bobines moins volumineuses, de diminuer, enfin, les frais de transport.

Ces avantages sont également appréciables dans l'industrie du tissage. D'autre part, et c'est l'un des résultats les plus intéressants des soins apportés par M. Du Pasquier à sa fabrication, toutes les pièces de même échantillon sont de *poids fixe* et *uniforme*, toutes sont contrôlées, une à une, au pèse-lettres. Une telle exactitude pourrait paraître excessive, si l'on ne rappelait l'importance des déchets de soie, qui sont évalués, sur la place de Lyon, à 4 500 000 francs par année et qui, pour une large proportion, tiennent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au *piquage d'once*, c'est-à-dire au vol. Le bois imprégné volontairement d'humidité facilite la fraude : il suffit d'immerger un roquet ou une bobine dans l'eau pour en augmenter le poids de 3, 4 ou 5 grammes, et de prélever ce surpoids sur la soie. L'emploi de l'aluminium supprime l'abus.

En présence d'un pareil avantage, l'adoption de ce métal semble s'imposer; mais il faut tenir compte des habitudes, de la routine, pour mieux dire, et de la valeur relativement élevée de l'aluminium. Les produits en aluminium s'établissent au même prix que les articles similaires en fer-blanc, en zinc et en cuivre, très oxydables; par contre, ils coûtent dix à vingt fois plus que le bois. Il est vrai qu'un tuyau de canette en aluminium, payé 45 centimes, use de 10 à 20 tuyaux en bois valant 5 centimes la pièce et que l'aluminium hors de service est repris comme métal vieux, à raison de 2 francs le kilogramme.

Nos appréciations se trouvent confirmées dans un rapport de M. Pariset à l'Académie de Lyon (séance du 23 décembre 1902), lors de l'attribution à M. Du Pasquier du prix fondé par le prince Lebrun et destiné à récompenser les inventions utiles et pratiques.

« Le bois, écrivait M. Pariset, a été et est encore la matière généralement employée pour confectionner les ustensiles en usage dans la filature, le moulinage et le tissage. Or le bois est lourd, encombrant, il se fend, il s'érafle, il a le grand inconvénient d'être hygrométrique. Une bobine en bois qui change de poids sous l'influence de la chaleur ou de l'humidité, n'offre aucune garantie pour le contrôle du poids de la soie dont elle est chargée.

« Un habile fondeur lyonnais, M. Du Pasquier, familier avec le travail de l'aluminium, a eu l'ingénieuse pensée d'employer ce métal. Il est parvenu, après de longues et coûteuses recherches, à tourner des bobines, des roquets, des canettes, toutes formées d'une seule pièce... Les avantages de l'aluminium ont été reconnus et attestés par de nombreux certificats très élogieux... »

Nous avons eu communication des certificats auxquels ce rapport fait allusion; plusieurs méritent d'être cités. Un filateur de l'Ardèche s'exprime comme suit : « Les pièces que vous m'avez fournies remplacent avantageusement celles que j'avais fait faire en celluloïd, en acier, en pâte de bois. C'est surtout comme bobines que l'aluminium est destiné à rendre de grands services au moulinage, car pour faire les torsions forcées, il faut de la légèreté... »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un fabricant de tulles et soieries, très satisfait des *roquelles en aluminium*, constate qu'indépendamment de la régularité du poids, il ne se produit aucun accident de rouille, comme il arrive souvent avec le fer-blanc qui revient au *même prix* et *pèse moitié plus*.

Un troisième client, au cours de la dernière année, a demandé, par ordres successifs, 7 300 bobines et 6 300 roquelles tarées à 50 grammes, *poids fixe*.

Les *casse-trames*, dont la fourchette basculante prend son point d'appui sur le fil, trouvent encore là une intéressante application. Une seule usine de tissage en a pris 400 en 1902, soit 200 à gauche et 200 à droite pour autant de métiers.

Une commande d'Amérique qui, en raison du droit d'entrée aux États-Unis, se trouve majorée de 50 p. 100, témoigne aussi de l'intérêt de cette fabrication et du mérite du producteur. L'aluminium est, en effet, un métal difficile à traiter, qui avait rebuté des praticiens moins persévérants. M. Du Pasquier a consacré plus de deux années d'efforts et une vingtaine de mille francs à la réalisation d'un progrès dont l'industrie est appelée à bénéficier largement. L'auteur de ce progrès est donc tout à fait digne de vos encouragements. En conséquence, le Comité des Arts mécaniques vous propose de remercier M. Du Pasquier de sa très intéressante communication, et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

*Signé :* Édouard Simon, *rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance, le 10 juillet 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté, au nom du *Comité des Arts mécaniques*, sur le SYSTÈME INTERNATIONAL DE FILETAGES, POUR VIS MÉCANIQUES ET SES APPLICATIONS EN FRANCE, par **M. E. Sauvage**.

La *Société d'Encouragement* a publié (1), en 1894, les règles du système français de filetages pour vis mécaniques (S. F.); un congrès international, tenu à Zurich, a établi, en 1898, les règles du système international à base métrique pour les mêmes vis (S. I.), complétées en 1900 par les indications accessoires relatives à l'ouverture des clefs (2). Il n'est pas sans intérêt de reproduire ici les règles complètes du S. I., en publiant *in extenso* le texte de la brochure qui les a fait connaître en 1901.

SYSTÈME INTERNATIONAL DE FILETAGES A BASE MÉTRIQUE ET TABLEAU DE LA SÉRIE NORMALE DU DIAMÈTRE DES PAS ET DES OUVERTURES DES CLEFS, ÉTABLIS PAR LE CONGRÈS INTERNATIONAL A ZURICH, DU 2 AU 4 OCTOBRE 1898, AINSI QUE PAR LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE CHARGÉE DE LA RÉDACTION DU 20 OCTOBRE 1900.

L'emploi général du système métrique en Europe fait désirer de plus en plus vivement l'adoption des mesures métriques pour la construction des vis. Il est clair qu'on ne peut détruire d'un seul coup, par la simple décision de la majorité des intéressés, un système de filetages aussi profondément implanté que le système Whitworth; mais les efforts faits pour établir un système métrique de filetages, efforts de plus en plus grands et répétés, prouvent que cette question exige une solution qui finira par s'imposer tôt ou tard.

Mais il importe que cette solution soit unique, et qu'on ne voie pas surgir une série de systèmes de filetages à base métrique : c'est pourquoi l'*Association des Ingénieurs allemands*, la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale* de Paris et l'*Union suisse des Industriels mécaniciens* se sont associées pour poser les règles d'un système de filetages, dont l'adoption serait recommandée à tous ceux qui désirent, pour une raison quelconque, appliquer une base métrique au tracé des vis.

Ces règles ont été établies par le Congrès international tenu à Zurich du 2 au 4 octobre 1898, Congrès auquel avaient été conviés les représentants des principales associations techniques des pays industriels.

Il était impossible d'établir un système de filetages dont les avantages intrinsèques fussent tels qu'il primât les nombreuses propositions bien étudiées faites antérieure-

(1) *Bulletin de la Société*, année 1894, p. 312.
(2) *Bulletin de la Société*, mars 1899, p. 452 et novembre 1900, p. 671.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment; et le Congrès aurait eu peine à réaliser l'unification, si le système établi par la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, en 1894, n'était pas rapidement devenu d'un usage général en France. Comme ce système répond à tous les besoins de la pratique, comme on ne pouvait supposer que les constructeurs français seraient disposés à l'abandonner sitôt après l'avoir adopté, c'est ce système que le Congrès a choisi à l'*unanimité* de ses membres, avec quelques légères additions, pour le recommander aux techniciens du monde entier.

Les trois sociétés sus-indiquées avaient reçu du Congrès international mission de fixer la série des ouvertures des clefs; elles les ont définitivement arrêtées dans une conférence de leurs délégués qui a eu lieu à Zurich le 20 octobre 1900.

Les règles de ce système, dénommé Système international de filetages, et désigné par les initiales S. I., sont données ci-dessous en détail.

## RÈGLES DU SYSTÈME INTERNATIONAL DE FILETAGE

### S. I.

**Vis auxquelles s'appliquent les règles du système international.** — Les règles adoptées par le Congrès, et formulées ci-après, ne s'appliquent, qu'aux seules *vis mécaniques*, c'est-à-dire aux vis métalliques de diamètre égal ou supérieur à 6 millimètres, destinées à l'assemblage des pièces de machines et aux constructions mécaniques. Ces règles ne s'appliquent pas aux très petites vis, dites *vis horlogères;* aux vis qui servent aux transmissions de mouvement dans les tours et autres machines; aux vis découpées sur les tubes, tels que les tuyaux à gaz et autres; aux vis micrométriques; à toutes les vis qui servent à des usages particuliers exigeant certaines dispositions qui ne peuvent rentrer dans un système uniforme de filetage; enfin elles ne s'appliquent pas aux vis à bois, qui pratiquent elles-mêmes leur logement dans une matière relativement molle.

**Nature du filet.** — Le tracé des vis mécaniques est déterminé par l'enroulement, en hélice à *droite*, d'un filet simple, obtenu par la troncature d'un triangle primitif équilatéral, dont le côté placé parallèlement à l'axe de la vis est égal au pas de la vis.

**Forme du filet.** — Le triangle primitif *équilatéral* est tronqué par deux parallèles à la base, menées respectivement au huitième de la hauteur à partir du sommet et de la base.

La *hauteur* du filet, mesurée entre les troncatures, est, par suite, égale aux trois quarts de la hauteur du triangle équilatéral primitif; c'est approximativement le pas multiplié par 0,6495.

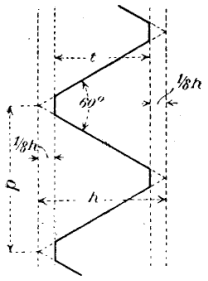
**Jeux entre les vis pleines et les vis creuses.** — Les vis pleines et les vis creuses ou écrous, qui se correspondent, ont, en principe, mêmes filets; mais, afin de tenir compte des tolérances d'exécution indispensables dans la pratique, tolérances qui doivent varier selon les circonstances, le profil fixé est un *profil limite*, pour la vis pleine comme pour la vis creuse; cette limite est prévue *par excès* pour la



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vis pleine et *par défaut* pour la vis creuse : en d'autres termes, la vis pleine doit toujours rester à l'*intérieur* du profil limite, et la vis creuse à l'*extérieur* de ce même profil.

Les écarts entre la surface théorique commune et les surfaces réalisées sur la vis pleine et sur son écrou déterminent le *jeu* que présenteront les deux pièces montées l'une sur l'autre. Aucune valeur n'est fixée pour ce jeu, chaque constructeur restant juge des tolérances admissibles, suivant la destination des vis et suivant l'outillage employé pour leur fabrication.




Profil des vis du système international.

En ce qui concerne le jeu que présentent la vis pleine et la vis creuse au fond des angles rentrants du profil, l'approfondissement dû à ce jeu ne devra pas dépasser un seizième de la hauteur du triangle primitif. Aucune règle n'est tracée pour la forme de cet approfondissement ; il est seulement recommandé d'employer un profil arrondi. La profondeur du filet peut ainsi atteindre les treize seizièmes de la hauteur du triangle primitif, ou 0,704 *p*, *p* étant le pas.

**Diamètre des vis.** — Le diamètre des vis se mesure sur l'extérieur des filets après troncature : le diamètre, exprimé en millimètres, sert à désigner la vis.

Entre les diamètres normaux indiqués au tableau ci-dessous, on peut intercaler, par exception, d'autres diamètres ; le pas reste alors celui de la vis normale de diamètre immédiatement inférieur. Les diamètres de ces vis intermédiaires doivent toujours être exprimés par un nombre entier de millimètres.

**Tableau de la série normale des diamètres, des pas et des ouvertures des clefs correspondants.**

| DIAMÈTRE | PAS. | OUVERTURE DE CLEF. | DIAMÈTRE | PAS. | OUVERTURE DE CLEF. |
|---|---|---|---|---|---|
| mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| 6 | 1,0 | 12 | 33 | 3,5 | 50 |
| 7 | 1,0 | 13 | 36 | 4,0 | 54 |
| 8 | 1,25 | 15 | 39 | 4,0 | 58 |
| 9 | 1,25 | 16 | 42 | 4,5 | 63 |
| 10 | 1,5 | 18 | 45 | ,5 | 67 |
| 11 | 1,5 | 19 | 48 | 5,0 | 71 |
| 12 | 1,75 | 21 | 52 | 5,0 | 77 |
| 14 | 2,0 | 23 | 56 | 5,5 | 82 |
| 16 | 2,0 | 26 | 60 | 5,5 | 88 |
| 18 | 2,5 | 29 | 64 | 6,0 | 94 |
| 20 | 2,5 | 32 | 68 | 6,0 | 100 |
| 22 | 2,5 | 35 | 72 | 6,5 | 105 |
| 24 | 3,0 | 38 | 76 | 6,5 | 110 |
| 27 | 3,0 | 42 | 80 | 7,0 | 116 |
| 30 | 3,5 | 45 | | | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Ouvertures des clefs.** — L'ouverture de la clef est considérée comme dimension limite que ne doivent dépasser ni l'écrou par excès ni la clef par défaut.

A chaque diamètre (de la série normale) correspond une ouverture de clef spéciale.

Les mêmes ouvertures doivent être employées pour les diamètres exceptionnellement intercalés entre les diamètres normaux.

L'ouverture de la clef est la même pour l'écrou et pour la tête de boulon et de vis d'un même diamètre.

La même ouverture s'applique aussi bien aux écrous bruts qu'aux écrous travaillés.

**Hauteur de l'écrou et de la tête du boulon.** — On recommande de donner à l'écrou une hauteur égale au diamètre et à la tête une hauteur égale aux 7 dixièmes du diamètre.

Les soussignés recommandent l'emploi du **système international de filetages à base métrique** (S. I.) à toutes les administrations publiques, compagnies de chemins de fer et aux industriels qui désireraient faire usage d'un système de filetages métrique.

Ils informent en même temps tous les intéressés que l'on peut actuellement se procurer les outils, calibres et jauges pour le système international chez divers constructeurs et notamment chez MM. :

*Bariquand et Marre*, à Paris,
*Ludw. Lowe et Cie*, Société anonyme, à Berlin,
*J. E. Reinecker*, à Chemnitz,
Société anonyme pour la fabrication des outils « *Reishauer* », à Zurich.

BERLIN — ZURICH — PARIS
Octobre 1900.

*Société des Ingénieurs allemands :*

LEMMER, — Braunschweig, président.

TH. PETERS, — Berlin, directeur.

*Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale :*

A. CARNOT, président.

ED. COLLIGNON, — Paris, secrétaire.

*Union suisse des Industriels mécaniciens :*

P.-E. HUBER, — Zurich, président.

A. JEGHER, — Zurich, secrétaire.

La principale différence du S. I. et du S. F., précédemment établi, existe pour les vis de 8, de 9, de 12 et de 13 millimètres, ces dernières étant rarement employées. Dans le S. F., les vis de 8 et de 9 millimètres sont au pas de 1 millimètre, celles de 12 et de 13 millimètres au pas de $1^{mm},5$, tandis que, dans le S. I, ces pas sont respectivement $1^{mm}$, 25 et $1^{mm},75$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En outre, les diamètres *principaux* du S. F., dont l'emploi *est recommandé* sont peu nombreux, tandis que les diamètres *normaux* du S. I. forment une série plus serrée, comprenant tous les diamètres principaux du S. F. jusqu'à 80 millimètres. En dehors de ses diamètres principaux, le S. F. recommande l'emploi des diamètres pairs, tandis que des nombres impairs figurent dans la série normale du S. I. (7, 9, 11, 27, 33, 39, 45). En outre, le S. I. est limité au diamètre de 80 millimètres, tandis que le S. F. s'étend jusqu'à 148 millimètres.

Une autre différence se trouve dans la règle accessoire de l'ouverture des clefs de serrage. Dans le S. F., les têtes hexagonales des boulons et les écrous de même forme sont inscrits dans un cercle de rayon égal au diamètre de la vis, ce qui donne pour distance des faces parallèles, ou pour ouverture des clefs, un nombre incommensurable de millimètres, tandis que ces ouvertures sont exprimées en nombres entiers de millimètres dans le S. I.

Pour connaître les applications du S. I. faites en France, la Société d'Encouragement a adressé aux grandes administrations et aux principaux constructeurs de France une circulaire ainsi conçue :

MONSIEUR,

La SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE vous a adressé les règles du **Système international de filetages** à base métrique établi par le Congrès international pour l'unification des filetages, tenu à Zurich, les 3 et 4 octobre 1898. Ces règles ont été publiées dans le *Bulletin* de la Société, année 1899, p. 452, et année 1901, 1er semestre, p. 130, cette dernière publication contenant les règles accessoires relatives à l'ouverture des clefs de serrage. La Société tient d'ailleurs à votre disposition des exemplaires de ces règles, si vous le désirez.

Comme vous le savez, le système international ne diffère que fort peu du système français, établi par la Société d'Encouragement en 1894 (*Bulletin*, année 1894, p. 311), de sorte que le passage d'un système à l'autre ne présente pas de grandes difficultés.

Je viens aujourd'hui vous prier de vouloir bien me faire savoir si vous avez adopté le système international de filetages, et dans quelle mesure. Le questionnaire ci-annexé contient diverses demandes de renseignements à ce sujet, et je vous serais fort reconnaissant si vous vouliez bien me le retourner après l'avoir rempli.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma haute considération.

*Le Président de la Société d'Encouragement*
*pour l'Industrie nationale,*

S. LINDER.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## QUESTIONNAIRE

A RETOURNER A

**M. le Président de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, 44, Rue de Rennes, Paris (VI^e^).**

(Annexé à la lettre du 31 mai 1902).

*Faites-vous usage du système international de filetages?*

.....

*Pour les constructions neuves?*

.....

*Pour l'entretien des appareils existants?*

.....

*L'avez-vous substitué au système français?*

.....

*Avez-vous adopté également les règles accessoires relatives à l'ouverture des clefs?*

.....

*Observations :*

.....

*Date :*

.....

*Nom du Constructeur ou de la Société.*

Les réponses à cette circulaire ainsi que les communications déjà faites à la Société, ont permis de constater la grande extension donnée en France au système international, qui a été assez généralement substitué au système français. L'auteur de la présente note a rendu compte sommairement des résultats de cette petite enquête dans la séance de la Société tenue le 24 avril 1903.

La Marine de l'État, qui avait adopté le S. F. dès 1895 (1), n'a pas hésité à lui substituer le S. I., ainsi que M. le Ministre de la Marine a bien voulu en informer la Société (2). Toutefois la Marine conserve, comme par le passé, l'usage

(1) Voir *Bulletin* de la Société, année 1895, p. 314 et 319.
(2) *Bulletin* de la Société, juin 1902, p. 873.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de n'employer, sauf pour des cas exceptionnels, que des diamètres paires. En ce qui concerne les ouvertures de clefs, la Marine a adopté les règles du S. I., sauf une légère réserve relative aux diamètres intercalaires (diamètres ne figurant pas dans la série *normale*). Pour ces diamètres intercalaires, les règles du S. I. indiquent l'emploi des mêmes ouvertures de clefs que pour les diamètres de la série normale. La Marine désire une ouverture de clef spéciale pour chaque diamètre; elle fixe cette ouverture en étendant la formule $I = 1{,}4\,d + 4$, qui a été employée pour les ouvertures de clefs de la série normale.

Les grandes administrations de chemins de fer font usage du S. I. généralement substitué au S. F. qu'elles avaient précédemment adopté. C'est surtout le service du matériel et de la traction qui fait ces applications, pour la construction neuve et aussi pour l'entretien. Dans l'entretien, on fait disparaître progressivement les vis de types anciens, et on les remplace par les types du S. I. C'est ainsi que procèdent les chemins de fer de l'État, les compagnies de chemins de fer de l'Est, de l'Ouest, du Nord, de Paris à Lyon et à la Méditerranée, du Midi, de Paris à Orléans. Cette dernière compagnie n'avait pas employé le S. F., et commence seulement l'application du S. I.

En ce qui concerne les ouvertures de clefs, les chemins de fer ont généralement conservé les anciennes règles du S. F. La compagnie de l'Est étudie la question, en vue d'une décision à prendre.

La compagnie du chemin de fer de Bône à Guelma applique également le S. I. La compagnie internationale des wagons-lits et des grands express européens, la Société générale des freins Lipkowski, en font de même usage, avec toutes les règles accessoires.

Messieurs Schneider et C^ie^, au Creusot, avisent la Société qu'ils font usage du S. I, avec toutes ses règles accessoires, et qu'ils l'ont entièrement substitué au S. F. La compagnie de Fives-Lille envoie la même réponse; quant aux ouvertures de clefs, elle déclare avoir adopté en principe la règle du S. I., mais ajoute qu'elle ne s'y conforme qu'au fur et à mesure de la mise au rebut de son outillage.

Messieurs Sautter Harlé et C^ie^ font usage du S. I. avec ses règles accessoires; pour l'entretien des appareils existants, ils déclarent l'appliquer également, mais en ajoutant que, souvent, la substitution n'est pas possible.

La Société anonyme des anciens établissements Panhard et Levassor avait adopté le S. F. en 1898, et lui a substitué le S. I. dès 1901, avec toutes ses règles; dans l'entretien, elle en fait usage autant que possible.

Messieurs Desouches, David et C^ie^, constructeurs de matériel de chemin de fer, font usage du S. I. avec ses règles accessoires, à moins qu'on ne leur prescrive un autre système. Pour les études qu'ils font eux-mêmes, ils proposent toujours l'emploi du S. I.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De même, Messieurs de Diétrich et Cie répondent à la Société qu'ils font usage du système qui leur est indiqué dans les diverses commandes.

Les forges et chantiers de la Méditerranée emploient le S. I., qui a été substitué au S. F. En ce qui concerne les ouvertures de clefs, cette compagnie s'est conformée aux règles de la Marine de l'État.

Les indications qui précèdent montrent la grande extension prise, en France, par le S. I, dans un laps de temps très court ; l'État, pour un de ses services de construction les plus importants, les chemins de fer, plusieurs des maisons de construction les plus importantes, en font usage. Il faut ajouter que, parmi les établissements pour lesquels il n'a pas été possible d'obtenir des renseignements précis, il s'en trouve évidemment qui ont également adopté le S. I. Tous les constructeurs sont d'ailleurs obligés d'en faire usage pour les commandes de la Marine de l'État et des compagnies de chemin de fer, qui en imposent l'emploi. Il ne faudra donc pas un temps bien long pour que tous possèdent le matériel nécessaire pour les filetages et les taraudages du système S. I., et ils auront évidemment intérêt à éliminer progressivement tous les autres systèmes qu'ils emploient encore.

*Signé :* E. Sauvage, *Rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance le 10 juillet 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS ÉCONOMIQUES

Rapport présena pr **M. Raymond**, au nom du *Comité des Arts économiques*, sur le *modèle de pince pour piles et moteurs électriques* dite « Borne-pince universelle H. R. » de **M. Redde**.

M. Redde, mécanicien au Parc-Saint-Maur, a présenté à la Société d'Encouragement un modèle breveté de pince pour piles et moteurs électriques, dit « Borne-pince universelle H.R. », qu'il a construit dans le but de mieux assurer les contacts dans les circuits.

C'est toujours la pression d'une vis qui produit les contacts, mais au lieu

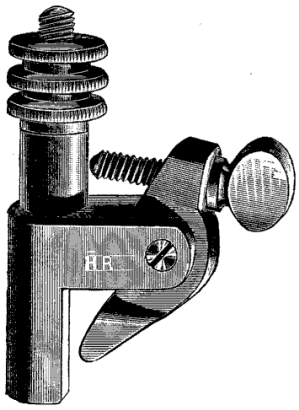



Fig. 1.

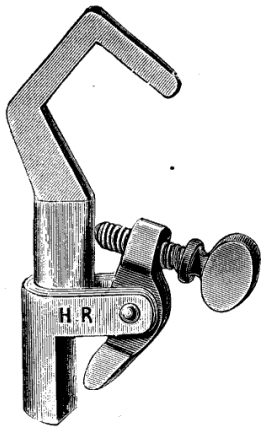



Fig. 2.

d'être directe, elle agit (fig. 1 à 3) par un bras de levier, sur une surface plus grande.

Le Laboratoire central d'Électricité a bien voulu soumettre ce modèle de pince à un essai comparatif avec le type d'usage courant.

L'un et l'autre étaient montés dans un circuit comprenant deux éléments de pile Delaurier en série. Les résistances au contact entre chaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

borne et l'électrode correspondante, mesurées, une première fois, avant la mise en service des éléments, l'ont été, une seconde fois, après un service ininterrompu de quinze jours.

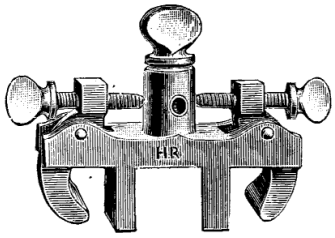



Fig. 3.

Les résultats consignés dans le tableau suivant peuvent être considérés comme favorables :

| | | DÉBUT | FIN |
|---|---|---|---|
| Résistance, en ohms, au contact entre une électrode de charbon et la borne correspondante. | Pince H.R. | 0,002 | 0,002 |
| | Pince ordinaire | 0,006 | 0,0052 |
| Résistance, en ohms, au contact entre une électrode de zinc et la borne correspondante. | Pince H.R. | 0,000063 | 0,00012 |
| | Pince ordinaire | 0,00016 | 0,00017 |

La borne-pince universelle H.R. est d'un usage commode. Le démontage et le nettoyage des machoires sont faciles.

Le Comité des Arts économiques vous propose, en conséquence de remercier M. Redde de sa communication et d'inscrire le présent rapport au *Bulletin* (avec ou sans dessin explicatif).

*Signé :* RAYMOND, *Rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance le 10 juillet 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MINES

LE TRANSVAAL ET SON AVENIR, PAR **M. Raphaël-Georges Lévy.**

Depuis les dernières années du XIXe siècle, l'attention du monde civilisé s'est fixée sur l'Afrique du Sud et particulièrement sur la région qui portait alors le nom de République sud-africaine et qui est aujourd'hui la colonie anglaise du Transvaal. Le motif principal de l'intérêt universel excité par ce pays était l'existence de champs aurifères, différents de ceux que le genre humain avait connus et exploités jusque-là. Lorsque, à la suite d'une période de difficultés aiguës, qui avaient été elles-mêmes précédées de guerres entre les Boers, habitant le Transvaal, et la Grande-Bretagne, celle-ci mobilisa son armée en automne 1899, une vive anxiété s'empara des peuples d'Europe et d'Amérique : d'une part le spectacle de la lutte entre ce petit peuple et la puissante Albion étreignait les cœurs d'une violente angoisse; d'autre part on se demandait ce qui adviendrait, au cours des combats, de cette industrie de Johannesburg, installée au prix de tant d'efforts et de centaines millions, et dont l'outillage courait le risque d'être détruit dès le début des opérations.

Il n'en a rien été. La paix conclue en 1902 a trouvé les puits intacts, les batteries, moulins et usines de surface en parfait état, à de très rares exceptions près. Déjà, avant cette époque, le Rand ayant été occupé par les troupes anglaises en 1901, un certain nombre de pilons avaient été remis en marche et avaient commencé à fournir de l'or. Aujourd'hui l'opinion publique manifeste quelque impatience parce que, dix mois après la cessation des hostilités, la marche normale de l'industrie n'est pas encore reprise et que la production mensuelle du précieux métal n'atteint guère que la moitié du chiffre maximum obtenu dans l'été de 1899 (1).

Un examen attentif de la situation, précédé d'une étude rapide de la géographie et de la géologie du pays, est de nature à nous rassurer pleinement. La richesse aurifère du Transval ne peut plus être mise en doute; le conglomérat

(1) Lorsqu'on compare les chiffres publiés par la Chambre des mines de Johannesburg avant la guerre et ceux d'aujourd'hui, il ne faut pas perdre de vue que les statistiques sont désormais fournies en onces d'or fin, tandis qu'autrefois elles étaient en or « tout venant » (*bullion*), tel qu'il sortait des usines avec des teneurs extrêmement variables. L'once d'or fin vaut Lstg 4-4 sh. 11 d. 45, soit francs 107 environ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui renferme l'or est reconnu sur une longueur de plusieurs centaines de kilomètres; les méthodes d'extraction, les procédés de traitement du minerai ont été poussés à un haut degré de perfection et reçoivent cependant tous les jours encore de nouvelles améliorations. Essayons de montrer ce qu'est cette industrie; examinons-la au point de vue technique, financier, économique. Nous commencerons par rappeler les dates mémorables de l'histoire récente de ces régions, qui, jusqu'après la moitié du XIX^e^ siècle, étaient à peine indiquées sur nos cartes et mentionnées dans nos manuels.

En 1868, Carl Mauch signala l'existence de l'or près de la rivière des Éléphants;

En 1870 on en trouva au Murchison Range;

En 1873 à Pilgrims Nest (Lydenburg);

C'est à 1882 que remonte l'ouverture du district connu sous le nom de de Kaap Goldfields.

En 1884, les frères Struben travaillaient une mine de quartz sur la ferme Weltevreden, à l'ouest, avec 5 pilons.

En 1885 fut découverte la mine Sheba, dans le district Barberton, qui excita tout d'abord l'enthousiasme des prospecteurs. Mais ce n'était pas encore le véritable terrain.

C'est le premier traitement du conglomérat du Rand donnant de l'or qui devait mettre les mineurs sur la piste où la fortune les attendait. C'est en cette même année 1885 qu'ils fixèrent leur attention sur ce conglomérat, bientôt désigné du nom de *banket*.

Dès 1886 Johannesburg était fondée.

En 1887, une première batterie broyait du *banket* et le charbon se rencontrait à Boksburg. La fièvre s'emparait du camp minier, gagnait la place de Londres et provoquait en 1888 un premier *boom*, c'est-à-dire une effervescence extraordinaire de la spéculation, qui se disputait les titres des premières entreprises du Rand.

En 1889 fut formée la Chambre des mines, qui a rendu et rend encore tant de services à l'industrie aurifère, et qui publie tous les ans un rapport relatant les faits de nature à intéresser cette industrie.

L'année 1890 vit les premiers essais de cyanuration, c'est-à-dire du nouveau traitement chimique indispensable pour retirer un bénéfice de la plupart des minerais du Rand. Il fut installé à la Robinson.

En 1891, des essais de chloruration furent entrepris à cette même mine Robinson.

En 1892 furent formées les première grandes Compagnies à niveaux profonds (*deep level*); en août de la même année fut inaugurée la ligne du chemin de fer qui relie Johannesburg à l'État d'Orange.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1893, le sondage dans la propriété Rand Victoria atteignit le filon à 2343 pieds de profondeur, démontrant ainsi sa permanence et sa régularité. L'été de 1895 fut marqué par un *boom*, qui ne se borna pas cette fois à l'Angleterre, mais gagna le continent et la France en particulier. Le sondage *Bezuidenville* démontra la présence du filon à 3127 pieds au-dessous du sol et ouvrit un champ encore plus vaste aux calculs et aux espérances de la spéculation: mais, à la fin de l'année, dans les derniers jours de décembre 1895, le raid Jameson vint rappeler à tous que la politique n'était pas bannie de cette terre d'élection et jeta des germes de défiance et d'inquiétude dans l'esprit de ceux qui, à des titres divers, y exerçaient leur activité.

Le progrès industriel n'en continua pas moins sa marche. Dès 1896, des installations importantes pour le traitement des résidus (*slimes*) marquèrent une nouvelle étape.

En 1897, une commission fit une enquête approfondie sur la situation de l'industrie minière et publia les résultats de ses travaux.

En 1899, le puits *Catlin* était foncé à 3700 pieds et aidait à démontrer la possibilité d'une exploitation facile et rémunératrice à cette profondeur. Mais la déclaration de guerre, en octobre de cette même année, vint suspendre tous les travaux, hormis ceux que le gouvernement transvaalien fit continuer pendant quelque temps pour son compte. Ce ne fut qu'en mai 1901 que trois Compagnies reprirent les broyages. En la même année 1901, le sondage fait sur le terrain des courses, dit du Turf Club, recoupait le South reef (filon sud) à 4804 pieds de profondeur.

En mai 1902, la paix était signée; depuis lors, les chefs des grandes maisons et compagnies se sont remis à l'œuvre; chaque jour marque un pas en avant.

En résumé, nous voyons qu'aux tâtonnements du début a rapidement succédé une période d'exploitation intensive, que les progrès techniques ont suivi une marche rapide, notamment au point de vue de la récupération du métal précieux, et que ces progrès incessants élargissent chaque jour le champ d'opération de ceux qui ont dirigé leur activité vers le Transvaal.

Le voyageur qui débarque au Sud de l'Afrique ne tarde pas à comprendre l'histoire de ce continent, dont la conformation explique pourquoi, pendant si longtemps, la colonisation s'est arrêtée à la côte. C'est en effet une bande de terre étroite qui forme le littoral. De Capetown à Port Elisabeth cette bande n'a souvent que quelques kilomètres de large : aussitôt que l'on s'éloigne du rivage, les montagnes s'élèvent à des hauteurs considérables. Le pays côtier ne reste plat sur une plus grande largeur que vers le Zambèse. L'immense plateau central se dresse brusquement : une longue chaîne de montagnes d'une longueur d'environ 2500 kilomètres, va du Sud-Ouest au Nord-Est avec des côtes qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

varient de 1000 à 2200 mètres. Dans le Basutoland, nœud central du Cap, de l'Orange et du Natal, les pics s'élèvent à 3700 mètres. Vers le continent, la pente est beaucoup plus douce que vers la mer, et c'est par degrés insensibles que les sommets s'abaissent. D'une façon générale le climat est moins chaud que dans la portion correspondante de l'hémisphère boréal : grâce à l'altitude, la température est supportable, même dans le voisinage de l'équateur. Cette sorte de muraille qui sépare le plateau central des rives des océans Atlantique et Pacifique explique en partie pourquoi le peuplement a été lent. La pauvreté de la terre en maints endroits en est une autre raison. Les colons y ont surtout pratiqué l'élevage, qui nécessite de vastes espaces. Dans le territoire qu'on appelle Karoo, il faut 3 hectares par tête de bétail. Le pays qui nous occupe peut donc être défini un pays minier et de grande pâture. On n'y ferait de culture intensive qu'en y organisant des systèmes d'irrigation, et en permettant ainsi aux 730 000 blancs qui forment la population du Transvaal, de l'Orange, du Natal, du Cap, de trouver plus abondamment et plus aisément la subsistance d'habitants plus nombreux.

## PREMIÈRE PARTIE

### CÔTÉ INDUSTRIEL

Les champs d'or du Transvaal, connus sous le nom de Witwatersrand, c'est-à-dire « Chaîne des eaux blanches », sont situés sur un plateau de 6 000 pieds au-dessus de la mer. La rangée des eaux blanches divise les versants de l'Atlantique et de l'océan Indien : les affluents du Vaal coulent vers le premier et ceux du Limpopo (ou rivière des Crocodiles) vers le second.

Le lit de conglomérat est composé de galets de quartz soudés par un ciment siliceux contenant des pyrites de fer. Le nom de *banket* vient de la ressemblance avec un gâteau hollandais aux amandes : il s'applique plus spécialement au minerai de la zone oxydée, qu'on appelait au début *freemilling*, c'est-à-dire amalgamable. L'or contenu dans le conglomérat est rarement visible à l'œil nu : il est presque toujours dans la matière et non dans les galets (*pebbles*). L'or y apparaît en parcelles très minces, de structure cristalline, dont les angles ne sont pas arrondis comme dans l'or d'alluvion.

Il existe plusieurs lignes plus ou moins parallèles de ce conglomérat. En partant du sol, on les rencontre en général dans l'ordre suivant, en allant du sud au nord : Blackreef, Elsberg, série Kimberley, Birdreef, séries du Mainreef, du Preez. Le relèvement des couches fait que celles que l'on rencontre d'abord à la surface sont celles qui s'enfoncent ensuite le plus profondément. Là où le reef est à angle aigu près du sol, il a une tendance à s'aplatir en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

profondeur. Inversement, là où il recoupe la surface à angle obtus, il tend à devenir plus aigu.

Les compagnies qui travaillent les reefs autres que le main reef ont, jusqu'à ce jour, obtenu les résultats suivants :

| Séries. | Nombre de compagnies travaillant. | Or produit. |
|---|---|---|
| Quarzites du Nord | 2 | £ 1 115 |
| Reef du Preez | 3 | 1 078 506 |
| — Kimberley | 7 | 70 197 |
| — Steyn Estate | 1 | 15 700 |
| — Elsberg | 1 | 175 |
| — Black | 14 | 584 389 |
| — Nigel | 5 | 1 293 474 |
| — Heidelberg Roodepoort | 1 | 42 811 |
| TOTAL | 34 | £ 3 086 367 |

soit environ 78 millions de francs.

Ces filons n'ont fourni qu'un contingent très faible de la production totale. Les deux reefs principaux sont le *southreef* et le *mainreef*. Le premier est en général le plus mince et le plus riche. Le second est loin de présenter la même teneur dans toutes les mines : dans beaucoup d'entre elles il a été développé, c'est-à-dire que les galeries dans lesquelles il peut être abattu ont été ouvertes, mais n'a pas été extrait. Il constitue des réserves considérables pour l'époque plus ou moins proche où, les frais d'exploitation ayant été abaissés, ce *mainreef* sera envoyé à la batterie.

### EXTENSION DU CHAMP

La distance, depuis Randfontein à l'ouest jusqu'à Holfontein à l'est, est de 62 milles anglais, soit environ 100 kilomètres : sur cette longueur, le filon a été pour ainsi dire reconnu sans interruption. La section centrale, sur une longueur de 12 milles 1/4 (environ 20 kilomètres) a produit 76 pour 100 de l'or récolté. On a reconnu le reef par l'affleurement et les sondages sur 164 milles; on l'a reconnu avec des interruptions sur 123 milles; avec des failles et des rejets sur 21 milles, au total sur 308 milles ou 500 kilomètres.

### VARIATIONS DE TENEUR ET D'ÉPAISSEUR

Il y a de grandes variations dans les reefs et même dans le mainreef, selon les endroits; aussi faut-il, pour évaluer une mine, procéder à des échantillonnages très soignés, faits tous les 5 ou 10 pieds.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le *banket* payant varie en épaisseur depuis quelques pouces jusqu'à 15 ou 20 pieds. La roche encaissante est du grès ou du quartzite dur. La quantité de stérile que donne l'abatage à la dynamite varie de 0 à 40 p. 100. On exprime la richesse de la teneur en onces, qui se divisent elle-mêmes en pennyweights. L'once d'or fin vaut environ 107 francs et le pennyweight, qui est le vingtième de l'once, environ 5 francs. La largeur la plus convenable pour l'abatage du filon est de 3 pieds ou 36 pouces, environ un mètre. L'épaisseur sous laquelle se présente le filon a une importance considérable. Car il faut abattre toujours cette largeur d'environ 1 mètre : si par conséquent le filon n'a qu'un pied d'épaisseur avec une teneur de 18 pennyweights, c'est comme s'il n'en avait qu'une de 6 pennyweights, sur trois pieds. On ramène en général les teneurs à cette épaisseur normale afin de les comparer plus aisément les unes avec les autres.

### SÉCURITÉ ET RÉGULARITÉ

La régularité du produit est due à la *loi des moyennes;* il y a de grandes différences entre telle et telle partie du filon, mais l'ensemble donne des résultats tels qu'on a pu fonder une vaste industrie sur la probabilité du rendement. Au début on n'avait aucun précédent pour se guider, le monde n'ayant pas encore connu d'exploitation analogue. Les grandes difficultés vinrent de la faible quantité que l'on recouvrait : 50 à 60 p. 100 de l'or contenu, tandis qu'aujourd'hui on en récupère de 85 à 90 p. 100. Le premier progrès vint de la concentration et de la chloruration des concentrés, mais le plus important fut le traitement *chimique* des boues et résidus au moyen de la cyanuration, que nous décrirons tout à l'heure.

Expliquons d'abord la constitution de la propriété au point de vue minier. Les concessions données aux exploitants qui se sont conformés aux prescriptions de la *Gold law* (Loi de l'or) (1), consistent en un certain nombre de claims dont la surface est de 150 sur 400 pieds, soit 60 000 pieds carrés. La concession donne droit à l'exploitation de tout le minerai contenu dans le cube qui s'enfonce vers le centre de la terre en suivant des parois verticales marquées par la limite des claims à la surface du sol. Si le filon métallifère qui affleure dans les claims de surface descendait verticalement sous terre, la compagnie qui a reçu la concession de ces claims pourrait l'exploiter indéfiniment, jusqu'au point où elle serait arrêtée par des difficultés insurmontables de travail. Mais en réalité le filon est toujours incliné par rapport au plan horizontal de la terre, et sort donc à une profondeur plus ou moins grande du parallélipipède formant la propriété A l'instant où le filon sort ainsi d'une propriété, il entre dans la voisine ; mais celle-ci ne peut attaquer le filon à la surface, elle

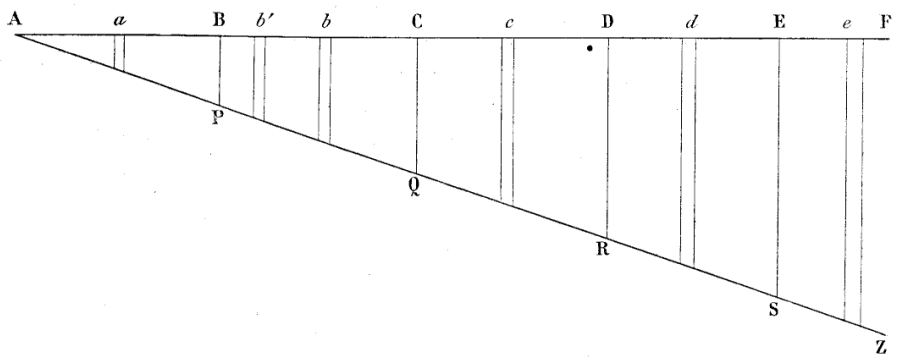
(1) Une nouvelle loi de l'or est actuellement à l'étude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constitue ce qu'on appelle une propriété de niveau profond, *deep level*. Une Compagnie *deep level* est celle qui commence ses travaux dans les couches inférieures d'un filon, dont l'affleurement est exploité par une autre Compagnie. Cette distance est très variable, va déjà du simple au décuple, de 400 à 4 000 pieds, et ira sans doute au delà.

Dans l'ignorance où l'on était, au début, de la nature de la formation, on a commencé par n'exploiter que les affleurements : mais bientôt, reconnaissant la direction du filon, on a compris la valeur des terrains situés à une distance souvent très considérable de ces affleurements. C'est ainsi qu'à une première rangée de *deep level* en a succédé une seconde, puis une troisième, une quatrième ; dès aujourd'hui, on peut citer la Ferreira deep comme type d'un *deep level* de première ligne, la Village deep, de deuxième ligne, la Boysen Estate, de troisième, les Turf mines, de quatrième; mais rien ne dit que les travaux s'arrêteront là, et qu'il suffira des 50 millions de livres sterling (1 250 millions de francs) prévus actuellement, pour mettre en valeur les Compagnies de deep déjà formées et celles qui pourront l'être ultérieurement.

La figure théorique ci-dessous montre ce qu'est un *deep level*. Il suffit pour




la comprendre de se souvenir que la loi minière du Transvaal accorde au concessionnaire d'une mine le minerai qui existe sous le sol, exactement dans les limites de la surface. Les lignes du rectangle qui enferme chaque concession sont censées s'enfoncer vers le centre de la terre : tout ce qui est compris dans ces limites appartient à l'exploitant, dont les droits s'arrêtent à la frontière mathématique ainsi définie.

Supposons cinq concessionnaires dont les rectangles se suivent selon une ligne AF qui représente la surface du sol. Le filon s'enfonce sous terre selon une ligne AZ. Le premier propriétaire s'arrête à B. Il possède donc le filon de A jusqu'à P. Le second propriétaire dont les droits sont déterminés par la ligne de surface BC possède le filon PQ ; le troisième, CD, possède le filon QR ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le quatrième DE, le filon RS ; le cinquième, dont les droits à la surface sont marqués par la ligne EF, possède la portion SZ du filon, et ainsi de suite. On appelle compagnies *deep level* celles chez qui le filon n'affleure pas ; c'est-à-dire toutes celles de notre diagramme, sauf la Compagnie AB qui sera dite d'affleurement (*outcrop*). Cette Compagnie attaquera son filon à la surface même du sol, en A, par un puits incliné ou un peu plus loin en *a* par un puits vertical. On voit dès lors qu'il n'y a aucune différence théorique entre une compagnie d'affleurement et une compagnie à niveau profond. Toutes deux travaillent le même filon ; la seule différence est que, chez l'une, il affleure ; chez l'autre, il n'affleure pas. Il arrive fréquemment que des compagnies dites d'affleurement travaillent déjà aujourd'hui à une profondeur plus grande que des compagnies de *deep level*. Supposons en effet qu'une compagnie d'affleurement s'étende de A en C : le puits *b* pourra rejoindre le minerai à un niveau plus bas qu'un puits *b'* qui aurait été foncé par la Compagnie *deep level* possédant dans notre hypothèse première le terrain BC.

### LIMITE DES TRAVAUX

La plus grande profondeur à laquelle on travaille en ce moment est à la compagnie *Robinson deep*, où des galeries sont ouvertes à une profondeur verticale de 2 400 pieds. Le reef présente les mêmes caractères qu'à l'affleurement. La profondeur à laquelle on ira dépend de la richesse du minerai et des frais d'extraction. Ceux-ci à leur tour dépendront de la main-d'œuvre, de l'exhaure, de la température. On discute déjà la possibilité d'aller à 6 000, puis à 12 000 pieds. La température n'augmente guère que de 1° centigrade par 150 mètres.

### DÉTAIL DU TRAITEMENT

Le minerai abattu dans les galeries de la mine à la main ou au moyen de perforatrices mécaniques est amené à la surface par des puits verticaux ou inclinés, ou une combinaison des deux, ordinairement par wagonnets de 3 tonnes.

Le minerai contient souvent du stérile, que l'on trie au moyen de deux méthodes : la proportion du stérile, comme nous l'avons expliqué plus haut, est d'autant plus forte que le filon est plus étroit :

1° Le minerai passe des *grizzleys* (grilles de fer) sur des *tables* où il est étalé et mouillé : le stérile une fois rejeté dans des bennes, le minerai payant passe dans des concasseurs ;

2° Le minerai, après avoir passé sur les grilles, est mis sur une courroie (*belt*) animée d'un mouvement lent qui passe devant la série des ouvriers chargés du triage.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La proportion du triage varie de 10 à 45 p. 100. Une fois trié, le minerai passe dans des concasseurs à mâchoires ou entre des rouleaux d'acier chromé destinés à diminuer la grosseur des morceaux.

De la station de broyage le minerai est élevé aux caisses à minerai du moulin, où il se vide automatiquement; il est broyé jusqu'à la consistance d'un sable fin et entraîné par l'eau sur les plaques de cuivre d'amalgamation. Le minerai qui sort des concasseurs est envoyé sous les pilons, masses de 500 à

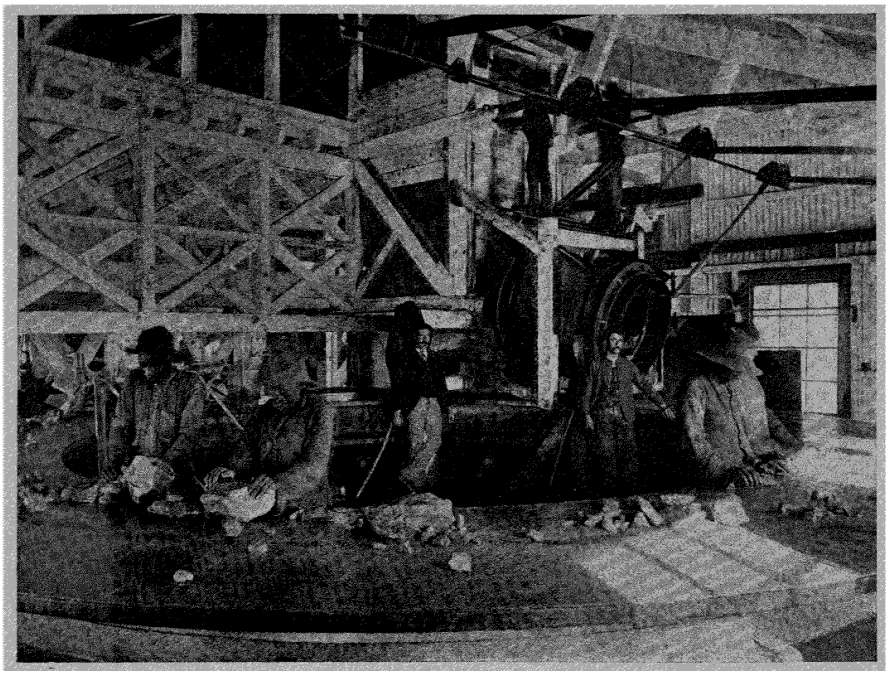


Fig. 1. — Table de triage.

600 kilogrammes d'acier, fixés au bout d'une tige qu'un mécanisme soulève à 15 ou 20 centimètres et qui retombent sur une plaque d'acier durci, à raison de 70 à 90 coups par minute.

Le minerai est constamment additionné d'eau, à raison d'environ 8 tonnes d'eau par tonne de minerai. Les trois quarts environ de cette eau, qui va aux bassins de dépôt, sont récupérés et servent à nouveau. Chaque pilon broie en vingt-quatre heures (car le travail ne s'arrête pas, sauf lorsque des réparations sont nécessaires) de 5 à 6 tonnes de minerai.

La majeure partie de l'or libre, c'est-à-dire non pyriteux, est extraite par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

amalgamation sur les plaques de cuivre argenté recouvertes de mercure. L'or qui reste dans les résidus, c'est-à-dire de 40 à 50 p. 100 du total, est entraîné et tombe du *launder* (conduite) dans le *sump* (puisard) à la base du *tailings wheel*, roue élévatoire des tailings, qui a de 15 à 20 mètres de diamètre.

Les résidus du broyage, *tailings*, grains de quartz les plus gros qui n'ont pas été réduits en poussière, et *slimes* ou boues, sont élevés au-dessus du niveau

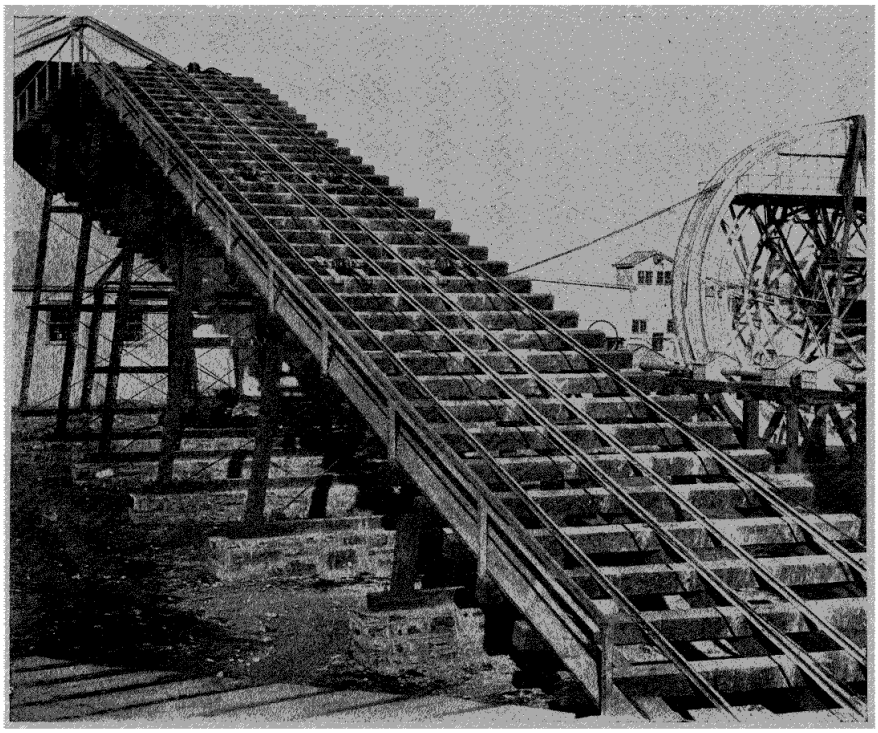


Fig. 2. — Transporteur de minerai.

des cuves où s'opère le traitement par le cyanure de potassium. Dans la conduite qui s'embranche sur le haut de la roue élévatoire des tailings est fixé un échantillonneur automatique, qui, à des intervalles réguliers, prend un échantillon de la matière amenée aux cuves de cyanuration.

De la conduite, les tailings passent dans une série de classeurs hydrauliques dits *Spitzlutten*. Ce sont des boîtes construites de façon que les sables et concentrés lourds tombent au fond et sont conduits dans des *vats* où ils sont traités,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que les sables plus légers et les boues (*slimes*) continuent leur marche vers les bassins de traitement général (*leachingtanks*). Les concentrés sont ou bien traités par une solution cyanurée dans des *vats* (bassins) spéciaux, ou bien remis à la chloruration pour en extraire l'or. (Ce dernier système est très peu pratiqué.)

Au pied du *Spitzlutten* est fixé un autre échantillonneur automatique ; de

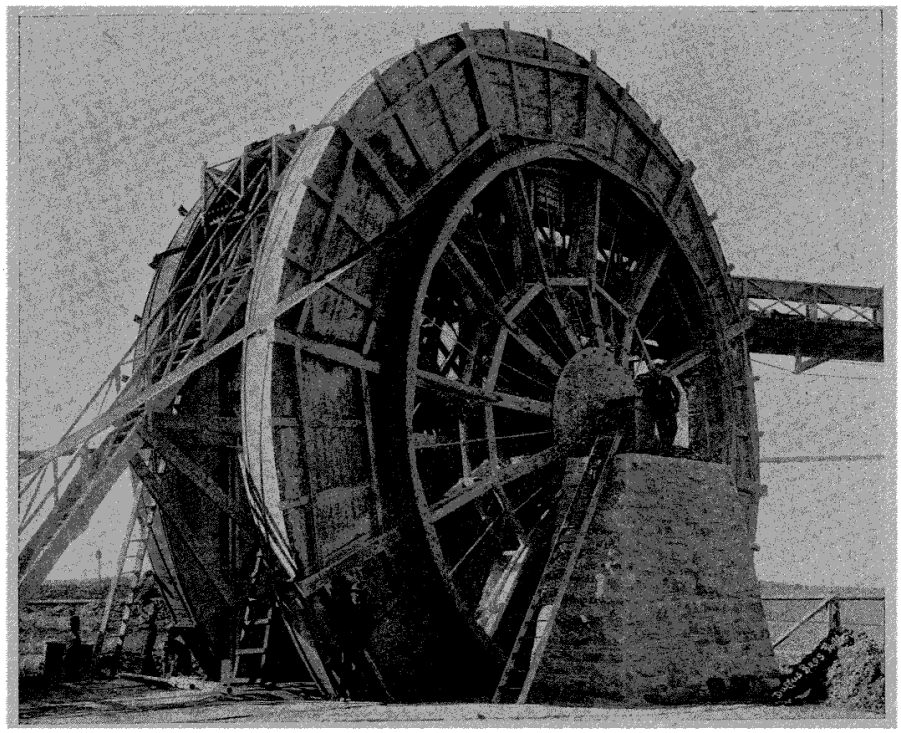


Fig. 3. — Roue élévatrice des tailings.

là, les sables et les slimes passent dans le *Spitzkasten*, classeur hydraulique construit de façon qu'une pression d'eau venant d'en bas fasse déborder les slimes, tandis que les sables sont attirés au fond et portés aux vats percolateurs.

Quand le bassin est plein, on y injecte la première solution cyanurée, qui filtre à travers la masse. Elle sort par le lit de filtrage et s'écoule à l'*Extractor house*. On ouvre alors les portes d'écluse au fond du *tank;* les sables sont envoyés dans le vat inférieur, où ils sont de nouveau soumis à l'action d'une solution cyanurée. La masse des sables est lavée de façon à en extraire ce qu'il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

y reste de la solution. Les résidus sans valeur sont envoyés au *tailings dump*.

Les vats, de forme circulaire, étaient autrefois en bois, sur fondations de maçonnerie; aujourd'hui ils sont en acier. Les slimes dilués, en sortant du spitzkasten, reçoivent une addition de chaux et sont entraînés dans une série d'autres spitzkasten. L'addition de chaux fait que les slimes s'attachent au fond et que l'eau s'en va au réservoir. Les slimes ayant alors une consistance gélatineuse, sont envoyés dans les *slime-vats* où ils se déposent et se concentrent, le superflu de l'eau étant éliminé par décantation. On les attaque par une solu-

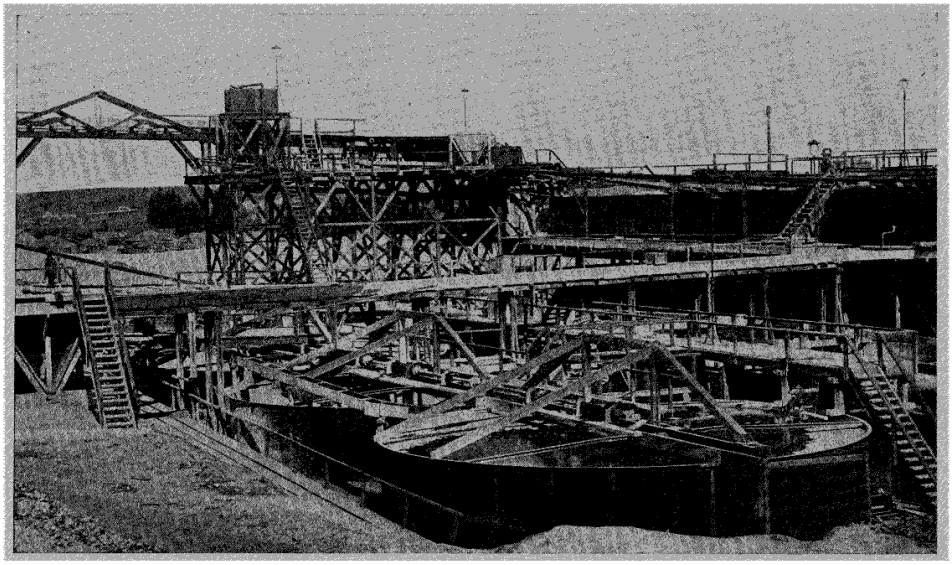


Fig. 4. — Cuves de dépôt des tailings.

tion cyanurée au moyen d'agitateurs, ou bien en faisant agir sur le liquide des pompes centrifuges. Les solutions cyanurées chargées d'or sont envoyées dans les *solution-vats* et de là à l'*extractor-house*. Là se trouvent les boîtes d'extraction, les pompes nécessaires au transport des solutions et à l'agitation des slimes, les vats acides pour dissoudre le zinc et les fours de fusion pour l'opération finale.

La solution cyanurée s'écoule et sert de nouveau.

Il y a plusieurs méthodes de traitement dans les boîtes. Les différents compartiments sont organisés de façon que la solution à traiter est introduite dans le fond du premier compartiment, déborde, passe dans le deuxième et ainsi de suite. Les boîtes contiennent des cloisons (*trays*) perforées qu'on remplit de fines lamelles de zinc formant une masse spongieuse. L'or se dépose sur le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

zinc. La solution traversant les boîtes est additionnée continuellement d'une quantité de cyanure suffisante pour l'amener à la saturation voulue.

La meilleure méthode s'obtient en étudiant dans chaque mine le traitement et le genre d'extraction qui convient le mieux à son minerai.

Le traitement des *tailings* dure de 4 à 7 jours. La difficulté pour les *slimes* consistait à obtenir un contact assez prolongé avec la solution cyanurée, ces

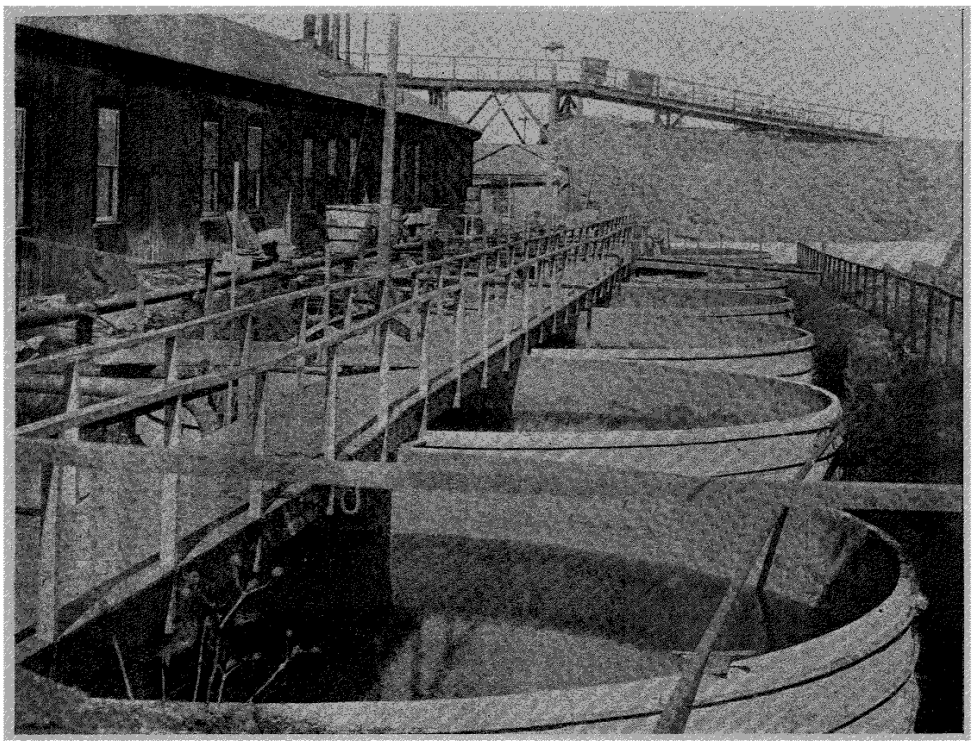


Fig. 5. — Cuves de précipitation des slimes.

boues se déposant rapidement et formant une sorte de pâte argileuse qui ne se laissait plus pénétrer. On l'a résolue grâce à des agitateurs ou à des pompes qui empêchent le dépôt, tout en assurant un contact suffisant. La cyanuration exige 32 cuves pour 200 pilons, et une tonne et demie de solution par tonne de pulpe.

Ces diverses phases du traitement emploient, comme le lecteur a pu s'en rendre compte, de l'*eau* en quantités considérables. Actuellement les mines en ont assez; en maint endroit les réservoirs débordent. Toutefois quand 6 000, puis 10 000 pilons marcheront, il en faudra davantage; la question se posera de savoir comment on augmentera les sources d'approvisionnement. Une commis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

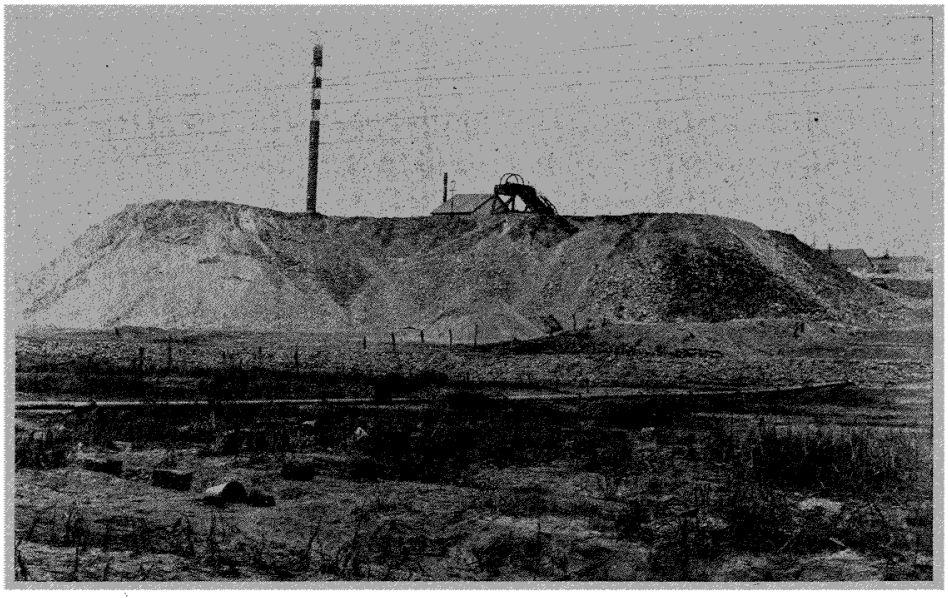


Fig. 6. — Un tas de minerai après traitement.

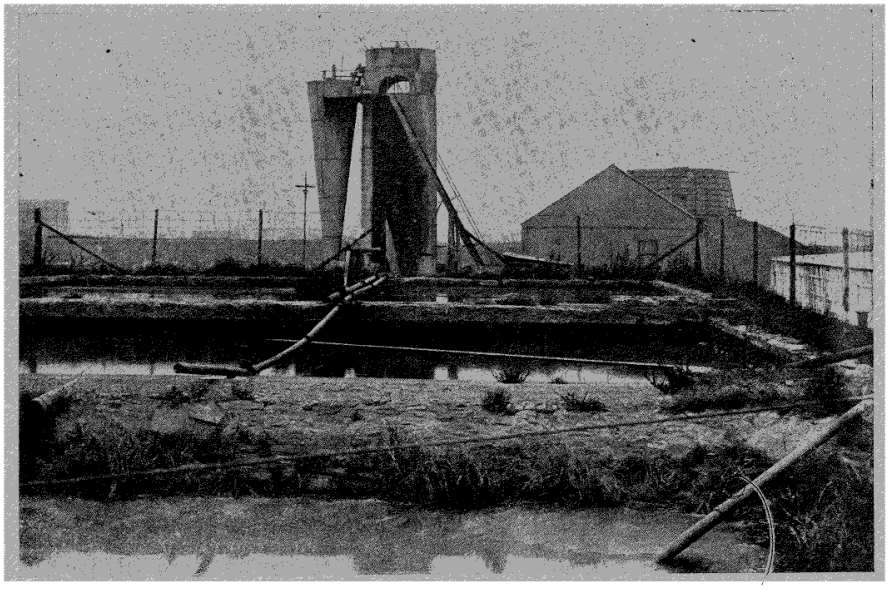


Fig. 7. — Un filtre à eau potable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion a été nommée par le gouvernement qui étudie les divers systèmes, groupés selon trois régions :

1° Ceux de l'ouest, du côté de Randfontein;

2° Ceux qui au sud iraient s'alimenter dans le Vaal;

3° Ceux qui capteraient des sources au nord, du côté de Pretoria.

C'est cette dernière série de projets qui paraît avoir le plus de chance d'être adoptée.

### MAIN-D'ŒUVRE

L'industrie aurifère du Rand emploie de nombreux travailleurs, tout d'abord au sondage lorsqu'il y a lieu de rechercher la position et la teneur des filons; ensuite à l'abatage du minerai; enfin à l'exploitation proprement dite, c'est-à-dire à l'extraction du minerai et à son traitement par les procédés que nous venons d'indiquer. Les ouvriers du Rand sont en majorité des nègres recrutés dans l'Afrique méridionale; ils ont pour tâche principale les travaux de fond. Mais, malgré leur supériorité numérique, comme ils étaient individuellement beaucoup moins payés que les ouvriers blancs occupés aux engins mécaniques, à la surveillance, au contrôle, les frais totaux se répartissaient à peu près également entre la main-d'œuvre blanche et la main-d'œuvre noire.

C'est la difficulté de recruter un nombre suffisant de bras qui retarde la remise en marche de l'industrie aurifère à Johannesburg; 3000 pilons environ fonctionnent, c'est-à-dire la moitié des 6000 qui étaient en activité en 1899, à la veille de la déclaration de guerre. Il semblait que la population noire, qu'on évalue à 5 millions d'hommes au sud du Zambèse, dût suffire à fournir d'une façon permanente les 100 000 ouvriers qui étaient réunis il y a quatre ans au Rand et à doubler le contingent, puisque c'est à 200 000 que l'on évalue le chiffre de ceux qui pourraient à bref délai être occupés; mais leur retour aux mines ne s'effectue que lentement; en avril 1903, il n'y en avait encore que 50 000 environ (1). Il est vrai que la proportion de blancs employés a augmenté : avant la guerre on comptait un blanc pour huit nègres; aujourd'hui un pour cinq. Cette proportion ne paraît pas pouvoir être sensiblement accrue. En effet, une expérience souvent répétée a démontré que, là où nègres et blancs travaillent côte à côte, ils ne sauraient être attachés aux mêmes besognes. Un de mes amis, visitant une mine du Rand, était accompagné par un contremaitre blanc : une brouette était sur leur route; le contremaître s'avançait déjà pour l'écarter lorsque, à cent pas, il aperçoit un Cafre; il le hèle aussitôt et lui fait enlever la brouette. Mais, sans nous arrêter à ce côté de la question, rappelons-en un autre beaucoup plus sérieux et qui forme le véritable obstacle à la généralisation de l'emploi de la main-d'œuvre blanche. C'est l'élévation de sa rétri-

(1) Ce chiffre est notablement dépassé à l'heure actuelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bution. La moyenne annuelle des salaires de l'Européen au Transvaal s'élève à 353 livres sterling par an, soit près de 9 000 francs, tandis que les nègres reçoivent de 2 à 4 livres par mois, soit 24 à 48 livres par an; il est vrai qu'ils sont logés et nourris.

On n'a pu payer de pareils salaires que :

1° En adoptant une méthode de travail intensif et en dépensant des sommes énormes en travaux d'installation, qui impliquent l'usage d'une foule de machines perfectionnées;

2° En payant les nègres à un taux plus bas que les blancs et en ne les considérant que comme des manœuvres, sous la direction de ceux-ci.

Si on voulait employer un plus grand nombre de blancs à des travaux qui peuvent être exécutés par des nègres, on serait forcé de les payer beaucoup plus cher que ces derniers, sans pouvoir cependant atteindre le taux accordé actuellement à la moyenne des blancs qui font fonction de contremaîtres. Ceux qui recevraient des salaires inférieurs seraient mécontents; certaines mines seraient obligées de fermer. La bonne politique consiste au contraire à en ouvrir le plus grand nombre possible, ce qui permettra d'employer les blancs aux postes qui leur conviennent, c'est-à-dire ceux qui sont rémunérés à un taux très élevé.

Depuis la paix, les groupes miniers se sont efforcés de rechercher les moyens d'activer le recrutement de leurs ouvriers. Ils ont constitué un organe, la *Native labour Association*, qui enrôle les nègres et les distribue, dans des proportions convenues, entre les différentes mines, d'après des bases fixées d'avance. Elle a rencontré des difficultés spéciales, qu'on peut ranger sous cinq rubriques :

1° Les suites de la guerre; (*a*) les noirs, très bien payés par les autorités militaires, ont gagné beaucoup d'argent comme conducteurs de convois et dans d'autres emplois; (*b*) après la paix, il y a eu une grande demande de bras pour toute espèce de travaux, notamment de routes et de chemins de fer.

2° Les fortes récoltes de l'année dernière ont fourni en abondance les moyens de subsistance, que les indigènes se procurent à très bon compte. Le noir, n'étant point invité au travail par un besoin pressant, reste chez lui.

3° Les administrateurs des mines ont voulu profiter du nouvel ordre de choses pour réduire de plus de moitié les salaires payés avant la guerre; les nègres, déjà peu enclins au travail par les raisons indiquées ci-dessus, ont encore marqué moins d'empressement à revenir, en présence de conditions nouvelles qui leur étaient faites.

4° Les autorités anglaises, dans une excellente intention, mais avec une hâte peut-être intempestive, ont voulu interdire entièrement l'usage de l'alcool, qui était un attrait pour les Cafres. Ceux-ci en sont tellement friands que, dans leurs *compounds* (habitations ouvrières), ils se faisaient verser par les gouttières des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toitures l'eau-de-vie qu'il était interdit d'introduire. L'abstinence totale les a effrayés.

5° On a voulu se passer complètement des services des *touts*, agents de recrutement, qui traitaient avec les rois et chefs de tribus nègres et obtenaient d'eux des contingents de travailleurs. Dès lors, ces touts, non seulement ont cessé d'amener des hommes, mais ont usé de leur influence sur les indigènes pour les détourner de venir au Rand.

Déjà toutefois des remèdes ont été apportés à cet état de choses. Les salaires ont été rétablis à peu près au taux d'avant la guerre; l'usage d'une boisson appelée *bière cafre* et que nous soupçonnons fort de contenir une notable proportion d'alcool, a été autorisé. Des arrangements diplomatiques sont en voie de négociation avec les puissances qui s'étaient réciproquement engagées à ne pas laisser les nègres sortir de leurs possessions africaines, pour la suppression ou l'atténuation de cet engagement.

On a tout lieu de croire que cet ensemble de mesures ramènera peu à peu au Rand l'armée de mineurs qui lui est nécessaire. Lord Harris, président des Goldfields, déclarait à la dernière assemblée de sa compagnie qu'il est ridicule de supposer qu'un continent comme l'Afrique ne pourrait pas fournir les 300 000 travailleurs dont Johannesburg aura besoin d'ici à 5 ans. Les chemins de fer actuellement en construction faciliteront beaucoup le recrutement, surtout dans le Nord.

Tout le monde étant d'accord qu'on ne peut entièrement substituer le travail blanc au travail de couleur, on s'est demandé s'il n'y aurait pas des moyens plus rapides encore de réunir les travailleurs nécessaires, et on a envisagé une immigration de Chinois. Certains magnats du Rand, comme sir George Farrar, se sont catégoriquement prononcés en faveur de cette solution, qui aurait l'avantage de hâter la remise en exploitation complète du Rand. Mais elle compte de nombreux adversaires, en particulier chez la population blanche de Johannesburg, qui s'oppose à l'arrivée de ces concurrents jaunes, sobres, économes, envahissants; elle redoute de ne pouvoir les confiner dans leurs occupations minières, de les voir se répandre dans le pays et y exercer des professions diverses, auxquelles elle ne désire pas qu'ils s'adonnent. Peut être l'opinion publique verra-t-elle avec moins de défaveur la venue de travailleurs indiens, sujets anglais, et dont un certain nombre sont déjà employés dans les plantations du Natal. L'intérêt général qui domine tout est que les mines prospèrent : elles sont la pierre angulaire de la fortune publique : les autres industries et le commerce ne peuvent être florissants que si les compagnies du Rand développent leur maximum d'activité.

Le problème de la main-d'œuvre donne lieu à des discussions passionnées. Les hommes d'État anglais, M. Chamberlain, lord Milner, le personnel sud-africain,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

paraissent hésitants et disposés à s'en remettre aux autorités locales pour la solution de la difficulté. C'est en tout cas la principale qui subsiste. Les autres questions se règlent les unes après les autres : les tarifs de chemins de fer ont été abaissés, la construction de nouvelles lignes décidée et commencée; les impôts et la contribution de guerre fixés à des chiffres qui paraissent supportables. Le jour où les ouvriers seront revenus en nombre suffisant, où rien ne contrariera de ce côté les plans des compagnies, elles procéderont à l'exploitation méthodique des richesses enfouies encore dans le sol et dont la mise au jour se fera dans la période la plus courte compatible avec une organisation rationnelle.

Ceci nous amène à la deuxième partie de notre étude.

## DEUXIÈME PARTIE

### CÔTÉ FINANCIER ET ÉCONOMIQUE

L'exploitation d'une mine n'est possible que si le prix de revient est inférieur à la valeur du métal produit; au Rand, la pauvreté moyenne du minerai fait que la proportion des frais par rapport à la valeur de l'or extrait est très considérable. La main-d'œuvre, à elle seule, en représente les trois cinquièmes environ; ces 60 p. 100 se divisent à peu près également entre la main-d'œuvre blanche et la main-d'œuvre noire, la première absorbant environ 31 p. 100, la seconde environ 29 p. 100. Les explosifs demandent 12 p. 100; le charbon 8 p. 100. De ces trois facteurs nous venons d'examiner longuement le premier. S'il ne paraît pas y avoir grande chance d'abaisser le coût de la main-d'œuvre noire, il semble, en présence de l'énormité des salaires attribués aux blancs, que des économies sont possibles de ce côté. Quant à la dynamite, le prix en a déjà été réduit de près de moitié par rapport à ce qu'il était dans les débuts du Rand. De 1899 à 1902, cet abaissement n'a pas été moindre que 30 p. 100. Le monopole concédé à une compagnie fabricante a été aboli. Grâce à l'installation d'une usine par la De Beers, la concurrence peut s'établir entre l'importation européenne et la production indigène, de telle sorte que l'approvisionnement paraît assuré dans des conditions satisfaisantes.

Le charbon, qui représente à peu près le douzième des frais d'exploitation de l'or, existe au Transvaal en quantités pour ainsi dire illimitées. Sans les abondants gisements houillers qui se sont trouvés à proximité des mines du Rand, beaucoup de celles-ci n'auraient pas pu être travaillées.

Les veines de charbon y sont en général fort épaisses, horizontales, et sont enfermées entre une couche de grès, qu'on emploie pour les constructions, et une autre d'argile qui sert à faire des briques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On distingue quatre champs houillers principaux :

1° *Vereeniging*, qui commence au nord du Vaal et s'étend au delà de ce fleuve vers l'Orange ;

2° *Brakpan-Springs*. — Située à l'est des champs aurifères, cette couche se trouve au-dessus du conglomérat contenant l'or; elle se rencontre à peu près à 120 pieds au-dessous de la surface, sur 18 à 22 pieds d'épaisseur.

Voici l'analyse comparée des charbons de ce district, comparés à ceux du Pays de Galles :

| | Anthracite du pays de Galles. | Charbon Brakpan Springs. |
|---|---|---|
| | P. 100. | P. 100. |
| Carbone fixe | 90 | 50,98 |
| Matières volatiles | 6,10 | 17,29 |
| Soufre | 0,96 | 0,64 |
| Cendres | 2,12 | 25,20 |
| Humidité | 1,78 | 5,89 |
| | 100,00 | 100,00 |

3° *Middleburg-Belfast*. — Cette couche s'étend de Middleburg à Balmoral. Le charbon est analogue à celui de Natal (Newcastle Dundee) et de meilleure qualité que le précédent.

En voici l'analyse moyenne :

| | P. 100. |
|---|---|
| Carbone fixe | 67,43 |
| Matières volatiles et humidité | 31,09 |
| Soufre | 0,42 |
| Cendres | 1,06 |
| | 100,00 |

4° *Sud du Rand*. — Cette couche a été reconnue au nord de Heidelberg jusqu'au Vaal; elle n'est pas encore exploitée.

En dehors de ces quatre centres, il existe encore de nombreuses houillères qui constituent des réserves indéfinies.

| | | | |
|---|---|---|---|
| En 1893 la production était de | . . . | 548 000 | tonnes de 2 000 livres. |
| — 1897 — | . . . | 1 600 000 | — — |
| — 1899 — | . . . | 1 735 000 | — — |
| — 1901 — | . . . | 797 000 | — — |
| — 1902, 1er semestre, | . . . | 664 000 | — — |

Les prix de revient de la houille ne sont pas élevés.

En 1897, devant l'*Industrial commission of enquiry*, M. de Beer déclarait que le charbon sur le carreau de la mine pouvait être livré à 9 shillings, soit 11 fr. 35 environ. Mais les frais de transport jusqu'aux chaudières des compagnies minières doublent ce prix. On voudrait arriver à leur fournir le charbon, rendu chez elles, à 12 shillings la tonne. On considère qu'en 1896, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dividende des Compagnies aurait pu être augmenté de 2 à 22 shillings, si le prix de la tonne de charbon avait seulement été réduit de 2 sh. 8 d. (3 fr. 40 environ). L'ingénieur Seymour, tué pendant la guerre, évaluait à 8 shillings, soit 10 francs, le prix de la tonne dans le district de Brakpan, et à 18 sh. (22 fr. 70) le prix de la tonne délivrée aux mines d'or. Les chemins de fer transportaient environ 1 million de tonnes de charbon par an, au prix de 5 sh. 6 d. la tonne (6 fr. 90).

Les charbons se présentent au Transvaal en telle quantité et en général sur une si forte épaisseur, qu'on s'est plaint parfois qu'ils recouvrent les couches aurifères et gênent la reconnaissance de celles-ci, par exemple sur la ferme Rietfontein, là où est aujourd'hui la mine Apex. Voici quelques-unes des principales houillères avec l'indication des districts où elles sont situées : A Brakpan, le Transvaal coal trust. Sur la ferme Witpoort, les Rand Collieries; au sud de Brakpan, les Central collieries; au nord-ouest de Springs, la Tyne valley colliery (sur la ferme de Geduld); au sud un autre charbonnage de Rietfontein, à l'est, au delà de Springs, Great Eastern collieries, Clydesdale collieries; au sud du Daggafontein, la Cassel colliery. Le district de Middelburg, qui a les charbons de meilleure qualité, paraît avoir de l'avenir à la fois comme fournisseur du Rand et comme exportateur. Au sud de Johannesburg, sur le Vaal, le district de Vereeniging est à proximité de beaucoup de mines et les desservira à bon compte lorsque la ligne ferrée en construction aura été terminée. Enfin le district qui semble avoir la houille de la plus belle qualité est celui du Swaziland, à travers lequel un chemin de fer est projeté, chemin qui raccourcirait notablement le trajet de Johannesburg à l'océan Indien.

La production du charbon n'a pas suivi une marche parallèle à celle de l'or, parce qu'on a réalisé des économies dans l'emploi par tonne et qu'une même quantité de minerai a pu être traitée avec un moindre combustible.

Voici quelle a été, au lendemain de la paix, la proportion de houille fournie par les divers districts :

| | | |
|---|---|---|
| Août 1902. | Springs Brakpan. . . . . | 100 000 tonnes. |
| | Middelburg Belfast. . . . . | 35 000 — |
| | Autres districts. . . . . | 15 000 — |

De ce côté, comme pour les explosifs, il semble que l'avenir ne puisse réserver que des améliorations : les dépenses que les mines d'or ont à supporter de ces deux chefs tendront constamment à diminuer.

En dehors de ces éléments en quelque sorte matériels, qu'il faut évaluer pour arriver à calculer le bénéfice qu'une mine peut donner à ses actionnaires, il en est un autre qu'il est particulièrement intéressant de considérer, celui du temps nécessaire à l'extraction de l'or. Le capitaliste a tout intérêt à ce que cette extraction se fasse dans la moindre durée possible. Supposons 10 millions de tonnes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de minerai devant donner un profit de 15 shillings l'une. Si elles doivent être extraites en 100 ans, cela nous donne 100 annuités de 1500000 sh. = £ 75000. Si au contraire elles peuvent être retirées en cinquante années, nous aurons 50 annuités de 3000000 sh. = £ 150000.

| | |
|---|---|
| Or la valeur actuelle des 100 annuités est . . . . | £ 1 488 590 |
| — — 50 — . . . . | 2 738 380 |

Il y a donc un avantage presque double à retirer l'or en un temps plus court de moitié.

Supposons qu'au lieu de 10 millions de tonnes de minerai à 15 shillings de bénéfice, on puisse en travailler 20 millions à 10 shillings de bénéfice, on aurait en

| | | |
|---|---|---|
| 100 ans, 100 annuités de. . . . | £ 100 000 dont la valeur actuelle est | £ 1 904 790 |
| 50 — 50 — . . . | 200 000 | 3 651 185 |

Ce dernier exemple démontre aussi l'intérêt qu'une mine a à travailler tout son minerai payant et à ne pas se contenter d'abattre le plus riche. Il faut donc une exploitation intensive.

Théoriquement, l'exploitation idéale d'une mine paraîtrait devoir être celle qui la vide dans le minimum de temps possible, par exemple en une année. Mais cette formule ne tient pas compte des dépenses d'outillage et d'installation que comportent les exploitations minières du Rand et qui s'élèvent à des chiffres dont nous allons, dans un instant, donner l'idée. Le programme à remplir est celui-ci : combiner les installations et l'outillage de façon que les unes et les autres soient hors de service au moment précis où tout le minerai de la propriété aura été traité. Il va sans dire que, posé de la sorte, le problème ne peut être résolu avec une précision mathématique. Le dernier pilon ne sera pas usé au jour où la mine fermera; il faut que les machines soient entretenues en bon état jusqu'à la fin; mais il est certain qu'on devra et qu'on pourra diminuer les dépenses de premier établissement dans les dernières années de l'exploitation; plusieurs de ces dépenses disparaîtront entièrement. En outre, la batterie, dans beaucoup de cas, pourra être cédée à une mine voisine. Comme, en temps normal, une mine développe toujours du minerai de façon à avoir l'alimentation de ses pilons assurée plusieurs années d'avance, elle n'aura plus ce travail à faire lorsqu'elle approchera de la fin de son existence : aussi le prix de revient, qui comprend ces développements, baissera-t-il à cette époque dans une forte proportion.

Il est intéressant de nous rendre compte du bénéfice moyen qui a été obtenu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'ici par les principales mines du Rand. La partie centrale, depuis la Langlaagte-block B jusqu'à la Witwatersrand, a fourni 76 p. 100 de l'or produit et 88 p. 100 des dividendes distribués. L'inclinaison, variable d'une mine à l'autre, est en moyenne de 30°; la moyenne de profondeur verticale actuelle des puits est de 886 pieds. Cette profondeur sera, à brève échéance, bien plus considérable : à la South Knight, on prépare les travaux de fonçage d'un puits qui descendra à plus de 4000 pieds. Voici les résultats de 79 compagnies :

| Nombre de compagnies. | Tonnes broyées. | Rendement par tonne. | Profit par tonne. S. d. |
|---|---|---|---|
| 13 | 2 155 000 | Moins de 25 shillings | 0,4 |
| 12 | 3 377 000 | — 30 — | 0,9 |
| 12 | 7 793 000 | — 35 — | 7,10 |
| 11 | 6 328 000 | — 40 — | 7 6 |
| 19 | 8 894 000 | Au delà de 40 — | 11,2 |
| 12 | 5 279 000 | — 50 — | 27,10 |
| 79 | 33 828 000 | Moyenne. | 10,7 4/10 |
| | | Soit env. | 13 fr. 30 |

D'une façon générale, plus le prix de revient s'abaissera et plus les réserves de minerai s'accroîtront, parce qu'on pourra traiter des minerais pauvres qu'on laisse aujourd'hui de côté : nous avons eu occasion de l'expliquer plus haut.

Ces résultats, susceptibles de progrès dont on ne saurait encore mesurer l'étendue, n'ont été obtenus qu'au prix de dépenses et d'immobilisations énormes. Les chefs de cette grande industrie n'ont pas tardé à comprendre que, pour tirer de ces gisements tout le profit qu'ils étaient susceptibles de fournir, il fallait de grands développements, de puissants moulins, des usines de traitement telles que nous les avons décrites. Or il faut compter environ £5000, soit 125 000 francs, de dépenses par chaque pilon érigé. Les 6000 pilons avaient donc coûté £ 30 millions, soit 750 millions de francs. Et encore cette somme ne comprend elle pas les dépenses faites à Johannesburg pour l'installation des administrations centrales. Le capital de 120 compagnies représente au cours du jour £174 millions, environ 4400 millions francs.

Bien que certaines compagnies paient des dividendes depuis quinze ans, il a été dépensé en développement, équipement, améliorations, sans tenir compte du prix d'achat des propriétés, £ 17 millions, soit 425 millions de francs de plus qu'il n'a été reçu en dividendes.

Les dépenses du début ont été excessives, faute d'expérience, à cause de la cherté des transports et pour bien d'autres motifs. Actuellement les exploitations profondes s'organisent avec beaucoup plus de facilité et avec moins de frais que celles d'affleurement dans les premières années. Lorsque le reef

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'aplatit en profondeur, il est plus longtemps exploitable, mais le tonnage est moindre par claim.

Voici, à titre d'exemple, le devis que l'un des ingénieurs du Rand établissait récemment pour une compagnie, de dimension moyenne, s'outillant avec 200 pilons, et allant chercher le filon à 6 000 pieds. On compte six ans de préparation avant de commencer les broyages. A cette profondeur un relais est nécessaire. Il faut deux puits.

| | |
|---|---|
| 2 sondages à 6 000 pieds | £ 27 000 |
| 2 puits verticaux à 5 compartiments | 480 000 |
| Partie inclinée de ces puits à 4 compartiments | 50 000 |
| Développement de la mine de manière à assurer l'alimentation de 200 pilons | 160 000 |
| Machines à vapeur | 200 000 |
| Bâtiments | 50 000 |
| Réservoir | 5 000 |
| Digue | 15 000 |
| Magasins | 10 000 |
| | £ 997 000 |

On a fait par jour jusqu'à 6 pieds de puits de $2^{m},50$ sur 7, soit 18 mètres carrés de section.

Le succès du Rand n'est pas dû à la richesse, mais à la quantité de son minerai et à la régularité de sa formation. La plupart des mines d'or exploitées dans le monde ont des teneurs supérieures. Le tableau suivant en fait foi :

| | | |
|---|---|---|
| Nouvelle-Zélande | Waihi | 55 shillings par tonne. |
| Queensland | Mount Morgan | 109 |
| | Charters Towerfield | 103 |
| | Ravenswood | 60 |
| Australie occidentale | Greatboulder | 120 |
| Tasmanie | New Goldengate | 70 |
| Inde | Mysore | 108 |
| | Oregum | 83 |
| États-Unis | Cripple Creek *Portland* | 200 |
| | Nevada *Comstock* | 205 |
| | Colorado, *Camp Bird* | 128 |
| Mexique | El Oro | 56 |
| Canada | Le Roi | 49 |

Au Rand, la teneur moyenne des 34 millions de tonnes de minerai broyées par 79 des principales compagnies n'a pas atteint 42 shillings (exactement 41 shillings 9 pence 3/4, soit environ 53 francs) et n'a guère fourni plus de 13 francs de bénéfice distribuable.

Rappelons, avant de terminer, qu'on s'est parfois étonné des prix en apparence énormes auxquels sont cotées les actions de certaines compagnies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cela tient à ce qu'au début, lorsque le capital nominal des entreprises a été fixé, on ne connaissait pas la valeur des propriétés, et on ignorait les dépenses qu'il faudrait y faire. Ainsi la Ferreira a un capital nominal de £ 90 000, divisé en 90 000 actions de 1 livre. Chacun de ces titres vaut 23 livres : la mine représente donc £ 2 070 000. Elle a dépensé effectivement £ 750 000 en développements et installations. En réalité une action minière est une part aliquote de propriété, un denier. comme on le disait si bien dans nos anciens charbonnages.

D'après ce qui précède, il est aisé de se faire une idée des avantages qui caractérisent les propriétés minières du Rand et qui leur ont valu une réputation universelle. Nous les résumerons comme suit : étendue, continuité et puissance du gisement; certitude d'obtenir un bénéfice pour ainsi dire constant; proximité de la houille; climat sain; absence de venue d'eau; consistance du sol telle que peu de boisages sont nécessaires et que souvent on s'en passe complètement; faible augmentation de la température en profondeur. A cela il faut ajouter que Johannesburg constitue un centre minier incomparable, rendez-vous des meilleurs ingénieurs du monde qui, d'un bout à l'autre de l'année, s'efforcent d'apporter aux méthodes de travail tous les perfectionnements dont elles sont susceptibles. Ces mines sont ainsi, en même temps que des usines de travail industriel intense, de véritables laboratoires ouverts à tous : car c'est encore un des traits remarquables de cette organisation que le grand jour auquel tout se passe. Chacun laisse le voisin entrer chez lui; nul ne fait mystère des résultats qu'il obtient. Chaque mois, les mines publient les moindres détails de leur exploitation. Les principales propriétés sont entre les mains de groupes puissants, dont l'administration, capable et honnête, mérite en général la confiance du public.

Les principaux groupes sont les suivants : nous faisons suivre le nom de la maison ou de la société mère de celui de quelques-unes des principales mines qu'elle possède, contrôle ou administre :

*Wernher Beit C°* : Rand mines et filiales, telles que Crowndeep, Rosedeep, Geldenhuisdeep, Glendeep, Langlaagtedeep, etc.

*Consolidated Goldfields* : Simmer and Jack, Robinsondeep, South Rosedeep, South Geldenhuis deep.

*Farrar* : East Rand, Angelo, Comet, Driefontein, Cason, Angelodeep.

*Barnato* : Primrose, Glencairn, Ginsberg.

*Goerz et C°* : May, Lancaster, Geduld.

*Neumann et C°* : Mainreef consolidated, Treasury, Wolhuter.

*Albu* : Meyer et Charlton, New Goch, Vanryn.

*Robinson* : Langlaagte, Randfontein, Porges Randfontein, Robinson Randfontein, North Randfontein.

Les inconvénients des gisements transvaaliens sont leurs nombreux rejets



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et failles; l'étroitesse du filon qui, en certaines parties, nécessite un triage coûteux; la difficulté de la concentration, à cause de l'extrême ténuité des parcelles d'or; la nécessité de soumettre presque tout le minerai à un traitement chimique; l'inclinaison moyenne de 30° qui ne favorise pas une exploitation économique; l'éloignement des sources d'approvisionnement et de la mer, ainsi que l'altitude du pays qui rendent la vie chère; le peu de densité de la population indigène qui a par moment entravé le recrutement des travailleurs.

Quant à l'avenir, une simple statistique nous donnera une idée de ce qu'il nous réserve, quand nous aurons rappelé que, sur 32000 claims miniers déjà proclamés aujourd'hui,

| | |
|---|---|
| Il n'en a été épuisé que . . . . . | 1 082 |
| Il a été fait les travaux de développement correspondant à. | 13 552 |
| Il reste à faire ces travaux pour. . . . . | 16 391 |
| Il reste à statuer sur le sort de . . . . . | 719 |
| Au total . . . . . | 31 744 |

Mais ce chiffre est loin de comprendre la totalité des terrains miniers du Transvaal, dont la surface paraît s'étendre chaque jour. Du côté de l'Est notamment, de nombreuses découvertes ont attiré l'attention du public, si bien qu'il est impossible de calculer ni le tonnage ni la valeur du minerai qui reste encore à extraire. Voici toutefois un essai d'approximation : chaque mille d'affleurement du mainreef donne 250 millions d'or jusqu'à 1000 pieds, soit 1 500 millions de francs jusqu'à 6000 pieds. Les seuls dix milles de la section centrale du Rand devront donc fournir 15 milliards jusqu'à cette profondeur. Au taux de 500 millions par an, qui était à peu près celui de 1899, il y aura déjà là de la besogne pour trente années, moins celles qui correspondent aux sommes extraites depuis l'origine, soit 3 milliards environ. En estimant à 30 ou 40 milliards de francs l'or que le Transvaal tient encore en réserve, nous sommes sans doute au-dessous de la vérité.

En terminant cette seconde partie de notre travail, que nous avons intitulée financière, nous devons dire quelques mots de la nature du placement que constituent les valeurs des mines d'or du Witwatersrand. Il est inutile de parler des obligations émises, en petite quantité d'ailleurs, par quelques compagnies et qui sont, en général, des titres de tout repos. Il s'agit des actions, dont nous dirions volontiers, comme Ésope de la langue, qu'elles sont la meilleure et la pire des choses, la pire quand une spéculation effrénée s'en empare et leur imprime des secousses désordonnées, quand, sous le couvert de titres sérieux, on en glisse d'autres qui le sont moins ou parfois ne représentent que d'audacieuses duperies; la meilleure quand, après une étude raisonnée, elles peuvent être offertes au capitaliste comme une sorte d'annuité régulière, qu'il encaissera sous forme de dividende pendant un certain nombre d'années.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une mine du Rand n'est pas, comme l'a dit un de nos spirituels financiers, le porte-monnaie qui se vide, mais au contraire un bon du Trésor; et d'un Trésor qui ne peut pas faire faillite, puisqu'il est formé par une série de filons qui contiennent des pièces de 20 francs, dont il s'agit seulement de réunir et d'agglomérer les parcelles.

Au Rand, en moyenne, on dépense 15 francs pour retirer 20 francs; celui qui sait faire son amortissement, peut calculer à l'avance son revenu grâce à l'absence de risque sur le cours de la substance extraite. C'est une industrie qui, des deux facteurs incertains de toutes les autres, prix de revient et prix de vente, ne laisse subsister que le premier. Dans le monde entier aujourd'hui un kilogramme d'or vaut 3 444 francs : dès qu'on peut l'obtenir à meilleur marché, le bénéfice est certain.

Les conséquences économiques de cette énorme production seront des plus intéressantes. Pour essayer de les bien apprécier, il faut se rappeler que celle du Transvaal aura vraisemblablement pour effet de doubler, d'ici à une cinquantaine d'années, le stock de métal jaune actuellement existant, sans compter tout ce qu'apportera la production aurifère du reste du monde. Celle-ci est en voie de progrès continu, si bien que, vers 1905 ou 1906, nous aurons sans doute une extraction annuelle de 2 milliards de francs d'or. L'un des premiers résultats de ce phénomène sera de permettre aux pays qui n'ont pas encore achevé leur réforme monétaire de le faire sans difficultés. Les maux sans nombre qui, d'après quelqnes prophètes, devaient s'abattre sur l'humanité à la suite de la démonétisation d'une certaine quantité de pièces d'argent ou plutôt du retrait de leur pouvoir libératoire, ne se produiront pas. Les encaisses des grandes banques d'émission, qui gagent la circulation fiduciaire, continueront à se grossir de centaines de millions et de milliards de métal jaune, amenant ainsi entre les divers systèmes monétaires l'unité véritable, qui résulte non pas de la similitude de nom de la monnaie, mais de l'identité du métal qui la constitue.

Quant à l'effet sur les prix, il est beaucoup plus incertain. L'afflux d'or sur le marché de Londres aura sans doute pour résultat d'y contribuer à une détente des capitaux, de faciliter au gouvernement anglais la conclusion des grandes opérations de crédit auxquelles il doit encore avoir recours pour liquider les 6 milliards de dépenses que la guerre lui a imposés. Mais les cours des marchandises en général sont gouvernés par des causes autres que l'abondance plus ou moins grande de numéraire. Il faut observer en outre que, si considérable que soit l'appoint annuel de métal que fournit la production croissante des mines, il s'ajoute à un stock préexistant de plus en plus fort et représente donc une fraction de plus en plus faible du total. C'est une raison pour que l'effet sur l'ensemble des conditions économiques de l'humanité soit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de moins en moins sensible. Mais quand la production aurifère n'aurait d'autre résultat que celui d'unifier les systèmes monétaires des principaux peuples, elle rendrait déjà ainsi un service signalé et mériterait, d'être saluée avec joie par tous ceux qui désirent le développement du commerce international, celui du bien-être général qui en est l'inévitable conséquence et le rapprochement des peuples qui en résulte.

## APPENDICE

### NOTICE SUR LA COMPAGNIE DE BEERS

Bien que les territoires qui fournissent la plus grande partie des diamants que produit l'Afrique du Sud soient en dehors du Transvaal, nous avons pensé qu'il serait intéressant, pour les membres de la Société d'Encouragement, d'avoir quelques renseignements sur l'origine et la formation de la célèbre compagnie De Beers, qui a centralisé dans ses mains la majeure partie des claims diamantifères du continent africain. La découverte de cette richesse remonte à quelques années plus en arrière que celle du conglomérat du Witwatersrand, et, chose curieuse, la plupart des hommes qui ont été et sont encore à la tête de la puissante industrie aurifère que nous venons de décrire, ont commencé leur carrière à Kimberley, où s'est faite leur éducation de mineurs et de financiers.

C'est en 1867 qu'un certain O'Reilly, couchant un soir à la ferme Van Nickerk (district Hopetoun) remarqua, sur la table du fermier, une pierre qui, à l'examen, se trouva être un diamant de 22 carats. Aussitôt accoururent une foule de prospecteurs. En 1869 fut trouvée la fameuse « Étoile de l'Afrique du Sud » de 83 carats, et furent reconnus les premiers gisements diamantifères; en 1870, les mines Dutoitspan et Bultfontein; en 1871, la De Beers, puis celle de Kimberley, ouverte le 21 juillet 1871, la plus riche des quatre. Les claims étant de 31 pieds carrés dans Kimberley et De Beers, de 30 pieds carrés dans Dutoitspan et Bultfontein, voici les surfaces :

| Nom des mines. | Nombre de claims = | Acres. |
|---|---|---|
| Kimberley | 331 | 7,5 |
| De Beers | 591 | 13 |
| Dutoitspan | 1430 | 30 |
| Bultfontein | 886 | 18 |

Une division extrême de la propriété s'ensuivit. Il y eut jusqu'à 1600 lots à Kimberley, où les claims se vendaient, en 1881, £ 10000 (250000 fr.) l'un. Le travail devenait d'autant plus difficile qu'on s'enfonçait à une plus grande profondeur. Le maintien des frontières que chacun devait laisser subsister était une source intarissable de difficultés. Plus de 10000 mineurs étaient au travail; des éboulements constants se produisaient. Il fallut imaginer un système d'extraction au moyen de poulies et de câbles qui formaient un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réseau serré au-dessus de la mine, exploitée en carrière. A mesure qu'on allait plus profondément, les dangers augmentaient dans une roche peu résistante. Les terrains encaissants se présentaient comme suit :

| | |
|---|---|
| Une terre rouge épaisse de. . . . . | 1 à 5 pieds |
| Basalte décomposé. . . . . | 90 — |
| Schistes noirs avec un mince conglomérat . . . . . | » |
| Mélaphyre ou diabase.. . . . . | 400 — |
| Quartzites. . . . . | |
| Schistes métamorphisés. . . . . | |

La mine elle-même consiste en une cheminée, de profondeur inconnue, remplie d'une substance volcanique diamantifère autrefois liquide et dans laquelle flottaient, avant de durcir, de larges masses de rocs qui encaissent la cheminée et que les mineurs appellent *floating reef*. Quelques-unes de ces masses couvrent un grand nombre de claims à la surface et s'enfoncent à plusieurs centaines de pieds. On appelle *reef* les parties supérieures (*upper belts*) de basalte et les schistes carbonifères. A la De Beers, il semble y avoir eu une seconde poussée de matière volcanique traversant une cheminée antérieurement remplie, et qui constitue une veine séparée de 6 pieds d'épaisseur, à peu près verticale. Elle serpente depuis le sud jusqu'au nord-est de la mine et se perd dans le blue ground pauvre de l'ouest : le serpent, ainsi qu'on l'appelle, ne paraît pas contenir de diamants.

Les reefs s'éboulaient de plus en plus. En 1878, un quart des claims étaient ensevelis. Un conseil minier avait été constitué et s'efforçait de déblayer pour compte commun. En 1881, il dépensa à cet effet £ 200 000; en 1882 et dans le premier trimestre de 1883, £ 650 000 (16 250 000 francs). La charge devenait intolérable. Le Conseil était endetté de £ 250 000. En novembre 1883, un éboulement entraîna 750 000 charges (loads) de reef. En 1884, il n'y avait que 50 claims qui fussent convenablement travaillés. Un inspecteur des mines déclarait déjà que le diamant ne pourrait être avantageusement travaillé que par un seul exploitant. C'est le but que se proposa une entreprise dont les développements devaient être incessants : la Compagnie De Beers, crée en 1880 au capital de £ 200 000, commençait à absorber ses voisins; au 31 mars 1888 son capital était de £ 2 332 170. C'est alors que fut formée la *De Beers consolidated mines* qui engloba les trois autres mines. En 1887, la De Beers proprement dite produisait 560 000 carats, et les mines réunies 3 616 000 carats, valant £ 4 000 000 environ. Dès cette époque, la De Beers travaillait au moyen de galeries souterraines; le minerai sortait par un puits qui permettait d'élever 2 500 charges par jour.

Les autres mines, encouragées par cet exemple, se mirent à travailler d'après le même système, mais avec moins de succès. Beaucoup d'accidents eurent lieu, qui démontrèrent la nécessité de se grouper en une exploitation unique. Tout

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fut successivement racheté par la De Beers qui porta son capital à £ 3 509 000, après des absorptions successives dont voici la liste :

| | Compagnie absorbée. | Mines. |
|---|---|---|
| Avril 1888. . . . . | De Beers. | De Beers. |
| Octobre 1888. . . . . | Kimberley Central. | Kimberley. |
| Août 1889. . . . . | Location perpétuelle. de la Griqualand West. | Dutoitspan. |
| Septembre 1889 . . . | Location de la Consolidated | Bultfontein. |
| — — . . . | South African Cº. | — |
| Novembre. . . . . | Bultfontein Mining Cº. | — |
| Décembre 1891. . . . | Wesselton Estate. | Wesselton. |
| Décembre. . . . . | Anglo African. | — |

En outre furent absorbées la Compagnie générale, la Sultan, la Spes bona, la New Gordon, la South African Diamond mining Company. En juin 1896, ont été acquises la London and South African Exploration et la Kimberley Diamond mining Company. En 1900, la New Bultfontein Company. Grâce à ces achats et à d'autres de moindre importance, la Compagnie a réuni dans ses mains les quatre mines qui sont, du reste, si voisines les unes des autres qu'un cercle de 2 800 mètres de rayon les embrasse toutes : cette surface comprend la presque-totalité de la production diamantifère de l'Afrique du Sud. Elle a aussi reçu de la *Chartered* un droit de préférence sur toute mine de diamant qui serait trouvée en Rhodésie.

Voici quels ont été les montants de carats trouvés, leur valeur totale, la valeur par carat, par charge, et le coût par charge, pour les mines De Beers et Kimberley :

| ANNÉE FINISSANT LE : | CARATS. | VALEUR £/000. | CARATS PAR CHARGE. | VALEUR PAR CARAT. | VALEUR PAR CHARGE. | COUT PAR CHARGE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | s. d. | s. d. | s. d. |
| 31 mars 1889 . . . . . | 914 000 | 901 | 1,283 | 19,8 | 25,3 | 9,10 |
| — 1890 . . . . . | 1 450 000 | 2 330 | 1,15 | 32,6 | 37,2 | 8,10 |
| — 1891 . . . . . | 2 020 000 | 2 974 | 0,99 | 29,6 | 29,3 | 8,8 |
| 30 juin 1892 (15 mois). . . | 3 015 000 | 3 931 | 0,92 | 25,6 | 23,5 | 7,4 |
| — 1893 . . . . . | 2 229 000 | 3 239 | 1,05 | 29,0 | 30,6 | 6,11 |
| — 1894 . . . . . | 2 308 000 | 2 820 | 0,89 | 24,5 | 21,10 | 6,6 |
| — 1895 . . . . . | 2 435 000 | 3 105 | 0,85 | 25,6 | 21,8 | 6,10 |
| — 1896 . . . . . | 2 363 000 | 3 165 | 0,91 | 26,9 | 24,4 | 7,0 |
| — 1897 . . . . . | 2 769 000 | 3 722 | 0,92 | 26,10 | 24,8 | 7,4 |
| — 1898 . . . . . | 2 603 000 | 3 451 | 0,80 | 26,6 | 21,2 | 6,7 |
| — 1899 . . . . . | 2 345 000 | 3 471 | 0,71 | 29,7 | 20,11 | 6,7 1/2 |
| — 1900 . . . . . | 1 000 964 | 1 794 | 0,67 | 35,10 | 23,7 | 7,6 |
| — 1901 . . . . . | 2 000 495 | 3 959 | 0,76 | 39,7 | 30,3 | 8,5 |
| — 1902 . . . . . | 1 491 012 | 3 465 | 0,76 | 46,5 | 35,6 | 8,5 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais de production ont diminué de près d'un tiers depuis 1889. Le « blue » est porté aux *floors*, c'est-à-dire sur les terrains où on l'étale, par un tramway. Ces floors s'étendent à plusieurs milles à l'est des mines : le blue y reste exposé au soleil et aux intempéries ; après trois mois, il commence à se désagréger et la roche devient pulvérulente.

On a commencé à remplacer, dans ces dernières années, le système de désagrégation du roc au moyen d'une exposition prolongée à l'air, par un broyage mécanique : on a constaté que ce broyage ne détériore qu'une très petite quantité de diamants, si l'on a soin de le régler suivant la grosseur présumée des pierres. Le minerai arrive d'abord sur une grille (grizzly) ou crible ; les morceaux qui passent vont directement aux rouleaux (*rolls*). Les autres vont aux concasseurs (*rockbreakers*). Des passages successifs les réduisent à un diamètre de 3/16 de pouce et moins, en sorte que bien peu de diamants échappent. Une seule machine peut traiter 1 000 charges en 12 heures. On assure qu'avec ce traitement le minerai est extrait, broyé et lavé en quelques heures au prix de 1ˢ/9ᵈ, par load. Et les risques de vols sont bien diminués : plus de *I. D. B.* (*illicit diamond buyers*) qui furent pendant longtemps le fléau de ce camp minier !

En 1900-1901, il a été vendu pour £ 4 628 000 de diamants et payé en dividendes £ 1 580 000 (1). Le dividende représente à peu près le tiers du produit brut obtenu. Ainsi, en 13 ans, il a été vendu des diamants pour £ 40 1/2 million et payé aux actionnaires £ 14 millions.

Le capital de la Compagnie est aujourd'hui

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| £ 2 000 000 | actions de | préférence, | soit 800 000 | actions de 2 1/2 £ | nominal |
| 2 500 000 | — | deferred (ordinaires) | — 1 000 000 | — 2 1/2 | — |

plus

| | | | Au 30 juin 1902 les chiffres étaient ramenés par suite des amortissements à : |
|---|---|---|---|
| £ 2 780 000 | obligations | 5 0/0 | 2 638 320 |
| 1 750 000 | — | 4 1/2 | 1 745 895 |

La Compagnie a garanti un revenu de 1 shilling 6 pence à 721 560 actions de 1 £ chaque de la Consolidated Bultfontein.

Dans la De Beers, grâce à un ingénieux système d'exploitation, on abat la terre bleue dans plusieurs niveaux à la fois. En 1898, on l'extrayait de dix niveaux entre 800 et 1 200 pieds, chaque niveau étant séparé de l'autre par 40 pieds. A la mine Kimberley, on l'extrayait de 16 niveaux entre 1 240 et 1 800 pieds.

(1) Pour l'année sociale qui s'est étendue du 1er juillet 1901 au 30 juin 1902, il a été payé en dividendes : £ 1 925 000, soit 48 125 000 francs : cette somme est égale à 41 p. 100 du produit brut de la vente des diamants, qui s'est élevée à £ 4 687 194.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les travaux de surface occupaient, en 1900, une superficie de :

31 acres à De Beers.
38 — à Kimberley.
47 — à Dutoistpan.
41 — à Bultfontein.

En 1900, on employait 1 053 blancs, 5 500 nègres.

Au sujet de la vie de la mine, voici ce que le président a déclaré à l'assemblée de janvier 1903 :

« Les mines De Beers et Kimberley ont été en pleine exploitation depuis 31 ans, elles ont produit par an 87 millions de carats de diamants, soit les 4/5 de notre production totale : sur les trois mines Dutoitspan, Bultfontein, Premier, il a été fait très peu de travaux en profondeur ; elles représentent 4 fois 1/2 les deux autres, si bien qu'en supposant celles-ci épuisées, les trois autres auraient une durée de *144 ans.* » Leur surface est en effet de 4 692 claims, tandis que celles des deux premières est de 1 092. Les dimensions du claim sont 31 pieds $\times$ 31 à De Beers et à Kimberley ; 30 $\times$ 30 à Bultfontein et Dutoitspan. En calculant 4 000 claims en tout, à 900 pieds seulement, nous avons 3 600 000 pieds carrés. Le load de terre bleue étant de 16 pieds cubes, chaque pied en profondeur donne $\frac{3\,600\,000}{16}$ soit 225 000 loads. En 1897-98, on a lavé 3 951 000 loads, en 1898-99, 4 975 000 : la moyenne des 2 années est 4 millions, soit la valeur de 20 pieds en profondeur sur la surface totale. Donc, en un siècle, on serait arrivé à 2 000 pieds de profondeur.

La production moyenne de diamants à Kimberley et De Beers a été 80 carats par 100 loads ; à Premier, 30 carats, mais avec un prix de revient beaucoup plus faible. En ne prenant que 35 carats comme moyenne, on trouve qu'en lavant 5 millions de loads on aurait 1 750 000 carats (on en a eu 2 800 000). Si le rendement des mines baissait, on pourrait : *a*) s'attendre à une hausse des prix ; *b*) augmenter l'extraction ; *c*) traiter surtout les mines les plus riches, comme on le fait en ce moment, mais cette politique ne paraît pas devoir être maintenue.

La demande pour les diamants est en progression pour ainsi dire ininterrompue. Il semble que l'avenir de l'exploitation diamantifère de la De Beers soit assuré tant par sa merveilleuse organisation industrielle que par sa belle situation financière. Elle a des réserves proprement dites, placées en consolidés anglais, qui, n'atteignent pas moins de 40 millions de francs, des réserves de minerai bleu extrait et sur carreaux de 4 685 000 *loads*, portés au bilan pour environ un shilling et quart le load, alors que la valeur nette en est douze ou quatorze fois supérieure. Le seul danger sérieux qui pourrait la menacer serait une baisse notable du prix du diamant, qui, elle-même, ne pourrait parvenir que d'un ralentissement de la demande ou d'une augmentation de l'offre par suite de l'ouverture de nouvelles mines. Or, d'une part, rien dans les habitudes de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'humanité ne paraît rendre la première hypothèse plausible; au contraire, la demande de pierres augmente, en particulier du fait des États-Unis d'Amérique, dont la fortune se développe avec la rapidité que l'on connaît. Quant aux nouveaux gisements, les quelques gisements reconnus au Brésil depuis une dizaine d'années, n'ont pas enrichi leurs actionnaires; en Afrique, il a été à plusieurs reprises bruit de découvertes merveilleuses, mais aucune exploitation comparable, même de loin, à celle de la De Beers ne s'est organisée. La Société puissante conçue par sir Cecil Rhodes paraît investie d'une sorte de monopole de fait qui lui garantit une longue prospérité. Toutefois il semble que la mine Premier, récemment ouverte près de Prétoria, ait une réelle importance et que la De Beers soit obligée de compter avec ce nouveau producteur, qui pourrait, dit-on, apporter un jour sur le marché une quantité de diamants égale au septième ou au sixième de celle que la De Beers fournit actuellement.

RAPHAËL-GEORGES LÉVY.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS MÉCANIQUES

UNIFICATION DES PROFILS ET DES SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES. NOTE SUR L'ENGINEERING STANDARDS COMMITTEE DE LONDRES, *par* **M. Bernheim**, *Ingénieur au Corps des Mines, Secrétaire-adjoint du Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer.*

Dans une communication faite, le 14 février 1902, à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale (1), M. Alby, ingénieur des ponts et chaussées, signalait comme une création de l'Institution des Civil Engineers de Londres, une commission chargée de préparer la codification des profils des fers employés dans les constructions.

Soulevé en effet par sir Wolfe Barry, ingénieur conseil du Ministère des Indes, ancien Président de l'Institution des Civil Engineers, dans la séance tenue par le Conseil d'administration de cette Société le 22 janvier 1901, cette importante question avait été soumise à un comité provisoire qui, après avoir tenu une première séance, le 18 février 1901, se transforma en comité définitif le 1er avril suivant pour entendre les principaux industriels, ingénieurs et négociants intéressés.

Dès ce moment, l'Institut des Ingénieurs mécaniciens, l'Institut des constructions navales et enfin l'Institut du fer et de l'acier s'étaient joints aux Ingénieurs civils : ils furent suivis un peu plus tard par l'Institut des électriciens.

Le comité ainsi constitué nomma président M. Mansergh, ingénieur conseil, qui présidait la Société des Ingénieurs civils au commencement de 1901, et qui entreprit aussitôt, auprès du premier ministre et des divers départements ministériels intéressés, les démarches nécessaires pour obtenir l'appui moral et financier du Gouvernement : le Comité obtint ainsi, de la Chambre des communes, sans aucune discussion, le vote d'une subvention de 3 000 livres (75 000 francs) pour l'exercice 1903-1904, commençant au 1er avril dernier.

De leur côté, les cinq Instituts susnommés subviennent largement au fonctionnement du Comité.

Le Comité exécutif et ses Commissions comprennent dès lors, à la fois, des

(1) Voir *Bulletin* de la Société, 3e série, t. IX, page, 484 : « Sur le développement des associations d'ingénieurs en Angleterre et en Allemagne. »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

représentants du Gouvernement et des Ingénieurs, tous membres de l'un ou l'autre des cinq Instituts, et des industriels, armateurs ou négociants.

C'est ainsi qu'on trouve dans le Comité exécutif, sous la présidence de M. Mansergh :

Sept membres de la Société des ingénieurs civils, parmi lesquels le professeur Unwin, sir Baker (l'ingénieur en chef du pont du Forth et des grands barrages du Nil), sir John Wolfe Barry, Douglas Fox, ingénieur conseil du nouveau Métropolitain souterrain de Londres et des chemins de fer du Cap et enfin le secrétaire de ladite Société.

Deux membres de la Société des Ingénieurs mécaniciens : un industriel et un ancien ingénieur en chef de Compagnie de chemin de fer;

Deux membres de l'Institut du Fer et de l'Acier, tous deux industriels;

Un constructeur de bateaux, représentant l'Institut des Naval Architects.

Deux membres de la Société des électriciens : un industriel et sir William Preece, ancien ingénieur en chef des postes et télégraphes, aujourd'hui ingénieur conseil.

Le secrétariat est dirigé par M. Leslie Robertson, ingénieur conseil autrefois attaché à la maison Thornycroft, à la complaisance duquel je dois tous ces renseignements et qui se dévoue à l'œuvre avec une activité admirable et entraînante, en prêtant son concours à toutes les commissions et sous-commissions dont on trouvera le détail ci-après, avec quelques indications sur les résultats déjà obtenus.

### 1°. — CONSTRUCTIONS NAVALES

#### a. — *Commission des profils.*

Président : M. Archibald Denny, de la maison Wm Denny à Dumbarton, qui représente l'Institution des Naval Architects dans le Comité exécutif;

Représentant de l'Amirauté : le chef du Service technique des constructions navales;

Représentant du Board of Trade : l'Ingénieur en chef de la surveillance des paquebots et des chaudières de cargo-boats.

Autres membres :

Des représentants de la Steel Ingot Makers Association, de l'Iron and Steel Institute du Lloyd, du Bureau Veritas et de la British corporation for the Survey and Registry of Shipping, des Associations des Ingénieurs et Constructeurs de bateaux d'Écosse (Chantiers de la Clyde) et de la Côte Nord-Est d'Angleterre (Chantiers de la Tyne);

Enfin un armateur de Glasgow.

Cette Commission a déjà établi une classification des fers profilés qui constitue quatre des neuf planches de profils normaux publiées en février dernier par le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comité (1) et qui a été adoptée par l'Amirauté pour toutes ses commandes, suivant une déclaration formelle de M. le ministre Arnold Forster à la Chambre des communes (mars 1903). Le War Office a également recouru à ces profils normaux pour ses plus récentes commandes.

b. — *Sous-Commission des essais des fers et aciers employés dans la construction des bateaux et de leur machinerie.*

Président : M. Archibald Denny;

Représentants de l'Amirauté : pour les coques, le chef du service technique déjà nommé; pour les machines, sir John Durston, ingénieur en chef des constructions navales;

Représentant du Board of Trade : l'ingénieur en chef des chaudières marines déjà nommé;

Représentant de l'Association internationale des méthodes d'essai : le professeur Unwin, membre du Conseil de cette association;

Autres membres : deux délégués de l'Institution des Naval Architects, un délégué de l'Iron and Steel Institute;

Deux délégués de l'Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland;

Deux délégués de la North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders;

Deux délégués de la Steel Ingot Makers'Association;

Un délégué de la English and Scottish forge Masters'Association;

Un délégué des forges et fonderies de Sheffield;

Deux représentants du Lloyd, un pour les coques et l'autre pour les machines;

Un représentant du bureau Veritas et un autre de la British Corporation déjà nommée;

Un armateur de Glasgow (le même que tout à l'heure);

Un fabricant de câbles, délégué de la South Staffordshire Iron Masters'Association;

Enfin un délégué de chacune des deux Chambres syndicales du fer et de l'acier du Nord de l'Angleterre et de l'Écosse (2).

2°. — PONTS ET AUTRES CONSTRUCTIONS

Président, sir Benjamin Baker;

Représentant du Ministère de la Guerre, le colonel Sale, de l'arsenal de Wolwich;

Représentants du Ministère des Colonies, MM. G. L. Eyles et E. W. Schelford;

Autres membres : huit industriels ou entrepreneurs de travaux publics.

Cette Commission, qui s'est particulièrement occupée des cornières et des fers à T et en I, a largement contribué avec celle des constructions navales à la préparation des planches publiées en février dernier : elle est parvenue notamment à mettre tous les intéressés d'accord pour réduire à trente le nombre des I normaux, la hauteur variant

(1) Le fascicule de ces 9 planches est en vente, pour 1 shilling (1 fr. 25), au siège de l'Engineering Standards Committee, 28, Victoria Street, Londres W.

(2) Les » Associations » susnommées sont également des Chambres syndicales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 3 à 24 pouces, soit de 0m,762 à 0m,6096 et la largeur de 1 pouce 1/2 à 8, soit de 0m,0381 à 0m,2032.

### 3°. — CHASSIS POUR MATÉRIEL ROULANT DES CHEMINS DE FER

Président : sir Douglas Fox;

Représentants du Ministère des Colonies : les mêmes que pour les ponts et autres constructions, M. G. L. Eyles s'occupant particulièrement des chemins de fer du Cap.

Autre membres : quatre ingénieurs ou anciens ingénieurs de Compagnies de chemins de fer et six constructeurs de wagons ou ingénieurs conseils.

Cette Commission a également eu à s'entendre avec les précédents pour les fers profilés.

### 4°. — LOCOMOTIVES

Nous retrouvons ici, comme Président, l'ingénieur conseil du nouveau Métropolitain souterrain de Londres, sir Douglas Fox, qui est également ingénieur conseil des chemins de fer du Cap;

Viennent ensuite :

Un délégué du Ministère de la Guerre;

Deux délégués du Ministère des Colonies;

Un délégué du Ministères des Indes;

Un délégué de la Nouvelle-Zélande et de l'Australasie; le président de la conférence de Calcutta, que le vice-roi des Indes avait instituée pour l'étude des locomotives;

Quatre ingénieurs conseils du Ministère des Indes, parmi lesquels sir Wolfe Barry;

Trois ingénieurs en chef de Compagnies de chemins de fer;

Trois constructeurs de locomotives;

Un représentant de l'Association des aciéries;

Six fondeurs ou maîtres de forges;

Enfin trois fondeurs en cuivre.

Si le Ministère des Indes est si largement représenté dans cette Commission, c'est parce qu'elle devait définir, sur la demande du secrétaire d'État pour les Indes, les types de locomotives à employer dans cette partie de l'Empire où le contrôle des chemins de fer est beaucoup plus serré qu'en Angleterre; sur ce point délicat ses travaux sont prêt d'aboutir.

Les vingt-sept membres de la Commission des locomotives se sont groupés en cinq sous-commissions, savoir :

1° Types de locomotives et de pièces du mouvement : Président M. F. Welley Dod, président de la conférence de Calcutta;

2° Tôles d'acier pour chaudières : Président M. W. Lorimer, directeur de la North-British locomotive Co;

3° Profils des bandages : Président M. J. Holden, ingénieur en chef du matériel et de la traction du Great Eastern Ry;

4° Spécifications techniques pour bandages, essieux et ressorts : Président M. W. Lorimer;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° Cuivre et ses alliages : Président M. William Dean, ancien ingénieur en chef des locomotives du Great Western Ry.

Les travaux de la 3e Commission sont très avancés; la 5e vient d'arrêter un projet de spécification technique des cuivres pour chaudières de locomotives.

### 5°. — RAILS

Présidée par sir Wolfe Barry, cette Commission comprend :

Un délégué du Ministère des Indes;

Deux délégués du Ministère des Colonies;

Deux ingénieurs de tramways délégués par l'Associations des ingénieurs municipaux et départementaux;

Un délégué de l'Association des chemins de fer vicinaux et tramways;

Deux ingénieurs en chef de Compagnies de chemins de fer désignés par l'Association des ingénieurs des chemins de fer;

Cinq autres ingénieurs de Compagnies de chemins de fer;

Un ingénieur conseil des colonies;

Le constructeur des tramways de Londres;

Enfin six fabricants de matériel de tramways.

Cette Commission s'est partagée en deux sous-commissions, une pour les chemins de fer et l'autre pour les tramways : la première est présidée par M. J. C. Inglis, ingénieur en chef du Great Western Ry, et la seconde par M. W. Howard Smith, qui a particulièrement étudié la question du profil des rails Broca pour tramways. Les travaux de la seconde Commission sont sur le point d'aboutir pour le profil et la spécification technique des rails Broca.

### 6°. — ÉLECTRICITÉ

#### a. — *Commission des installations électriques.*

Président : sir William Preecen;

Représentants du Ministère de la Guerre : un colonel et un capitaine;

Représentants de l'Amirauté : deux officiers;

Représentant du Post Office : M. J. Gavey, ingénieur en chef des postes et télégraphes;

Représentant du Board of Trade : M. Trotter, ingénieur en chef de la surveillance des installations électriques;

Représentant du Laboratoire national de physique : M. Glazebrook, directeur;

Autres membres : neuf représentants de l'Industrie électrique.

#### b. — *Sous-Commission des générateurs, moteurs et transformateurs.*

Président : le colonel Crompton, un des neuf industriels de la Commission précédente;

Représentants du Ministère de la Guerre, de l'Amirauté et du Laboratoire national de physique : les mêmes que ci-dessus;

Représentant du Ministère des Colonies : M. Llewellyn Preece;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Autres membres : deux délégués de l'Association des constructeurs électriciens et quatre industriels.

c. — *Sous-Commission des matières isolantes.*

Président : M. Glazebrook, déjà nommé ;

Membres : les deux représentants déjà nommés du War Office, un des représentants de l'Amirauté et le capitaine Sankey, de la maison Willans et Robinson.

d. — *Sous-Commission des câbles conducteurs.*

Président : M. Robert Kaye Gray, président de l'Institution of electrical Engineers.

Dans cette sous-commission, le War Office, l'Amirauté, les Postes et Télégraphes et les Colonies ont chacun un représentant ; l'Association des constructeurs de câbles en a trois ; il y a en outre trois industriels, consommateurs de câbles ou conducteurs.

e. — *Sous-Commission des télégraphes et téléphones.*

Président : M. J. Gavey, ingénieur en chef des postes et télégraphes ;

Ici les Colonies, le Post Office, le Ministère des Indes et la National Telephone, Cy Ltd ont chacun un représentant ; il y a en outre deux industriels.

7°. — FILETAGES ET CALIBRES

a. — *Sous-Commission du filetage.*

Président : M. H. F. Donaldson, ingénieur en chef des machines de l'Arsenal royal de Woolwich ;

Dans cette Sous-Commission, l'Amirauté, le Ministère de la Guerre, le Ministère des Colonies, le Board of Trade, le Laboratoire National de physique, l'Institut des ingénieurs mécaniciens, l'Institut des constructions navales, la Brass Tube Association, l'Association des ingénieurs des cycles ont chacun un représentant. Sont représentés par deux membres : l'Association Britannique des filetages, l'Association des constructeurs de locomotives, l'Association des ingénieurs de la Traction, la British Tube Association, la Société des ingénieurs de la Marine et la maison Armstrong, Whitworth et Cy ; viennent ensuite quatre industriels.

b. — *Sous-Commission des calibres.*

Président : M. H. F. Donaldson ;

Ici, dix membres représentant l'Amirauté, le War Office, le Board of Trade, le Laboratoire national de physique, la Société des ingénieurs mécaniciens, la Société des Naval Architects, la Société des ingénieurs des cycles et trois établissements industriels. Sont en outre représentées, chacune par deux membres : l'Association Britannique des filetages, la Société des ingénieurs de la Marine et la maison Armstrong, Whitworth et Co.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8°. — BRIDES DE TUYAUX

A la tête de cette Commission, on trouve M. William Maw, qui présidait la Société des ingénieurs mécaniciens à l'époque où la question de l'unification des brides de tuyaux y a été soulevée.

On y trouve ensuite deux représentants de l'Amirauté, deux délégués de la Société des ingénieurs mécaniciens, un délégué de la Société des électriciens et un de chacune des Sociétés des ingénieurs et constructeurs de bateaux de l'Écosse et du Nord-Est de l'Angleterre, ainsi que quatre industriels.

9°. — CIMENTS

Président : M. W. Matthews, l'ingénieur du port actuellement en construction à Douvres, pour l'Amirauté;

Un représentant de l'Amirauté pour les travaux hydrauliques;

Autres membres : M. Bertram Blount, représentant la Société de chimie ; M. Fitz-Maurice, membre du conseil du Comté de Londres; M. Lyster, des Docks de Liverpool; M. Squire, des Docks de Bristol; M. Wilson, du Port de Douvres; M. Yourdi, ingénieur conseil de la municipalité de Birmingham pour l'adduction des eaux potables; un ingénieur du Midland Ry et neuf industriels ou ingénieurs conseils experts en ciments.

Outre ces Commissions et Sous-Commissions techniques il y a :

1° Un Comité des calculs et publications, chargé de mettre au point les planches de Standards livrées à la publicité;

2° Un Comité des finances, présidé par le Président du Comité exécutif, et composé de quatre de ses membres les plus en vue.

Il nous a semblé indispensable d'entrer dans ces détails pour bien préciser la physionomie de cet *Engineering Standards Committee*, dont l'existence est déjà connue de beaucoup de nos compatriotes, mais dont l'origine, la composition, les attaches officielles et l'organisation matérielle méritaient d'être signalées à l'attention de ceux, parmi nos industriels et consommateurs en métaux et ciments, qui souhaiteraient, avec raison, plus d'entente entre les Services publics et les grandes entreprises de transports ou de travaux et plus de cohérence dans les exigences de leurs ingénieurs, pour la qualité des matériaux comme pour les formes à donner à la matière première.

Ces partisans d'une revision ainsi comprise des cahiers de charges, qui n'exclurait ni la liberté ni le progrès, et d'une codification des profils susceptibles de classement méthodique sont particulièrement nombreux depuis l'unification des filetages, dont l'initiative et l'honneur reviennent à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui a réussi à faire adopter à Zurich, en 1898, pour bases du système international de filetage, les règles proposées en 1893 et adoptées en 1894, sous le nom de système français.

De précieuses adhésions sont encore venues encourager les unificateurs de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la première heure lorsqu'en 1901, M. Pierre Baudin, ministre des Travaux publics, institua une « Commission chargée de codifier les cahiers des charges pour la fourniture du matériel roulant des chemins de fer et d'unifier les types du matériel » (1).

D'autre part, les travaux de l'Association internationale des méthodes d'essai dont la section française est présidée par M. Le Chatelier, ingénieur en chef des Mines, professeur au Collège de France, ne peuvent que préparer et faciliter la réalisation de la partie la plus délicate et la plus laborieuse du programme que l'on serait tenté d'emprunter, au moins dans ses grandes lignes, à l'Engineering Standards Committee.

A qui incomberait l'exécution de ce programme ? Incontestablement à toutes les bonnes volontés que le souci du progrès ferait éclore dans les Services publics, gros consommateurs de matières premières, comme dans les grandes entreprises de transports et travaux publics, ainsi que dans toutes les branches de l'Industrie.

Et il ne serait pas nécessaire, pour s'entendre et aboutir, de créer une nouvelle Commission ou un nouveau Comité : l'organe directeur de ce faisceau de bonnes volontés semble tout trouvé, c'est la *Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale*, à qui il suffirait de pouvoir compter sur l'appui précieux des Ministères intéressés, Marine, Guerre, Colonies, Travaux publics, Commerce, Postes et Télégraphes, Intérieur et Cultes, Instruction publique et Beaux-Arts, et sur le concours bienveillant des Compagnies de transports, Constructeurs, Maîtres de forges, Fondeurs, Armateurs et Négociants, déjà très largement et brillamment représentés dans le sein même de la Société, pour continuer avec succès l'œuvre inaugurée par l'unification des filetages.

Il s'agira, bien entendu, de procéder graduellement, en commençant par exemple par le classement méthodique des fers profilés, qui est également sorti le premier des délibérations de l'Engineering Standards Committee.

(1) Voir au *Journal Officiel* du 16 mai 1901, les instructions du Ministre à M. Lax, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, président de la Commission, et, au *Journal Officiel* du 17 mars 1902, les deux premiers rapports de la Commission au Ministre.

L'arrêté du 4 mai 1901 qui institua cette Commission a été rapporté le 28 février 1903 et ses attributions sont aujourd'hui dévolues à la 2e Commission du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer, chargée à la fois du matériel roulant et du matériel de la voie.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BIBLIOGRAPHIE

## NOTE SOMMAIRE SUR LE RÉPERTOIRE BIBLIOGRAPHIQUE UNIVERSEL BASÉ SUR LA CLASSIFICATION DÉCIMALE (1)

Une Association scientifique qui s'est fondée à Bruxelles, en 1895, sous le nom d'Institut international de Bibliographie, a entrepris la préparation d'un « Répertoire bibliographique universel » destiné à réunir les indications bibliographiques les plus complètes concernant les œuvres intellectuelles de toute nature parues en librairie, dans tous les pays, sous forme de volumes ou de brochures ou même simplement sous forme d'articles de publications périodiques.

Une branche de cette Association s'est constituée en France, en 1898, sous

(1) Cette note a été rédigée à la demande du Comité des Arts économiques pour rappeler les bases d'organisation de l'œuvre du *Répertoire bibliographique universel* et en faire connaître l'état d'avancement.

On pourra consulter sur le même sujet les articles suivants déjà publiés dans le *Bulletin :*

*La Classification bibliographique décimale.* Conférence faite le 27 mai 1898 par M. Ed. Sauvage (*Bulletin de juin 1898*).

*Publication de Répertoires bibliographiques des Sciences pures et appliquées,* établis conformément à la *Classification décimale* et Constitution à Paris d'un Bureau bibliographique destiné à assurer la publication de différentes branches du *Répertoire bibliographique universel* par M. le général Sebert (*Bulletin d'août 1898*).

On pourra aussi consulter l'article de M. le général Sebert publié dans le numéro du 15 septembre 1899 de la *Revue générale des Sciences pures et appliquées,* sous le titre : *Les Travaux récents de bibliographie scientifique* et les ouvrages suivants :

*Annuaire de l'Institut international de bibliographie.* Bruxelles, 1902.

Melvil Dewey. *Decimal Classification and relativ Index,* 6e édition 1899. Boston, Library Bureau.

*Bulletin de l'Institut international de bibliographie.* Paraissant à Bruxelles, depuis 1895.

*Organisation internationale de la Bibliographie scientifique.* Bruxelles, 1896.

*Classification bibliographique décimale.* Tables générales refondues. En cours de publication.

*Manuels pour l'usage du Répertoire bibliographique universel,* établi d'après la *Classification décimale* (sont parus le *Manuel des Sciences physiques,* celui des *Sciences photographiques,* ceux des *Sports* et de la *Locomotion* et celui des *Sciences agricoles*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le nom de « Bureau bibliographique de Paris », en se donnant pour mission principale de coopérer à cette œuvre, mais en limitant son action, au moins pour le début, aux parties du Répertoire qui concernent exclusivement les Sciences pures ou leurs applications à l'Industrie et aux Arts.

Le Répertoire bibliographique universel, tel que l'a conçu l'Institut de bibliographie, en reprenant un programme souvent indiqué, mais resté jusque-là sans réalisation, doit s'appliquer, en effet, à l'universalité des connaissances humaines et comporter, par suite, un développement considérable. Il est constitué à l'aide de fiches, d'un format uniforme, faciles à classer et à conserver en ordre et qui sont consacrées chacune aux indications bibliographiques concernant une seule production intellectuelle.

Des fiches de ce genre peuvent être classées, soit alphabétiquement, par noms d'auteurs, soit méthodiquement, par ordre de matières, mais le but que s'étaient proposé les promoteurs de l'œuvre étant de permettre de retrouver facilement tous les documents publiés sur un sujet donné, quels qu'en soient les auteurs, connus ou inconnus, c'est le classement méthodique qu'il fallait surtout pouvoir assurer et dans des conditions qui permissent de retrouver, réunies en groupes, toutes les fiches concernant un même sujet ou une même question.

Il fallait, pour cela, disposer d'un système de classification s'appliquant à l'universalité des connaissances humaines, permettant d'affecter à chaque sujet traité, quelle qu'en fût la nature, une place déterminée et se prêtant à la création de nouvelles divisions susceptibles de s'intercaler dans les tables de classification, sans apporter des perturbations dans l'ordre antérieurement établi, dans tous les cas où les progrès des sciences amènent l'exploration de nouvelles parties du domaine scientifique de l'humanité.

Un système de classification qui répondait à ce programme avait précisément fait, depuis quelques années, son apparition en Amérique, où il s'était peu à peu répandu et avait pu être appliqué au classement de bibliothèques, de création récente, organisées sur des bases nouvelles et dans des conditions de nature à en faciliter avantageusement le service pour les lecteurs comme pour les bibliothécaires.

Ce système, désigné sous le nom de « Classification décimale universelle », avait été proposé, en 1873, par M. Melvil Dewey, alors Directeur de la Bibliothèque universitaire de l'État de New-York. L'ouvrage, publié en langue anglaise, qui en contenait l'exposé, en était arrivé déjà, en 1894, à sa cinquième édition et renfermait, dans ses tables, plus de vingt mille rubriques de classement.

Après un examen comparatif, l'Institut international de bibliographie fut amené à en proposer l'adoption, à l'exclusion de tout autre, pour la réalisation de l'œuvre projetée, et sa proposition fut acceptée, après discussion, à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suite de conférences bibliographiques internationales tenues à Bruxelles en 1895 et 1897.

Pour pouvoir appliquer les tables de Melvil Dewey au classement des articles parus dans les publications périodiques, l'Institut de Bruxelles fut d'ailleurs conduit à y ajouter de nouveaux développements et à y apporter certains perfectionnements de détail qui furent soumis à l'examen de ces conférences et qui furent introduits dans les tables complétées dont il a entrepris la publication sous le titre : « Classification bibliographique décimale. Tables générales. Édition française. »

Pour la réalisation du plan conçu par lui, cet Institut a été conduit aussi à faire appel, de la façon la plus large, à la coopération internationale, en mettant à profit les sources bibliographiques déjà existantes susceptibles d'être directement utilisées pour la préparation des fiches du Répertoire universel, provoquant la création de publications bibliographiques faciles à incorporer dans ce dernier ou enfin sollicitant le concours des Sociétés savantes, des éditeurs et des travailleurs de tous pays, pour réunir les matériaux utilisables pour sa préparation.

Le Bureau bibliographique de Paris a apporté un concours actif à la réalisation de l'œuvre, en participant à la rédaction des tables développées de la Classification, pour les parties concernant les sciences appliquées, en s'occupant de la préparation de Manuels pratiques pour l'application de la Classification décimale à la bibliographie de branches spéciales de ces sciences appliquées, en coopérant à l'impression des Sommaires bibliographiques de plusieurs publications importantes préparées de façon à s'incorporer facilement dans le Répertoire et en provoquant, de la part de différents centres intellectuels, les mesures nécessaires pour la réunion des fiches constitutives d'un exemplaire d'un extrait du Répertoire universel limité aux branches de sciences intéressant les catégories correspondantes de lecteurs.

Il a entrepris, d'autre part, de réunir dans le local que la Société d'Encouragement a bien voulu laisser à sa disposition, au rez-de-chaussée de son hôtel, un exemplaire, en duplicata, du Répertoire universel dont le prototype est conservé à Bruxelles, mais en limitant cette collection de fiches, ainsi qu'il a été dit, aux parties relatives aux Sciences pures et à leurs applications industrielles et artistiques.

En même temps, il dirigeait et centralisait les travaux de collaborateurs effectuant le dépouillement de diverses publications périodiques pour la préparation des matériaux de ce répertoire et assurait le classement et la conservation des Sommaires bibliographiques de ces publications et constituant ainsi, sous forme de minutes de fiches, des tables générales de ces publications, susceptibles d'être classées méthodiquement, suivant un plan uniforme et d'être ainsi avantageusement utilisées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les extraits ci-joints du dernier Compte rendu annuel des travaux du Bureau bibliographique et du dernier Annuaire de l'Institut international de bibliographie font connaître, en ce qui peut intéresser les membres de la Société d'Encouragement, l'état d'avancement de l'œuvre du Répertoire bibliographique. On y a joint, pour répondre au désir exprimé par quelques-uns d'entre eux, une Note succincte résumant les principes sur lesquels repose l'établissement des Tables de la Classification universelle décimale.

Pour plus de détails sur ce sujet, on pourra se reporter aux documents énumérés ci-après, dont on peut consulter la collection dans la salle occupée par le Bureau bibliographique.

## ANNEXE N° 1

*Extraits du Compte rendu des travaux du Bureau bibliographique de Paris depuis sa fondation, mis à jour au 1er janvier 1903.*

1. — Le Bureau bibliographique de Paris, constitué conformément au vote d'une réunion tenue le 5 mai 1899, à l'hôtel des Sociétés Savantes, a fonctionné sans interruption, depuis cette époque, suivant le programme indiqué dans la circulaire en date du 25 septembre 1899, qui a été adressée à tous les adhérents.

Grâce à l'appui que lui a prêté la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, en mettant à sa disposition le local nécessaire à son installation, il a pu développer peu à peu ses moyens d'action, en consacrant à ce développement toutes les ressources que de généreux concours lui ont successivement apportées.

Le présent rapport a pour but d'exposer succinctement les résultats acquis dans les différentes parties de l'œuvre ainsi entreprise.

2. — Suivant le programme adopté, le Bureau bibliographique devait, avant tout, chercher à réunir les éléments d'un double exemplaire d'une reproduction partielle du Répertoire bibliographique universel sur fiches, basé sur l'emploi de la Classification bibliographique décimale, dont le prototype est conservé à Bruxelles, dans le local de l'Institut international de Bibliographie.

Il avait été entendu d'ailleurs que le travail pourrait être limité, plus particulièrement, aux parties concernant les Sciences pures, les Sciences appliquées et les Beaux-Arts, séries 5, 6 et 7 de la Classification bibliographique décimale universelle.

Même ainsi limité, ce travail nécessitait, dès le début, la réunion d'un matériel assez considérable de fiches et de meubles classeurs, matériel dont l'acquisition, jointe à celle du mobilier de bureau indispensable, devait entraîner une dépense relativement forte.

3. — En même temps que le Bureau avait à prendre les dispositions voulues pour pouvoir recueillir, dans les conditions indiquées, le double des documents déjà réunis à Bruxelles, il devait se préoccuper d'apporter son concours, en ce qui concerne les publications françaises, à la réunion des documents bibliographiques concernant les œuvres nouvelles en cours de publication.

Pour mettre de l'ordre dans les travaux se rattachant à la préparation de ces documents, ainsi qu'à l'établissement éventuel de reproductions partielles du Répertoire, pour l'usage de Sociétés ou d'Institutions particulières, on a été amené à réunir ainsi, à part et dans des meubles spéciaux, des collections de fiches contenant les notices bibliographiques relatives aux sommaires des articles parus dans certaines publications importantes, et notamment dans les bulletins ou comptes rendus des sociétés dont il s'agit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Bureau bibliographique possède donc déjà, réunis dans des meubles classeurs ou au moins dans des séries spéciales de tiroirs, un certain nombre de collections de fiches, qui doivent être tenues simultanément à jour pour pourvoir à l'exécution des travaux que ce Bureau doit accomplir.

On trouvera, dans la suite de ce rapport, la nomenclature de ces séries et des indications sur l'état d'avancement du travail pour chacune d'elles.

4. — Tout en entreprenant ces travaux, le Bureau a eu à se préoccuper du concours à apporter à l'Institut international de Bibliographie de Bruxelles, pour accélérer la préparation des Tables développées de la Classification bibliographique décimale universelle, tables qu'il était nécessaire de posséder pour pouvoir procéder, avec toute la précision voulue, au classement et au numérotage (indexation) des notices bibliographiques concernant les articles des publications périodiques.

L'Institut de Bruxelles s'était, en effet, plus spécialement occupé, jusqu'à ce jour, de faire préparer la traduction et les développements des parties des Tables de Melvil Dewey qui concernent les branches de connaissances humaines autres que celles qu'avait spécialement en vue le Bureau bibliographique, et notamment les Sciences sociales et la Philologie, divisions 3 et 4 de la Classification bibliographique universelle, et il avait sollicité le concours du Bureau bibliographique pour effectuer le même travail pour les divisions venant à la suite, c'est-à-dire pour les Sciences pures et appliquées et les Beaux-Arts.

Le Bureau bibliographique devait donc avoir à centraliser et à revoir, de concert avec l'Institut, le travail de préparation des Tables développées des différentes branches de science qu'avaient bien voulu entreprendre déjà plusieurs Sociétés.

Il avait aussi à préparer les manuscrits des Manuels spéciaux appelés à réunir tous les éléments nécessaires pour l'usage des Répertoires particuliers limités à ces différentes branches de science.

C'est dans ces conditions de collaboration qu'ont été successivement publiés les premiers fascicules de l'Édition française refondue des Tables développées de la Classification bibliographique décimale, dont on trouvera plus loin l'énumération et les Manuels spéciaux dont la liste est également donnée ci-après.

5. — Pour contribuer à la réunion des matériaux du Répertoire bibliographique universel, en ce qui concerne spécialement les articles parus dans les publications périodiques françaises, le Bureau bibliographique a cherché à provoquer, de la part des Sociétés savantes ou des principales Revues scientifiques, la publication régulière des sommaires des fascicules successivement parus dans ces Revues ou des comptes rendus des séances de ces Sociétés.

On trouvera également plus loin la liste des publications pour lesquelles ce résultat a pu être obtenu ou pourra l'être prochainement sans doute.

6. — Les premières divisions de ce rapport correspondent à ces différentes parties de l'œuvre entreprise par le Bureau bibliographique.

Les suivantes rendent compte des mesures prises pour étendre l'action du Bureau.

## I. — TABLES ET MANUELS PUBLIÉS AVEC LE CONCOURS DU BUREAU BIBLIOGRAPHIQUE DE PARIS

*A. Classification bibliographique décimale.* — Tables générales refondues, établies en vue de la publication du Répertoire bibliographique universel. Édition française publiée avec le concours du Bureau bibliographique de Paris.

*Fascicule n° 1.* — Introduction et résumé des règles adoptées pour l'établissement et l'emploi des Tables et des Répertoires.

*Fascicule n° 2.* — Tables des subdivisions communes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Fascicule n° 3.* — Tables de la division 53 (Sciences physiques)
(Mécanique rationnelle et Physique).

Tables préparées par les soins de la Société française de Physique.

*Fascicule n° 4.* — Tables de la division 77 (Photographie).

Tables préparées par les soins de la Société française de Photographie.

*Fascicule n° 5.* — Tables de la division 621.3 (Électricité industrielle).

Tables préparées avec le concours du Laboratoire central d'Électricité.

*Fascicule n° 6.* — Tables de la division 629.1 (Industries de la Locomotion)
(Locomotion par terre et par eau. Aérostation).

*Fascicule n° 7.* — Tables de la division 79 (Sports)
(Tourisme, Cyclisme, Automobilisme).

Tables préparées avec le concours du Touring Club de France.

*Fascicule n° 8.* — Tables de la division 34 (Droit).
*Fascicule n° 9.* — Tables de la division 615 (Thérapeutique).
*Fascicule n° 10.* — Tables de la division 616 (Pathologie interne).
*Fascicule n° 11.* — Tables de la division 617 (Pathologie externe).
*Fascicule n° 12.* — Tables de la division 612 (Physiologie).
*Fascicule n° 13.* — Tables des divisions 618 et 619 (Gynécologie, Pédiatrie, Médecine comparée).
*Fascicule n° 14.* — Tables de la division 35 (Administration).

*En cours de préparation :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tables des divisions : | | 51 | Mathématiques. |
| — | — | 54 | Chimie. |
| — | — | 621 | Industries mécaniques. |
| — | — | 622 | Industries minières. |
| — | — | 623 | Art militaire et art naval. |
| — | — | 66 | Chimie industrielle et Métallurgie. |
| — | — | 67 | Industries diverses. |
| — | — | 68 | Professions et Métiers. |
| — | — | 69 | Art de la construction (Construction des bâtiments). |
| — | — | 72 | Architecture. |
| — | — | 78 | Musique. |

*B. — Manuels pour l'usage des Répertoires bibliographiques spéciaux.*

*Publication n° 40.* — Manuel pour l'usage des Répertoires bibliographiques en général.
*Publication n° 26.* — Manuel pour l'usage des Répertoires bibliographiques des Sciences physiques [0254 : 53]

Publié avec le concours de la Société française de Physique.

*Publication n° 45.* — Manuel pour l'usage des Répertoires bibliographiques de la Photographie [0254 : 77].

Publié avec le concours de la Société française de Photographie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Publication n° 41.* — Manuel pour l'usage des Répertoires bibliographiques des Sciences agricoles [0254 : 63].

Publié par les soins de M. Vermorel, Directeur de la station viticole de Villefranche (Rhône).

*Publication n° 48.* — Manuel pour l'usage des Répertoires bibliographiques de la Locomotion et des Sports (Tourisme, Cyclisme, Automobilisme) [0254 : 629.1 + 79].

Publié avec le concours du Touring Club de France.

## II. — SOMMAIRES DE DIVERSES PUBLICATIONS

### *A. — Sommaires imprimés.*

N° 1. — Sommaires du *Bulletin* de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

Paraissant régulièrement, depuis le 1er janvier 1898, encartés en double exemplaire dans chaque numéro du *Bulletin*. Ils sont établis sous forme de feuilles imprimées d'un seul côté, de façon à permettre de les découper et coller sur fiches.

La publication est faite aux frais de la Société d'Encouragement.

N° 2. — Sommaires analytiques des principaux articles des Comptes rendus des séances de la Société française de Physique.

Ils sont publiés pour les années 1897 et 1898 sous forme de feuilles imprimées d'un seul côté, de façon à permettre de les découper et coller sur fiches.

La rédaction des sommaires de 1899 et 1900 est en préparation.

N° 3. — Sommaires des principaux articles parus dans la *Revue mensuelle du Touring Club* et dans les principales Revues concernant les Sports et l'Industrie de la Locomotion (En cours de préparation).

La publication doit en être faite aux frais du Touring Club de France.

N° 4. — Sommaires des principaux articles parus dans le *Bulletin* de la Société française de photographie (En cours de préparation).

### *B. Sommaires manuscrits.*

Le Bureau, avec le concours de divers collaborateurs, a mis en train la préparation sur fiches des principaux articles parus dans les publications dont les noms sont indiqués dans le tableau donné sous le n° 4 ci-après. En regard des titres, sont indiqués les numéros des années dont le dépouillement a été effectué et le nombre approximatif des notices correspondant.

Indépendamment de la contribution qu'il apporte à la préparation du Répertoire bibliographique universel, ce travail, une fois terminé, permettra de constituer, pour chacune de ces publications, des Tables générales susceptibles d'être classées, soit alphabétiquement par noms d'auteurs, soit méthodiquement d'après les divisions de la Classification décimale universelle.

## III. — RÉPERTOIRES SUR FICHES

Le Bureau bibliographique a réuni, rue de Rennes, 44, dans des meubles classeurs spéciaux, des fiches constituant deux reproductions partielles du Répertoire prototype de Bruxelles, les unes classées décimalement, d'après les divisions de la Classification décimale universelle, les autres classées alphabétiquement par noms d'auteurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a, en outre, classé dans des meubles ou tiroirs spéciaux des collections de fiches constituant des Répertoires particuliers limités à des branches de sciences déterminées ou à des sujets spéciaux ou formant des Tables sommaires de diverses publications périodiques importantes.

Le tableau ci-joint donne le relevé de l'inventaire des fiches classées, groupées d'après la liste de ces différents Répertoires.

Il fait voir que le nombre des fiches indexées et classées appartenant aux Répertoires généraux s'élève déjà à plus de 40,000. Ce nombre doit être prochainement augmenté, dans des proportions notables, par l'envoi de doubles en préparation à Bruxelles.

Le nombre des fiches également réunies pour ces Répertoires, mais non encore indexées, s'élève, d'autre part, à près de 9,000.

Enfin, les divers Répertoires particuliers conservés par les soins du Bureau comprennent ensemble 14,899 fiches, qui toutes se retrouvent dans les Répertoires généraux, à la place que leur assigne le classement général.

## A. RÉPERTOIRE GÉNÉRAL

| | CLASSEMENT | | OBSERVATIONS. | |
|---|---|---|---|---|
| | MÉTHODIQUE. | ALPHABÉTIQUE. | | |
| *Divisions :* | | | Meuble de 72 tiroirs. | |
| 0 | 96 | » | | |
| 1-2 | » | » | | |
| 3-4 | 8 230 | » | | |
| 5 | 11 600 | » | | |
| 6 | 16 700 | 3 964 | | |
| 7 | » | » | | |
| 8-9 | » | » | Total : | |
| Totaux. . . . . | 36 626 | 3 964 | 40 590 | |
| **En cours de préparation** | | | | |
| Fiches provenant de diverses sources : | | | Meuble de 24 tiroirs. | |
| 1° Bulletin mensuel de la Librairie française. | | | | |
| 1900. Fiches collées, non indexées . . | 3 903 | 3 903 | | |
| 1901. Fiches en feuilles. . . . . | 2 300 | 2 300 | Totaux : | |
| | 6 203 | 6 203 | 12 406 | |
| 2° Archives d'Électricité médicale. | | | | |
| 1901. Fiches en grande partie indexées. | 970 | 970 | 1 940 | 14 900 |
| 1898. Bibliographia bibliographica.. . | 554 | | 554 | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## B. — RÉPERTOIRES SPÉCIAUX

| NUMÉROS. | DÉSIGNATION. | RÉPERTOIRE MÉTHODIQUE. | RÉPERTOIRE ALPHABÉTIQUE. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Répertoire spécial de la Société d'Encouragement. . . . . | | | Meuble à 4 tiroirs. |
| | Année 1898. . . . . | 215 | 215 | |
| | — 1899. . . . . | 173 | 173 | |
| | — 1900. . . . . | 154 | 154 | |
| | — 1901. . . . . | 158 | 158 | |
| | — 1902. . . . . | 118 | 118 | |
| | A indexer et à classer (fiches manuscrites). — 1897. . . . . | 167 | » | |
| | — 1896. . . . . | 141 | » | |
| | — 1801. . . . . | 82 | » | |
| | | 1 208 | 818 | 2 026 |
| 2 | Répertoire spécial des Comptes rendus de la Société française de Physique (fiches analytiques) : | | | Meuble à 4 tiroirs. |
| | Année 1897. . . . . | 59 | 59 | |
| | — 1898. . . . . | 67 | 67 | |
| | | 126 | 126 | 252 |
| 3 | Répertoire spécial de la Bibliographie d'Eure-et-Loir (fiches imprimées).. . . | 564 | 564 | 1 128 |
| 4 | Répertoire spécial de l'Industrie de l'Acétylène et des Carbures métalliques. . | 1 048 | 1 048 | 2 096 |
| 5 | Répertoire spécial du Bulletin de la Société française de Photographie. . . . | 3 500 | 3 500 | 7 000 (En préparation). |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

IV. — Publications périodiques dont le dépouillement est entrepris méthodiquement par les soins du Bureau bibliographique de Paris, avec le concours de divers collaborateurs, pour la constitution de Répertoires particuliers :

| DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS. | ANNÉES DÉPOUILLÉES. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|
| Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale | 1898 à 1903<br>1801-1896-1897 | Fiches classées.<br>Fiches non indexées. |
| Comptes rendus des séances de la Société française de Physique | 1897-1898 | Fiches analytiques. |
| Répertoire spécial de la Bibliographie d'Eure-et-Loir | 1898 | Fiches imprimées. |
| Répertoire spécial de l'Acétylène et des Carbures métalliques | 1898 | Fiches manuscrites. |
| Répertoire spécial du Touring Club de France (Automobilisme et Sports). Bulletin mensuel T. C. F. Locomotion automobile. Locomotion | Dépouillés à jour, 1902. | 7.300 |
| Bulletin de la Société française de Photographie | de 1855 à 1901 | Fiches manuscrites. |
| Revue scientifique | 1900 | Id. |
| Revue maritime | 1899 | Id. |
| Revue générale de Chimie pure et appliquée | 1900 | Id. |
| Revue générale des Sciences | — | — |
| Bulletin de la Société internationale des Électriciens | 1901 | Id. |
| Revue de Mécanique | 1897 à 1900 | Id. |
| Journal de Physique | — | — |
| Annales de Chimie et de Physique | — | — |
| Comptes rendus de l'Académie des Sciences | 1899 (1er sem.) | — |
| Archives d'Électricité médicale | 1901 | Fiches imprimées et en partie indexées. |

INVENTAIRE DU RÉPERTOIRE BIBLIOGRAPHIQUE UNIVERSEL

*Statistique des notices bibliographiques comprises dans l'exemplaire original du Répertoire conservé à Bruxelles, à la date du 24 avril 1903.*

*1. — Répertoire onomastique ou des auteurs.*

1) Ouvrages d'auteurs individuels et ouvrages anonymes (Fiches classées par ordre alphabétique des noms d'auteurs ou du premier mot du titre) . . . . . 3 000 000

2) Publications périodiques : Revues, actes de Sociétés, d'Académies et d'institutions diverses, journaux, etc. (titres seulement, fiches classées d'après l'ordre alphabétique des titres) . . . . . 61 000

Ensemble . . . . 3 061 000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*II. — Répertoire idéologique ou des matières.*

Les notices bibliographiques sont classées dans ce répertoire, selon l'ordre méthodique des matières, conformément à la classification bibliographique décimale. Pour la facilité et la rapidité on a procédé au travail de classement en deux étapes : le premier classement est fait en concordance avec les tables de classification abrégées. Il est moins spécialisé que le second classement, qui est fait en concordance avec les tables de classification développées.

Les fiches de ces deux séries sont classées dans deux groupes différents de meubles classeurs. Les notices bibliographiques qui ont subi un premier classement doivent ultérieurement être soumises à un second classement plus détaillé, de manière à ne former définitivement qu'une seule série avec les fiches du classement développé et faire disparaître ainsi le second groupe de meubles classeurs.

| MATIÈRES. | NUMÉROS de la CLASSIFICATION bibliographique. | NOMBRE DES NOTICES CLASSÉES conformément aux tables. | | TOTAUX. |
|---|---|---|---|---|
| | | Abrégées. | Développées. | |
| **Géneralia** | **0** | **24,000** | **35,000** | 59,000 |
| Bibliographie | 01 | » | 23,000 | » |
| Bibliothéconomie | 02 | » | 1,500 | » |
| Encyclopédies et collection d'essais | 03-04 | » | 50 | » |
| Revues et Sociétés générales | 05-06 | » | » | » |
| Journaux politiques | 07 | » | 8,000 | » |
| Mélanges, polygraphies | 08 | » | 800 | » |
| Manuscrits, livres rares | 09 | » | 850 | » |
| **Philosophie** | **1** | » | **30,000** | 30,000 |
| **Religion** | **2** | **35,000** | **60,000** | 95,000 |
| **Sociologie et Droit** | **3** | **174,000** | **23,0500** | 404,500 |
| Généralités | 30 | | 4,000 | » |
| Statistique | 31 | | 6,500 | » |
| Politique | 32 | 98,000 | 13,000 | » |
| Économie politique | 33 | | 55,000 | » |
| Droit | 34 | 29,000 | 71,000 | » |
| Administration | 35 | 5,000 | 25,000 | » |
| Art militaire | 355 | 16,000 | 5,000 | » |
| Bienfaisance et prévoyance | 36 | 2,000 | 16,000 | » |
| Enseignement | 37 | 21,000 | 11,000 | » |
| Commerce | 38 | 2,000 | 16,000 | » |
| Coutume, Folklore | 39 | 1,000 | 8,000 | » |
| **Philologie, linguistique** | **4** | **20,000** | **8,500** | 28,500 |
| **Sciences pures** | **5** | **337,000** | **282,000** | 619,000 |
| Généralités | 50 | 17,000 | 1,000 | » |
| Mathématiques | 51 | 25,000 | 23,000 | » |
| Astronomie | 52 | 15,000 | 25,000 | » |
| Physique | 53 | 46,000 | 10,000 | » |
| Chimie | 54 | 71,000 | 50,000 | » |
| Géologie | 55 | 43,000 | 35,000 | » |
| Paléontologie | 56 | 12,000 | 11,000 | » |
| A Reporter | » | **590,000** | **646,000** | 1,236,000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MATIÈRES. | NUMÉROS de la CLASSIFICATION bibliographique. | NOMBRE DES NOTICES CLASSÉES conformément aux tables. | | TOTAUX. |
|---|---|---|---|---|
| | | Abrégées. | Développées. | |
| Report. . . | » | **590,000** | **646,000** | 1,236,000 |
| Biologie. . . . . | 57 | 6,000 | 10,000 | » |
| Botanique. . . . . | 58 | 21,000 | 37,000 | » |
| Zoologie. . . . . | 59 | 81,000 | 80,000 | » |
| **Sciences appliquées**. . . . . | **6** | **200,000** | **564,000** | 764,000 |
| Généralités . . . . . | 60 | » | 2,000 | » |
| Médecine . . . . . | 61 | » | 390,000 | » |
| Physiologie. . . . . | 612 | » | 38,000 | » |
| Science de l'Ingénieur. . . . . | 62 | » | 74,000 | » |
| Agriculture . . . . . | 63 | » | 16,000 | » |
| Économie domestique. . . . . | 64 | » | 2,000 | » |
| Commerce . . . . . | 65 | » | 10,000 | » |
| Technologie chimique. . . . . | 66 | » | 19,000 | » |
| Industries diverses . . . . . | 67-68 | » | 10,000 | » |
| Construction . . . . . | 69 | » | 3.000 | » |
| **Beaux-Arts** . . . . . | **7** | **47,000** | **91,000** | 138,000 |
| Divers . . . . . | 71 à 77 | » | 19.000 | » |
| Musique. . . . . | 78 | » | 72,000 | » |
| **Littérature** . . . . . | **8** | **50,000** | **45,000** | 95,000 |
| **Histoire et Géographie**. . . . . | **9** | **55,000** | **195,750** | 250,750 |
| Généralités . . . . . | 90 | » | 9,000 | » |
| Géographie . . . . . | 91 | » | 60,000 | » |
| Biographie . . . . . | 92 | » | 59,000 | » |
| Histoire — ancienne. . . . . | 93 | » | 6,000 | » |
| Histoire — de l'Europe . . . . . | 94 | » | 2,000 | » |
| Histoire — de la Grande-Bretagne. . . . . | 941-942 | » | 3,000 | » |
| Histoire — de l'Allemagne. . . . . | 943 | » | 12,000 | » |
| Histoire — de France. . . . . | 944 | » | 13,000 | » |
| Histoire — d'Italie. . . . . | 954 | » | 2,000 | » |
| Histoire — d'Espagne . . . . . | 946 | » | 2,000 | » |
| Histoire — de la Russie et des pays scandinaves | 947-849 | » | 1,000 | » |
| Histoire — des petits États européens. . . . | 949 | » | 6,000 | » |
| Histoire — de la Belgique. . . . . | 9 493 | » | 16,000 | » |
| Histoire — de l'Asie. . . . . | 95 | » | 2,000 | » |
| Histoire — de l'Afrique . . . . . | 96 | » | 750 | » |
| Histoire — de l'Amérique . . . . . | 97 | » | 2,000 | » |
| TOTAUX. . . . . | » | **942,000** | **1,541,750** | 2,483,750 |

TOTAUX GÉNÉRAUX

| | |
|---|---|
| I. — Répertoire onomastique ou des auteurs . . . . . | 3,061,000 |
| II. — Répertoire idéologique ou des matières. . . . . | 2,483,750 |
| III. — Catalogue Collectif des Bibliothèques de Belgique . . . . . | 225,000 |
| IV. — Autres répertoires . . . . . | 500,000 |
| | 6,269,750 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE N° 3

### RENSEIGNEMENTS SOMMAIRES SUR LA CLASSIFICATION BIBLIOGRAPHIQUE DÉCIMALE UNIVERSELLE (1)

Le système de classement qui a été choisi par l'Institut international de bibliographie pour le Répertoire bibliographique universel est celui qui est connu sous le nom de *Classification décimale* et dont les premières tables ont été dressées, il y a déjà une vingtaine d'années, par M. Melvil Dewey, à cette époque directeur de la bibliothèque de l'État de New-York.

Ces tables, publiées en anglais, ont fait déjà l'objet de six éditions successives, en recevant à chaque fois de nouveaux développements.

L'Institut international de bibliographie, après en avoir publié une édition française abrégée, a entrepris la publication d'une édition générale refondue, dans laquelle de nouveaux développements, souvent considérables, ont été donnés aux parties relatives aux sciences pures et appliquées, parties qui, dans les éditions anglaises publiées jusqu'à ce jour, étaient parfois restées trop écourtées.

On est donc en mesure, aujourd'hui, d'établir, avec toute la précision nécessaire dans le classement, ce répertoire bibliographique des documents qui intéressent les sciences et l'industrie, dont je voudrais voir dotés nos grands établissements d'enseignement technique.

On a parfois présenté la classification bibliographique décimale, sur laquelle est basé ce classement, sous un jour inexact qui a contribué à jeter sur elle une certaine défaveur, et je voudrais, pour terminer, vous dire quelques mots de ce système pour vous en faire apprécier les qualités et vous convaincre qu'en en préconisant l'emploi on fait œuvre raisonnée et justifiée.

L'opposition au système est venue d'abord, il faut le dire, du pays d'origine et de gens dont il lésait les intérêts ou risquait de changer les habitudes. Ce sont les critiques souvent injustes et exagérées qui ont été alors formulées, qui sont encore habituellement reproduites, bien qu'elles aient été victorieusement réfutées, le plus souvent par les faits.

Le promoteur du système de classification décimale ne l'avait pas proposé seulement à l'origine pour le classement des fiches bibliographiques, il l'avait appliqué, dès le début, au classement même des volumes et des ouvrages de bibliothèque.

Il est certain que ce système présente, en effet, pour le classement matériel de certaines bibliothèques, un avantage précieux en permettant de réunir, sur les mêmes rayons ou dans les mêmes salles, les ouvrages qui concernent les mêmes sujets, et en donnant ainsi le moyen d'admettre, dans les salles mêmes de dépôt, les lecteurs habituels répartis par spécialités, en facilitant le service des salles.

Des exemples curieux d'organisations de ce genre ont été réalisés en Amérique, lorsqu'on a eu à créer, de toutes pièces, des bibliothèques spéciales pour lesquelles on pouvait appliquer sans obstacle toutes les innovations.

Mais des difficultés se sont présentées quand on a voulu étendre l'application du système à des bibliothèques existantes dont il aurait fallu bouleverser le classement et remanier les installations.

On s'est heurté alors à l'opposition des bibliothécaires et des architectes, et l'affaire s'est compliquée rapidement de questions d'amour-propre, quand on a été amené à opposer le nouveau système de classification à des systèmes antérieurement proposés par d'autres bibliothécaires et déjà appliqués et défendus par leurs auteurs.

On sait ce que sont les rivalités de spécialistes, à quel diapason s'élèvent les querelles que la passion domine et quelle acuité elles peuvent prendre quand l'esprit de corps s'y introduit.

C'est ce qui est arrivé pour le système de la classification décimale quand les bibliothé-

(1) Extrait du discours prononcé par M. le général Sebert à la séance d'ouverture de la session de 1900 du Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

caires de profession ont pu craindre que ce fût une machine de guerre dirigée contre leurs traditions et leurs règles consacrées par l'usage.

Mais nous pouvons espérer remettre la question dans les régions calmes et sereines de la discussion scientifique, en nous limitant à la stricte application du système à la bibliographie pure et au simple classement des fiches dans les répertoires.

C'est en nous maintenant sur ce terrain que nous examinerons le principe sur lequel repose la classification bibliographique décimale et les avantages qu'elle présente.

Dans ce système de classification, un sujet donné est représenté par un numéro d'ordre emprunté à la numération décimale et qui lui est propre, de sorte qu'à chaque nombre correspond un sujet unique, et inversement chaque sujet a, pour le désigner, un seul et même numéro.

Pour former ces nombres, on a considéré l'ensemble des connaissances humaines comme constituant l'unité. On a divisé cette unité en 10 parties et l'on a réparti entre les dix premières fractions décimales ainsi obtenues toutes les connaissances humaines groupées en dix classes principales, telles que Philosophie, Religion, Sciences sociales, Philologie, Sciences naturelles, Sciences appliquées, Beaux-Arts, Littérature, Histoire et Géographie. La division 0,5 par exemple, a été ainsi affectée aux Sciences pures, et la division 0,6 aux Sciences appliquées.

Dans chacune de ces divisions, on a créé deux subdivisions représentant des centièmes de l'unité et on les a affectées à représenter les différentes sciences contenues respectivement dans les grandes classes précédentes.

On a ainsi, dans la division 0,5, obtenu les subdivisions :

0,51 Mathématiques.
0,52 Astronomie.
0,53 Physique.
0,54 Chimie.
0,55 Géologie, etc.

En divisant la fraction 0,53 en dix nouvelles parties, on a pu affecter des fractions représentant des millièmes de l'unité aux différentes branches de la Physique.

C'est ainsi que l'on a créé, par exemple, les subdivisions :

0,534 Acoustique.
0,535 Optique.
0,536 Chaleur.
0,537 Électricité.

Dans l'optique représentée par la fraction 0,535 une nouvelle division en 10 a donné des fractions comportant 4 chiffres décimaux qui correspondent par suite à des dix-millièmes de l'unité et s'appliquent à des sujets plus étroitement délimités.

Avant d'aller plus loin, je dois dire que, dans la pratique, tous les nombres décimaux dont il s'agit sont imprimés dans les tables sous forme de nombres entiers, en supprimant, pour simplifier, le zéro et la virgule qui devraient figurer devant chacun d'eux.

En sorte que les divisions précédentes sont réellement écrites :

534 Acoustique.
535 Optique.
536 Chaleur.
537 Électricité.

En poussant plus loin encore la division, on arrive à créer les nombres suivants que l'on doit toujours considérer comme des fractions décimales, en rétablissant, par la pensée, devant chacun d'eux, le zéro et la virgule supprimés dans l'impression :

535.5 Polarisation.
535.56 Polarisation rotatoire.
535.567 Polarisation rotatoire magnétique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On se rend compte, par cet exemple, du mécanisme de création d'un nombre appelé à représenter un sujet déterminé quelconque.

On voit que l'on peut toujours, en procédant à de nouveaux fractionnements, par l'addition de nouveaux chiffres à la droite, obtenir des divisions de plus en plus petites pour représenter des sujets de plus en plus étroitement limités et spécialisés.

On peut toujours aussi, par l'addition de nouveaux chiffres, créer de nouveaux embranchements pour représenter de nouvelles branches de sciences récemment explorées, ou intercaler, dans les tables, de nouveaux sujets d'études, et cela sans rien changer aux numéros précédemment affectés aux sujets voisins.

Ces additions et intercalations sont rendues d'autant plus faciles que, dans l'établissement des tables, on a eu généralement soin de ne pas immédiatement utiliser toutes les cases obtenues en partageant en dix les subdivisions d'ordre immédiatement supérieur et de réserver notamment au moins la dixième, caractérisée par le chiffre final 9, pour représenter tous les autres sujets non spécialement dénommés, qui peuvent compléter la nomenclature établie pour l'embranchement créé.

Ces propriétés dont jouit le système de classification décimale, et qui résultent de ce que les nombres, d'apparence entière, qui figurent dans les tables représentent, en réalité, des fractions décimales de l'unité, donnent à ce système de classement une élasticité et une souplesse précieuses, qui n'existent au même degré dans aucun autre système.

Il a, en outre, l'avantage de présenter une simplicité extrême et de permettre d'utiliser de simples manœuvres pour assurer la conservation de l'ordre dans le classement des fiches lorsque une fois celles-ci ont reçu leur numérotage.

Les tables de classification méthodiques, établies en inscrivant en regard des numéros d'ordre, classés dans leur ordre naturel, la désignation des sujets qu'ils représentent, doivent être naturellement complétées par des index alphabétiques dans lesquels les titres de ces sujets sont classés dans leur ordre alphabétique et suivis chacun du numéro qui leur correspond.

Ces tables méthodiques et alphabétiques doivent être établies pour chaque idiome, mais à un numéro d'ordre identique correspond dans toutes ces tables un même objet, quels que soient les termes employés dans les différentes langues.

Les notations numériques des tables de la classification décimale constituent donc un langage scientifique international, et les mêmes sujets se trouveront, par l'usage de cette classification, groupés de la même façon et réunis sous les mêmes numéros dans les répertoires établis dans les différents pays.

Les divisions de la classification décimale, telles que les a originairement établies M. Melvil Dewey, peuvent certainement prêter à de nombreuses critiques, si l'on veut discuter, au point de vue de la méthode, le classement adopté.

Les critiques varient alors suivant les pays et les individus, car, d'une part, les méthodes adoptées pour la classification ou l'enseignement des sciences varient suivant les pays, et chaque spécialiste a ses idées particulières sur la façon dont il envisage la coordination des sujets qui lui sont familiers.

Mais il faut, en pareille matière, voir les choses de plus haut et se dire qu'il ne pouvai être question de créer une classification méthodique irréprochable des connaissances humaines, car il ne peut en exister qui satisfasse l'esprit et puisse rester immuable.

L'auteur a donc dû se borner à constituer un groupement des matières, se rapprochant des idées reçues dans son pays, de façon à assurer à chaque chose une place bien déterminée et un numéro d'ordre facile à retrouver.

Peu importe dans la pratique qu'à une branche de science donnée réponde un numéro ou un autre, et que deux sujets, que notre pensée rapproche momentanément, se trouvent représentés parfois par des nombres distincts les uns des autres dans les tables ; l'important, c'est que ces sujets aient chacun, pour le désigner, un numéro d'ordre bien déterminé et facile à trouver, et tout ce que l'on peut faire c'est de demander au système, ce qui a été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réalisé par des perfectionnements de détail, de permettre d'établir entre ces numéros les rapprochements qu'il peut être utile de ménager.

Des améliorations récentes, dont l'exposé serait trop long et qui sont, en majeure partie, l'œuvre de l'Institut de bibliographie, sont venues augmenter encore la commodité d'emploi et la variété des ressources du système de classification décimale qu'avait primitivement conçu Melvi Dewey.

Telle a été, entre autres, la création des *Tables des subdivisions communes* qui sont formées de séries de nombres qui peuvent être utilisés, d'une façon uniforme, dans toute l'étendue des tables générales, pour représenter des idées qui se reproduisent fréquemment dans l'analyse des sujets à classer.

Ces nombres, qui se distinguent par des signes particuliers, comme un zéro intercalaire, une parenthèse ou d'autres signes de ponctuation, peuvent venir compléter chacun des numéros classificateurs donnés dans les tables générales, en formant ainsi des nombres composés.

Ils peuvent servir, par exemple, à désigner le lieu ou le temps auquel s'applique le sujet considéré, à indiquer la langue dans laquelle un ouvrage est écrit, ou la forme qu'il affecte, le point de vue sous lequel un sujet est traité, les opérations ou fonctions décrites ou étudiées, les parties constitutives examinées, etc.

La création de ces tables de divisions communes a permis de réduire considérablement l'étendue des tables générales.

Elle leur a donné un caractère d'unité et d'homogénéité remarquable; elle a introduit dans l'ensemble du système des notations mnémoniques et des éléments de clarté et de méthode qui en facilitent considérablement l'emploi.

Ainsi complétées, les tables de la classification décimale permettront de mener à bonne fin l'œuvre considérable entreprise par l'Institut international de Bibliographie et de laquelle on a pu dire qu'elle ferait honneur au pays qui l'a entreprise et au siècle qui la verra mettre à exécution.

## ANNEXE n° 3

### TABLES DE LA CLASSIFICATION BIBLIOGRAPHIQUE DÉCIMALE

*(Extraits reproduits à titre de spécimens.)*

#### GRANDES CLASSES

**0 Ouvrages généraux.**
**1 Philosophie.**
**2 Religion et Théologie.**
**3 Sciences sociales et Droit.**
**4 Philologie et Linguistique.**
**5 Sciences pures.**
**6 Sciences appliquées.**
**7 Beaux-Arts.**
**8 Littérature.**
**9 Histoire et Géographie.**

#### DIVISIONS GÉNÉRALES

**0 Ouvrages généraux.**
01 Bibliographie.
02 Bibliothéconomie.
03 Encyclopédies générales.
04 Collections générales d'essais.
05 Revues et Périodiques généraux.
06 Sociétés et Académies générales.
07 Journaux. Journalisme.
08 Bibliothèques spéciales.
09 Manuscrits. Livres précieux.

**1 Philosophie.**
11 Généralités.
12 Métaphysique.
13 L'esprit et le corps.
14 Systèmes philosophiques.
15 Psychologie.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

16 Logique.
17 Morale.
18 Philosophes anciens.
19 Philosophes modernes.

**2 Religion.**

21 Théologie naturelle.
22 Bible. Évangile.
23 Théologie dogmatique.
24 Pratique religieuse. Dévotion.
25 Œuvres pastorales.
26 L'Eglise.
27 Histoire de l'Église.
28 Églises et sectes chrétiennes.
29 Religions non chrétiennes.

**3 Sciences sociales et Droit.**

31 Statistique.
32 Politique.
33 Économie politique.
34 Droit.
35 Administration. Droit administratif.
36 Assistance. Assurance. Association.
37 Enseignement. Éducation.
38 Commerce. Transports. Communications.
39 Coutumes. Folklore.

**4 Philologie.**

41 Philologie comparée.
42 — Anglaise.
43 — Germanique.
44 — Française.
45 — Italienne.
46 — Espagnole.
47 — Latine.
48 — Grecque.
49 Autres langues.

**5 Sciences naturelles.**

51 Mathématiques.
52 Astronomie. Géodésie. Navigation.
53 Physique. Mécanique rationnelle.
54 Chimie et minéralogie.
55 Géologie.
56 Paléontologie.
57 Biologie, Anthropologie.
58 Botaniqne.
59 Zoologie.

**6 Sciences appliquées.**

61 Médecine.
62 Arts de l'ingénieur.
63 Agriculture.
64 Économie domestique.
65 Commerce. Transports.
66 Industries chimiques.
67 Manufactures.
68 Industries mécaniques et métiers.
69 Construction.

**7 Beaux-Arts.**

71 Architecture de jardins.
72 Architecture.
73 Sculpture. Numismatique.
74 Dessin. Décoration.
75 Peinture.
76 Gravure.
77 Photographie.
78 Musique.
79 Jeux. Sports. Divertissements.

**8 Littérature.**

81 Généralités.
82 Littérature Anglaise.
83 — Germanique.
84 — Française.
85 — Italienne.
86 — Espagnole.
87 — Latine.
88 — Grecque.
89 Autres littératures.

**9 Géographie et Histoire.**

91 Géographie et voyages.
92 Biographie.
93 Histoire ancienne.

Hist. Mod.
94 Europe.
95 Asie.
96 Afrique.
97 Amérique du Nord.
98 Amérique du Sud.
99 Océanie. Régions polaires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

SPÉCIMEN DU DÉVELOPPEMENT D'UNE DIVISION

629.1 Locomotion. Industrie des Transports.

La locomotion se subdivise en trois grandes subdivisions :

629.11 Locomotion sur routes.
629.12 Locomotion par eau.
629.13 Navigation aérienne.

Les tables des subdivisions communes de forme, lieu, langue, temps, etc. (Tables I, II, III, IV et V) sont applicables dans toute l'étendue de la division 629.1, ainsi que la table des divisions de formes spéciales caractérisées par le signe (00) qui est applicable à toute la division 6; mais on ne doit utiliser ces subdivisions communes que lorsque des divisions spéciales équivalentes n'ont pas été prévues.

On pourra faire usage aussi, dans toute l'étendue de la division 629.1, des subdivisions analytiques spéciales dont la table est donnée ci-après, 629.10 et qui sont caractérisées par le zéro simple, sans parenthèses. On les emploiera pour spécifier certains points de vue sous lesquels on peut envisager les sujets traités, ou certains détails des organes de construction.

La désignation des matériaux entrant dans la composition des organes, ainsi que celle des matières premières utilisées dans l'emploi du matériel pourront être spécifiées à l'aide des subdivisions communes 0023 et 0024.

629.1.0 Questions générales. [Subdivisions analytiques spéciales.]

.01 Organes élémentaires entrant dans la construction des appareils de transport.

Ces organes sont différents suivant le but que les appareils ont pour objet de réaliser. On trouvera aux trois subdivisions principales 629.11, 629.12 et 629.13 les subdivisions analytiques spéciales relatives aux organes des appareils propres à chaque genre de locomotion.

.02 Moteurs mécaniques spéciaux aux véhicules de toute nature. Différents types.

Les moteurs mécaniques, autres que ceux destinés aux véhicules, sont classés sous l'indice 621 et ses subdivisions.

629.1.021 Moteurs à vapeur.
.1 Moteurs proprement dits.
.2 Générateurs.
.3 Foyers et bouilleurs.
.4 Accesseires spéciaux.

.022 Moteurs à gaz ou à air comprimé.
.1 Moteurs proprement dits.
.2 Réservoirs.
.3 Appareils de compression.
4 Accessoires spéciaux.

.023 Moteurs à pétrole ou à combustible liquide.
.1 Moteurs à essence ou à alcool.
.2 Moteurs à huile lourde.
.3 Carburateurs et brûleurs.
.4 Accessoires spéciaux.

.024 Moteurs électriques.
.1 Dynamos.
.2 Accumulateurs.
.3 Commutateurs.
.4 Accessoires spéciaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

629.11 Locomotion sur routes. Construction de véhicules terrestres.

Moyens de transport par terre autres que les chemins de fer et les tramways; pour ces derniers, voir 625.

629.110 Organes élémentaires entrant dans la construction des appareils.
629.111 Moyens de transport primitifs.
629.112 Voitures à traction animale.
629.113 Voitures à traction mécanique. Automobiles.
629.117 Véhicules légers à plus de deux roues. Voiturettes.
629.118 Véhicules légers à deux roues au plus. Cycles. Vélocipèdes.

.11.01 Organes élémentaires entrant dans la construction des appareils de transport par terre.

Ex. : 629.113.6.016 Freins pour voitures à moteurs électriques.

.011 Organes formant la charpente constitutive des appareils.

Châssis, Cadres, Entretoises, Côtés, Fonds, etc.

.012 Organes de support et de roulement.

Essieux, Roues, Boites de roues, Jantes, Raies, Moyeux, Bandages, Glissières, Patins, Rouleaux.

.013 Organes d'attelage et de traction.

Brancards; Limons, Traits, Palonniers.

.11.014 Organes moteurs.

Leviers, Pédales, Manivelles, Chaines, Engrenages.
Pour les moteurs mécaniques, voir 629.1.02.

.015 Organes d'appui, de conduite et de direction.

Rênes, Guides, Selles, Sièges, Guidons, Volants.

.016 Organes de retenue et d'enrayage.

Sabots d'enrayage, Freins, Cliquets, Béquilles.

.017 Organes d'entretien et de propreté.

Clés, Burettes, Carters, Garde-boue, etc.

.018 Organes accessoires, d'avertissement ou d'appel.

Signaux, Lanternes.

.019 Autres organes.

.111 Moyens de transport primitifs.

.111.1 Appareils de transport portés à bras ou à dos d'hommes.

.111.11 Pour fardeaux.

Hottes, Crochets, Brancards.

.111.12 Pour les personnes.

Civières, Palanquins, Chaises à porteurs.

.111.3 Appareils de transport à roues, tirés à bras.

.111.31 Pour les fardeaux.

Brouettes, Diables, etc.

.111.32 Pour les personnes.

Vinaigrettes, Pousse-pousse, Fauteuils roulants.

.111.5 Appareils de transport portés directement par les essieux.

.111.7 Appareils de transport par glissement.

Traineaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

629.111.8 Appareils de transport à rouleaux.

.112 Véhicules ou voitures de transport à traction animale.

On pourra dans les divisions ci-dessous spécifier la destination spéciale des voitures par l'emploi du signe de relation suivi du numéro indiquant l'objet considéré.

Ex. : 629.112.3 : 343.8 Voitures cellulaires.

.112.1 Voitures à deux roues.

.112.3 Voitures à plus de deux roues.

.112.31 Pour le transport des fardeaux ou des marchandises.

.112.32 Pour le transport des personnes.

.112.5 Voitures spéciales pour le transport en commun des personnes.

Omnibus, Diligences, Breaks.

.112.6 Voitures spéciales pour le transport des fardeaux et marchandises.

Haquets, Camions.

.112.7 Voitures pour services spéciaux.

Roulottes.

.113 Voitures à traction mécanique. Automobiles.

Voitures automobiles sur routes en général. Voitures à vapeur et autres et leurs moteurs.

Pour les véhicules allant sur rails, chemins de fer et tramways, voir 625 et 656.

Pour les voiturettes, cycles et motocycles, voir plus loin 629.117 et 629.118.

On pourra dans cette division ainsi que dans les suivantes, jusqu'à 629.116 inclus, établir à l'aide du tiret les subdivisions suivantes d'après la destination et la nature des véhicules :

— 1 Locomotives routières.
— 2 Tracteurs.
— 3 Trains sur route.
— 4 Voitures lourdes pour marchandises.
— 5 Voitures pour transports en commun.
— 6 Voitures de famille.
— 7 Voitures légères.
— 8 Voitures pour courses.
— 9 Autres voitures.

.113.1 Premières voitures à moteurs mécaniques. Moteurs à bras, à ressorts, etc. Premiers essais de moteurs à vapeur.

.113.2 Voitures à vapeur.

.113.21 Voitures à vapeur avec foyer au charbon.

Leblant, de Dion, Bollée, Scott, Rowen, Serpollet.

.113.22 Voitures à vapeur avec foyer au pétrole.

Serpollet, etc.

.113.23 Voitures à vapeur sans foyer, à eau surchauffée.

Lamm, Francq, etc.

.113.4 Voitures à air et à gaz comprimés et leurs moteurs.

.113.41 Voitures à air comprimé et à réservoir indépendant.

Mekarski, etc.

.113.42 Voitures à air comprimé, à réservoir alimenté en route par canalisation spéciale.

Popp, Conte, etc.

.113.43 Voitures à gaz d'éclairage comprimé.

.113.44 Voitures à acide carbonique comprimé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

629.113.5 Voitures à pétrole ou à combustible liquide.
.113.51 Voitures avec moteurs à essence de pétrole.
.113.52 Voitures avec moteurs à huile lourde.
.113.6 Voitures à moteur électrique.
.113.61 Voitures de différents systèmes à prise de courant extérieur.
.113.62 Voitures à conducteurs aériens et trolleys.
.113.63 Voitures à conducteurs souterrains.
.113.64 Voitures à contacts superficiels.
.113.65 Voitures à accumulateurs.
.113.7 Voitures mixtes à moteurs combinés.
.113.71 Voitures à pétrole et à l'électricité.
.117 Véhicules légers à plus de deux roues.
.117.1 Premiers essais de véhicules légers à plus de deux roues.
.117.2 Véhicules légers mus par l'homme.
Tricycles, Quadricycles.
.117.3 Véhicules légers à moteurs à pétrole.
Motocycles, Voiturettes, Tricycles, Quadricycles.
.117.4 Véhicules légers à moteurs électriques.
.118 Véhicules légers à deux roues au plus.
Cycles, Vélocipèdes.
.118.1 Premiers essais de vélocipèdes.
Célérifères, Draisiennes, etc.
.118.2 Vélocipèdes à une seule place, mus par l'homme.
Cycles, Bicycles.
.118.3 Bicyclettes.
.118.4 Vélocipèdes à plusieurs places, mus par l'homme.
Tandem, Sociables, Triplettes, etc.
.118.5 Vélocipèdes à une seule place et moteur mécanique.
.118.6 Vélocipèdes à plusieurs places et moteur mécanique.
.12 Locomotion par eau. Moyens de transport par voie fluviale et par voie de mer.
Pour la théorie de la navigation, voir 527; pour la pratique commerciale, voir 656.
.12.01 Organes élémentaires entrant dans la construction des appareils de transport par eau.
.12.011 Organes formant la charpente constitutive des appareils.
Coque, Ossature, Bancs, Carlingues, Bordages, Doublages.
Pour les blindages des navires, voir 623.9.
.12.012 Organes de stabilité.
Flotteurs, Balanciers, Quilles.
.12.014 Organes de propulsion.
.12.014.1 Organes de propulsion à main.
Rames, Pagaies, Gaffes.
.12.014.2 Organes de propulsion à voiles.
Mâts, Vergues, Voiles, Gréement.
.12.014.5 Organes de propulsion mécaniques.
Roues, Hélices, Propulseurs divers.
Pour les machines motrices, voir 621.
.12.015 Organes de manœuvre ou de direction.
Gouvernail, Barres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

629.12.016 Organes de retenue, de protection et de sauvegarde.
Ancres, Bouées.

.12.018 Organes de signaux et d'avertissement.
Signaux optiques, Pavillons, Signaux sonores.

.12.019 Autres organes.

.121 Moyens de transport primitifs par eau.
Radeaux, Chalands, Bateaux de rivière remorqués, à rames ou à voiles.

.122 Bateaux de rivière.

.122.1 Bateaux de rivière à moteurs mécaniques.

.122.11 Bateaux à moteurs mécaniques mus par l'homme ou les animaux.

.122.12 Bateaux à moteurs à vapeur à roues.

.122.13 Bateaux à moteurs à vapeur à hélices.

.122.14 Bateaux à moteurs autres que la vapeur et à propulseurs de divers systèmes.

.122.15 Bateaux à traction par chaîne noyée. Bateaux toueurs.

.122.16 Bateaux à traction par l'électricité.

.123 Bâtiments de mer.

.123.1 Bâtiments de mer à rames et à voiles.
Pour les bâtiments légers et la navigation de plaisance, voir 629.125.

.123.11 Bâtiments de mer anciens ou de modèles primitifs à rames.
Galères, Trirèmes, Radeaux.

.123.12 Bâtiments de mer anciens à voiles.
Caraques, Nefs, Galions, Caravelles.

.123.13 Bâtiments de mer à voiles de fort tonnage. Bâtiments à un ou plusieurs ponts.
Vaisseaux, Frégates, etc.

.123.14 Bâtiments de mer à voiles pour usages spéciaux.
Voiliers, Cargo-boats, Pétroliers.

.123.15 Bâtiments de servitude.
Chalands, Bugalets, Citernes flottantes, etc.

.123.2 Bâtiments de mer à moteurs mécaniques.
Pour les bâtiments légers et la navigation de plaisance, voir 629.125.

.123.21 Bâtiments à vapeur à roues.

.123.22 Bâtiments à hélices.

.123.23 Bâtiments spéciaux pour le transport rapide des marchandises et des passagers.
Paquebots.

.123.24 Bâtiments spéciaux pour les marchandises.
Cargo-boats à vapeur, Pétroliers.

.123.25 Bâtiments de servitude.
Remorqueurs.

.125 Bâtiments légers pour la navigation de plaisance et embarcations.

.125.1 A rames et à voiles.

.125.11 Bâtiments légers de types anciens ou primitifs.
Pirogues.

.125.12 Yachts à voiles.

.125.13 Canots, Chaloupes.

.125.2 A moteurs mécaniques.

.125.21 Types anciens de bâtiments légers à moteurs mécaniques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

629.125.22 Yachts et petits bâtiments à vapeur.
.125.23 Chaloupes à vapeur.
.125.24 Chaloupes à pétrole.
.125.25 Chaloupes électriques.

.13 Navigation aérienne. Aéronautique. Moyens de transport par l'air.

Pour la théorie, voir 533.6 Aéronautique.

.13.01 Organes élémentaires entrant dans la construction des appareils de transport aérien.

.011 Organes formant la charpente constitutive des aérostats.

Enveloppes, Ballons, Nacelles, Filets.

.012 Organes formant la charpente constitutive des appareils d'aviation ou aéroplanes.

Cadres, Châssis, Ailes.

.014 Organes de propulsion et d'orientation.

Hélice, Gouvernail, Stabilisateurs, Équilibrants.

.015 Organes de manœuvres et d'atterrissage.

Freins, Ancres, Soupapes.

629.13.019 Appareils accessoires divers.
.131 Premiers essais de navigation aérienne.

Aérostats, Montgolfières.

.132 Appareils plus légers que l'air. Ballons libres à gaz hydrogène.
.132.1 Ballons captifs.
.132.2 Ballons dirigeables.
.135 Appareils dits plus lourds que l'air.
.135.1 Appareils d'aviation.
.135.2 Aéroplanes.
.135.3 Cerfs-volants.

. . . . . .
. . . . . .

TABLES DES SUBDIVISIONS COMMUNES A LA PLUPART DES RUBRIQUES DE LA CLASSIFICATION

(*Extraits.*)

I. Subdivisions de formes et de généralités . . . . . (0)
II. Subdivisions de lieu . . . . . (2) à (9)
III. Subdivisions de langue . . . . . '2' à '9'
IV. Subdivisions de temps . . . . . « ... »
V. Subdivisions analytiques communes . . . . . 00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AVERTISSEMENT

I. On trouvera ci-après les tables de diverses catégories de subdivisions qui peuvent servir à la plupart des rubriques de la classification bibliographique et qui, par suite, ont été désignées sous le nom de *Subdivisions communes*. On a donné dans le *Résumé des Règles de la Classification décimale* les explications nécessaires pour l'emploi de ces subdivisions et pour leurs combinaisons, soit entre elles, soit avec les divisions principales.

II. Les subdivisions communes peuvent être combinées terme à terme avec les divisions principales. Exemples :

On a dans les tables :

(05) Revues de...
(44) France.
'3' Langue allemande.
(17) XVIII^e siècle.

Par combinaison avec les nombres des rubriques de la table principale, on aura :

53 (05) Revues de physique. — [Physique, revues de.]
385 (44) Chemins de fer — en France.
2205 '3' Version de la Bible — en allemand.
338.8 « 17 » Trusts — au XVIII^e siècle.

On peut aussi combiner ensemble plusieurs subdivisions. Exemples :

53 (05) (44) Revues — de physique — publiées en France.
338.8 (44) « 17 » Les trusts — en France — au XVIII^e siècle.

III. Les divisions de certaines subdivisions communes sont propres à chaque matière, bien que leur sens soit dérivé de la même idée commune. C'est dans les tables particulières qu'on trouvera le développement de ces divisions. Exemple :

(018) Méthodes. (078) Instruments.

IV. Voir ci-après le mode d'emploi de chaque catégorie de subdivisions communes, leur ordre de subordination et la manière dont elles peuvent être utilisées pour la préparation des répertoires bibliographiques spéciaux.

V. Par suite de l'extension donnée à ces diverses tables, ces combinaisons sont fort multiples en principe, mais en fait il n'a pas été nécessaire de les réaliser toutes. En beaucoup de cas elles n'auraient pas eu de sens, ou elles auraient donné lieu à des subdivisions inutilement détaillées, ou bien encore elles auraient fait double emploi avec des divisions déjà formées d'autre manière.

Pour ces motifs, on doit considérer les subdivisions des tables suivantes comme une réserve, où, suivant les cas, on a puisé les éléments pour former les divisions jugées nécessaires. C'est dans les tables de classification particulières à chaque branche des connaissances qu'on trouvera des indications précises sur les applications qu'on a faites des subdivisions communes.

VI. L'emploi des subdivisions communes est facilité par l'application aux répertoires bibliographiques des fiches divisionnaires dont il a été traité dans l'introduction.

Toutes les rubriques des tables de subdivisions communes figurent dans l'*Index alphabétique général*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## I. — TABLE DES SUBDIVISIONS DE FORMES ET DE GÉNÉRALITÉS

(*Extraits*)

(0) *Indice documentaire.*

Cet indice placé après un nombre classificateur permet de créer une subdivision du suje en tant que forme d'ouvrage.

(00) *Subdivisions de formes propres à chaque sujet.*

Voir Tables particulières de classificatiou de chaque science.

(01) *Théorie générale des...*

Subdivision comprenant les ouvrages qui traitent du sujet dans son ensemble au point de vue de ses principes et de ses lois générales, de sa philosophie, de ses méthodes scientifiques, des systèmes et hypothèses auxquels il a donné lieu et, en général, du sujet envisagé dans sa *science*.

(011) Notion, définition, nature, fondements, origine, limites et étendue, objet, problème, but de la science.

(012) Classification, divisions de la science.

(013) Valeur, importance, utilité, usage, place et rang, défense et éloge de la science.

(014) Langage, terminologie, synonymes, notations, symboles, abréviations, en usage dans la science.

Les vocabulaires et glossaires techniques sont classés à (038).

(015) Théories scientifiques diverses sur le sujet.

A diviser, s'il y a lieu, comme la division 5 Sciences pures. Ex.

51 Mathématiques.
368 (0151) Théories mathématiques des assurances.

(018) Méthodes scientifiques et techniques. Procédés scientifiques.

V. aussi (077) Méthodes pédagogiques et (078) Instruments.

(02) *Traités de...*

Subdivision comprenant les ouvrages exposant la matière dans son ensemble sous forme systématique, tels que traités, manuels, guide-manuel, aide-mémoire, abrégés, introduction générale à la science, principes, précis, compendium, éléments, rudiments, syllabus, répétitions écrites, mémento, A. B. C. etc.

(021) Grands traités.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues. Ex : 58 (021) = 45 Grands traités de Botanique écrits en langue française.

(022) Moyens traités ou Éléments.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

(023) Petits traités ou Rudiments. Manuels pour les débutants. Traités et Tracts populaires destinés à la propagande et à la vulgarisation. Résumé de notions usuelles.

Les Manuels classiques du premier degré et livres élémentaires à l'usage des écoles sont classés à (075).

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

(024) Ouvrages de diverses natures, destinés à des catégories spéciales de personnes.

Ex : 59 (024) Traité de Zoologie à l'usage des agriculteurs.

Cette subdivision sert à grouper les ouvages d'après leur destination. Les ouvrages destinés à l'enseignement élémentaire dans les écoles sont classés à (075).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les Répertoires bibliographiques on pourra sous-classer facultativement (024) par les nombres principaux propres aux matières dont s'occupent ces personnes. Ainsi le nombre 63 étant celui de l'agriculture, on peut, dans l'exemple ci-dessus, former, de la façon suivante, une division plus détaillée 59 (024 : 63).

(026) Réservé à des divisions propres à chaque science, et dont le sens est spécifié dans les tables particulières.

Pour l'application, voir les tables de classification des sciences particulières.

Ex : 34 (37) (026) Manuels de Droit Romain exposés dans l'ordre des Institutes.
Modernes Institutes.

(027) Réservé aux mêmes applications que (026).

(03) *Encyclopédies de...*

Subdivision comprenant les ouvrages généraux exposant la matière sous forme alphabétique, tels que encyclopédies, dictionnaires, lexiques, glossaires, vocabulaires de termes techniques, etc.

Ne sont classées ici que les encyclopédies réelles. L'encyclopédie formelle de chaque science est classée s'il y a lieu à un nombre spécial.

Ex : 340.11. Encyclopédie formelle du Droit.

(031) Grandes encyclopédies, grands dictionnaires, etc.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

(032) Moyennes encyclopédies, dictionnaires moyens, etc.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

(033) Petits encyclopédies, petits dictionnaires, etc.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

(038) Dictionnaires, lexiques, glossaires, vocabulaires de termes techniques.

A sous-classer facultativement par les divisions de langues.

. . . . . .
. . . . . .

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

### CONDENSEURS DE LA STATION DE LA *New York Rapid Transit C°* (1)

Cette station, dont la puissance totale atteint environ 100 000 chevaux, a pour unités des machines verticales-horizontales doubles compound à cylindres de $1^m,12$ et $2^m,24$ de diamètre, marchant à 75 tours, et de, normalement, 8 000 chevaux ; chacune d'elles est pourvue d'un condenseur barométrique à injection du type ALBERGER (2).

Ce condenseur consiste (fig. 2) en une sorte de bouteille tronconique terminée par un tube barométrique plongeant dans la bâche de condensation. La vapeur arrive dans cette bouteille par le gros tuyau de gauche, qui a 750 millimètres de diamètre, l'eau d'injec-

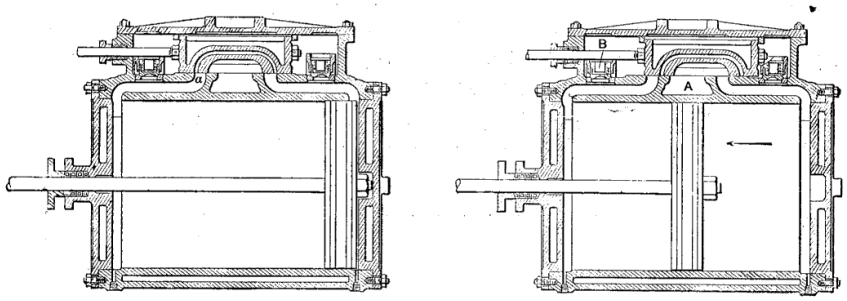



Fig. 1. — Pompe à air *Alberger*.

tion y arrive par le tuyau de droite, de 355 millimètres, au-dessus d'un cône et d'une crépine qui la diffusent dans la vapeur. Ce cône est suspendu à un ressort réglable, qui proportionne automatiquement sa section au débit de l'eau et en maintient ainsi la pression sensiblement constante. La vapeur d'échappement passe en grande partie sur le cône d'injection et en partie au bas de la bouteille dans l'espace annulaire ménagé entre sa paroi extérieure et un cylindre intérieur. Une faible partie de l'air amené par cette vapeur et l'eau passe au tube barométrique, le reste s'évacue par le tube vertical que l'on voit à droite, dans la bouteille, vers le chapeau de cette bouteille, sur les chicanes de laquelle il est refroidi par une dérivation de l'eau d'injection amenée par un tuyau de 50 millimètres. Cet air, ainsi refroidi et diminué d'autant en volume, passe à la pompe à air par le tuyau de 150 millimètres indiqué à gauche, en haut de la bouteille, après avoir abandonné son eau, qui revient à la bouteille par

(1) *Power*, Juin 1903.
(2) *Revue de mécanique*, avril 1903, p. 383.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son tuyau vertical de droite. Un excès subit de vapeur, dû à une surcharge du moteur augmente bien la température de condensation, avec une certaine perte de vide, mais sans pouvoir troubler la marche du condenseur ni noyer la pompe à air, qui fonctionne sensiblement à sec. Le diamètre de la bouteille est de $1^{m},27$.

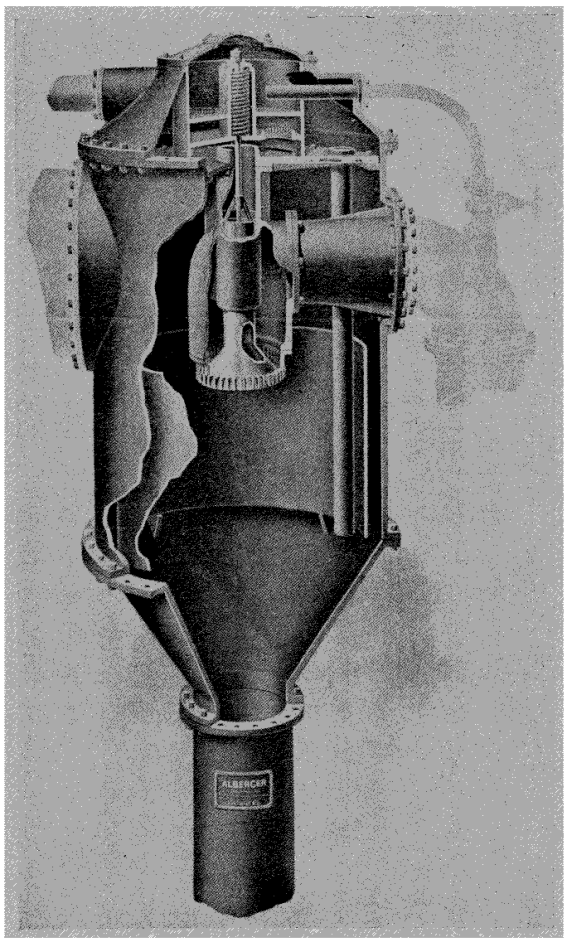


Fig. 2. — Condenseur *Alberger*.

L'aspiration de la pompe à air est contrôlée (fig. 1) par un tiroir à double entrée *a*, qui, à la fin de chaque course, fait communiquer les deux bouts du cylindre de manière à permettre à l'air comprimé dans l'espace nuisible de passer à l'autre extrémité du cylindre. Comme on le voit sur la figure 2, cet échappement auxiliaire se ferme dès le retour du piston, qui part avec un vide immédiat derrière lui, sans être obligé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de décrire un volume d'environ 15 fois celui de son espace nuisible avant de com-

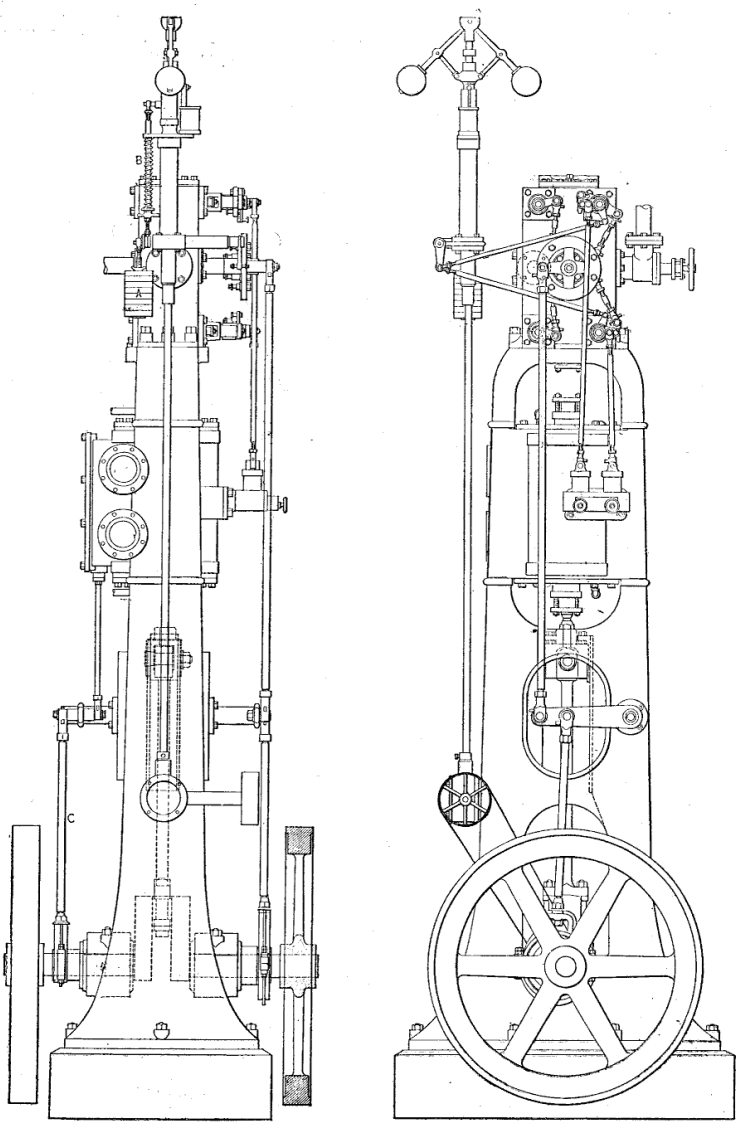


Fig. 3. — Pompe à air *Alberger*.

mencer l'aspiration. Avec un espace nuisible de 5 p. 100, cet espace serait de 75 p. 100 de la cylindrée totale, dont le quart seulement serait alors utilisé à l'aspiration. Le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

refoulement se fait par des soupapes B (fig. 5), très légères, chargées par des ressorts

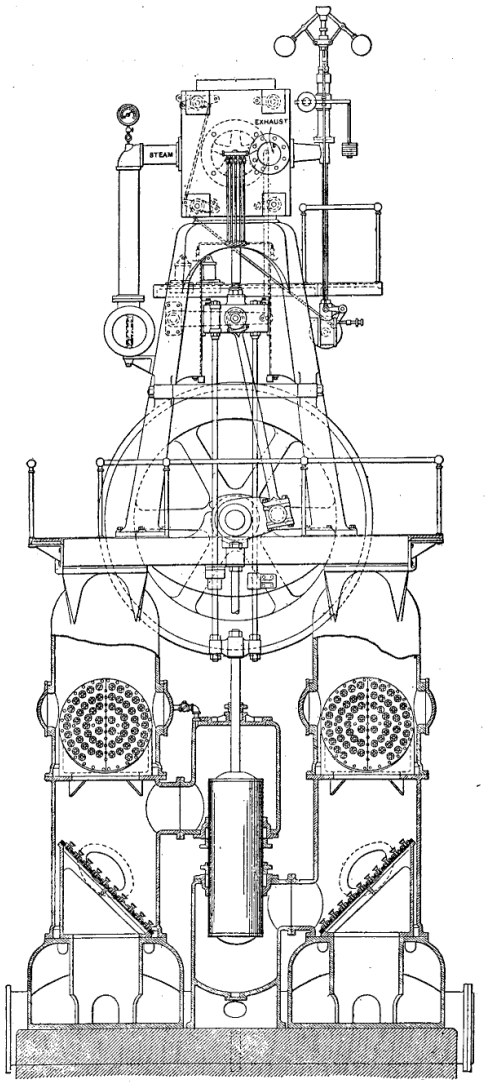



Fig. 4. — Pompe de circulation *Alberger*.

et avec dash-pot à air. Le cylindre vertical de cette pompe à air, de 460×610 de course et enveloppé d'eau comme celui d'un compresseur, est (fig. 3) au-dessous de son cylindre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moteur de 200×610, à distribution Corliss et régulateur à vitesse réglable entre des limites étendues par le ressort B et les poids A. Le tiroir d'aspiration de la pompe à air est commandé par l'excentrique C, opposé à celui qui commande la distribution de la vapeur.

La pompe de circulation est (fig. 4) aussi commandée directement par une Corliss verticale compound à cylindres de 250 et 500×750 de course; l'un des côtés de la

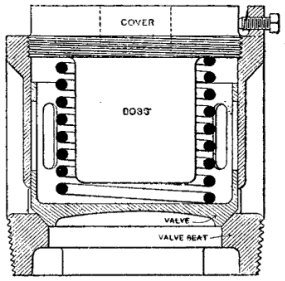



Fig. 5. — Soupape de refoulement de la pompe à air.

pompe aspire pendant que l'autre refoule; le régulateur permet d'en pousser la vitesse jusqu'à 50 tours par minute; chacune d'elles débite 45 000 mètres cubes d'eau par jour.

La dépense des machines est de 7 kilogrammes de vapeur par cheval-heure, soit de 5 600 kilogrammes par machine de 8 000 chevaux, ce qui exige environ 20 fois plus d'eau d'injection, soit 1 120 mètres cubes par heure. A 12 000 chevaux, cela fait 1 680 mètres par machine et par heure, soit, pour les 9 machines, environ 15 000 mètres cubes.

## DYNAMOMÈTRE COMPTEUR *Taylor* POUR L'ESSAI DES VENTILATEURS (1).

Ce dynamomètre est destiné à l'essai de ventilateurs sur une échelle assez étendue, depuis ceux qui n'absorbent qu'un cheval à 2 000 tours par minute, jusqu'à ceux de 10 chevaux à 500 tours; il comprend deux parties : un compteur et le dynamomètre proprement dit. Le dynamomètre est interposé entre le ventilateur à l'essai et une dynamo de puissance proportionée à celle du ventilateur.

Le compteur de tours est relié à l'arbre 1 (fig. 1) du dynamomètre par un embrayage électro-magnétique 2, à pignon 3, entrainant le train 4-5 des roues de types 6, 7, 8, 9 et 10, à manchons concentriques. Chaque roue de types porte les nombres de 0 à 9 inclusivement, et répétés en diagonale comme en figure 3, qui représente le développement de la roue n° 6, de manière à enregistrer les fractions de tours, et que chaque roue imprime, sur le ruban 13 (fig. 2), entraîné par la roue de friction 11, deux chiffres nets à chaque frappe du marteau 16, commandé par l'armature 15 de l'électro-aimant 14. Cette frappe se fait sur le ruban automatiquement réversible 12 comme dans une machine à écrire. L'appareil porte, en outre, un chro-

(1) *American Machinist*, 27 juin, p. 833.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

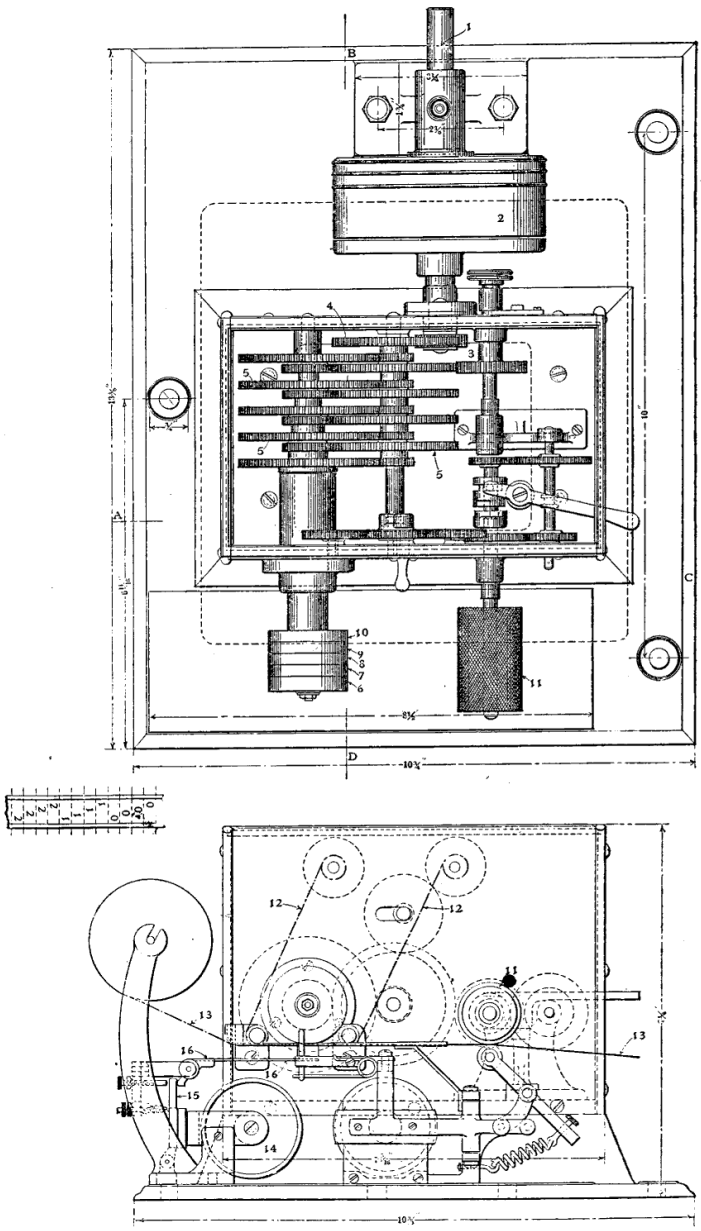



Fig. 1 à 3. — Dynamomètre *Taylor*, détail du compteur de tours.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

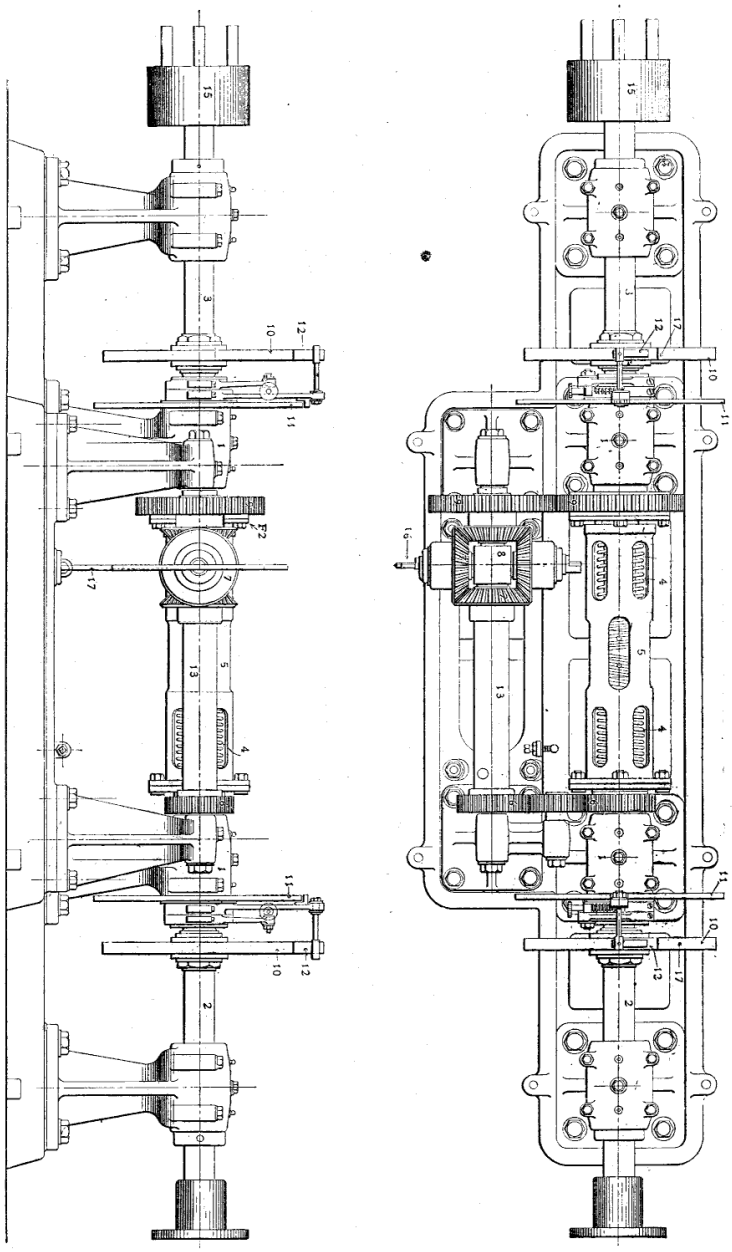


Fig. 4 et 5. — Dynamomètre *Taylor*, plan et élévation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nographe marquant les secondes sur les bords du papier, mais on ne s'en sert pas pour l'étude des ventilateurs. Le ventilateur ayant atteint à peu près la vitesse voulue, on embrayait 2, et l'on marquait un nombre sur le papier, en fermant le circuit de 14, puis on déplaçait le ruban à la main, et on refermait ce circuit au bout d'une minute; la différence entre les deux nombres ainsi marqués donne la vitesse en tours par minute.

Les arbres 2 et 3 (fig. 4) du dynamomètre, reliés l'un à la dynamo et l'autre au ventilateur, sont conjugués par les ressorts 4 du manchon 5, solidaire de l'arbre moteur 3, de sorte que le décalage de 2 par rapport à 3 est, à chaque instant, proportionnel à la résistance du ventilateur. Ce décalage est transmis par le différentiel 6, 13, 8, 9 à l'anneau gradué 16, qui se déplace devant la pointe fixe 17. En outre, chacun des arbres 2 et 3 entraîne un plateau 10 avec contact et, sur ces plateaux, portent deux balais 12, montés sur disque gradué fixe 11. Lorsque ces deux balais portent simultanément sur leurs contacts, un courant passe dans un circuit à microphone, qui rend un son à chaque passage des contacts sur les balais, de sorte qu'il suffit d'observer l'angle dont il faut tourner l'un des disques 11 pour produire ce son; cet angle donne le décalage des arbres 2 et 3. La graduation du dynamomètre se fait en passant sur le tambour 15 une corde-frein attelée à un peson, et le tambour 15 entraîne le ventilateur par une transmission flexible du genre Raffard.

Le frottement du dynamomètre à vide est presque nul, et la transmission des efforts n'affecte pas ce frottement, dont il suffit, par conséquent, de relever les variations, d'ailleurs très faibles, avec la vitesse et la température.

## LES MACHINES A MOULER A LA MAIN, D'APRÈS *M. S. H. Stupakoff* (1).

Les presses à main doivent avoir leur presseur ou plongeur, qui tasse le sable dans le châssis ou moule, commandé par des leviers aussi doux à manier que possible, avec leurs mécanismes au-dessus de la table, de manière à les éloigner des poussières et du sable, comme en figure 1, où le mécanisme est constitué par un genou à secteurs dentés. L'un de ces segments est solidaire du levier et du contrepoids, l'autre est articulé à la tige du presseur et relié au premier par deux mailles qui constituent l'un des membres du genou et les maintiennent en prise. La disposition excentrée de ces secteurs imprime au presseur un mouvement rapide dans le haut de sa course et lent au moment du serrage. Ce mécanisme, bien que robuste, n'est pas suffisamment abrité du sable, et la course du levier est trop limitée; il s'applique également aux machines fixes et mobiles.

Les machines figures 3 à 8 ont leurs mécanismes sous la table. Le presseur se dégage de la table soit (fig. 3) en basculant, soit (fig. 4) en pivotant, soit (fig. 5) en glissant horizontalement; ces mouvements de dégagement s'opèrent soit par un levier spécial, ce qui ne présente guère d'inconvénient si le presseur est équilibré, soit par le levier presseur même, et ce en forçant d'en augmenter la course, ce qui diminue le débit de la machine et augmente la fatigue de l'ouvrier. Les mouvements de l'ouvrier doivent être, en effet, aussi limités que possible; il doit se courber le moins possible, et ne travailler que de ses bras, en restant toujours droit. La distance

(1) *Engineering News*, 18 juin, p. 542.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du presseur à la table doit pouvoir varier de manière à suivre les variations de l'épaisseur du châssis, comme en figures 3 et 4.

Les machines figures 6 à 8 sont à tables mobiles, levées sous le presseur fixe. En figures 9 et 10, le presseur descend sur la table, tiré par un genou dont, en figure 10, le long bras peut facilement se détacher de la tige du presseur. Avec le mécanisme figure 11 et 13, un même levier avance le presseur sur la table, puis l'y descend ; le

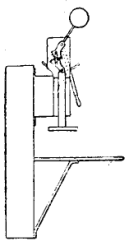


Fig. 1.

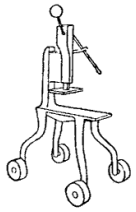


Fig. 2.

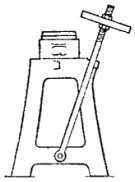


Fig. 3.

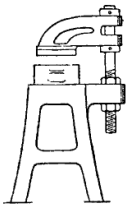


Fig. 4.

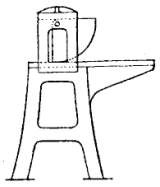


Fig. 5.

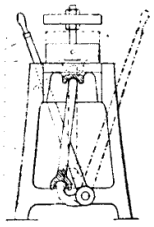


Fig. 6.

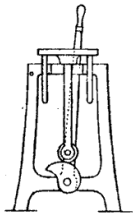


Fig. 7

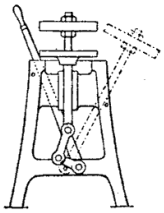


Fig. 8.

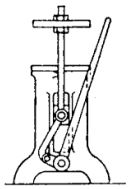


Fig. 9.

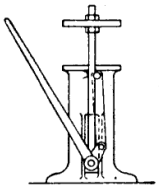


Fig. 10.

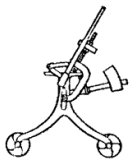


Fig. 11.



Fig. 12.

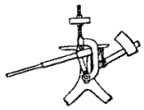


Fig. 13.

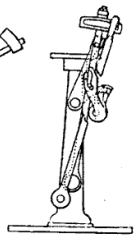


Fig. 14.

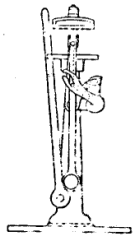


Fig. 15.

presseur est équilibré par un contrepoids ; bien que la moitié de la course du levier soit consacrée à amener le presseur au-dessus du châssis, ce mécanisme fonctionne bien, et sans surcroît de fatigue. En figure 14 et 15, le levier amène d'abord le presseur sur la table, puis, par un système de leviers à cames qu'il lâche ensuite, il lève la table et le châssis sous le presseur ; ce mécanisme et ses cames et coulisses sont trop exposés à la poussière. En pratique, la commande des deux mouvements : avance et serrage du presseur, par un seul levier n'est guère avantageuse, et ne vaut pas la complication qu'elle entraîne dans les mécanismes, leur usure et leur entretien.

Ces machines à mouler ne sont guère utiles que pour le moulage de petites pièces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peu épaisses; pour les pièces épaisses, il faut exécuter une partie du damage du sable à la main ; d'après M. Stupakoff, aucune machine à mouler ne pourra remplacer entièrement l'habileté du mouleur ; elles ne peuvent qu'en augmenter la production, et exigent toujours un grand soin dans leur manipulation.

### LES POMPES CENTRIFUGES A HAUTES PRESSIONS, D'APRÈS *M. C. W. Darley* (1).

Il s'agissait d'élever, pour la distribution des eaux de Sidney, par vingt-quatre heures, 6 800 mètres cubes à 210 mètres; la commande fut adjugée à la maison Parsons, de Newcastle, qui proposait trois pompes centrifuges en cascade commandées par une turbine à vapeur compound à condensation. Le condenseur à surface, disposé sous la turbine, a ses deux pompes à air compound commandées par vis sans fin, avec une réduction de vitesse de 35 ; l'eau de circulation est fournie par le tuyau d'aspiration au travers d'une vanne qui permet d'en régler le débit. L'arbre de la turbine et ceux des pompes sont indépendants et reliés par des accouplements flexibles.

Chacune des pompes centrifuges peut débiter 6 800 mètres cubes en vingt-quatre heures, sous une charge de 72 mètres, à la vitesse de 3 300 tours par minute ; elles sont à roues doubles, avec turbines auxiliaires latérales facilitant l'accès de l'eau dans la roue; l'arbre, de 83 millimètres de diamètre, est pourvu de dispositifs spéciaux empêchant l'aspiration de l'air et d'une butée ; le graissage sous pression est alimenté par une pompe à huile. L'arbre ne vient pas en contact avec ses garnitures annulaires il n'y a pas de bourrage à ces garnitures, qui furent, aux essais, absolument étanches.

Le tuyau d'aspiration a 280 millimètres de diamètre et celui de refoulement 250 ; à la périphérie de la roue, se trouve un diffuseur. L'on peut très facilement sortir, d'ensemble, l'arbre et sa roue, et les remplacer en une demi-heure environ. Les roues sont en bronze. Les paliers sont du type à bagues multiples concentriques avec, entre elles, un petit jeu qui se remplit d'huile et forme un palier élastique auto-alignant, permettant à l'arbre de tourner librement sur son axe de figure.

Les essais exécutés par M. J. Goodman ont donné les résultats du tableau ci-dessous :

| Numéro des essais | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| Nature | Normal. | Normal. | En surcharge. | En surchauffe. |
| Durée | $2^h$ | $1^h,54$ | $1^h,2$ | $1^h,53$ |
| Pression d'admission | $4^k$ | $4^k$ | $5^k,9$ | $3^k,9$ |
| Vide au condenseur | $700^{mm}$ | $700^{mm}$ | $700^{mm}$ | $700^{mm}$ |
| Vapeur par cheval-heure en eau montée | $12^k,7$ | $13^k,7$ | $13^k$ | $12^k,7$ |
| Tours par minute | 3 300 | 3 330 | 3 710 | 3 340 |
| Pression de refoulement, 1re pompe | $30^m$ | $30^m,60$ | $39^m$ | $31^m$ |
| — — 2e — | $62^m$ | $62^m,50$ | $69^m$ | $63^m$ |
| — — 3e — | $98^m$ | $96^m$ | $118^m$ | $97^m$ |
| Aspiration | $3^m,30$ | $3^m,30$ | $11^m,30$ | $11^m,30$ |
| Levée totale | $193^m,30$ | $192^m,40$ | $237^m,30$ | $202^m,30$ |
| Débit par 24 heures | $7\,270^{m3}$ | $6\,820^{m3}$ | $7\,730^{m3}$ | $6\,850^{m3}$ |
| Puissance en eau montée E (chevaux) | 252 | 235 | 326 | 239 |
| Puissance d'une machine marchant suivant le cycle de Rankine entre les mêmes limites de température R | 720 | 739 | 1 049 | 733 |
| Rapport $\frac{E.}{R}$ | 35 % | 31 % | 31,1 % | 32,6 % |

(1) *Engineering conférence des Civil Engineers d Londres*, 19 juin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A l'essai en surcharge, avec une levée de 300 mètres, l'un des paliers chauffa parce que le tuyau d'aspiration horizontal, envoyant son eau sur le côté obliquement à la roue, y déterminait une pression latérale non équilibrée; on y remédia en perçant dans la roue des trous, mais en diminuant le rendement de la pompe (essais 2, 3 et 4) ; néanmoins, d'après M. Parsons, ces trous présentent des avantages qui en justifient le maintien.

Dans l'essai n° 1, avec la faible pression d'admission de 4 kilogrammes, la dépense de vapeur, par cheval effectif en eau montée, a été de $12^{kg},7$, et la turbine seule dépenserait environ $6^{kg},9$, ce qui donnerait, pour le rendement de l'ensemble des pompes, environ 56 p. 100.

## SURCHAUFFEURS WATKINSON (1)

Dans les machines à vapeur à condensation, il se condense encore, pendant l'admission, sur les parois du cylindre, de 12 à 30 p. 100 de la vapeur admise. La turbine échappe à cet inconvénient; mais, néanmoins la surchauffe de la vapeur en améliore aussi le rendement en diminuant les frottements de la vapeur sur les aubes et en évitant l'engorgement des ajutages par l'eau de la vapeur saturée.

Des différents dispositifs : compoundage, réduction des espaces nuisibles, enveloppes, séparateurs d'eau... proposés pour diminuer la condensation sur les parois, la surchauffe est la plus efficace, car elle seule peut supprimer entièrement la condensation initiale; elle constitue le seul moyen dont on dispose aujourd'hui pour réduire encore la dépense des machines à grande détente; elle en augmente le rendement thermique et aussi le rendement organique, en diminuant le travail des pompes à air; elle diminue aussi les fuites des pistons et des distributeurs attribuables, en grande partie, aux condensations sur les parois, l'eau traversant ces fuites beaucoup plus facilement que la vapeur, ainsi que l'ont démontré les expériences de MM. Callendar et Nicholson. D'après M. Perry, la présence de l'eau autour des pistons et des valves rend ces fuites 50 fois plus grandes que s'il ne s'y trouvait que de la vapeur.

Pour surchauffer un kilogramme de vapeur de 80°, il ne faut guère que 6 p. 100 de la chaleur nécessaire pour produire cette vapeur saturée, et le volume en augmente de 30 p. 100. Dans bien des cas, on se contente de surchauffer la vapeur juste assez pour empêcher la condensation initiale aux cylindres, où elle se transforme en vapeur saturée au commencement de la détente, et l'on ne profite pas alors de cet accroissement de volume, tout en économisant la condensation et les fuites sans aucune difficulté de graissage.

Avec les grandes machines des types usuels, il ne faut guère dépasser une surchauffe de 100° environ, et il se produit souvent des troubles aux distributeurs pour une surchauffe de 80° seulement. Cette limite peut-être notablement dépassée avec les tiroirs cylindriques. Mais, dans ces limites, la vapeur ne reste pas surchauffée pendant la détente, de sorte que, pour retirer de la surchauffe, dans les machines à double et triple expansion, tout le bénéfice possible, il faut surchauffer la vapeur passant d'un cylindre à l'autre. On peut ainsi réduire la dépense de vapeur à $3^{k},60$ par cheval-heure indiqué dans les grandes machines. Sur les navires, cette surchauffe intermédiaire

(1). *Institution of Naval Architects*, 24 juin,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pourrait se faire par des surchauffeurs à feux indépendants traversés successivement par les gaz de leur foyer et placés aussi près possible des machines.

Les surchauffeurs indépendants décrits dans cette note sont aussi faciles à conduire et probablement aussi durables que leurs chaudières, et ils permettent de réduire d'un tiers la dépense de vapeur et la production de ces chaudières.

Lorsqu'il n'y a qu'une ou deux chaudières, il vaut mieux chauffer le surchauffeur par les gaz mêmes du foyer des chaudières, mais, dans les grandes installations, le surchauffeur indépendant est préférable parce que sa marche est indépendante de l'allure des différentes chaudières de la batterie, dont certains surchauffeurs dépendants pourraient être portés au rouge alors que d'autres ne surchaufferaient même pas; en outre, ce surchauffeur indépendant coûte moins cher qu'un surchauffeur à chaque chaudière; enfin, le degré de surchauffe s'y règle beaucoup plus sûrement.

La résistance que le surchauffeur oppose au passage de la vapeur y détermine une chute de pression, qui ne dépasse guère $0^k,2$, mais atteint parfois $0^k,3$. On a cherché

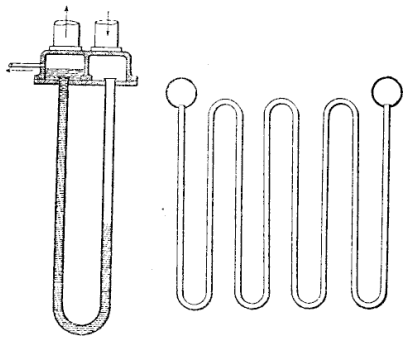


Fig. 1 et 2.

à y remédier par l'emploi de dérivations permettant de ne faire passer dans le surchauffeur qu'une partie de la vapeur et de régler la température de la vapeur envoyée aux machines en la mélangeant à de la vapeur saturée; mais ce dispositif ne remplit pas son but, car, s'il est réglé de manière à le remplir quand la machine est en pleine charge, la vapeur ne sera pas surchauffée quand cette charge diminuera, tandis que le contraire devrait se passer, puisque la détente augmente; en outre, cet excès de dérivation expose le surchauffeur à se brûler parce qu'il n'y passe plus assez de vapeur.

On a souvent cherché à transformer une partie de la chaudière en surchauffeur, ce qui expose une partie des tubes à être tantôt très chauds tantôt très froids et, par conséquent, très fatigués.

Les dispositifs destinés à permettre de remplir d'eau les tubes du surchauffeur pendant l'arrêt de la machine et la mise en train des chaudières exposent les tubes du surchauffeur à se rouiller rapidement et à s'incruster si l'eau n'est pas très propre; en outre, cette eau est sujette à s'accumuler dans ces tubes et à y pénétrer par des fuites aux soupapes de manière à empêcher ou à compromettre la surchauffe. Quand on ouvre le robinet de purge, l'eau n'est chassée que des premiers tubes, en raison (fig. 1) de la faible différence de pression entre les branches de ces tubes, puis, lors de la sur-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chauffe, les tubes sans eau risquent de se brûler; cet inconvénient est surtout sensible avec la disposition en série (fig. 2).

Le surchauffeur de M. Watkinson, tel qu'il est construit par MM. Mecjan and Sons à Glasgow, est constitué (fig. 3) par des rangées de tubes en U montés en parallèle sur trois collecteurs horizontaux. Ces tubes, en acier, constituent des sortes de peignes traversés par les gaz du foyer dont ils absorbent très efficacement la chaleur, en abaissant leur température aux environs de 190°. Cette réduction tient à ce que les tubes sont très rapprochés; ils sont mandrinés de l'intérieur des collecteurs, et en zigzag, de manière à permettre d'en rapprocher les extrémités; chacun d'eux peut se remplacer indépendamment; leur disposition verticale les assèche naturellement et en facilite le nettoyage; les suies ne s'y attachent que difficilement. Le surchauffeur fig. 3 est chauffé par un gazogène; il a marché, nuit et jour, deux années, sans aucune détério-

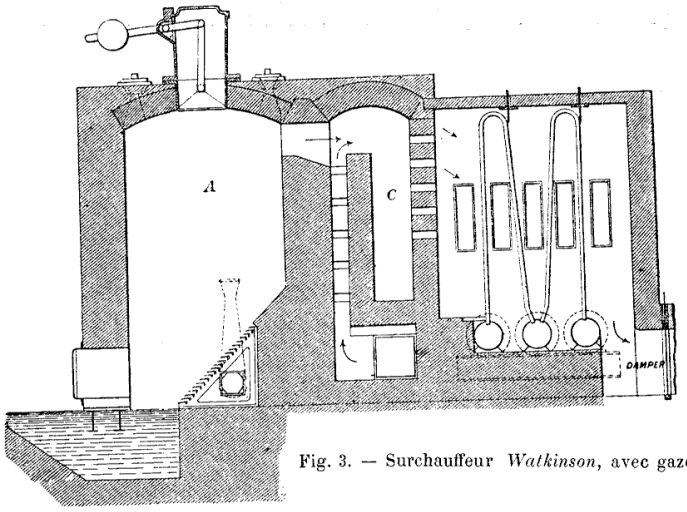



Fig. 3. — Surchauffeur *Watkinson*, avec gazogène.

ration des tubes, et permis de réduire de 6 à 4 le nombre des chaudières. Les gaz du gazogène *a* sont brûlés par de l'air admis en *c*, et la surchauffe se règle facilement par l'air admis au souffleur du gazogène. On construit actuellement, pour une mine de houille, un surchauffeur de ce type (fig. 4) pour 112 000 kilogrammes de vapeur à l'heure. En figure 5, le surchauffeur est sur le gazogène, pour économiser de la place.

Le surchauffeur indépendant fig. 6 est chauffé par un foyer ordinaire, dont la conduite est plus difficile que celle d'un gazogène chargé toutes les heures, décrassé toutes les 12 heures, et réglé par son souffleur. Afin de faciliter le réglage du foyer fig. 6 l'on a interposé, entre le surchauffeur et ce foyer, une chambre de briques perforées agissant comme régulateur de chaleur. En figure 7, le charbon tombe du magasin *m* sur la grille mécanique.

Lorsqu'il faut, comme dans les machines marines et locomotives, limiter les poids, on peut employer le type figure 8, avec tubes en U emboutis dans une plaque tubulaire *p*, sur anneaux d'acier *h*, la vapeur entrant en *s*, dans l'anneau extérieur, et sortant en *s'*, par l'anneau intérieur. Le chauffage se fait au pétrole, en *bed*, avec écono-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miseur à air chaud en *a*: le diamètre extérieur du surchauffeur est de 3m 30 pour un débit de 68 000 kilogrammes de vapeur à l'heure.

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

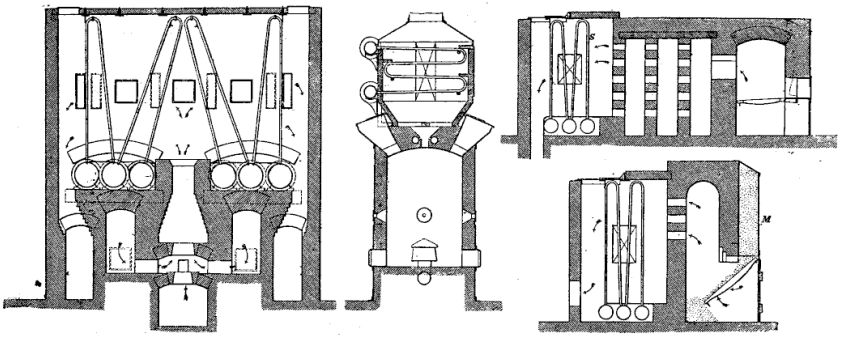


Fig. 7.

Fig. 8. Fig. 10. Fig. 12.

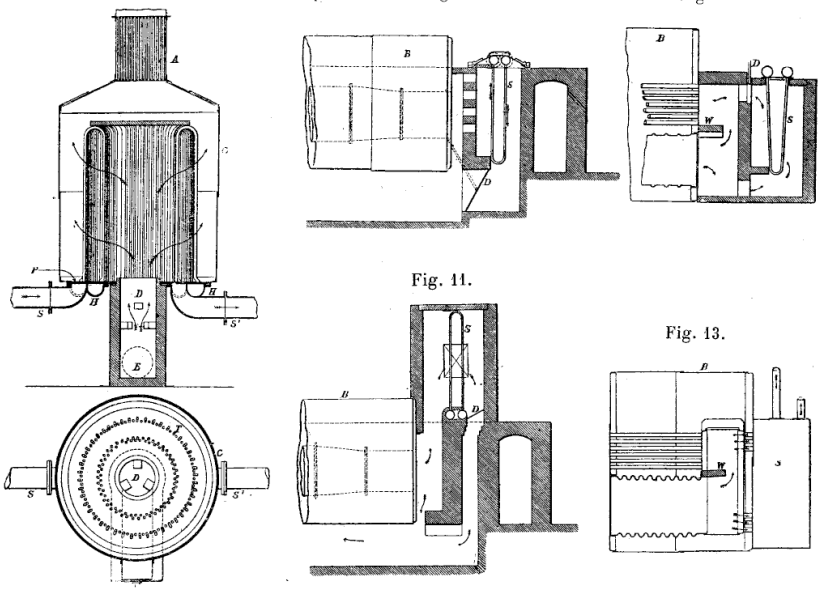


Fig. 11.

Fig. 13.

Fig. 9.

Fig. 4 à 13. — Surchauffeurs *Watkinson*.

En figure 10, le registre *d* est fermé pendant la mise en train ou l'arrêt des machines, puis, suivant l'ouverture de *d*, les gaz du foyer passent plus ou moins au surchauffeur de manière à permettre le réglage de la surchauffe; le registre, placé dans un endroit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

relativement froid, ne se brûle pas. Ce dispositif fonctionne bien et permet de réaliser des économies de 20 p. 100. On le retrouve appliqué, en figure 12, sur une chaudière

Fig. 14.

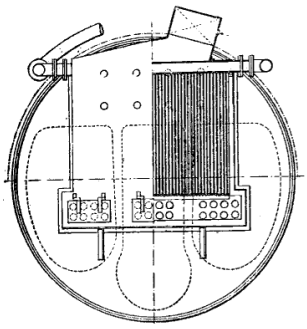


Fig. 15.

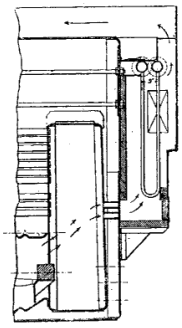


Fig. 16.

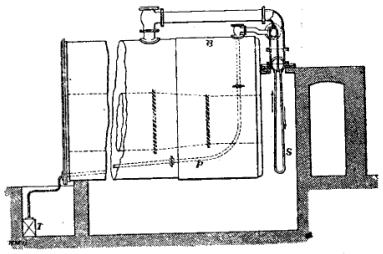


Fig. 17.

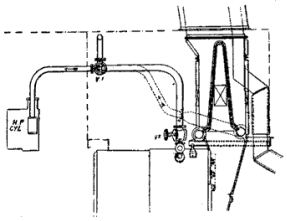


Fig. 18.

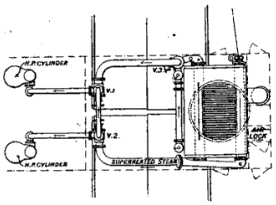


Fig. 19.

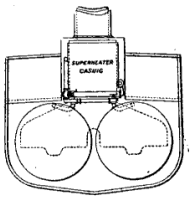


Fig. 20.

Fig. 21.

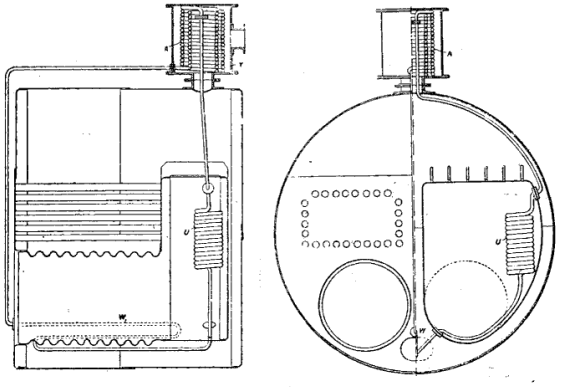


Fig. 14 à 21.
Surchauffeurs *Watkinson*.

tubulaire à retour de flammes, avec déflecteur *w* dans la chambre de combustion; en figure 13, sur une chaudière marine, avec surchauffeur en *e*, puis, en figure 14 et 15, dans la cheminée.

En figure 16, la sortie du surchauffeur est reliée à une dérivation *p*, traversant l'eau relativement froide du bas de la chaudière, et aboutissant au purgeur *t*; cette eau con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dense la vapeur dérivée du surchauffeur en $p$ en qualité réglable, et cette circulation améliore celle de la chaudière.

En figure 17-19 le surchauffeur est chauffé par les gaz du foyer dans la cheminée même d'une chaudière marine.

En figure 20 et 21, le surchauffeur se compose d'un serpentin $u$, logé dans la boîte à feu, faisant partie d'un circuit continu *wau*, rempli d'un liquide à point d'ébullition élevé, qui s'échauffe et circule pendant la mise en train, puis surchauffe ensuite la vapeur qui passe de la chaudière aux machines autour de $a$. La chaleur du circuit non absorbée en $a$ l'est par l'eau de la chaudière, de sorte qu'il n'y a pas de danger de brûler le circuit.

Lorsque le surchauffeur est dans la cheminée même de la chaudière, il y a plus de danger qu'autrement qu'il ne serve en réalité de condenseur, de temps en temps, suivant l'allure du feu et de la machine ; on évite ce danger au moyen d'accumulateurs de chaleur. Lorsque la vapeur de la chaudière est susceptible d'entraîner des dépôts au surchauffeur, il faut mettre, à son entrée, une crépine de séparation; on peut aussi l'employer avec les grosses chaudières sujettes à primage. Il ne faut employer la surchauffe, avec les machines, qu'après en avoir rodé les pistons et les distributeurs de manière à en glacer les frottements, et, si ce glaçage est bien fait, on peut même se passer de graissage intérieur.

## PERFECTIONNEMENTS A LA CONSTRUCTION DES TURBINES, D'APRÈS *M. Schmitthenner* (1)

La plupart des constructeurs emploient actuellement la turbine Francis pour des chutes ne dépassant pas 100 mètres. Au delà, et avec de faibles débits, on emploie la turbine Schevamkrug et la roue Pelton.

*Vitesses maxima et minima de la turbine Francis.* — Le diagramme figure 1 donne les nombres de tours de quelques turbines à puissances et chutes égales. Jusqu'en 1897, il existait deux groupes de turbines Francis : à vitesse rapide (groupe A) et à vitesse modérée (groupe B). Les deux groupes sont caractérisés, dans la figure 1, par des courbes obtenues en calculant, pour toute une série de turbines d'un groupe, les puissances et les nombres de tours correspondant à une chute de 1 mètre. Les nombres de tours sont portés sur l'axe des abscisses, les puissances sur celui des ordonnées. On a obtenu ainsi, pour chaque groupe, des courbes continues affectant la forme d'hyperboles.

La chute étant de 1 mètre, les puissances sont désignées par $N_1$ et les nombre de tours par $n_1$.

La comparaison entre les courbes A et B montre que les turbines A tournent avec une vitesse de 25 à 40 p. 100 supérieure à celle des turbines B.

On sait que, en désignant par H (en mètres) la hauteur de la chute, on a

$$n = n_1 \sqrt{H}, \text{ et } N = N_1 H \sqrt{H}$$

Tandis que, en Europe, on a maintenu les vitesses de turbines entre certaines limites assez étroites, en Amérique, on augmente les vitesses de plus en plus. En se reportant à la figure 1 on verra que la New American-Turbine, construite par la Dayton

(1) *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure,* 20 juin 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Globe Ironworks C°, se rapproche le plus de la turbine A (suivant les catalogues de cette maison parus en 1891 et 1892). Mais la turbine qui tourne avec la plus grande vitesse (d'après le catalogue de James Leffel and C°, de Springfield) est la turbine New-Samson.

Pour vérifier si les turbines américaines à grande vitesse peuvent réellement

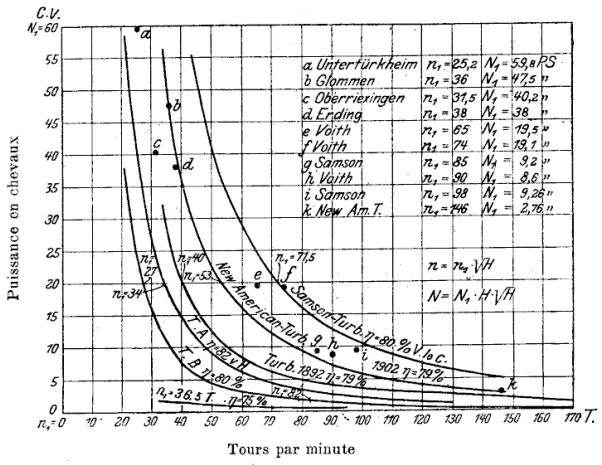



Fig. 1.

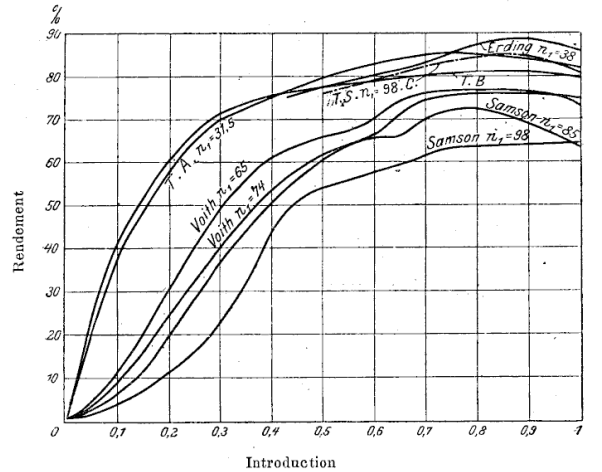



Fig. 3.

donner le rendement garanti de 80 p. 100, la maison J. M. Vorth, de Heiderchein, a acquis en 1898 une turbine Samson de 30 pouces (760 millimètres) de diamètre à la couronne mobile et du modèle 1897 (fig. 2 à 4). C'est une turbine Francis avec aubes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

directrices mobiles et à deux couronnes sur la roue. L'arbre est supporté par un bloc sphérique en bois de gaïac de 130 millimètres de diamètre, reposant sur une étoile à trois rayons, immergé, et lubrifié uniquement par l'eau.

Les aubes directrices ont une surface rugueuse et sont très minces; les boulons

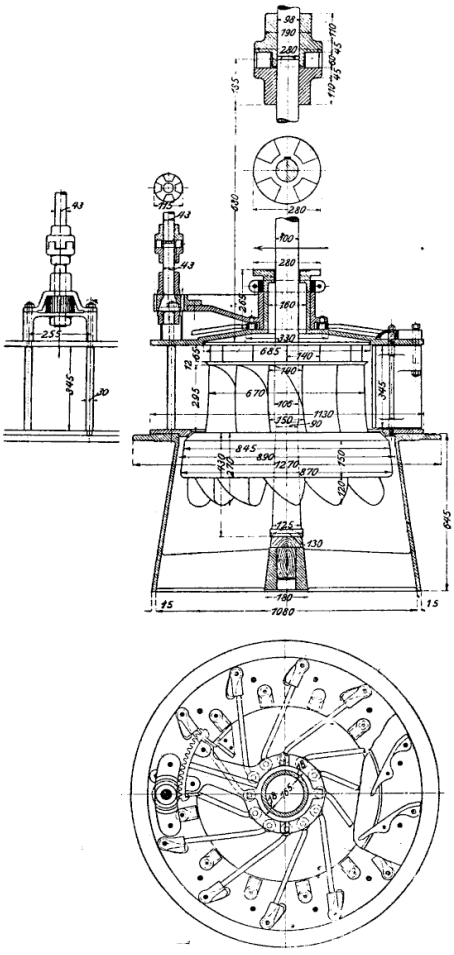



Fig. 2 à 4. — Turbine *Samson*.

et tourillons en ressortent de façon à donner lieu à la formation de tourbillons. La vitesse périphérique de la couronne mobile est modérée; elle n'est que de $3^{m},2$ par seconde pour une chute de 1 mètre; par suite la perte à la sortie de l'eau qui s'échappe de la turbine est considérable (20 p. 100 et plus).

D'après le catalogue du constructeur, cette turbine aurait dû, avec une chute utile

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de $2^m,133$, débiter un volume de $1^{m3},48$ par seconde, faire 143 tours par minute et réaliser

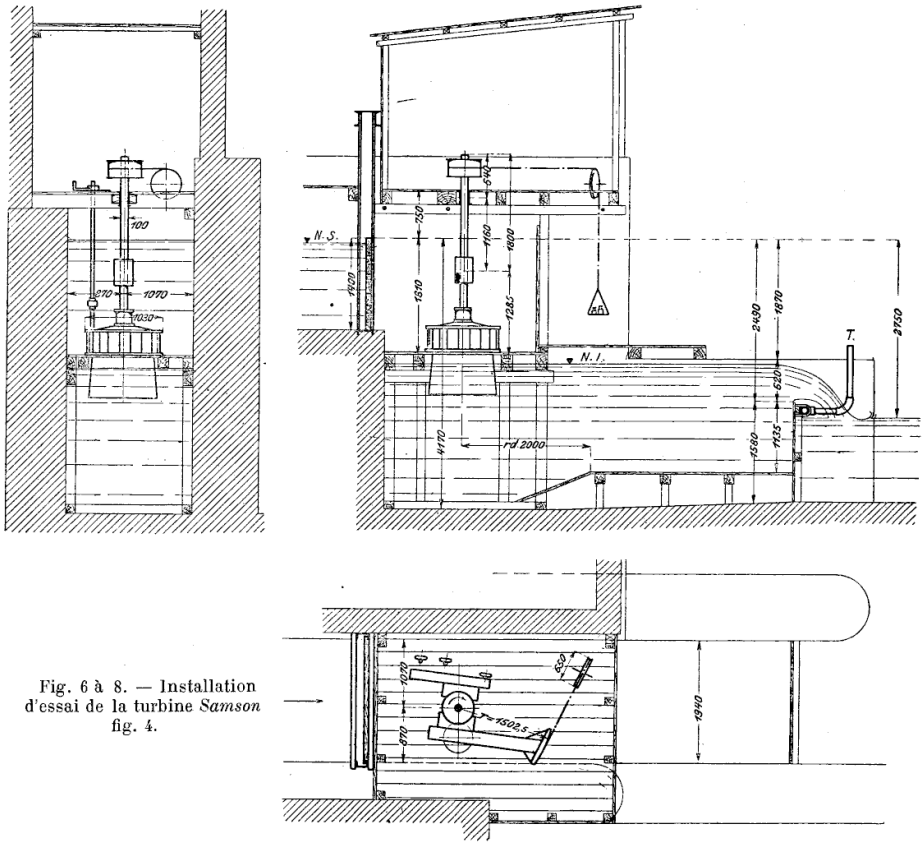



Fig. 6 à 8. — Installation d'essai de la turbine *Samson* fig. 4.

une puissance de $33^{chx},6$, avec un rendement garanti de 80 p. 100 et, aux différentes introductions les rendements suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Rendement de | 81,08 p. 100 | à introduction | totale |
| — | 84,78 | — | de 1/8 |
| — | 83,88 | — | de 3/4 |
| — | 80,07 | — | de 5/8 |
| — | 76,19 | — | de 1/2 |

Ces rendements sont portés dans la figure 5 (courbe T S).

Au mois de novembre, on monta la turbine dans une installation d'essai (fig. 6) avec une chute de 2 mètres. Les résultats étaient ramenés à la chute de 1 mètre. La figure 9 donne les puissances et la figure 10 les rendements de cette turbine Samson.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les chiffres de la maison Leffel and C°, ramenés à 1 mètre de chute, donnent $N_1 = 10^{chx},78$, avec $n_1 = 98$ comme nombre de tours normal. La figure 9 montre, d'autre part, que, pour $n_1 = 98$, la puissance maximum n'est que de $9^{chx},26$, et que la courbe

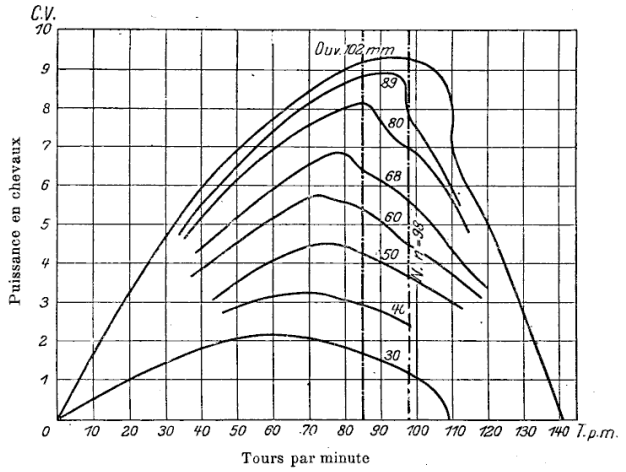



Fig. 9. — Essais de la turbine *Samson*.

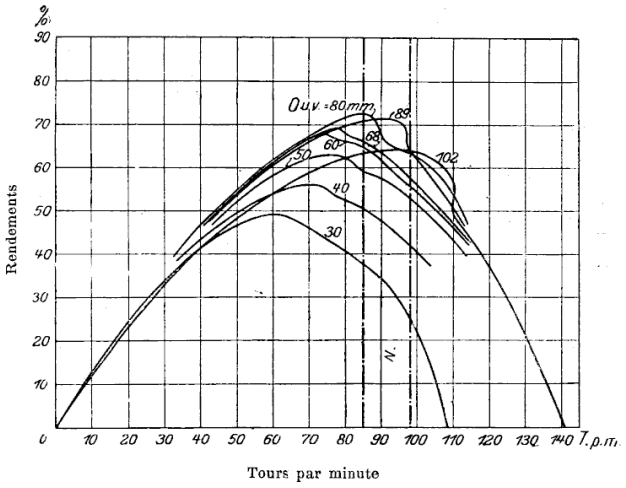



Fig. 10. — Rendements de la turbine *Samson*.

figure 1 est bien au-dessous de la courbe du catalogue. Néanmoins, on se trouve en présence d'une turbine remarquable à grande vitesse.

En prenant les rendements de la figure 10 pour $n_1 = 98$, et en les portant dans la figure 5, on obtient des courbes des rendements les plus basses de celles qui y sont tra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cées. On n'obtient, lors de l'introduction totale, que 67 p. 100 au lieu de 81 p. 100, Les courbes de la figure 10 font voir que le nombre de tours normal $n_1 = 98$ est certainement trop élevé. Avec $n_1 = 85$, on obtient (fig. 5) des rendements de beaucoup

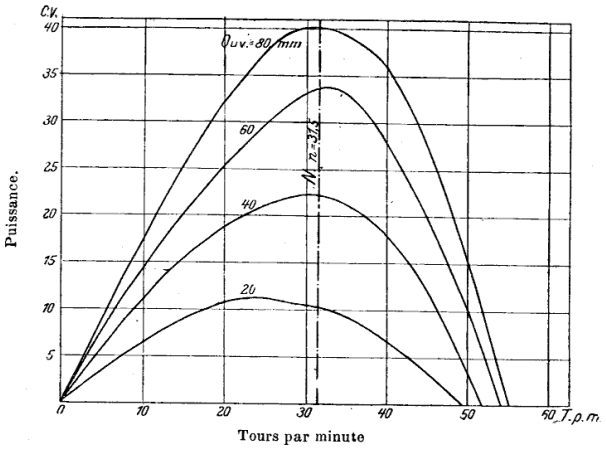



Fig. 11. — Puissances d'une turbine A de 105 chevaux.

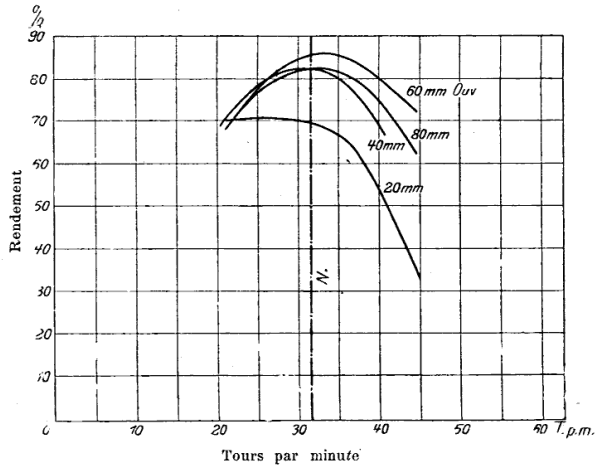



Fig. 12. — Rendements d'une turbine A de 105 chevaux.

supérieurs pour trois degrés d'introduction. Mais, même ces rendements, jusqu'à 72,5 p. 100, sont mauvais pour l'introduction des 3/4, en remarquant que le système des courbes $n_1 = 85$ et $N_1 = 9{,}2$ s'écarte encore davantage de la courbe du catalogue.

On obtient de meilleurs rendements avec les turbines A et les turbines B. Sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la figure 5, on a tracé la courbe de la turbine B moyenne d'un grand nombre d'essais au frein; cette courbe a la forme la plus régulière de toutes. Entre l'introduction totale et celle de 3/4, le rendement est de au-dessus de 80 p. 100; et, surtout pour

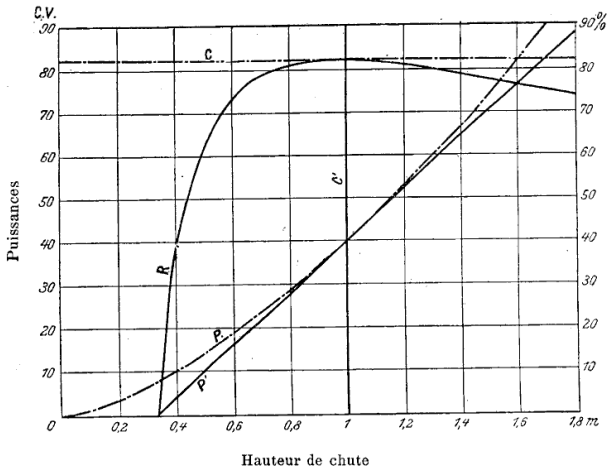



Fig. 13. — Essais de la turbine A de 105 chevaux.

stante pour le nombre de tours $n$ correspondant à chaque hauteur de chute. R, rendement pour $n = 31{,}5$
P, puissance pour $n$ variable avec la chute. P' puissance pour $n = 31{,}5$. C', chute normale de 1m.

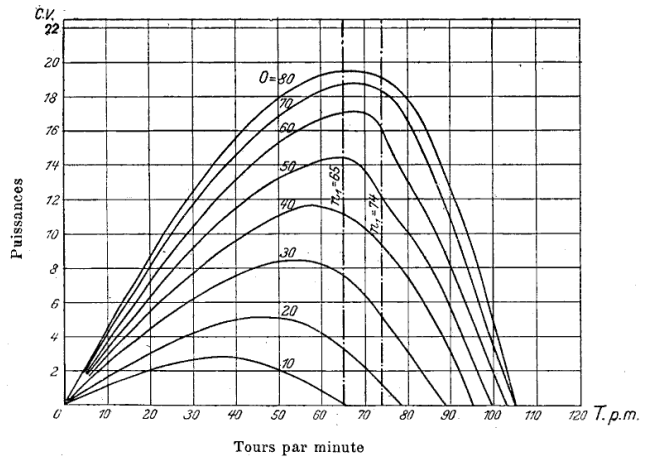



Fig. 14. — Essais d'une turbine *Voith* de 36 chevaux.

les faibles introductions, cette turbine présente le plus grand rendement de toutes. La courbe de la turbine A s'élève, entre l'introduction totale et celle de 1/2, plus que celle de la turbine B. La courbe tracée sur la figure 5 est donnée par les essais



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au frein d'une turbine de 105 chevaux et de 19 mètres de chute, fournie par la maison Karl Kaltschmid, à Oberriexingen.

Dans la figure 11, on a figuré, rapportées à une chute d'un mètre, les puissances de cette turbine en chevaux, et, dans la figure 12, ses rendements pour des ouvertures des aubages de 20, 40, 60 et 80 millimètres. Le nombre de tours normal $n_1 = 31{,}5$ est celui pour lequel le rendement est aussi grand que possible, quel que soit le degré d'introduction.

La courbe des rendements, tracée dans la figure 5, a une forme très favorable. Entre les introductions de 0,85 et 0,05, le rendement est de plus de 85 p. 100, et il ne s'abaisse à 80 p. 100 que lorsque l'introduction est de 1/2.

On a fait également, avec cette turbine, des essais en chutes variables. Les résultats en sont consignés sur la figure 13.

Fig. 15. Fig. 16. Fig. 18.

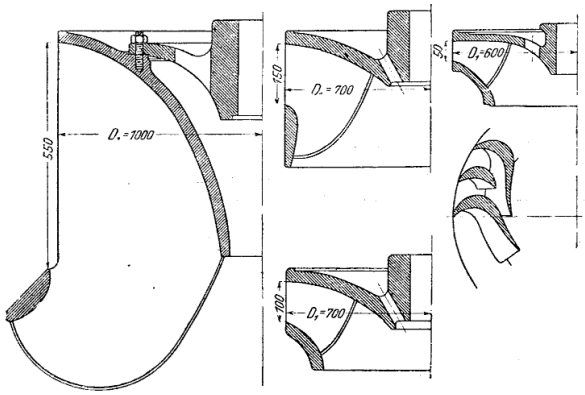



Fig. 17. — Aubes des turbines *Voith*.

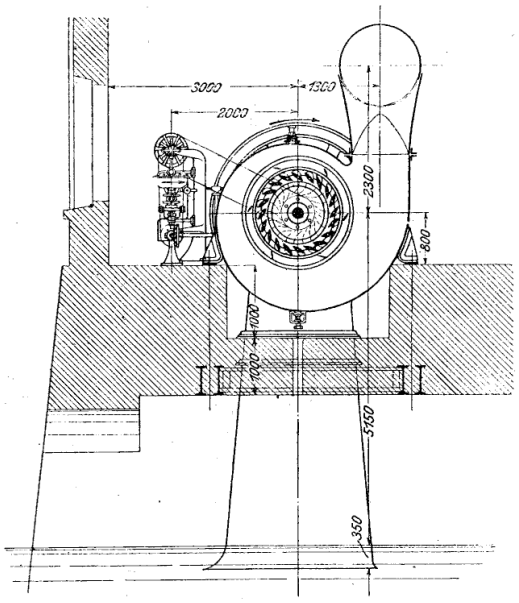



Fig. 19. — Turbine jumelle *Lahmeyer*.

En résumé, une turbine Samson tourne avec une vitesse double d'une turbine A, mais son rendement est inférieur de 18 à 20 p. 100 à celui de la turbine A.

La fig. 14 donne les résultats d'essais d'une deuxième turbine Voith, à axe vertical, dont la couronne mobile a un diamètre de 1m,20, prévue pour une chute de 1m,5 et pour une puissance de 36 chevaux. Cette turbine tourne avec une grande vitesse.

Avec une vitesse de 74 tours par minute, on a pour ces turbines Voith les dimensions et données principales normales :

| FIGURES | TYPE | DIAMÈTRE mm. | HAUTEUR de l'aube. mm. | $N_1$ chev.-vap. | RENDEMENT p. 100. |
|---|---|---|---|---|---|
| 15 | Turbine à grande vitesse . . | 1 000 | 550 | 19,1 | 75 |
| 16 | — A. . . . . | 700 | 150 | 3,88 | 82 |
| 17 | — B. . . . . | 700 | 100 | 1,87 | 80 |
| 18 | — limite. . . . . | 600 | 50 | 0,58 | 75 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Quelques installations récentes de turbines.* — Les figures 19 à 21 montrent une turbine jumelle en spirale construite par *Lahmeyer*, de Francfort-sur-Mein, pour l'usine de carbure de Notodden (Norvège) en 1899. La conduite, de 4m,10 de diamètre inté-

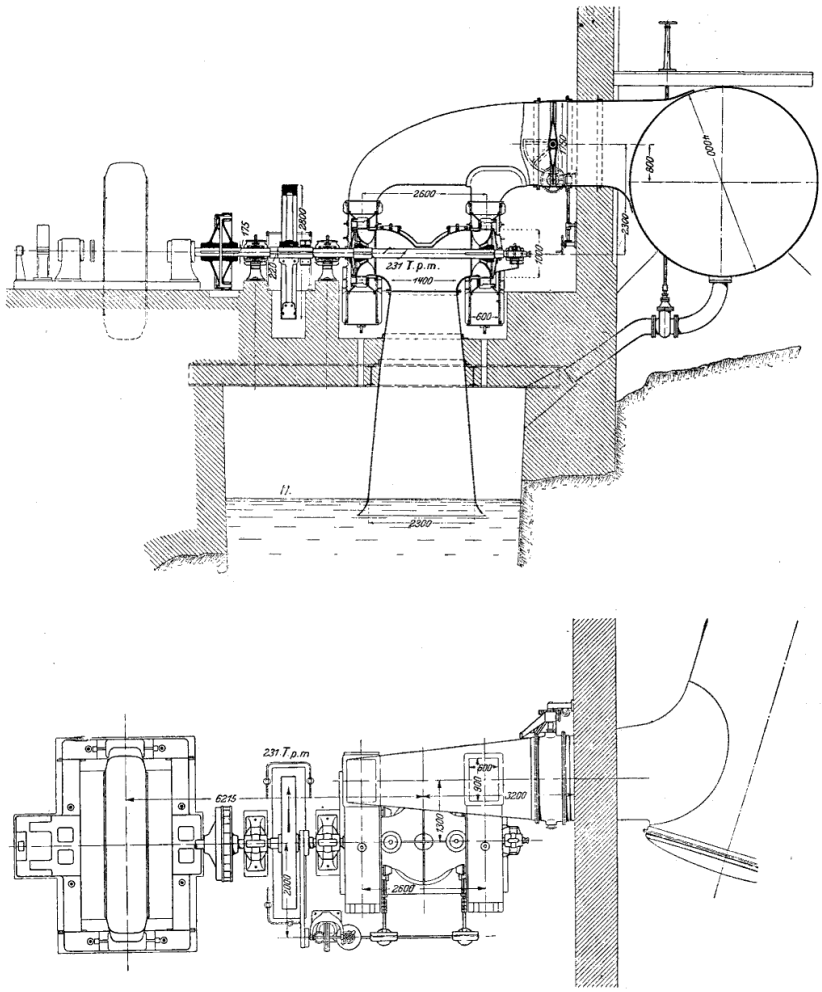



Fig. 20 et 21. — Turbine de *Lahmeyer*.

rieur, est prévue pour 4 turbines, dont chacune a 18m,5 de chute, débite 6m3,25 d'eau par seconde et produit 1 200 chevaux. Le nombre de tours est de 231. Ce sont des turbines normales A, avec couronnes mobiles de 1 mètre de diamètre. La couronne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

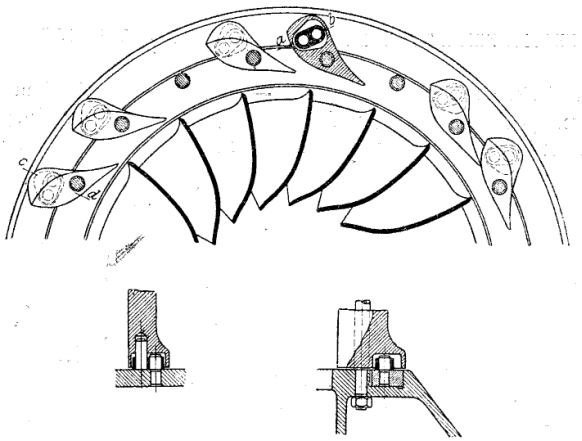


Fig. 22 à 24. — Turbine *Lahmeyer*.

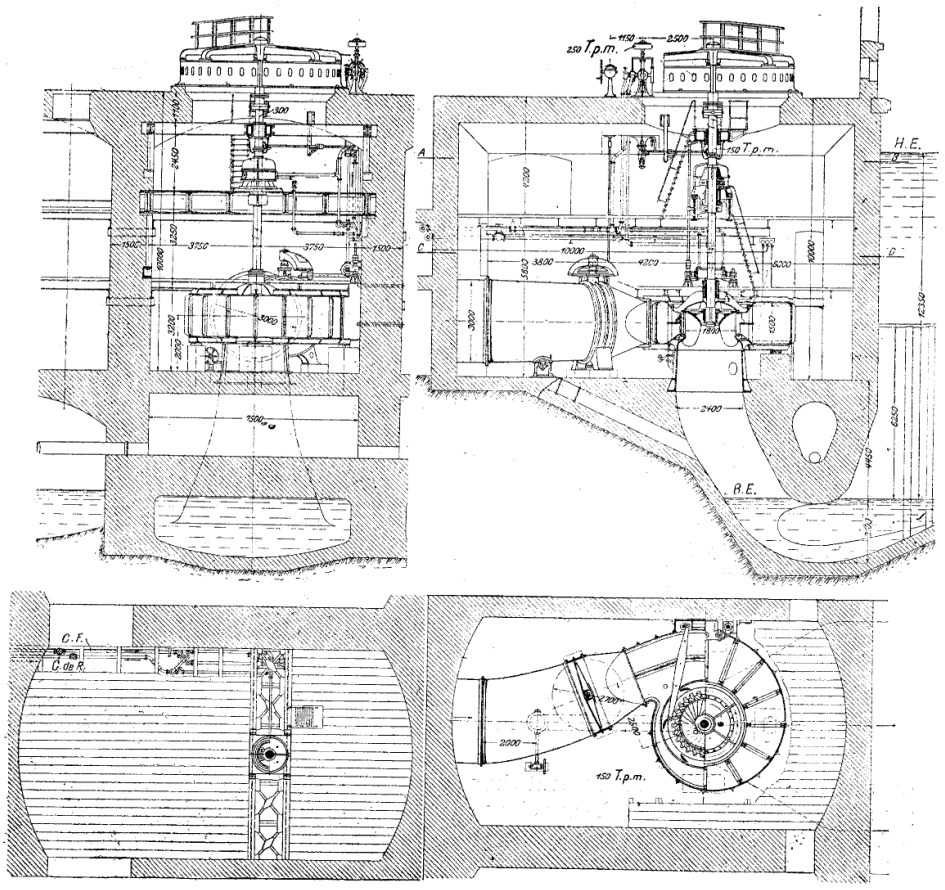



Fig. 25 à 28. — Turbine du *Glommen*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixe est munie d'un réglage Voith (fig. 21 à 27). L'arbre est supporté par trois paliers, dont l'un avec butées à colliers; le volant pèse 5 000 kilogrammes.

La turbine en spirale représentée par les figures 24 à 28 est destinée à un éta-

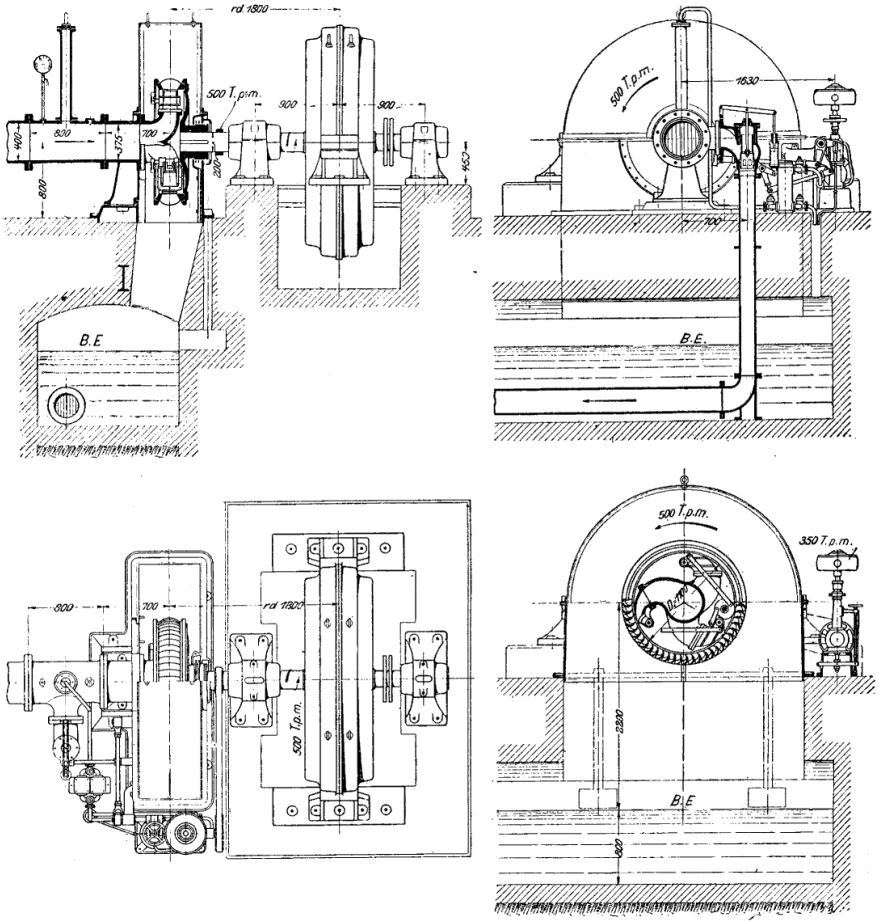



Fig. 29 à 32. — Turbine *Schwamkrug*.

blissement électrique situé sur le Glommen en Norvège et produit, avec une chute de 16 mètres et à 150 tours par minute, 3 000 chevaux-vapeur. Le débit sera de $19^{m3}$ par seconde. Cette turbine est en construction.

La courbe *b* (fig. 1) montre que cette turbine est une de celles qui tournent à grande vitesse. On garantit un rendement de 75 p. 100, avec introduction totale, et de 76 p. 100 aux 3/4. L'installation totale doit fournir 50 000 chevaux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La disposition spéciale de cette turbine a été adoptée en raison de la variation des

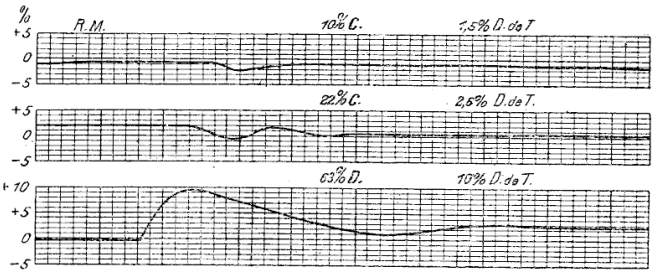



Fig. 33.

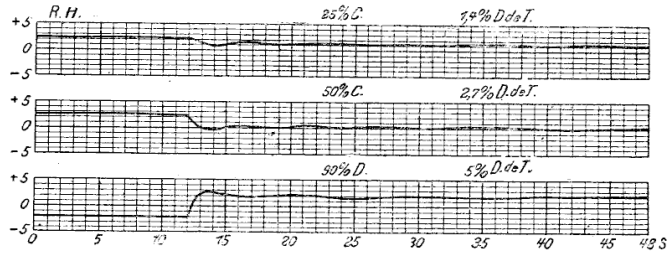



Fig. 34.

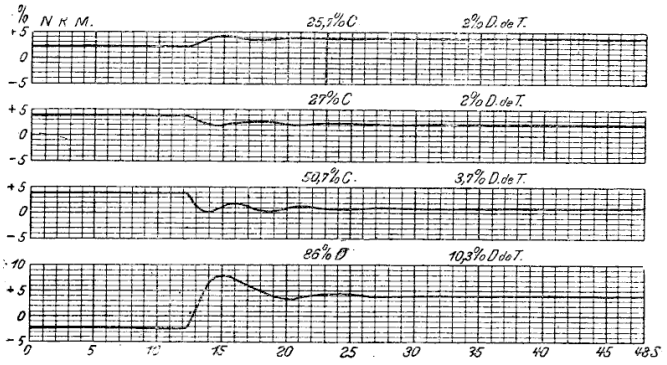



Fig. 35.

Fig. 33 à 35. — Diagramme du réglage *Voith*.

C, charge. D de T, nombre de tours, variation p. 100. RM, régulateur mécanique. N,R,M, nouveau régulateur mécanique. RH, régulateur hydraulique.

niveaux considérables : de + 71,0 à + 76,0 en hautes eaux et de + 64,1 et + 51$^{m}$,37 en basses eaux — qui ont fait écarter la turbine à axe horizontal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La roue, en fonte, a, au point d'arrivée de l'eau, un diamètre de 1m,800 ; l'arbre, en acier, un diamètre de 300 millimètres. La couronne mobile, l'arbre et l'inducteur pèsent ensemble 32 tonnes. L'aubage est commandé par un servo-moteur. Nous décrirons plus loin le régulateur.

Les figures 29 à 32 représentent une turbine du type Schwamkrug, pour la Compagnie espagnole des mines de Fresser. La chute est de 205 mètres, le débit de 514 litres par seconde, le nombre de tours de 500 et la puissance de 1 050 chevaux. La roue, en fonte, a un diamètre intérieur de 1m,100.

*Régulateurs.* — On sait que, jusqu'ici, il a été impossible de construire un régulateur pour turbines dans lequel l'effort auxiliaire serait fourni par l'énergie électrique ou par l'air comprimé.

Dans le cas du régulateur mécanique du type Voith, la durée de fermeture, c'est-à-dire le temps nécessaire pour fermer complètement la turbine entièrement ouverte, est de 15 à 25 secondes environ. Le fonctionnement de ce régulateur est donné par les diagrammes figure 33, relatifs à une turbine jumelle de 250 chevaux, de l'usine électrique d'Amstetten (Autriche). Les variations des charges sont dues à des modifications brusques de la résistance ; il en est résulté les changements de vitesse assez faibles, et l'état de régime est rapidement atteint, de sorte que la régulation est suffisante dans la plupart des cas.

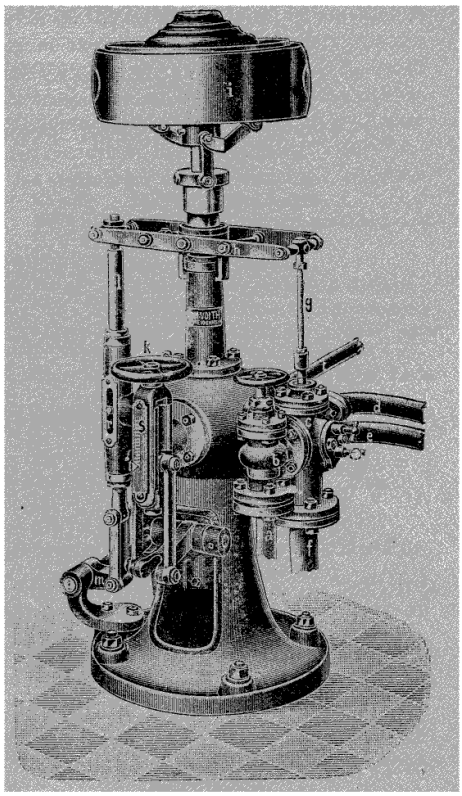


Fig. 36. — Régulateur hydraulique *Voith*.

On sait, d'autre part, que, pour vaincre des réactions considérables de l'eau, et pour obtenir une régulation plus précise, on emploie des régulateurs hydrauliques. Pour les turbines du Glommen, on a employé le régulateur représenté par la figure 36. La soupape de distribution *c* est construite de façon qu'elle n'oppose, même à une pression de l'eau de 20 atmosphères et au-dessus, aucune résistance appréciable : le régulateur est sensible à des variations de 0,1 p. 100. L'axe de son tachymètre peut se déplacer verticalement, en agissant sur le volant *k*, de manière à augmenter ou diminuer la vitesse de régime. Le degré d'irrégularité du tachymètre n'est que de 4 p. 100. Néanmoins, quelle que soit l'introduction, on peut régler la turbine exactement au nombre de tours normal. Le couplage en parallèle des dynamos génératrices peut, grâce à ce dispositif, être opéré en quelques secondes. La figure 34 donne les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diagrammes de vitesse obtenue avec ce régulateur hydraulique de l'usine électrique de Unterlückheim. On voit que la variation de vitesse n'est due qu'au degré d'irrégularité du régulateur à force centrifuge; ce degré est de 4,5 p. 100.

M. Schmitthenner a, de plus, construit un régulateur mécanique qui opère la régulation d'une façon continue, possède une vitesse de fermeture variable, et dont la durée de fermeture n'est que de trois secondes. L'axe de ce régulateur est horizontal, et constamment mis en mouvement par la turbine. L'axe du tachymètre est vertical et actionné par l'axe du régulateur au moyen d'une transmission par roues coniques. L'axe du tachymètre porte un plateau de friction et celui du régulateur une poulie folle. Entre plateau et poulie, on a fixé un anneau en cuir, de sorte que lorsque celui-ci occupe sa position moyenne, le plateau et la poulie tournent avec la même vitesse et dans le même sens. On n'a donc, lorsque la vitesse varie, qu'à déplacer l'anneau en cuir vers la gauche ou vers la droite ; cet anneau est porté par un monte-courroie ordinaire. La sensibilité du régulateur est donnée par les diagrammes fig. 35.

## CORRESPONDANCE

La Société a reçu de M. Georges Guillemin, ingénieur, et de MM. Garnier, Constand et Cie, constructeurs à Paris, une réclamation d'antériorité au sujet du système de raccords pour tuyauterie de M. Paul Durand, et d'un rapport présenté, au nom du Comité des Arts mécaniques, par M. Imbs (1).

En dehors de quelques détails d'exécution toujours variables, le principe des raccords décrits par M. P. Durand se trouve, sans doute à son insu, être bien, en effet, le même que celui des « raccords rapides » décrit dans les brevets de M. G. Guillemin de 1884 et 1886.

(1) *Bulletin* de mai 1903, p. 616.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

**Du 15 Juin au 15 Juillet 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP.* . . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . . Engineering.
*E'.* . . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . . Industrie électrique.
*Im* . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*La* . . . . La Locomotion automobile.
*Ln* . . . . La Nature.
*Lo.* . . . . Locomotion.
*Ms.* . . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . . Nature (anglais).
*PC* . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . . Revue technique.
*Ru.* . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Agriculture* aux États-Unis. Céréales *Ep.* 20 *Juin*, 893. Tabac. 11 *Juillet*, 45. Coton. 4 *Juillet*, 5.

**Bétail.** Race bovine limousine. *Ap.* 18 *Juin*, 16.

— Parc démontable à moutons. *Ap.* 9 *Juillet*, 42.

— Chèvre. Élevage en Tunisie. *Ag.* 4 *Juillet*, 28.

— Éléments minéraux des aliments. (Grandeau). *Ap.* 18 *Juin*, 786.

— Désinfection du matériel de chemins de fer affecté au transport des animaux. *Ap.* 18 *Juin*, 793.

— Race ovine berrichonne. *Ap.* 2 *Juillet*, 15 (*id.*) 16; dentition de la (*id.*), 12.

*Boisement des terrains marécageux*. *Ap.* 18 *Juin*, 793.

— Bois de Sologne. *Ag.* 4 *Juillet*, 19.

*Campagne romaine*. *Ag.* 20 *Juin*, 977.

**Coton**. Culture aux États-Unis. *Ef.* 4 *Juillet*, 35.

*Deltas du Pô et du Rhône*. *Ap.* 18 *Juin*, 21.

*Engrais*. L'azote de l'air comme engrais. *Ap.* 2 *Juillet*, 11.

*Enseignement agricole* en Angleterre. *Ag.* 11 *Juillet*, 53.

*Forêts*. Influence sur le régime des eaux. *SNA*. *Mai*, 349.

*Lait*, Industrie dans le Calvados. *Ap.* 25 *Juin*, 819.

— Filtre pour. *Ag.* 11 *Juillet*, 65.

**Machines agricoles** au concours général de Paris. *Ag.* 27 *Juin*, 1021.

— Emploi de l'électricité. *EM. Juillet*, 550.

— (Trust des) en Angleterre. *SNA. Mai*, 370

— Battage à la machine et graines de semence (Ringelmann). *Ap.* 9 *Juillet*, 42.

*Sanves* (Destruction des). *Ap.* 9 *Juillet*, 41.

*Soja hispida*. Culture et rendement (Grandeau) *Ap.* 25 *Juin*, 817; 2-9 *Juillet*, 9-38.

*Thé du Tonkin*. *Ag.* 27 *Juin*, 1010.

**Vignes.** Hybrides porte-greffes. *Ag.* 20-27 *Juin*, 970, 1018.

— Vins ; production en Turkestan et Boukarie *Rs.* 11 *Juillet*, 40.

## CHEMINS DE FER

**Chemins de fer** américains. Organisation (York). *E.* 26 *Juin*, 843, 870 *Rgc. Juillet*, 28.

**Chemins de fer** anglais, accidents en 1901. *Rgc. Juillet*, 18.

— Urbains (Cottrell). *E.* 26 *Juin*, 846-871.

— Les six grands réseaux français en 1902. *Ef.* 4 *Juillet*, 3.

— Construction et exploitation d'une voie normale au camp de Châlons. *Gm. Juin*, 500.

*Électriques*. Barnem-Eberfeeld. *Ac. Juin*, 82.

— Central. London. *E'.* 3 *Juillet*, 19.

— Métropolitain de Paris. *E'.* 10 *Juillet*, 33.

— Fribourg-Morat. *Gc.* 27 *Juin*, 129.

— Rapides. *E.* 3 *Juillet*, 11-34, protection du 3e racl. p. 435.

— Trains à automotrices multiples commandées d'un seul point. Thomson-Houston. *EE.* 4 *Juillet*, 5.

*Éclairage au gaz* par incandescence, Compagnie de l'Ouest. *Ri.* 4 *Juillet*, 266.

**Freins** (Notes sur les). *Rt.* 25 *Juin*, 360.

— Électro-magnétique Westinghouse. *Ie. Mars*, 694.

**Locomotives** à grandes vitesses (Inglis) *E.* 19 *Juin*, 830.

— à adhérence renforcée (Keller) *VDI.* 20 *Juin*, 877.

— New-York Central. *E.* 26 *Juin*, 858.

— à 2 essieux couplés du London and S. W. *E'.* 3 *Juillet*, 11.

— à 3 essieux couplés du Chicago-Alton, *E'.* 3 *Juillet*, 20.

— Surchauffeur Low. *Dp.* 11 *Juillet*, 440. (Mallet) *Ic. Mai*, 766.

— Essais de pièces en acier moulé pour locomotives (du Bousquet). *Rgc. Juillet*, 3.

— A voie de 750 mm. pour le Bengal Nagpur. *E.* 3 *Juillet*, 13.

— Voitures automotrices Purrey, du P.L.M. *Rgc. Juillet*, 7; Orléans (*id.*), 44.

*Signaux* automatiques (C. Cudworth) *E.* 19 *Juin*, 832.

— Étude graphique d'un poste d'enclenchements. (Gmet). *AM. Avril*, 367.

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles.** Congrès de Paris. *E'.* 3 *Juillet*.

— Coupe Gordon Bennett. *Lo.* 4 *Juillet*, 420.

— et chemins de fer (Stewart), *EM. Juillet*, 481.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Automobiles à pétrole* (Sauvage). *E.* 26 *Juin*, 847-872.
— Heatly. *E'.* 10 *Juillet*, 49.
— Lohner Porsche. *Lo.* 11 *Juillet*, 439.
— *Électriques* (Crompton) *E.* 26 *Juin*, 854.
— Omnibus de Londres. *Ln.* 4 *Juillet*, 79.
— Direction électro-hydraulique E. Thomsgn. *Lo.* 18 *Juin*, 392.
— Essieu transmetteur universel Henriot. *La.* 2 *Juillet*, 423.
— Multiplication (Choix de la) (Favron). *Lo.* 4 *Juillet*, 428.
— pneumatique antidérapant Parsons. *Lo.* 20 *Juin*, 390.
— Motocyclette Émeraude. *Lo.* 4 *Juillet*, 426.

**Tramways** d'Angleterre, exploitation. *Rgc. Juillet*, 41.
— *Électriques.* Courants continus et triphasés. (Strass) *EE.* 20 *Juin*, 455.
— — Électro-pneumatique Siemens Shukert. *Ie.* 25 *Juin*, 273.
— — de Saint-Paul. *Rgc. Juillet*, 37.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

**Acide sulfurique.** Tirage artificiel dans les chambres de plomb et emploi de l'eau pulvérisée au lieu de vapeur (Kestner) *Ms. Juillet*, 478.
— Dosage de l'acidité des gaz échappés des chambres. *Id.*, 490.
— Influence des impuretés sur le poids de l'acide sulfurique. *Id.*, 516.
— (Détermination de la richesse de l'). *Id.*, 520.
— Tours de Glover, emploi des monte-acides automatiques (Kestner). *Ms. Juillet*, 487.

*Argent colloïdal* (Hanriot). *CR.* 15 *Juin*, 1448.
*Arséniates amino-magnésium* (Brisac). *ScP.* 20 *Juin*, 591.

**Alcool** (Eclairage public à l') (Bardin). *SNA. Mai*, 388.

**Brasserie.** Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 754.
— Hydrates de carbone de l'orge et leurs transformations au cours de la germination industrielle (Lindet). *CR.* 6 *Juillet*, 73.

*Briques mécaniques. E.* 3 *Juillet*, 20.
*Carbures* et acétylures acétyléniques : préparation par action de l'acétylène sur les hydrures alcalins et alcalino-terreux (Moissan). *CR.* 22 *Juin*, 1522.
*Carbure de calcium* (l'industrie du) et ses rapports avec la chimie technique (Sandmann). *Ms. Juillet*, 522.
*Catalyse* et ses applications. *Gc.* 20 *Juin*, 120.

**Chaux et Ciments.** Divers. *Cs. Juin*, 743.
— Décomposition à la mer (Le Chatelier). *Le ciment. Juin*, 94.

*Cobalt et Nickel.* Séparation (Taylor). *Ms. Juillet*, 526.
*Cristallisation des corps peu solubles* (Procédé de) (Schulten). *CR.* 15 *Juin*, 1444.
— *Cuproammonique* (composés) (Bouzat). *ACP. Juillet*, 305.

*Cellulose.* Elimination de la silice des solutions alcalines provenant de la fabrication de la cellulose (Lunge et Lohofer). *Ms. Juillet*, 531.
— Solutions sulfidiques résiduelle de la fabrication (Dorenfelde). *Id.*, 535.

*Distillation de la houille* en Italie (Miolati). *RCp.* 14 *Juin*, 233.
*Dérivés plombiques* nouveaux (Colson). *CR.* 29 *Juin*, 1664.

**Eaux.** Stérilisation par l'ozone. *Rt. Juin*, 381.
— Purification bactérielle (Frankland). *E. Juin*, 8.
*Équivalents.* Détermination expérimentale (Coppock). *CN.* 10 *Juillet*, 15.

**Essences et parfums.** Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 75.
— Huiles essentielles et chimie des terpènes (Gerber). *Ms. Juillet*, 453.

**Gaz d'éclairage.** Auto-flamme Canioni. *Ri.* 20 *Juin*, 248.
— Éclairage par incandescence (Guérin). *Gc.* 30 *Juin*, 136.
*Gaz liquéfiés.* Transport en bonbonnes (Lange). *Cs.* 30 *Juin*, 741.
— Liquéfaction anticipée de l'oxygène de l'air (Claude). *CR.* 29 *Juin*, 1659.
— Appareil à liquéfier l'hydrogène (Obzewski). *ACP. Juillet*, 289.

*Fusibilité* des mélanges de sulfure d'antimoine et d'argent (Pelabon). *CR.* 15 *Juillet*, 1450.
*Graisses.* Hydrolyse *in vitro* (Lewkowitsh et Mac Leod). *CN.* 26 *Juin*, 301.
*Glycérine.* Action du trichlorure de phosphore (Carré). *CR.* 15 *Juin*, 1456.
*Hygromètre.* Lambrecht. *Ln.* 20 *Juin*, 46.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Industries chimiques* au commencement du xx^e^ siècle (Haller). *SiM. Avril*, 101.

**Laboratoire.** Détermination du carbone dans l'acier par combustion directe dans l'oxygène (Dufty). *CN.* 19 *Juin*, 289.

— Du molydène dans l'acier (Auchy). *Ms. Juillet*, 524.

— Du manganèse dans le fer (Noyes et Clay). *Id.*, 525.

— Emploi du bioxyde de plomb dans l'analyse. *ScP.* 20 *Juin*, 394.

— Liqueur d'attaque pour micrométallurgie (Ramsay). *CN.* 19 *Juin*, 291.

— Titrage du permanganate de potasse au moyen du fer (Thiele et Deckert). *Ms. Juillet*, 527; et son application au dosage volumétrique du fer (Gardner North et Naylor). *Cs.* 30 *Juin*, 731.

— Dosage volumétrique des nitroprussiates alcalins et des sels de cadmiums (Fonzes-Deacon et Carquet *ScP.* 5 *Juillet*, 636.

— Dosage volumétrique de l'azote nitrique (Débourdeaux). *CR.* 29 *Juin*, 1668.

— — de l'acide oxalique dans urines et les aliments (Albahazy). *Id.*, 1681.

— Dosage électrolytique de petites quantités d'argent en présence de beaucoup de plomb (Arth et Nicolas. *ScP.* 5 *Juillet*, 633.

— Analyse mécanique des sols (Schlesing). *CS.* 29 *Juin*, 1608.

— Analyse des silicates; simplification par l'emploi de l'acide formique. *CR.* 6 *Juillet*, 50.

— Arsenic dans les matières organiques, degrés de précision de sa recherche (Gautier). *ScP.* 5 *Mai*, 633.

*Lanthane.* Poids atomique (Joncs). *CN.* 10 *Juillet*, 13.

*Liquides inflammables* (Vidange automatique des). *Gc.* 27 *Juin*, 141.

*Magnésium.* Action sur les dissolutions aqueuses (Kahlemberq). *Cs.* 28 *Juin*, 740.

*Mixtes d'iode et de soufre* (Boulouah). *CR.* 22 *Juin*, 1377.

*Peinture au blanc de zinc.* Substitution à la céruse (Breton). *CR.* 15 *Juin*, 1446.

*Phosphates ammoniaco-magnésiens.* (Porchier et Brissac. *ScP.* 20 *Juin*, 587.

*Plâtre.* Usine à, système Coster. *Ri.* 20 *Juin*, 241.

*Radium.* Propriété des rayons *a* (Becquerel). *CR.* 22 *Juin*, 1517.

*Résines et vernis.* Divers *Cs.* 30 *Juin*, 751.

*Rouille du fer.* Réaction du rouillage (Dunstan). *Cs.* 20 *Juin*, 745.

**Téinture.** Divers. *Cs.* 30 *Juin*, 736, 739.

— Détermination des matières organiques par l'analyse spectrale (Formanck). *MC.* 1^er^ *Juillet*, 193.

— Matières colorantes phénoliques (Perkin). *MC.* 1^er^ *Juillet*, 204.

— Influence des substitutions dans les diphénylamines génératrices de couleurs sulfurées directes (Vidal). *MC.* 1^er^ *Juillet*, 201.

— Enlevage sur bleu cuvé; rôle de l'acide oxalique (Prud'homme). *SiM. Avril*, 128.

— Mordants métalliques pour l'obtention des nuances solides à l'alizarine artificielle (Beltzer). *Ms. Juillet*, 461.

*Tannerie.* Divers. *Cs.* 38 *Juin*, 753.

*Terres rares* (Les). (Baskerville).*CN*, 10 *Juillet*, 18.

*Vanadium.* Dosage dans les alliages (Nicolardot). *CR.* 22 *Juin*, 1548.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

*Afrique.* Lac Tchad (Destenave). *Rgds.* 30 *Juin*, 649.

*Alcoolisme.* Lutte anti-alcoolique aux États-Unis (La Tour). *Musée social. Juin.*

*Allemagne.* Charges sociales de l'industrie. *Ef.* 20 *Juin*, 895.

*Apprentissage pour l'éducation des ingénieurs* (Cormack). *E.* 26 *Juin*, 847, 872.

*Associations professionnelles ouvrières* (Verrerie et céramique). *Ef.* 11 *Juillet*, 47.

*Enseignement technique* nouveau. *E'.* 3 *Juin*, 13.

**France.** Budget de 1904 et impôt sur le revenu. *Ef.* 20 *Juin*, 889, 897.

— (Expansion de la), et les congrégations religieuses (A. Leroy-Beaulieu). *Rso.* 1^er^ *Juillet*, 10.

— Colonies (La famille aux). La propriété foncière, l'Enseignement colonial. *Rso.* 1^er^ *Juillet*, 63, 73, 83, 95.

— Cours de la rente. *Ef.* 11 *Juillet*, 41.

*Lagos* (Le) (Ervart). *JA.* 19 *Juin*, 650.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Hawaï* (Le travail aux îles). *DoL. Juillet.*
*Impôt sur le revenu. Ef.* 4 *Juillet*, 1.
*Lois successorales.* Influence sur l'expansion de la race. *Rso,* 1er *Juillet*, 53, 58.
*Monnaie et les prix. Ef.* 20 *Juin*, 891.
*Rémunération du travail* (Différents modes de) (Lecler). *Pm. Juin*, 89.
*Solidarité sociale. Ef.* 4 *Juillet*, 10.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Béton fretté* (Le). (Tedesco). *Le Ciment. Juin* 81.
— (Vérification des projets de planchers en). *Gm. Juin*, 525.
*Ciment armé* (Pilotis en). *Le Ciment. Juin*, 85.
*Constructions tubulaires. EM. Juillet*, 546.
*Dépôt de matériel de transport.* Usines et ateliers à Levallois-Perret. *Ac. Juin*, 86.
*Désagrégateur de terrains.* Pawel. *Ru. Mai*, 220.
**Ponts** de Whitechapel. *E.* 19 *Juin*, 805.
— De chemins de fer (Ross). *E.* 19 *Juin*, 830.
— Transbordeur de 400 mètres sur la Gironde à Bordeaux. *Gc.* 20 *Juin*, 117.
— Suspendu de Vernaison. *Gc.* 4 *Juillet*, 145.
*Tunnel de Breuil* (Gérard). *Eam. Juin*, 707.
*Voûte d'égale résistance.* Théorie (Astier). *Ac. Juin*, 93.
*Voirie.* Balayeuse-arroseuse Durey Sohy. *Rt.* 25 *Juin*, 385.

## ÉLECTRICITÉ

**Accumulateurs** Cogswell, Bainville, Edison. *EE.* 20 *Juin*, 458.
— au plomb, à oxyde rapporté (Lavezzari). *Ie.* 25 *Juin*, 280.
— (Préparation de la pierre ponce des), procédé Chapuy. *EC.* 10 *Juillet*, 64.
**Distribution.** Exposition de Saint-Louis. *Élé.* 4 *Juillet*, 1.
— Alternatives (Production des harmoniques dans les) (Guéry). *EE.* 11 *Juillet*, 51.
— à haute tension. Appareil de sécurité Probst. *EE.* 11 *Juillet*, 65.
**Dynamo** multipolaire continue (Scott et Mountain). *E.* 26 *Juin*, 869.
**Dynamos** (Échauffement des) (Schuppel). *EE.* 11 *Juillet*, 60.
— *Alternomoteurs* polyphasés à collecteur (théorie) (Blondel). *EE.* 27 *Juin*, 481.
— — simples (Latour). *Sie. Juin*, 299.
**Éclairage.** *Incandescence* Lampes Nerst et à osmium. *Élé*, 20 *Juin*, 395.
**Électrochimie.** Chaleur absorbée par l'électrolyse des sels et principes du travail maximum (Tommase). *EE.* 27 *Juin*, 487.
— Préparation électrolytique des persulfates (Leve). *EE.* 20 *Juin* 469.
— Soude électrolytique. Fabrication au Canada. *Pc.* 15 *Juin*, 563.
— Sulfures alcalins (Électrolyse des) (Ranson). *ScP.* 20 *Juin*, 568, 572.
— Vanadium et ses alliages. Fabrication électrolytique (Gin). *EE.* 27 *Juin*, 497. *Élé*, 4 *Juillet*, 4.
— Aluminium. Électro-métallurgie (Gin). *EC.* 11 *Juillet*, 71.
— Acide nitrique. Production par décharges électriques (Kowalski). *ScE. Juin*, 314.
— Argent. Équivalent électrolytique (Pellat et Leduc). *CR.* 29 *Juin*, 1649.
— Électrolyseur Schoop pour la décomposition de l'eau. *Ri.* 11 *Juillet*, 276.
*Isolateurs en bois.* Combustion sur les lignes à haute tension. *Élé.* 4 *Juillet*, 6.
**Mesures** (Construction des appareils de). *Élé.* 20 *Juin*, 389.
— Voltmètre universel Carpentier. *Sie, Juin*, 295.
— Essai sur place des compteurs à l'aide d'un étalon. *Élé*, 11 *Juillet*, 20.
*Piles à deux liquides* (Berthelot). *CR.* 22-29 *Juin*, 1497, 1601.
*Stations centrales.* Vouvry et Sault-Sainte-Marie. *VDI.* 27 *Juin*, 917.
**Télégraphie.** Télétypographe (Tavernier). *CR.* 29 *Juin* 1637.
— Rowland. *Ln.* 11 *Juillet*, 83.
— Sans fil. *Dp.* 4 *Juillet*, 423.
— Transmission des images (Cailletet). *La.* 20 *Juin*, 33.
— *Transformateurs tournants* (Phénomène de Banti dans les) (Bertin). *EE.* 4 *Juillet*, 25.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## HYDRAULIQUE

*Distributions d'eau* de Schrewsbury. *E'.* 19 *Juin*, 612.

*Pompes électriques* Kochler. *Société d'Encouragement* de Berlin. *Juin, p.* 198.

**Turbines** (Progrès des) (Schmitthenner). *VDI.* 20 *Juin*, 891.

— du Niagara. *E'.* 26 *Juin*, 646.

— Réglage Bauersfeld. *Dp.* 27 *Juin*, 401.

— à air comprimé (Griffels). *E.* 3 *Juillet*, 10, 33.

— centrifuges à hautes pressions (Darley). *Id.* 32.

## MARINE, NAVIGATION

*Bancs* (Régime des) (Douglass). *E.* 19 *Juin*, 831.

*Bâtiment-école* Okean. *VDI.* 27 *Juin*, 913.

*Canaux* (Travaux de) (Fitz Gibbon). *E.* 3 *Juillet*, 2-28.

*Canot au pétrole* Tagg. *E.* 19 *Juin*, 812.

**Constructions navales.** Progrès en Angleterre. *E'.* 3 *Juillet*, 2.

— Rivures de coque percées ou poinçonnées (Yarrow). *E.* 26 *Juin*, 850-856.

*Danube.* Régularisation des berges. *ZoI*, 19 *Juin*, 345.

*Désinfection des navires.* Destruction des rats. *Gc.* 4 *Juillet*, 154.

**Machines marines.** Arbres d'hélices (List). *E'.* 26 *Juin*, 850, 873; *RM. Juin* 622.

— Bateaux-turbines (Parsons). 10 *Juillet*,

— — 48. Queen. *E'.* 19 *Juin*, 614; 3 *Juillet*, 10; *E.* 3 *Juillet*, 20.

— du Cuirassé Connecticut. Cramp à distribution Corlisb. *Ru. Juin*, 620.

— Propulsion des cuirassés. *E'.* 19 *Juin*, 624.

**Marines de guerre.** Croiseurs marchands avec hélices protégées (Hamilton). *E.* 3 *Juillet*, 14.

— anglaise. Cuirassé *Centurion. E'.* 19. *Juin*, 631.

*Paquebots* express pour courtes traversées (Seaton). *E.* 3 *Juillet*, 30.

— du Pas-de-Calais (Biles). *E.* 10 *Juillet*, 67.

— *Kaiser Wilhelm* II. *E.* 10 *Juillet*, 37.

*Port* de Douvres. *E'* 19 *Juin*, 610.

*Touage électrique. Élé.* 11 *Juillet*, 18.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

*Dragues* à outils rotatifs (Apjorn). *E.* 19 *Juin*, 833.

*Dynamomètre* Renard. *Ie.* 25 *Juin*, 269.

**Chaudières** modernes. *Dp.* 20-27 *Juin*, 392. 402; 4-11 *Juillet*, 417, 435.

— à tubes d'eau à la mer. *E'.* 3 *Juillet*, 14.

— Accidents. Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Rapport de 1902 *SiM. Avril*, 144.

— Analyseur de gaz des foyers Arndt. *Ri.* 20 *Juin*, 243.

— Alimentation. Épurateur Harris Anderson. *E.* 10 *Juillet*, 52.

— Circulation. Dispositifs divers (Guedon). *Pm. Juin*, 95.

— Foyers au pétrole. *EM. Juillet*, 562.

— Fumivorité (Beilby). *E.* 26 *Juin*, 853, 874.

— Purgeur Klebenikow. *Ri.* 27 *Juin*, 256.

— Surchauffeurs modernes (Watkinson). *E.* 10 *Juillet*, 63.

*Écrire.* Machine à — Oliver. *Ru. Juin*, 570.

*Écrou* indesserrable Forbes. *E'.* 3 *Juillet*, 11.

*Essais de machines.* Laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers. *Ri.* 11 *Juillet*, 283; *Gc. Id.*, 161.

*Froid.* Obtention et mesure des très basses températures (Travers). *Rgcs.* 15 *Juin*, 599.

— Machines frigorifiques à l'Exposition de Dusseldorff. *DP.* 27 *Juin*, 406.

*Frottement et graissage* (Stermouth). *E'.* 19 *Juin*, 631.

— de glissement. Lois (Chaumat). *CR.* 29 *Juin*, 1634.

*Galet-enrouleur* Leneveu. *Gc.* 23 *Juin*, 113.

*Graisseur automatique* Blackwell. *EE.* 4 *Juillet*, 25.

*Horloge électrique* Perrel. *Élé.* 20 *Juin*, 387.

*Indicateur* Porter. *AMa.* 27 *Juin*, 837.

**Levage** à l'Exposition de Dusseldorf. *VDI.* 27 *Juin*, 925.

— Cableway Hunt *RM. Juin*, 591.

— Empileuse Johnston. *RM. Juin*, 596.

— Escaliers Dodge, Seebeager, Aston. *RM. Juin*, 589.

— Grues électriques (Les) Thomson-Houston. *EE.* 20 *Juin*, 459.

— — et hydrauliques pour les ports (Pitt). *E.* 3 *Juillet*, 1er-28.

— — (Richard). *EE.* 11 *Juillet*, 41.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Levage.** Monte-escarbilles Thirion. *RM. Juin*, 594.
— Ponts roulants Hollick, Roberts, Taylor. *Id.*, 599.
— Transporteurs Miller, Delaney. *Id.*, 595.
— Vitesses économiques des grues (Head). *E.* 19 *Juin*, 834; *RM. Juin*, 588.

**Machines-outils** commandées par l'électricité. *E.* 3 *Juillet*, 19; *EM. Juillet*, 488. (*Marchena*). *IC. mai*, 707.
— américaines (Progrès des). *VDI.* 4 *Juillet*, 972.
— Ateliers de Vulcan. *RM. Juin*, 573.
— Ateliers Yarrow. *E'.* 19 *Juin*, 611.
— Calibres. Emploi dans les ateliers (Marschall). *E'.* 19 *Juin*, 836. Comparateur Newall. *E'.* 10 *Juillet*, 37.
— Dresseuse de tôles du Creusot. *E.* 19 *Juin*, 808; *Ri.* 27 *Juin*, 253.
— Étampage d'un loquet. *AMa.* 27 *Juin*, 843.
— Indicateur pour fraiseuse. *AMa.* 20 *Juin*, 789.
— Fabrication des boulons de blindages aux ateliers Vickers. *E.* 10 *Juillet*, 45.
— — des épingles de sûreté (Goodman). *RM. Juin*, 564.
— Fraiseuse pour cames Reinecker. *AMa.* 20 *Juin*, 793.
— — Genouillère Cincinnati. *AMa.* 4 *Juillet*, 877.
— — horizontale Kendall et Gent. *Ri.* 4 *Juillet*, 261.
— — pour pignons Birch. *E'* 10 *Juillet*, 47.
— — Leblond. *AMa.* 27 *Juin*, 853.
— — sur raboteuse Adams. *Id.*, 798.
— — Universelle Kempsmith. *Id.*, 820.
— — Vitesse de fraisage. *E'.* 26 *Juin*, 657, 10 *Juillet*, 46.
— Meulage (Le) (Horner). *E.* 26 *Juin*, 843. 19 *Juillet*, 40.
— Soudage autogène des métaux. *Gc.* 4 *Juillet*, 157.
— Outils à grande vitesse. *AMa.* 27 *Juin*, 839-841.
— Tour à cuivre rapide Timbrell. *E'.* 26 *Juin*, 658.
— — à arbres coudés. Société alsacienne. *Ri.* 11 *Juillet*, 273.
— — revolver Herbert à commande électrique. *E'.* 3 *Juillet*, 3.

**Machines-outils.** Vis; machines Herbert pour travail de la fonte. *E.* 3 *Juillet*, 14.
— *à bois.* Scies à ruban (Rarons). *RM. Juin*, 550.

**Moteurs à vapeur.** Surchauffes (Witz). *EE.* 20 *Juin*, 441.
— à cylindres tournants. Seja. *Lo.* 20 *Juin*, 392.
— Pistons. Résistance et calcul (Codron). *RM. Juin*, 529.
— Pompe à air Mars. *E'.* 26 *Juin*, 638.
— Régulateurs Élisa Gray (électrique). *Elé.* 27 *Juin*. 401. Théorie. *RM. Juin*, 258.
— Turbines (Les) (Rateau). *E.* 3 *Juillet*, 32. Calcul des arbres (Delaporte). *RM. Juin*, 517.
— Volants (Résistance des) (Gérard). *Ru. Juin*, 305.

**Moteurs à gaz** pour dynamos (Humphrey). *E.* 19 *Juin*, 834.
— Allumage. *Ri.* 20-27 *Juin*, 242, 253; 4-11 *Juillet*, 262-273; *Lo.* 4 *Juillet*, 427. Magnéto Bardon. *Id.*, 11 *Juillet*, 24. Pile de secours Reasse. *Élé.* 27 *Juin*, 403. Théorie (Schreber). *Dp.* 11 *Juillet*, 430.
— Tracé des cames d'aspiration. *Lo.* 4 *Juillet*, 423.
— **à pétrole** Nicholson, Kynoch. *E.* 19 *Juin*, 811. Robey, Blackstone. *E.* 3 *Juillet*, 13. Caplet. *Lo.* 4 *Juillet*, 422.

*Moulins à vent. E'.* 10 *Juillet*, 41.

**Résistance des matériaux.** Spécification de l'Association of *American Steel Manufacturers* pour les tôles d'acier. *E.* 19 *Juin*, 810.
— Déformation des corps solides (Bouasse). *ACP. Juillet*, 384.
— moments fléchissants dans une poutre horizontale parcourue par des charges mobiles (Legrand). *Ru. Mai*, 1903.

## MÉTALLURGIE

*Alliages.* Cuivre-étain (Haycock et Neville). *CN*, 3 *Juillet*, 2.

*Coke.* Extincteur Sar. *Ri.* 11 *Juillet*, 277.

**Fer et acier.** Aciers au nickel (Guillet). *Gg.* 27 *Juin*, 134. Théorie des (Guillaume). *CR.* 29 *Juin*, 1638; 6 *juillet*, 44. Acier Thomas et sa fabrication (Berni). *Pm. Juin*, 82. Procédé Talbot, *E.* 3 *Juil-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*let*, 4, 29. *Gc. Juillet*, 151. Procédé Sourjitski pour la production continue au Martin. *Ru. Mai*, 217. Aciéries Britannia. *E.* 26 *Juin*, 841.

**Fer et acier.** Fours Martin, disposition de vannes. *SuE.* 15 *Juin*, 738.

— Hauts fourneaux à l'exposition de Dusseldorf. *VDI.* 27 *Juin*, 925. Explosion de. *SuE* 1 *Juillet*, 773. Égalisation des températures du vent (Harrison). *E.* 19 *Juin*, 839. Machine soufflante verticale Richardson. *E.* 26 *Juin*, 841.

— Fonderie. Moulage des pièces minces (Avaurieu). *Bam. Juin*, 635. Détermination de la teneur en silice des mélanges de fonderie (Walker). *Eam.* 20 *Juin*, 935.

— Laminoirs. Commande électrique (Ilgner). *SuE. Juillet*, 769. Machine réversible Rottmann. (*Id.*), 772.

## MINES

*Asphaltes*, en Kentucky. *Eam.* 27 *Juin*, 969.

*Cuivre.* Dépôt de Beaver River. *Eam.* 27 *Juin*, 965.

— Production américaine. *E.* 10 *Juillet*, 54.

*Étain de Malaisie. Eam.* 20 *Juin*, 927.

*Épuisement* par bennes aux États-Unis. *Ru. Juin*, 601.

*Explosion des poussières* de charbon (Munroe). *Eam.* 27 *Juin*, 963.

**Extraction.** (Etude expérimentale des machines d' (Henry). *Ru. Juin*, 229.

*Fer.* Sondages dans la région du Mesabi (Minoseta). *Eam.* 13 *Juin*, 896.

— Mines d'Algérie. *SuE.* 15 *Juin*, 713.

— Mines du Vermillon Range (Minesota). *Eam.* 27 *Juin*, 966.

*Haveuses.* Garforth. *RM. Juin*, 618, à percussion (Wregston et Morrison). *E.* 19 *Juin*, 838.

— Mécaniques dans les mines de houille. *Gc.* 4, 11 *Juillet.* 149, 170.

*Houille.* Charbons gras de la Virginie occidentale (Heurteau). *AM. Avril*, 379.

*Naphte.* Gisement de Grosny (Patrinos). *Ru. Juin*, 340.

**Or.** Machinerie des mines du Rand (Lees). *E.* 19 *Juin*, 839.

— Séparation du sable par voie sèche, procédé Edison. *Ri.* 4 *Juillet*, 261.

— Mines du Yukon, *Eam.* 13 *Juin*, 891. *EM. Juillet*, 516.

— Observation sur les dépôts d'or. *Eam.* 13 *Juin*, 960.

— Estimation des mines. *Eam.* 27 *Juin*, 960.

*Perforatrices.* Beemann, Pielliwtz *R. M. Juin*, 619.

*Préparation mécanique.* Théorie des concentrateurs. *Eam.* 20 *Juin*, 933.

*Sardaigne.* Terrains sédimentaires et anciens du district d'Eglésias (Heurottin). *Ru. Mars*, 209.

*Prospection électrique. Élé.* 11 *Juillet*, 29.

---

*Le Gérant :* Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BULLETIN

DE

# LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

## POUR L'INDUSTRIE NATIONALE


## ÉTAT FINANCIER DE LA SOCIÉTÉ

RAPPORT *fait par* **M. Lafosse**, *au nom de la Commission des Fonds*, SUR LES COMPTES DE L'EXERCICE 1902

MESSIEURS,

J'ai l'honneur de vous présenter, au nom de la Commission des Fonds, conformément à l'article 31 de nos Statuts, le résumé des comptes de l'exercice 1902.

### 1re PARTIE

### FONDS GÉNÉRAUX

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| 1° Souscription du Ministère de l'Agriculture. . . . | 1 440 » | 1° Prix, médailles et récompenses diverses. . . . . | 9 954, 50 |
| 2° Cotisations des membres de la Société (663 cotisations à 36 francs). . . . . | 23 868 » | 2° *Bulletin :* frais de rédaction, d'impression et d'expédition. . . . . | 37 224, 26 |
| 3° Abonnement au *Bulletin* de la Société. . . . . | 4 248 » | 3° Impressions diverses: *Annuaire, Comptes rendus.* . | 4 493, 25 |
| 4° Produit de la vente au numéro du *Bulletin* de la Société. . . . . | 1 589, 85 | 4° Bibliothèque : traitement des agents, acquisitions, abonnements, reliures, fiches. . . . . | 6 065, 60 |
| 5° Locations diverses. . | 10 868, 65 | 5° Agence et Économat : traitements des agents et employés, frais divers. . . | 16 910, 04 |
| 6° Arrérages de rentes : 3 p. 100. . . . 60 021 » 3 1/2 p. 100. . . 1 881 75 | 61 902, 75 | 6° Jetons de présence. . | 4 345 » |
| *A reporter.* . . | 103 917, 25 | *A reporter.* . . | 78 992, 65 |



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| *Report*. . . . . | 103 917, 25 | *Report*. . . . . | 78 992, 65 |
| 7° Divers . . . . . | 3 000 » | 7° Hôtel de la Société : | |
| | | *A*. Aménagement, entretien, réparations. 12 298,11 | |
| | | *B*. Mobilier. . . 454,10 | |
| | | *C*. Chauffage, éclairage et eau. . . . . 5 109 » | 22 427, 86 |
| | | *D*. Contributions, assurances et divers. . 4 566,65 | |
| | | 8° Expériences, conférences. . . . . | 3 581, 35 |
| | | 9° Allocation pour le fonds de réserve. . . . | 1 500 » |
| | | 10° Pensions. . . . . | 3 500 » |
| | | 11° Divers. . . . . | 544, 50 |
| | | | 110 546, 36 |
| | | Les recettes s'élèvent à . . . . . | 106 917, 25 |
| | | Il ressort un excédent de dépenses sur les recettes de. . . . . | 3 629, 11 |
| | 106 917, 25 | | |

Les recettes sont restées stationnaires; le nombre des sociétaires s'est encore abaissé : de 681 qu'il était à la fin de 1900, il est descendu à 676 en 1901; il n'était plus, à la fin de 1902, que de 663. La vente du *Bulletin* accuse par contre une augmentation appréciable : le produit, qui était de 991 fr. 65 en 1901, a atteint en 1902 le chiffre de 1 589 fr. 85.

Quant aux dépenses, la plupart des articles ont été diminués. Nous n'en voyons pas moins, par suite d'une dépense exceptionnelle (installation d'un calorifère dans l'Hôtel), le déficit apparaître de nouveau au Bilan des Fonds généraux. Il s'élève cette année à 3629 fr. 11 et, s'ajoutant au solde débiteur de 1901, il est venu absorber la majeure partie du Fonds de Réserve que, dans une mesure d'utile prévoyance, vous avez institué en 1901. Ce fonds se trouve réduit à la modique somme de 2767 fr. 89. Nous devons donc continuer à appliquer les règles de sage économie qui inspirent les décisions de la Société dans l'emploi de ses deniers et nous ne saurions faire preuve de trop de prudence pour maintenir l'équilibre entre les recettes et les dépenses.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## 2e PARTIE

## FONDATIONS, DONS ET COMPTES SPÉCIAUX

### 1° Fonds de réserve de la Société.

La création d'un fonds de réserve a été décidée par le Conseil d'administration dans sa séance du 2 mars 1901. Constitué au moyen des sommes précédemment affectées au Grand Prix de la Société, qui a été supprimé, il est alimenté par le prélèvement d'une annuité de 1500 francs sur les fonds généraux.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . . | 11 176, 14 | Prélèvement du solde débiteur de l'exercice 1901. . . | 6 443, 48 |
| Annuité versée par les fonds généraux. . . . . | 1 500 » | Prélèvement du solde débiteur de l'exercice 1902. . . | 3 629, 11 |
| Intérêts des sommes déposées. . . . . | 164, 34 | | |
| | 12 840, 48 | | 10 072, 59 |

Reste en recette pour cette année 2767 fr. 89 dans la caisse de la Société.

### 2° Fondation destinée à développer et à perpétuer l'œuvre créée par le comte et la comtesse Jollivet.

Les intérêts de cette fondation doivent être capitalisés jusqu'en 1933.
Capital au 31 décembre 1901 : 6 831 francs de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 863, 35 | Achat de 180 francs de rente 3 p. 100 . . . . . | 6 006, 95 |
| Arrérages. . . . . | 6 887, 25 | | |
| | 7 750, 60 | | |

Reste 1743 fr. 65 dans la caisse de la Société.
Le capital de cette fondation se trouve porté à 7 011 francs de rente 3 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 3° Grand prix fondé par le marquis d'Argenteuil.

But : récompenser tous les six ans, par un prix de 12 000 francs, l'auteur de la découverte la plus utile au perfectionnement de notre industrie nationale. Le prix a été décerné en 1898.

Legs primitif : 40 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 2 000 francs.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 versé à la Caisse des Dépôts et Consignations . . . . . | 11 680, 87 | Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations . . . | 2 170, 87 |
| Arrérages . . . . . | 2 000 » | | |
| Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . . | 170, 87 | | |
| | 13 851, 74 | | |

Les sommes disponibles au 31 décembre 1902 s'élèvent à 13 851 fr. 74, versés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

### 4° Legs Bapst.

Legs primitif : 2160 francs de rente 3 p. 100 ; a servi à établir deux fondations.

1re *Fondation*. — But : venir en aide aux inventeurs malheureux.

Capital : un titre de 1 565 fr. 20 de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 . . . . . | 1 186, 20 | Secours à 6 inventeurs . . | 1 400 » |
| Arrérages. . . . . | 1 565, 20 | | |
| | 2 751, 40 | | |

Reste disponible dans la caisse de la Société, 1 351 fr. 40.

2e *Fondation*. — But : aider les inventeurs dans leurs travaux et recherches.

Capital : 3 594 fr. 80 de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 2089, 70 | Allocations à des inventeurs. | 1 725 » |
| Arrérages. . . . . | 3 594, 80 | | |
| | 5 684, 50 | | |

Reste en recette, pour cette année, 3959 fr. 50 dans la caisse de la Société.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5° **Fondation Christofle pour la délivrance des premières annuités de brevets.**

Capital : 1 036 francs de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 1 076, 65 | Payé six annuités de brevet. . . . . | 655 |
| Arrérages . . . . . | 1 036 » | | |
| | 2 112, 65 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 1 457 fr. 65.

6° **Fondation de la princesse Galitzine.**

But : servir un prix à décerner sur la proposition du Comité des Arts économiques.

Legs primitif : 2 000 francs.

Cette fondation n'ayant pas encore reçu d'application, les intérêts s'en sont capitalisés.

Capital au 31 décembre 1901 : 18 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 785, 70 | Achat de 2 obligations 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est. . . . . | 930 » |
| Arrérages . . . . . | 259, 20 | | |
| | 1 044, 90 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 114 fr. 90.

Capital au 31 décembre 1902 : 20 obligations 3 p. 100 de l'Est.

7° **Fondation Carré.**

But : analogue à celui de la fondation précédente.

Legs primitif : 1 000 francs.

Jusqu'ici les intérêts ont été capitalisés en attendant une destination spéciale.

Capital au 31 décembre 1901 : 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 425, 58 | Achat de 1 obligation 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est. . . | 465 » |
| Arrérages . . . . . | 100, 80 | | |
| | 526, 38 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 61 fr. 38.

Capital au 31 décembre 1902 : 8 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8° **Fondation Fauler (industrie des cuirs).**

But : venir en aide à des contremaîtres ou ouvriers malheureux de l'industrie des cuirs.

Capital au 31 décembre 1901 : 37 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 des Ardennes, 11 du Midi.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 316, 11 | Allocation de 1 secours . . | 780 » |
| Arrérages . . . . . | 734, 40 | Achat de 2 obligations Midi. | 940, 15 |
| Remboursement de 2 obligations Midi. . . . . | 984, 30 | Achat de 2 obligations Est. | 949, 40 |
| Remboursement de 2 obligations Est . . . . . | 983, 95 | | |
| | 3 018, 76 | | 2 669, 55 |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 349 fr. 21.

Capital au 31 décembre 1902 : 37 obligations 3 p. 100 de l'Est, 3 des Ardennes, 11 du Midi.

9° **Fondation Legrand (industrie de la savonnerie).**

Même but que la précédente, à part la différence des industries.

Capital au 31 décembre 1901 : 76 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 . . . . . | 1 636, 21 | Achat de 5 obligations | |
| Arrérages. . . . . | 1 094, 40 | 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 2 325 » |
| | 2 730, 61 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 405 fr. 61.

Capital au 31 décembre 1902 : 81 obligations 3 p. 100 de l'Est.

10° **Fondation Christofle et Bouilhet en faveur d'artistes industriels malheureux.**

Capital : 30 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 163, 34 | Allocation de 5 secours . . | 720 » |
| Arrérages. . . . . | 432 » | | |
| | 595, 34 | | |

Excédent des dépenses sur les recettes : 124 fr. 66.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

11° **Fondation de Milly** (industrie de la stéarine).

But : secourir des contremaîtres ou ouvriers de cette industrie qui sont malheureux ou ont contracté des infirmités dans l'exercice de leur profession.

Capital au 31 décembre 1901 : 49 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Arrérages. . . . . | 705, 60 | Solde en dépense de 1901. . | 159, 30 |
| | | Achat de 1 obligation 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 465 » |
| | | | 624, 30 |

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société : 81 fr. 30.

Capital au 31 décembre 1902 : 50 obligations 3 p. 100 de l'Est.

12° **Fondation de Baccarat** (industrie de la cristallerie).

But : venir en aide aux contremaîtres ou ouvriers malheureux de cette industrie.

Capital au 31 décembre 1901 : 10 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 466, 85 | Achat de 1 obligation 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 465 » |
| Arrérages. . . . . | 144 » | | |
| | 610, 85 | | |

Reste en recette, pour cette année, dans la caisse de la Société : 145 fr. 85.

Capital au 31 décembre 1902 : 11 obligations 3 p. 100 de l'Est.

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

But : décerner tous les six ans un prix à celui qui aura le plus contribué au progrès de l'industrie cotonnière en France.

Legs primitif : 13169 fr. 85.

Capital au 31 décembre 1901 : 43 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 10, 19 | Achat d'une obligation 3 p. 100 de l'Est.. . . . . | 474, 70 |
| Intérêts des sommes déposées à la Caisse des Dépôts et Consignations . . . . . | 52, 77 | Allocation d'une subvention. . . . . | 1000 » |
| Coupons des obligations de l'Est . . . . . | 625, 94 | Versé à la caisse des Dépôts et Consignations. . . . | 52, 77 |
| Remboursement d'une obligation de l'Est sortie au tirage. | 491. 50 | | |
| | 1 180. 40 | | 1 527, 47 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Excédent des dépenses sur les recettes : 347 fr. 07.

En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 3 490 fr. 98.

14° **Fondation Ménier (industrie des arts chimiques).**

But : venir en aide à des contremaîtres ou à des ouvriers malheureux ou infirmes de cette industrie.

Capital au 31 décembre 1901 : 12 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 226, 56 | Allocation d'un secours . . | 200 » |
| Arrérages. . . . . | 220, 80 | | |
| | 447, 36 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 247 fr. 36.

Capital au 31 décembre 1902 : 12 obligations 3 p. 100 et 2 obligations 5 p. 100 de l'Est.

15° **Prix de la classe 65 à l'Exposition universelle de 1867 (génie civil et architecture).**

But : décerner tous les cinq ans un prix de 500 francs à l'auteur d'un perfectionnement apporté au matériel ou aux procédés du génie civil ou de l'architecture.

Legs primitif : 2315 fr. 75.

Capital au 31 décembre 1901 : 15 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 844, 60 | Achat de 2 obligations 3 p. 100 | |
| Arrérages. . . . . | 216, 00 | de l'Est . . . . . | 930 » |
| | 1 060, 60 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 130 fr. 60.

Le capital est de 17 obligations 3 p. 100 de l'Est.

16° **Prix de la classe 47 à l'Exposition universelle de 1878 et fondation Fourcade (industrie des produits chimiques).**

But : créer un prix annuel pour récompenser un ouvrier de l'industrie chimique, choisi de préférence parmi ceux des donateurs et parmi ceux qui comptent le plus grand nombre d'années consécutives de bons services dans le même établissement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Capital : 1 titre de 1 000 francs de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Arrérages. . . . . | 1 000 » | Prix décerné en 1902 . . | 1 000 » |

17° **Fondation du général comte d'Aboville.**

But : décerner des prix à des manufacturiers qui auront employé à leur service, pendant une assez longue période de temps, des ouvriers estropiés, amputés ou aveugles, et les auront ainsi soustraits à la mendicité.

Legs primitif : 10 000 francs.

5 prix ayant déjà été décernés, le capital est réduit à 1 obligation 3 p. 100 du chemin de fer de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT |
|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 48, 30 | Néant. |
| Arrérages. . . . . | 14, 40 | |
| | 62, 70 | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 62 fr. 70.

18° **Legs Giffard.**

But : la moitié du revenu est destinée à créer un prix sexennal de 6 000 francs pour services signalés rendus à l'industrie française ; l'autre moitié, à distribuer des secours.

Legs primitif : 50 000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 1 949 francs.

Le prix a été décerné en 1896.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 941, 85 | Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . . | 1 034, 25 |
| En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. . | 4 123, 11 | Allocation de 2 secours . . | 900, 00 |
| Arrérages . . . . . | 1 949, 00 | | |
| Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . . | 59, 75 | | |
| | 7 073, 71 | | 1 934, 25 |

Reste en recette à la caisse de la Société : 1 016 fr. 35.

En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 5 157 fr. 36, comme réserve pour le prochain prix à décerner.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 19° Fondation Meynot.

But : créer un prix destiné à récompenser les inventions, progrès et perfectionnements intéressant la moyenne et la petite culture.

Legs primitif : 20000 francs, représentés par un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . | 2 050, 22 | Solde en dépense de 1901. | 26, 77 |
| Arrérages. . . . . | 1 018, 00 | Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . | 760, 39 |
| Intérêts des sommes versées à la Caisse des Dépôts et Consignations . . . . . | 30, 39 | | |
| | 3 098, 61 | | 787, 16 |

Reste en recette à la caisse de la Société : 261 fr. 23.

En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 2810 fr. 61.

Capital au 31 décembre 1902 : un titre de rente 3 p. 100 de 730 francs et 20 obligations 3 p. 100 de l'Est.

### 20° Fondation Melsens.

But : création d'un prix triennal de 500 francs pour récompenser l'auteur d'une application intéressante de la physique ou de la chimie à l'électricité, à la balistique ou à l'hygiène.

Legs primitif : 5000 francs, représentés par 13 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Le prix a été décerné en 1899.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 796, 80 | Achat de 2 obligations | |
| Arrérages. . . . . | 187, 20 | 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 930, 00 |
| | 984, 00 | | |

Reste dans la caisse de la Société : 54 francs.

Capital au 31 décembre 1902 : 15 obligations 3 p. 100 de l'Est.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

21° **Fondation de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1867 (matériel des industries alimentaires).**

Don primitif : 6 326 fr. 14.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 1 228, 50 | Allocation d'une subvention. . . . . | 600, 00 |
| Arrérages. . . . . | 316, 80 | Achat de 2 obligations 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 930, 00 |
| | 1 545, 30 | | 1 530, 00 |

Solde en recette à la caisse de la Société : 15 fr. 30.
Capital au 31 décembre 1902 : 24 obligations 3 p. 100 de l'Est.

22° **Prix Parmentier fondé par les exposants de la classe 50 à l'Exposition universelle de 1889 (industries relatives à l'alimentation).**

But : création d'un prix triennal de 1 000 francs destiné à récompenser les recherches scientifiques ou techniques de nature à améliorer le matériel ou les procédés des usines agricoles et des industries alimentaires.

Don primitif : 9 846 fr. 75, représentés par un titre de 335 francs de rente 3 p. 100.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 3 029, 90 | Prix décerné . . . . . | 1 000, 00 |
| Arrérages . . . . . | 335 » | | |
| | 3 364, 90 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 2 364 fr. 90.

23° **Fondation des exposants de la classe 51 à l'Exposition universelle de 1889 (matériel des arts chimiques, de la pharmacie et de la tannerie).**

But : création d'un prix.
Don primitif : 2 556 fr. 30.
Capital au 31 décembre 1901 : 7 obligations 3 p. 100 de l'Est.
La fondation est restée sans emploi en 1902.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 . . . . . | 628, 93 | Achat d'une obligation 3 p. 100 de l'Est. . . . . | 465, 00 |
| Arrérages . . . . . | 100, 80 | | |
| | 729, 73 | | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Reste en recette dans la caisse de la Société : 264 fr. 73.
Capital au 31 décembre 1902 : 8 obligations 3 p. 100 de l'Est.

24° **Don de la classe 21 à l'Exposition universelle de 1889 (industrie des tapis et tissus d'ameublement).**

But : secourir des ouvriers malheureux appartenant à cette industrie.
Don primitif : 400 francs.
Capital au 31 décembre 1901 : 1 obligation 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 137, 77 | Néant. | |
| Arrérages . . . . . | 14, 40 | | |
| | 152, 17 | | |

Reste en recette dans la caisse de la Société : 152 fr. 17.

25° **Fondation des exposants de la classe 63 à l'Exposition universelle de 1889 (génie civil, travaux publics et architecture).**

But : création d'un prix.
Don primitif : 3869 fr. 85.
Capital au 31 décembre 1901 : 11 obligations 3 p. 100 de l'Est.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 317, 34 | Achat d'une obligation | |
| Arrérages . . . . . | 158, 40 | 3 p. 100 de l'Est . . . . . | 465, 00 |
| | 475, 74 | | |

Reste en recette à la caisse de la Société : 10 fr. 74.
Capital au 31 décembre 1902 : 12 obligations 3 p. 100 de l'Est.

26° **Fondation des exposants de la classe 75 à l'Exposition universelle de 1889 (viticulture).**

But : prix à décerner à celui qui indiquera un moyen pratique de se débarrasser des insectes ennemis de la vigne : l'altise ou la cochylis.
Don : 1000 francs.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . | 1 058, 41 | Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . | 15, 84 |
| Intérêts des sommes déposées . . . . . | 15, 84 | | |
| | 1 074, 25 | | |

En dépôt à la Caisse des Dépôts et Consignations : 1074 fr. 25.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

27° **Fondation de Salverte.**

But : décerner chaque année, sur la proposition du Comité des Beaux-Arts, un prix consistant en une médaille d'argent et une somme de 25 francs à un ouvrier français appartenant à la corporation du bâtiment, moral, habile, âgé de 60 ans au moins, père d'une famille nombreuse qu'il aurait bien élevée.

Don primitif : 1 000 francs, qui ont été employés à l'achat de 29 francs de rente 3 p. 100.

La fondation remonte à 1896 et le prix n'a pas encore été décerné.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 155, 35 | Néant. | |
| Arrérages. . . . . | 29 » | | |
| | 184, 35 | | |

Reste en recette à la caisse de la Société : 184 fr. 35.

28° **Fondation des exposants de la classe 19 à l'Exposition universelle de 1900 (machines à vapeur).**

But : venir en aide à des mécaniciens malheureux.

Don : 2034 francs versés en 1901.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 1 634, 00 | Allocation de 2 secours. . | 532, 00 |

Reste dans la caisse de la Société : 1 102 francs.

29° **Fondation des exposants de la classe 64 à l'Exposition universelle de 1900 (métallurgie).**

But : subventionner des travaux et recherches intéressant la métallurgie.

Don : 5000 francs versés en 1901.

| AVOIR | | DÉBIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 5 000, 00 | Subventions accordées. . | 1 551, 20 |
| Nouveau versement . . . | 560, 00 | | |
| | 5 560, 00 | | |

Reste dans la caisse de la Société : 4008 fr. 80,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

30° **Fondation des exposants de la classe 38 à l'Exposition universelle de 1900.**

But : recherches agricoles.

Don : 2 400 francs versés en 1902.

| AVOIR | | DÉBIT |
|---|---|---|
| Somme versée. . . . . | 2 400, 00 | Néant. |

Reste dans la caisse de la Société : 2 400 francs.

31° **Souscriptions perpétuelles et à vie.**

| AVOIR | | DÉBIT |
|---|---|---|
| Solde de 1901. . . . . | 10, 21 | Néant. |

Solde en caisse : 10 fr. 21.

Le capital constitué par les souscriptions perpétuelles et à vie comprend 2 627 francs de rente 3 p. 100.

32° **Table décennale du Bulletin.**

| AVOIR | | DOIT | |
|---|---|---|---|
| Solde de 1901 déposé à la Caisse des Dépôts et Consignations. . . . . | 1 860, 35 | Versé à la Caisse des Dépôts et Consignations . . . . . | 327, 24 |
| Intérêts des sommes déposées. . . . . | 27, 24 | | |
| Annuité de 1902 . . . . . | 300, 00 | | |
| | 2 187, 59 | | |

Solde : 2 187 fr. 59 déposés à la Caisse des Dépôts et Consignations.

Le bilan de notre Société, arrêté au 31 décembre 1902, est annexé à notre rapport.

Votre Commission a constaté l'exactitude et la parfaite régularité des comptes que nous venons de vous présenter et vous propose de les approuver.

Tout le mérite de cette situation revient à notre Trésorier qui, depuis nombre d'années, apporte à notre Société, pour gérer ses finances, le concours si utile de sa haute compétence et de son rare dévouement.

Nous sommes certain d'interpréter fidèlement votre pensée à tous en adressant à M. Goupil de Préfeln l'expression sincère de notre vive gratitude.

*Signé :* Lafosse, *rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance, le 11 juillet 1902.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BILAN AU 31 DÉCEMBRE 1902

| ACTIF | | |
|---|---|---|
| Immeuble de la Société | 600.000 » | 2.744.609,56 |
| Portefeuille de la Société | 2.144.609,56 | |
| Portefeuille des fondations | 614.005,80 | 851.231,94 |
| Portefeuille du fonds d'accroissement | 237.226,14 | |
| Nue propriété d'une rente 3 p. 100 de 1 000 fr. | | (Mémoire.) |
| CAISSE, BANQUIERS : | | |
| Crédit Foncier | 6.406,20 | 52.574,59 |
| Caisse des Dépôts et Consignations | 28.572,53 | |
| Caisse du Siège social | 1.559,99 | |
| Caisse du Trésorier | 16.035,87 | |
| Débiteurs divers | 10.137,20 | 10.608,93 |
| Solde débiteur du compte : Fondation Christofle et Bouilhet c^ie^ c^t^ | 124,66 | |
| Solde débiteur du compte : Fondation Roy c^ie^ c^t^ | 347,07 | |
| TOTAL DE L'ACTIF | | 3.659.025,02 |

| PASSIF | | |
|---|---|---|
| Valeurs mobilières et immobilières appartenant à la Société | | 2.744.609,56 |
| Valeurs des fondations | | 851.231,94 |
| *Sommes provenant des fondations, classes et comptes spéciaux versées dans la Caisse de la Société, qui en est débitrice.* | | |
| Jollivet | 1.743,65 | |
| Bapst (A.) | 1.351,40 | |
| Bapst (J.) | 3.959,50 | |
| Christofle | 1.457,65 | |
| Galitzine | 114,90 | |
| Carré | 61,38 | |
| Fauler | 349,21 | |
| Legrand | 405,61 | |
| De Milly | 81,30 | |
| Giffard | 1.016,35 | |
| Baccarat | 145,85 | |
| Menier | 247,36 | |
| Baude | 130,60 | 21.955,89 |
| D'Aboville | 62,70 | |
| Melsens | 54,00 | |
| Savalle | 15,30 | |
| Parmentier | 2.364,90 | |
| Meynot | 261,23 | |
| Classe 51 (1889) | 264,73 | |
| — 21 (1889) | 152,17 | |
| — 63 (1889) | 10,74 | |
| — 19 (1900) | 1.102,00 | |
| — 64 (1900) | 4.008,80 | |
| — 38 (1900) | 2.400,00 | |
| Souscriptions perpétuelles et à vie | 10,21 | |
| De Salverte | 184,35 | |
| Réserve de la Société | | 2.767,89 |
| *Réserves provenant des fondations, dons et comptes spéciaux, versées à la Caisse des Dépôts et Consignations.* | | |
| Prix d'Argenteuil | 13.851,74 | |
| Prix de la Classe 27 (1867) | 3.490,98 | |
| Prix Giffard | 5.157,36 | 28.572,53 |
| Prix Meynot | 2.840,61 | |
| Classe 75 (1889) | 1.074,25 | |
| Table décennale du Bulletin | 2.187,59 | |
| Créanciers divers | | 9.887,21 |
| TOTAL DU PASSIF | | 3.659.025,02 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT présenté par **M. Édouard Simon**, au nom des censeurs, sur les comptes de l'année 1902.

MESSIEURS,

Le rapport de M. Lafosse, au nom de la Commission des Fonds, me dispense d'entrer dans de longs développements sur les comptes de l'exercice écoulé. Notre collègue insiste avec raison sur le nombre réduit des sociétaires ; aussi faisons-nous particulièrement appel au dévouement des membres du Conseil récemment élus pour leur demander de recruter autour d'eux de nouveaux adhérents. L'augmentation notable de la « vente au numéro » de notre *Bulletin* fournit la meilleure preuve des services rendus par cette publication et doit faciliter le recrutement que nous souhaitons. Le succès du « Volume des alliages » affirme, d'autre part, l'intérêt des études techniques entreprises depuis quelques années par la Société d'Encouragement, afin d'aider à la solution de difficultés dont l'industriel livré à ses seules ressources ne peut toujours triompher. La vente de ce volume, qui ne s'est point ralentie en 1902, a donné lieu à une recette d'environ 2 000 francs.

M. le rapporteur de la Commission des Fonds me permettra de l'accuser d'un peu de pessimisme, lorsque, à l'occasion de l'excédent des dépenses sur les recettes des *fonds généraux* s'élevant, pour 1902, à 3 629 fr. 11, notre collègue prononce le mot de *déficit*. Comme le remarque M. Lafosse, cet excédent est la conséquence d'une dépense exceptionnelle : du paiement d'une partie des frais d'installation des nouveaux appareils de chauffage, frais qui ne sont vraiment pas imputables au budget ordinaire de l'exercice. Notre collègue se hâte, d'ailleurs, de nous rassurer en montrant que ledit excédent a été soldé par un prélèvement d'égale somme sur le Fonds de réserve.

Les *fondations*, qui figurent dans la seconde partie du rapport et dont nous rappelions les principaux donateurs, l'année dernière, ont permis de consacrer à des annuités de brevets, à des secours en faveur d'artistes industriels et d'inventeurs malheureux, une somme importante : près de 9 000 francs. Ce n'est pas assez, toutefois, car le reliquat des arrérages dépasse le total de la dépense. Il importe de signaler aux intéressés les conditions spéciales de ces utiles fondations, de manière à réaliser tout le bien que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les Bapst, les Christofle, les Bouilhet, les Fauler, De Milly, Legrand, Fourcade, Giffard, entre autres, nous ont mis à même de faire, chaque année.

Rappelons encore que la dix-septième fondation, due à la générosité du général comte d'Aboville, se trouve réduite à une obligation du chemin de fer de l'Est et à un reliquat espèces de 62 fr. 70; elle doit prochainement disparaître par l'attribution d'un dernier prix conforme aux volontés du donateur.

Enfin, vous serez satisfaits de savoir que la bibliothèque est régulièrement fréquentée par un groupe de lecteurs fidèles. En plus des périodiques et des nombreux ouvrages offerts par les auteurs ou par les éditeurs, et dont les procès-verbaux de nos séances fournissent les listes, les collections bibliographiques de la Société se sont enrichies de l'important legs de notre regretté collègue, M. Ronna, soit d'environ 500 volumes, traitant des sujets industriels et agricoles les plus variés.

Tous les services donnent lieu à une comptabilité dont la Commission des Fonds vous a présenté le tableau. Cette comptabilité est facilitée par la scrupuleuse exactitude de M. Goupil de Préfeln ; aussi, en vous demandant, Messieurs, d'approuver les comptes du dernier exercice, nous considérons comme un devoir strict de réitérer, en votre nom, l'expression de la gratitude à laquelle a droit notre dévoué trésorier.

Édouard Simon.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# AGRICULTURE

## LE REBOISEMENT DES MONTAGNES, CONFÉRENCE FAITE par M. Kuss, *Inspecteur des Eaux et Forêts* (1).

MESDAMES, MESSIEURS,

Permettez-moi, en commençant, d'adresser mes remerciements à la Société d'encouragement à l'Industrie nationale, qui a bien voulu organiser cette conférence, témoignant ainsi de l'alliance intime qui unit la science forestière à l'industrie. Le bois est, en effet, l'une des matières premières les plus indispensables. Mais, outre son utilisation immédiate, il produit, à l'état de forêt, des résultats considérables, en assurant le débit régulier des cours d'eau et en supprimant le charriage des matériaux. Sans débit régulier, pas de navigation possible. La Loire en est un triste et récent exemple. Avec des rivières qui charrient, l'utilisation des chutes d'eau si abondantes dans nos montagnes, et qui fournissent la force motrice à si bon marché, devient presque impossible.

Le reboisement, en luttant contre les torrents, précisément par la création de forêts, fournit donc une aide puissante à notre industrie. C'est ce que la Société d'encouragement a si bien compris et ce dont je la remercie aujourd'hui.

Vous me permettrez aussi de remercier M. Daubrée, Conseiller d'État, Directeur général des Eaux et Forêts, dont la présence parmi nous est une preuve de l'intérêt que les pouvoirs publics attachent à la question du reboisement. C'est grâce à sa haute et attentive direction que ce service a pu acquérir son importance actuelle.

Il y a déjà plus de 60 ans que la question du reboisement des montagnes préoccupe l'opinion publique en France. Mise à l'ordre du jour à l'occasion des terribles inondations de 1840, par la remarquable « Étude sur les torrents des Hautes-Alpes » de Surell, parue en 1842, elle ne se réveilla d'un long assoupissement qu'après les inondations de 1856, qui firent, en quelques jours, pour plus de 250 millions de dégâts.

(1) Conférence faite le 19 décembre 1902.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette fois, les pouvoirs publics, justement alarmés de la périodicité et de l'intensité des dégâts, intervinrent avec énergie, et, en 1860, fut promulguée la première loi sur le « Reboisement des montagnes ».

D'une application difficile par suite de l'opposition qu'elle soulevait parmi les populations de nos montagnes, elle fut remplacée en 1882 par la loi encore en vigueur aujourd'hui sur la « Restauration et la conservation des terrains en montagne ».

Il n'entre pas dans le cadre de cette étude de vous en exposer en détail le mécanisme. Ce serait long et sans grand intérêt.

Je me bornerai à vous indiquer, que dans les pays de montagne où elle est applicable, elle a divisé les terrains en deux catégories :

1° Ceux qui, par leur instabilité, sont la cause de « dangers nés et actuels » et que l'État doit acquérir pour y exécuter des travaux d'utilité publique;

2° Ceux qui contribuent d'une façon quelconque à augmenter l'intensité et la violence des crues, et pour lesquels les propriétaires qui y font exécuter des travaux de restauration reçoivent des subventions de l'État.

Ainsi donc, dans le premier cas, l'État achète les terrains nécessaires et y fait exécuter entièrement à ses frais tous les travaux utiles. Ce sont naturellement les terrains les plus dégradés, les berges vives des torrents, les éboulements, les glissements, les bassins de réception dénudés qui passent ainsi entre les mains de l'État. Ce sont ces terrains mouvants et instables par excellence qu'il s'agit de fixer sur place, de soustraire à l'action destructrice des agents atmosphériques : pluie, grêle, neige, avalanches.

La tâche n'était pas commode, et il a fallu tout le dévouement du personnel des Eaux et Forêts pour obtenir les résultats remarquables que je vous ferai voir dans un instant. C'est que, dans cette lutte acharnée contre les éléments, ce personnel s'est toujours senti soutenu et par le Gouvernement et par le Parlement qui ne lui ont jamais marchandé leur concours.

Les dégâts causés par les inondations peuvent se ramener à deux causes principales :

1° Une irruption soudaine des eaux hors de leur lit naturel, et

2° Le transport en masse de boues et de pierres qui, par la violence de leur choc, détruisent les habitations, entraînent et submergent ceux qui s'y trouvent et viennent ensuite enliser, sous d'épais amas de détritus, les cultures des vallées inférieures, les routes et les voies ferrées, y interceptant toute communication.

Si les eaux font soudainement irruption hors de leur lit naturel, c'est que, d'une part, elles se rassemblent trop rapidement au moment des pluies et que, d'autre part, leur lit, presque toujours surélevé par les apports de graviers, est insuffisant pour assurer leur libre écoulement.

Ici, l'action de la forêt est certainement prépondérante. Les cimes des arbres,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les feuilles, les troncs arrêtent une partie de l'eau de pluie qui ne parvient au sol que peu à peu et dont une certaine quantité (le quart de la quantité de p luie annuelle) s'évapore avant même d'atteindre le sol.

L'humus qui, dans les forêts bien constituées, a une épaisseur considérabl e, absorbe de son côté et retient, comme le ferait une éponge, un très grand volum e d'eau, et ce n'est que quand tous ces éléments sont saturés, qu'on peut constater un écoulement superficiel, fait d'ailleurs assez rare en montagne.

La neige elle-même fond moins vite à l'abri de la forêt. De là, une action nettement retardatrice pour les crues.

La création de vastes massifs boisés à l'origine de nos fleuves et de nos rivières, c'est-à-dire précisément dans les régions montagneuses où ils prennent naissance, aurait donc une action des plus efficaces pour retarder la concentration des eaux dans les thalwegs, et, par suite, pour diminuer l'importance des crues.

Mais, bien que le mouvement d'opinion d'où sont sorties les lois sur le reboisement des montagnes ait été provoqué par les désastres dus aux inondations, il a fallu, dans l'application, restreindre le rôle de l'État à empêcher le transport en masse des boues et des graviers et abandonner complètement la création de vastes massifs boisés à la libre initiative des propriétaires particuliers ou des communes.

Ceux-ci, outre qu'ils reçoivent des subventions, ont encore un intérêt évident à planter en bois tous les terrains incultes ou d'un maigre revenu.

Il est en effet démontré que nous consommons annuellement, en France, 9 millions de mètres cubes de bois d'œuvre et que nous n'en produisons que 6 millions; d'où un déficit annuel de 3 millions de mètres cubes, qui nous coûtent 98 millions de francs, à faire venir de l'étranger. Mais comme tous nos voisins sont dans la même situation que nous et que les pays producteurs de bois épuisent leurs réserves pour subvenir à une consommation excessive, il en résulte qu'une crise du bois d'œuvre nous menace et que M. Mélard, dans sa savante étude sur l'*Insuffisance de la production du bois d'œuvre dans le monde*, a pu conclure que la disette du bois d'œuvre se fera peut-être sentir avant cinquante ans.

Or, il faut cent ans et plus pour faire un arbre et, à cette époque, les 3 millions de mètres cubes qui nous manquent vaudront, non plus 98 millions de francs, mais bien 150 ou 200 millions de francs au moins.

Si on compte sur une production moyenne annuelle de un mètre cube de bois d'œuvre par hectare et par an : un peu moins que ce que rendent les forêts de l'État, il en résulte qu'il faudrait créer 3 millions d'hectares de forêts, d'un revenu assuré de 33 francs en moyenne par hectare, pour la seule valeur du bois d'œuvre, ce revenu pouvant s'élever à 50, 60 francs et plus, au moment

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

où la disette se fera sentir, précisément quand les arbres que nous plantons aujourd'hui commenceront à devenir exploitables.

Il suffirait de reboiser la moitié des 6 746 000 hectares de landes, pâtis et autres terrains incultes qui déparent encore le sol de notre patrie. De ces 6 millions, les communes possèdent une grande partie, et le Parlement a, depuis 1893, admis les terrains communaux improductifs de toute la France à bénéficier des subventions pour reboisement, réservées jusqu'alors aux seuls terrains en montagne.

Ces dispositions sont malheureusement ignorées du public, et ne reçoivent qu'une application restreinte.

En fait, l'initiative individuelle n'a encore reboisé, en France, que 94 700 hectares, dont 56 000 hectares aux communes et 38 700 aux particuliers.

C'est à peine la trente-cinquième partie de ce qui serait nécessaire. Il est juste de reconnaître qu'on n'estime qu'à 600 000 hectares environ l'étendue des terrains particuliers ou communaux qui devraient être reboisés pour coopérer à la régularisation du régime des eaux en montagne. De ce côté-là, il y aurait donc le septième de la tâche accompli. C'est peu, si on observe qu'il y a vingt ans que la loi de 1882 est promulguée et qu'il y a 40 ans que l'État donne des subventions.

Malgré tout, il ne faut pas désespérer de l'avenir, et on peut prévoir le jour prochain où l'idée du reboisement ayant fait son chemin dans le monde, nous serons contraints, bien malgré nous, devant l'affluence des demandes, de restreindre les larges subventions allouées encore actuellement.

Celles-ci atteignent environ la moitié de la valeur estimative des travaux. Elles sont données, le plus souvent, sous forme de délivrance gratuite de plants et surtout de graines, quelquefois en argent, mais, dans ce dernier cas, presque exclusivement aux communes, pour solder des travaux exécutés sous la direction et la surveillance du personnel des Eaux et Forêts.

La valeur totale des subventions délivrées par l'État s'élevait, au 1er janvier 1902, à 4 880 000 francs, dont 1 252 000 francs aux particuliers et 3 628 000 francs aux communes.

De leur côté, les particuliers ont fourni 2 299 000 francs, les communes 1 364 000 francs et les départements 1 706 000 francs, de sorte que la valeur des travaux exécutés se chiffre par 10 249 000 francs.

Mais tous ces reboisements dits « facultatifs » ne présentant généralement aucune difficulté d'exécution, vous me permettrez de passer rapidement sur ce qui les concerne, malgré la haute importance des résultats qu'ils doivent procurer en augmentant de 600 000 hectares l'étendue des forêts dans les bassins de réception de nos fleuves et de nos rivières, pour aborder plus rapidement l'étude des travaux confiés entièrement à l'État sur tous les terrains constituant un danger né et actuel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces travaux portent sur trois régions : les Alpes, les Cévennes et le Plateau central, les Pyrénées.

La région dite des Alpes comprend toute la partie de notre pays située sur la rive gauche du Rhône. Elle s'étend donc au Nord jusqu'au lac de Genève, au Sud jusqu'à la mer Méditerranée et à l'Est jusqu'aux frontières de Suisse et d'Italie.

Elle embrasse les départements de la Haute-Savoie, de la Savoie, de l'Isère, des Hautes-Alpes, de la Drôme, des Basses-Alpes, de Vaucluse, des Bouches-du-Rhône, du Var et des Alpes-Maritimes.

La région dite des Pyrénées comprend toute la chaîne des montagnes de ce nom, de l'Océan à la Méditerranée, jusqu'à la frontière d'Espagne au Sud.

Elle embrasse la partie du département de l'Aude située au Sud de la rivière de ce nom et tous les départements frontières : Basses-Pyrénées, Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège et Pyrénées-Orientales.

Enfin, la région des Cévennes et du Plateau central s'étend entre la Loire au Nord, la région des Alpes à l'Est et la région des Pyrénées au Sud.

Elle embrasse la partie Nord du département de l'Aude, l'Ardèche, l'Aveyron, le Gard, l'Hérault, la Lozère, la Haute-Loire, le Puy-de-Dôme et le Tarn.

Ce qui fait un total général de 24 départements, d'une superficie de 14 millions d'hectares, représentant tout près du tiers de la France, qui en a 52 millions.

Les trois régions que nous venons de délimiter se distinguent nettement entre elles par leurs caractères topographiques, géologiques et minéralogiques.

Les Alpes sont surtout constituées par des terrains jurassiques, présentant des sommets élevés, à fortes pentes, exposés d'une façon générale à l'Ouest, et où se rencontrent presque exclusivement des calcaires, des marnes, des schistes produisant un sol peu résistant à l'action des agents atmosphériques et généralement sec par suite de son exposition.

Toutes ces causes défavorables sont éminemment propices à la formation de torrents, qui s'y rencontrent en plus grande abondance que partout ailleurs et y sont surtout infiniment plus redoutables.

Les Pyrénées, constituées au contraire par une ossature rigide de roches ignées, tout en présentant des versants élevés, à pentes au moins aussi fortes que les Alpes, exposées d'une façon générale au Nord, résistent bien aux influences atmosphériques. Grâce à leur climat humide et à leur exposition, la végétation les recouvre presque partout; il a fallu des circonstances exceptionnelles et locales pour y provoquer la formation de quelques torrents relativement récents, mais dont les crues n'en sont pas moins redoutables.

Enfin, la chaîne des Cévennes est formée par une série de massifs montagneux d'un relief moins accentué que les Alpes ou les Pyrénées. Placée sur la ligne de partage des eaux entre l'Océan et la Méditerranée, elle reçoit le premier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

choc des vents humides et provoque des précipitations aqueuses qui s'y manifestent sous forme d'averses diluviennes d'une intensité et d'une fréquence absolument exceptionnelles. Les versants, d'une dénudation presque complète, s'y trouvent labourés par une série de torrents juxtaposés et par une myriade de ravins profonds et béants.

Chacune de ces trois régions comporte des travaux distincts. Dans les Alpes, la lutte contre les torrents acquiert toute son ampleur, tandis que, dans les Cévennes, c'est surtout contre le ruissellement des pluies qu'il faut opposer un obstacle. La création de massifs boisés y est nettement indiquée.

Enfin, aux Pyrénées, s'appliqueront les travaux spéciaux nécessités par les divers cas particuliers qu'on y rencontre.

Les terrains sur lesquels doit s'exercer l'action de l'État, après qu'il s'en est rendu acquéreur, sont déterminés par des lois spéciales, qui interviennent après des études approfondies, suivies d'enquêtes minutieuses.

Généralement, on groupe ensemble tous les terrains situés dans le bassin d'une rivière ou d'un affluent important de cette rivière, pour en faire l'objet d'un projet de loi unique et on donne à ce groupement le nom de *périmètre de restauration*. C'est ainsi qu'il y a le périmètre de l'Ubaye, de la Haute Durance, etc...

D'après la situation des études à l'heure actuelle, on doit constituer ainsi 122 périmètres. Sur ce nombre,

44 ont déjà été l'objet de déclaration d'utilité publique,

5 seront incessamment soumis au Parlement,

20 subissent les enquêtes,

53 sont encore à l'étude.

D'autre part, l'étendue des terrains à comprendre dans ces 122 périmètres est évaluée à 333 446 hectares, dont 147 966 hectares ont fait l'objet de déclaration d'utilité publique.

L'État est, dès à présent, propriétaire de 175 408 hectares ayant coûté 26 650 000 francs, dont 148 933 hectares sont situés dans les limites des périmètres et 26 475 hors de ces limites. Ces derniers terrains sont achetés au moyen des fonds alloués chaque année au budget pour cet objet.

Il reste donc à acquérir 184 513 hectares situés dans les périmètres constitués ou à l'étude, et comme l'État en acquiert de 6 à 8000 par an en moyenne, cela porte à 26 ans le temps nécessaire pour terminer cette première partie de la tâche.

En même temps qu'il achète les terrains, l'État poursuit sans interruption l'œuvre de leur restauration.

Sur les 175 408 hectares domaniaux, au 1er janvier 1902, 97 810 étaient définitivement reboisés et constituaient de jeunes forêts dont quelques-unes de bel

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avenir. De plus, de nombreux torrents étaient corrigés, c'est-à-dire réduits à l'impuissance et devenus inoffensifs.

Les sommes dépensées par l'État pour ces divers travaux s'élevaient, à la même date, à 45 643 000 francs, et on estime encore à 90 millions le montant des sommes nécessaires tant pour les travaux restant à faire que pour l'achat des terrains, ce qui porterait à 30 ans le temps nécessaire pour achever cette deuxième partie de l'œuvre du reboisement, en comptant sur une dépense annuelle de 3 millions de francs.

Il faut cependant observer, qu'au fur et à mesure qu'augmente la quantité de travaux exécutés, les dépenses d'entretien s'accroissent également, réduisant d'autant la part qui revient aux travaux neufs et que, par conséquent, celle-ci va en diminuant d'année en année. De telle sorte que la période de 30 ans fixée précedemment est évidemment trop courte, et que l'on peut, sans exagération, la porter à 40 ans.

Vous voudrez bien m'excuser de ces renseignements quelque peu techniques, mais ils étaient nécessaires pour vous faire saisir l'importance considérable des travaux de restauration des montagnes, qui s'appliquent au tiers de la France et nécessiteront une dépense totale de 160 millions de francs au moins.

Toutefois, j'ai hâte d'aborder le détail des travaux entrepris dont je puis vous montrer quelques spécimens, grâce aux belles photographies exécutées par les Agents des Eaux et Forêts.

Toutes les projections qui vont passer devant vos yeux, sans exception, proviennent de clichés pris par ce personnel dévoué, qui consacre les instants de loisir que lui laisse un service pénible, fatigant et souvent dangereux, à réunir ainsi les éléments indiscutables de l'historique des torrents.

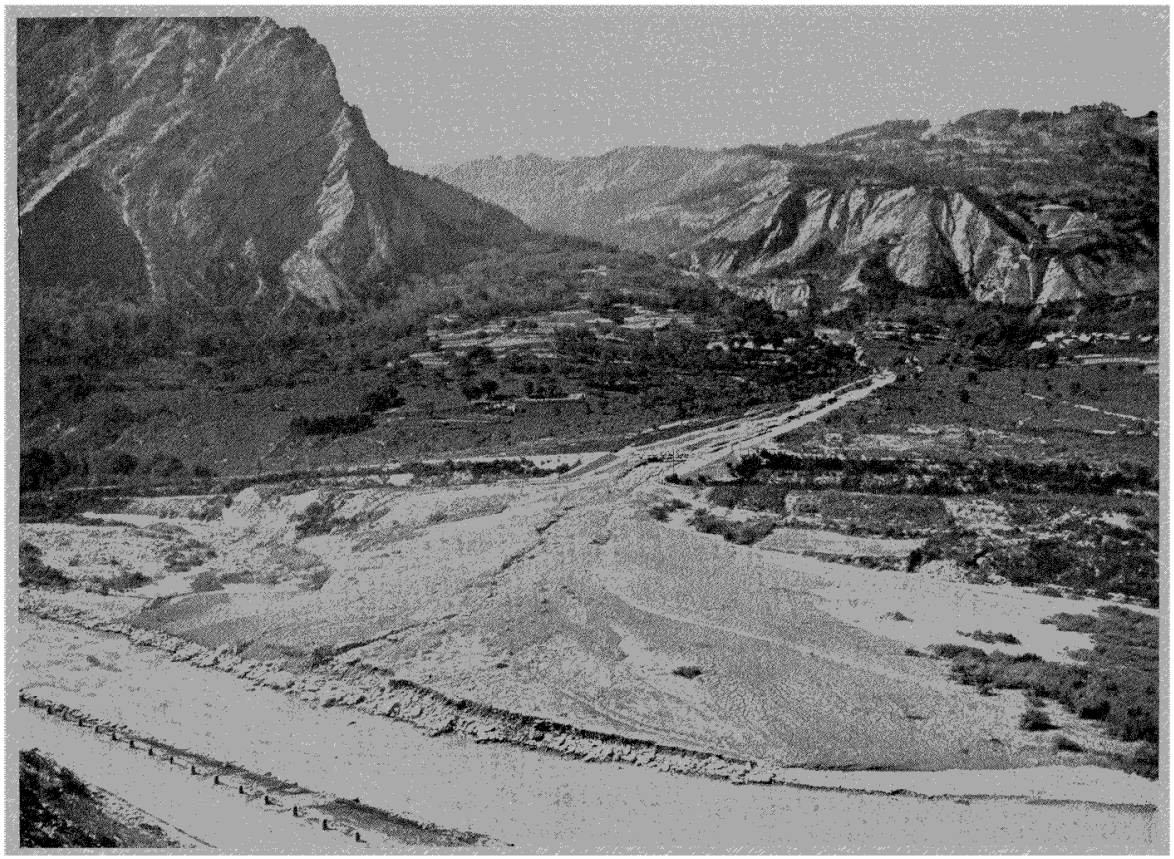
Mais qu'est-ce donc au juste qu'un torrent? C'est un cours d'eau qui coule sur des pentes excessives, affouille dans la montagne, dépose dans la vallée les matériaux ainsi arrachés, et qui divague sur ses dépôts.

Les dépôts constitués de la sorte se présentent généralement sous la forme d'un demi cône plus ou moins aplati qui porte le nom de « cône de déjection », et dont le sommet se trouve à la gorge du torrent, c'est-à-dire au point où cesse la montagne et où commence la vallée (fig. 1).

On dit qu'un torrent est « corrigé » quand il n'affouille plus et ne charrie plus de matériaux.

D'une façon générale, les matériaux charriés par un torrent proviennent ou du décapement superficiel du sol, ou du glissement des couches profondes qui occupent une partie de son bassin de réception et de ses berges, et viennent obstruer le cours des eaux, leur fournissant ainsi un apport considérable.

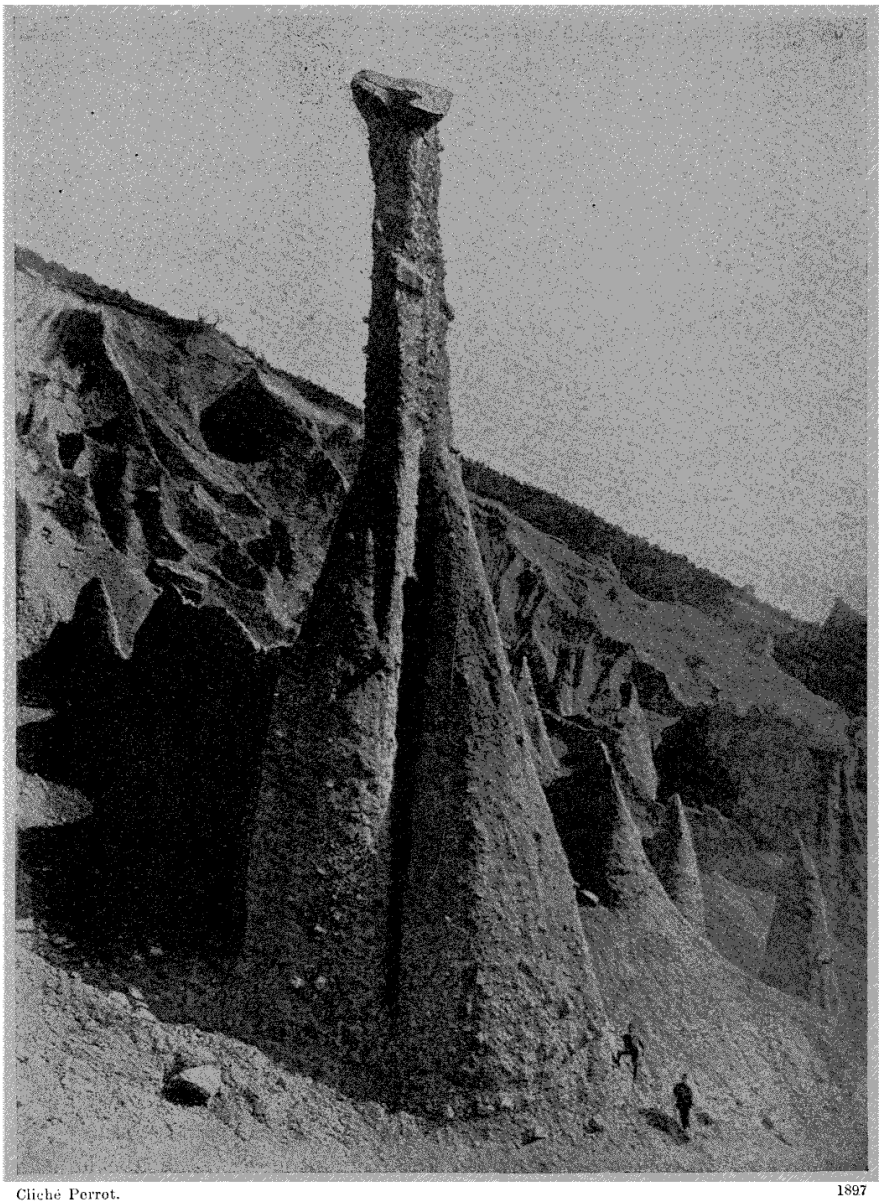
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Cliché Chapplain 1887

Fig. 1. — Torrent de Rieubel. Vue du cône de déjection.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Cliché Perrot. 1897

Fig. 2. — Érosions dans les boues glaciaires à Théus (Hautes-Alpes).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Le décapement superficiel* du sol est dû, le plus souvent, à sa nature géologique et minéralogique, à l'absence à peu près totale de végétation et à la raideur des pentes, qui permettent aux agents atmosphériques d'acquérir leur plus grande puissance d'érosion.

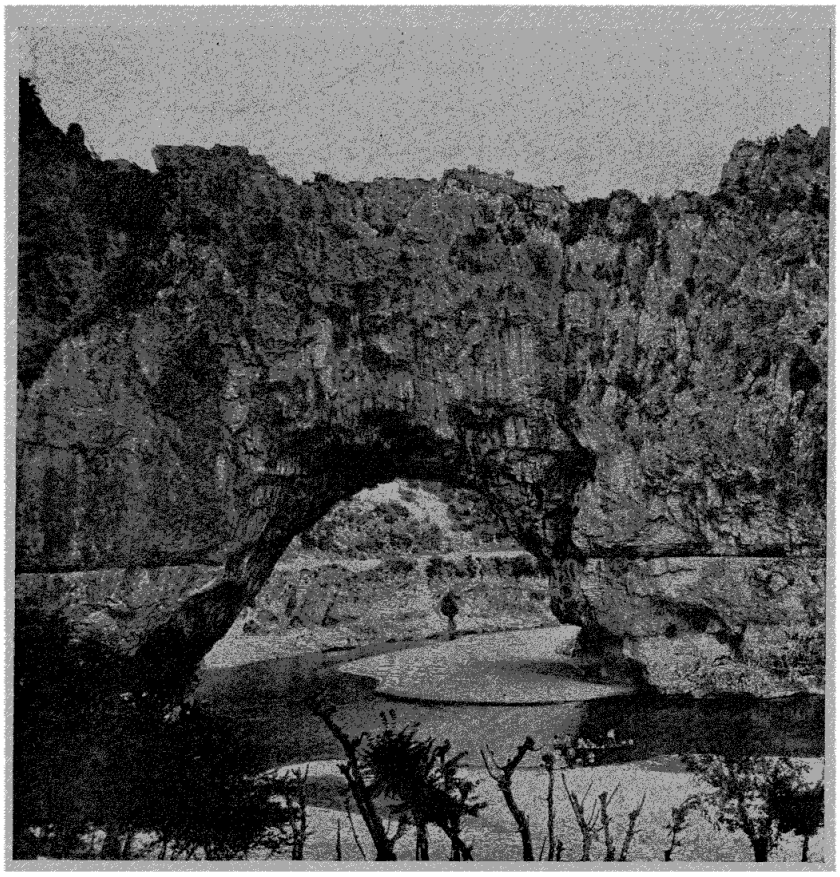


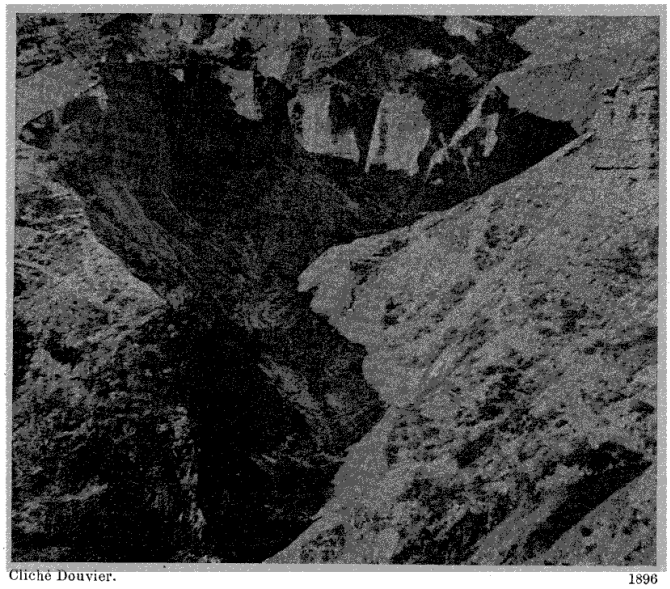
Fig. 3. — Le Pont d'Arc sur l'Ardèche.

Sur un sol dénudé, la grêle désagrège aisément les particules terreuses, les eaux de pluie ruissellent avec une rapidité d'autant plus grande que la pente est plus accentuée, et l'importance des affouillements qu'elles produisent est en rapport direct avec leur masse, leur vitesse et la faible résistance du terrain sur lequel elles s'écoulent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est ainsi que, dans les dépôts morainiques qui se trouvent en abondance sur les flancs des versants alpins, on rencontre de très nombreuses et très profondes érosions (fig. 2), qui atteignent quelquefois plus de 100 mètres de profondeur, sur des surfaces considérables, qui se chiffrent par 100 hectares et plus.

D'ailleurs, tout le monde sait que l'action continue des eaux, même sur les roches les plus dures, produit une usure relativement rapide. Le Pont d'Arc



Cliché Douvier. 1896

Fig. 4. — Terrains en glissement à Pellafol (Isère).

sur la rivière de l'Ardèche, creusé dans les calcaires de l'étage néocomien, en fournit un exemple (fig. 3).

Les *glissements* proviennent presque toujours de l'infiltration des eaux, qui pénètrent le sol jusqu'à un plan imperméable de rocher ou d'argile, et qui, ne pouvant s'écouler assez rapidement, imbibent suffisamment les terres pour leur faire perdre leur équilibre. Toute la masse superficielle glisse alors sur le plan imperméable en produisant des dégâts incalculables (fig. 4).

On peut citer des glissements de cette nature qui ont leur répercussion sur plus de 1 000 hectares et dont le mouvement lent, mais continu, menace de destruction les vallées inférieures.

Ces glissements sont entretenus par les torrents dont ils viennent combler le lit et qui y puisent facilement, lors de leurs crues, des milliers de mètres cubes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de matériaux d'autant plus aptes à être entraînés qu'ils sont déjà ameublis par leur mouvement spécial et saturés des eaux d'infiltration. L'équilibre ainsi rompu tend à se rétablir par un nouveau mouvement des terres instables, et le cycle se poursuit sans qu'il soit possible de prévoir sa fin, tant est considérable le volume des glissements.

Il est à noter, d'ailleurs, que presque tous les torrents dangereux sont alimentés par un ou plusieurs glissements où ils puisent la majeure partie des matériaux qu'ils charrient.

Ainsi donc, d'une façon générale, la correction des torrents comprendra d'une part, la lutte contre les érosions superficielles et, d'autre part, la lutte contre les glissements.

Nous allons étudier successivement ces deux points principaux, en commençant par le plus important, la *consolidation des glissements*, et nous terminerons par l'examen de quelques cas spéciaux, en nous basant toujours sur des exemples tirés de travaux exécutés.

Un des premiers glissements traités a été celui du Sécheron, sur le territoire de Le Bois, département de la Savoie.

Le Sécheron, examiné depuis Aigueblanche, c'est-à-dire d'en face, se présentait, avant tout travail, comme un large sillon d'une éclatante blancheur enserré entre deux croupes d'un vert sombre. Vu de près, on constatait que ce sillon était composé d'un mélange de terres argileuses et de quartiers de roches formant le plus épouvantable chaos.

D'une surface de 24 hectares, il atteint la cote d'altitude de 1509 mètres et parcourt une différence de niveau de 641 mètres. Sa longueur totale n'est que de 1200 mètres et sa largeur approche de 200 mètres.

C'est le 2 novembre 1868 que toute la masse se mit en mouvement pour la première fois. Pendant deux jours, elle s'avança lentement, mais d'une poussée irrésistible, ensevelissant sur son passage bois, prés, vergers et vignes, ne laissant derrière elle que ruine et désolation.

Après de nombreuses tentatives pour canaliser cette coulée, tentatives aussi vaines les unes que les autres, on décida de consolider le terrain sur place, et, en 1887, le service des Eaux et Forêts, après avoir fait l'acquisition des terrains, commença les travaux.

Les agents chargés de cette étude, se basant sur les propriétés caractéristiques du sol, c'est-à-dire, sur sa cohésion, sa ténacité aussitôt qu'il n'est plus saturé par les eaux, furent amenés à demander uniquement l'arrêt du glissement à un système de drains superficiels et ramifiés (fig. 5), couvrant la surface d'un vaste réseau combiné de manière à capter immédiatement les eaux provenant de la fonte des neiges ou des grandes pluies, et à les entraîner rapidement, par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les pentes les plus raides, vers un collecteur débouchant à l'aval du glissement.

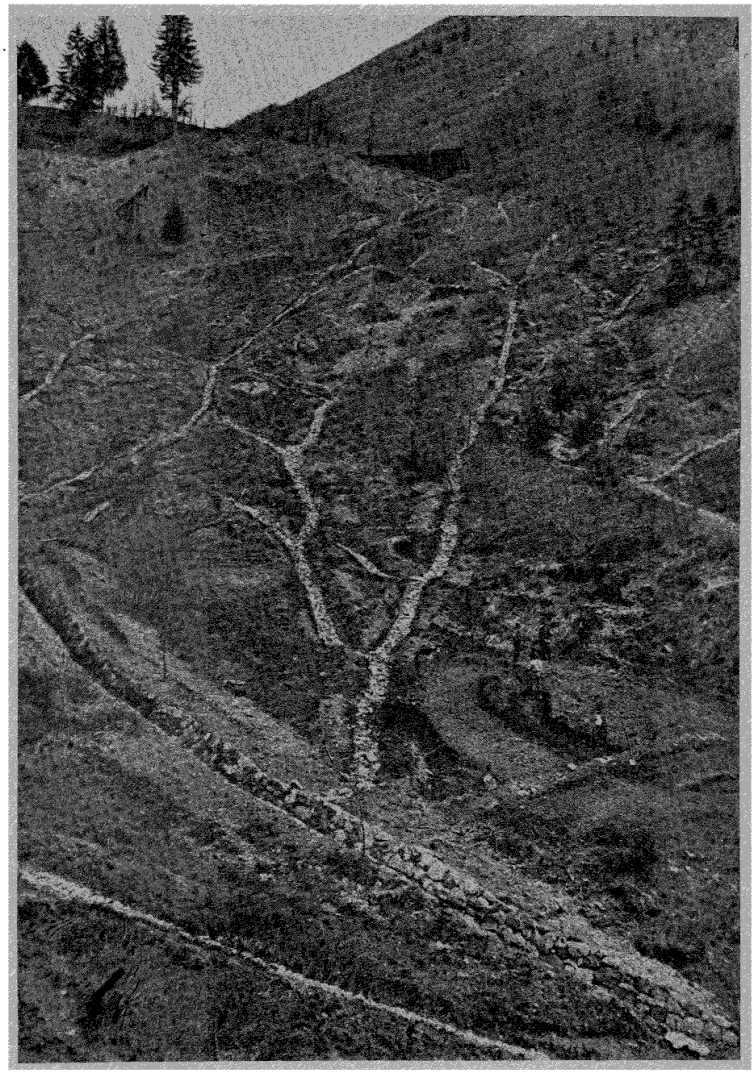


Fig. 5. — Drainages superficiels à Ugines (Savoie).

Le résultat fut immédiat et, depuis 1888, il y a donc quinze ans, aucune coulée ne s'est plus produite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès que le sol fut un peu consolidé, des plantations vinrent en garnir la surface, qui disparaît aujourd'hui presque complètement sous un manteau de verdure.

Si le Sécheron a ainsi pu être consolidé par un système de drains fort peu coûteux, c'est que sa base n'était corrodée par aucun torrent.

Il n'en était pas de même dans le torrent de Saint-Julien en Savoie, dans lequel le versant qui supporte la commune de Mont-Denis, sapé à la base par les eaux, s'effondrait avec rapidité, menaçant de destruction le village de Mont-Denis, et fournissant au torrent les neuf dixièmes des matériaux qu'il charriait et allait ensuite déverser sur le territoire de Saint-Julien, sur la grande voie ferrée de Paris en Italie par le Mont Cenis, interceptant tout trafic quelquefois pendant plusieurs jours.

Avant de pouvoir consolider ce glissement par un système général de drains, il était indispensable d'en mettre la base à l'abri des érosions.

On obtint ce résultat en creusant aux eaux un canal souterrain à travers une falaise rocheuse qui forme la rive gauche. Ce canal souterrain, de 200 mètres de longueur, a une section transversale de 44 mètres carrés et une largeur de 7 mètres avec une pente de 10 p. 100. Ces dimensions, bien supérieures à celles qui eussent été nécessaires pour assurer le débit des plus fortes crues, ont paru indispensables pour empêcher une accumulation de matériaux à l'ouverture de la galerie, accumulation qui aurait eu pour effet de rejeter en temps de crue les eaux dans leur ancien lit et de provoquer les plus grands désastres (fig. 6).

D'ailleurs un barrage solidement encastré entre deux berges rocheuses, et dont le couronnement dépasse de 50 centimètres le niveau supérieur de la galerie, oblige le torrent à suivre le lit qui lui a été ainsi tracé.

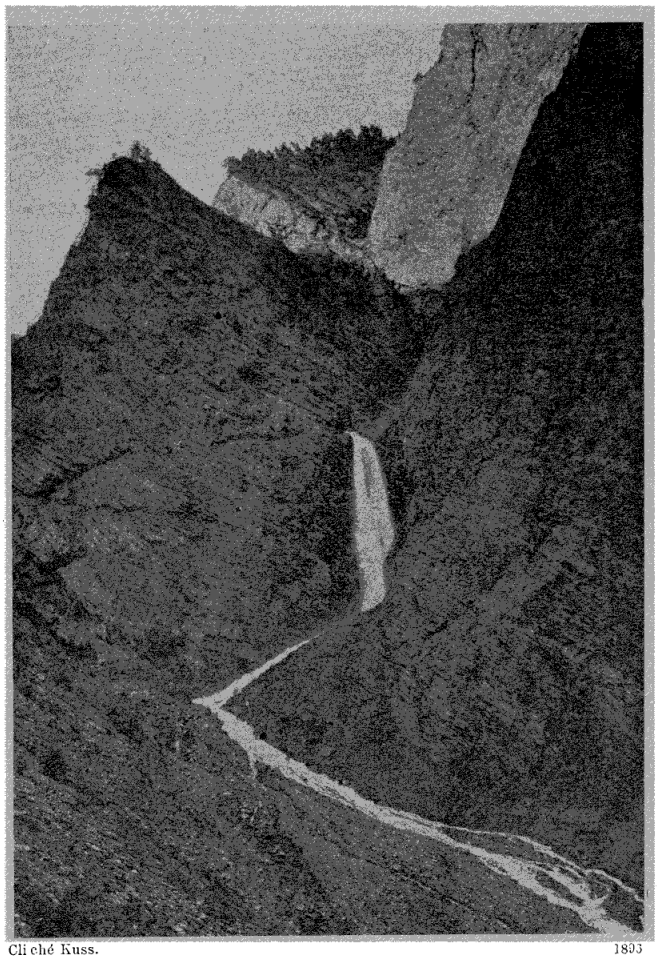
Il n'y a pas lieu d'insister longuement sur les difficultés de toute nature qu'il a fallu surmonter pour exécuter cet important travail dans une région presque inaccessible, où les voies d'accès ont dû être creusées en entier dans une paroi rocheuse presque verticale. L'aspect du terrain suffit pour démontrer qu'il fallait avoir le pied montagnard et nulle propension au vertige pour se risquer dans ces falaises abruptes. Grâce au service forestier, elles forment actuellement le but d'une excursion des plus intéressantes et sans aucun danger.

L'effet du canal souterrain n'a pas tardé d'ailleurs à se faire sentir. Le torrent ne pouvant plus emprunter de matériaux au glissement de Mont-Denis, et débitant par conséquent des eaux presque claires, s'est mis à affouiller son ancien lit, et, si on l'avait laissé faire, il n'aurait pas tardé à s'enfoncer tellement dans ses anciens dépôts qu'il aurait créé de nouveaux dangers.

On lui a donc tracé un canal d'écoulement inaffouillable constitué, en partant du canal souterrain, par une série de trois barrages, suivis d'une série de seuils, sorte de barrages très bas et assez rapprochés les uns des autres, qui ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour double effet de guider les eaux en les écartant des berges et de constituer une série de points absolument fixes, de telle sorte que le lit se trouve ainsi



Cliché Kuss. 1893

Fig. 6. — Canal souterrain creusé pour la dérivation des eaux du torrent de Saint-Julien (Savoie).

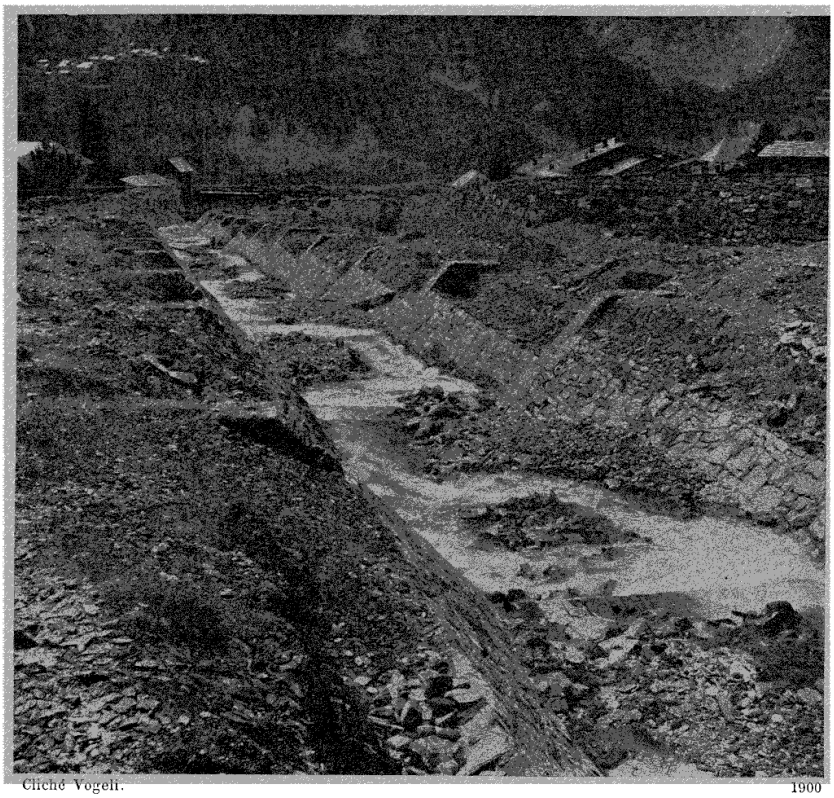
nettement déterminé et ne peut plus se modifier ni latéralement ni verticalement.

Enfin, plus bas encore, sur le cône de déjection, les berges ont été revêtues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en outre d'un parement en maçonnerie, qui le met complètement à l'abri des crues (fig. 7).

Dans cette partie de son cours, le lit du torrent a dû être ouvert de main d'homme; aussi, pour économiser la main-d'œuvre, a-t-on donné aux seuils le profil exactement nécessaire pour assurer le débit des plus fortes crues. Ceux-ci



Cliché Vogeli. 1900

Fig. 7. — Torrent de Saint-Julien (Savoie). Le lit définitif sur cône de déjection.

ont d'ailleurs été faits en maçonnerie de chaux hydraulique très solide, et avec de gros matériaux bien enchevêtrés.

Si tous ces travaux sont pénibles à étudier et difficiles à faire exécuter, l'Administration a cependant la joie de constater qu'ils sont appréciés à leur juste valeur par les populations intéressées. Dès 1896, la commune de Saint-Julien a, dans une manifestation spontanée, fêté la présence de M. Daubrée, Directeur des Eaux et Forêts, venu pour inaugurer le canal souterrain, et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5 octobre dernier, elle a inauguré de même l'ouverture du canal d'écoulement.

Une grande part de ce succès revient aux agents locaux qui, entretenant les rapports les plus cordiaux avec les municipalités, ont su leur faire comprendre les avantages que présentent les travaux de consolidation et de restauration entrepris. C'est pour moi un véritable plaisir de le constater ici.

Le plus souvent, il faut bien le dire, les torrents montrent, le long de leur cours, non pas un glissement unique, comme au Saint-Julien ou au Sécheron, mais une succession de glissements, qui occupent une grande partie de leurs berges, s'étendant quelquefois fort loin. Ils sont presque toujours provoqués par les affouillements du torrent qui, creusant de plus en plus son lit, oblige les berges à s'effondrer pour reprendre un talus normal nécessaire à l'équilibre des terres.

On construit alors entre les glissements, s'appuyant sur les parties stables des berges, des barrages dits de « premier ordre », en solide maçonnerie hydraulique, puis, à leur amont et successivement, on élève des barrages de second ordre beaucoup plus faibles, disposés de façon à faire restituer par le torrent lui-même, grâce aux atterrissements obtenus, tous les terrains qui avaient été entraînés par les affouillements. C'est-à-dire qu'on oblige le torrent à combler le lit ancien. On parvient ainsi progressivement à consolider les berges. En même temps, on introduit la végétation forestière sur les atterrissements obtenus, ce qui les protège contre les érosions latérales.

Grâce à l'humidité permanente, la végétation s'installe et pousse avec vigueur (fig. 8 et 8 *bis*).

Il arrive quelquefois que l'on se trouve en présence d'un torrent dont les berges très élevées et les pentes considérables ne permettraient à un barrage de premier ordre de produire qu'un effet tout à fait insignifiant. Comme on doit s'astreindre à ne donner à ces ouvrages que cinq à six mètres de hauteur, pour pouvoir parer aux dangers de l'affouillement (ce qui deviendrait impossible avec une chute plus considérable), on construit plusieurs barrages de premier ordre, superposés ou échelonnés à quelques mètres de distance les uns des autres, de façon à scinder, par exemple en quatre chutes de cinq mètres, une différence de niveau de vingt mètres. C'est ce qu'on appelle des barrages du système Breton (fig. 9).

Au lieu de se trouver en présence de pentes excessives, il peut arriver, au contraire, que l'on ait à traiter un torrent dans une section à pentes relativement douces, qui s'accompagnent toujours d'un lit très large.

C'est le cas qui s'est présenté dans le torrent de Riou-Bourdoux, situé sur le territoire de la commune de Saint-Pons, dans les Basses-Alpes.

On construisit d'abord un grand barrage de quatre-vingt-un mètres de lon-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

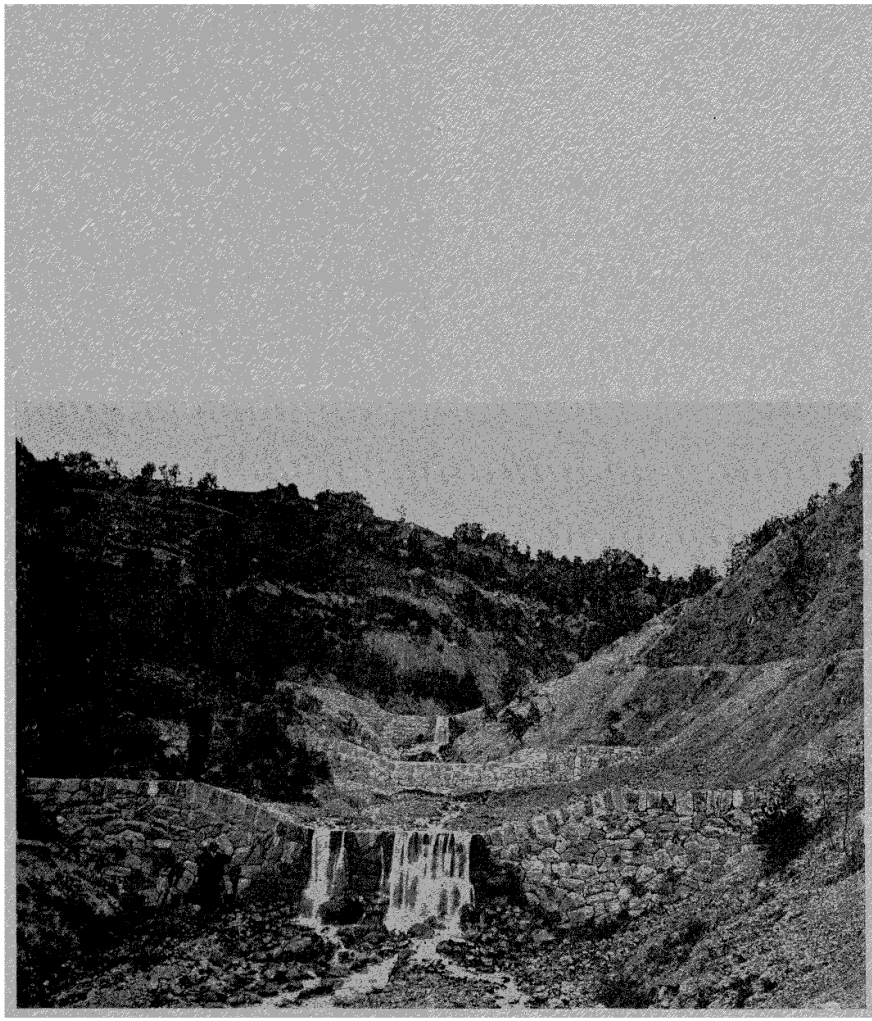


Fig. 8. — Essor de la végétation sur les atterrissements des barrages dans le torrent de la Grallaz (Savoie). — Vue prise en 1889.

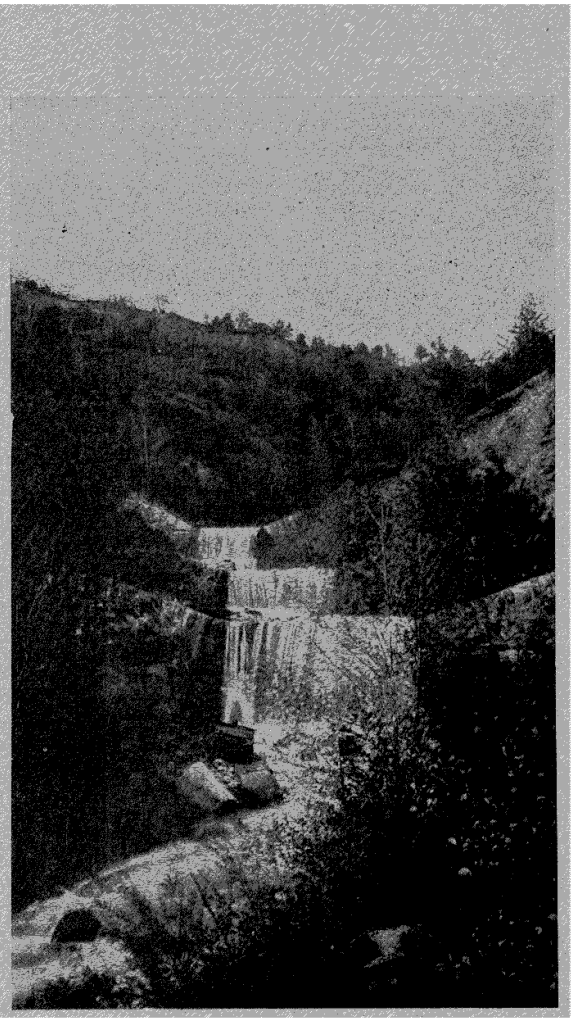


Fig. 8 *bis*. — Essor de la végétation sur les atterrissements des barrages dans le torrent de la Grallaz (Savoie). — Vue prise en 1897.

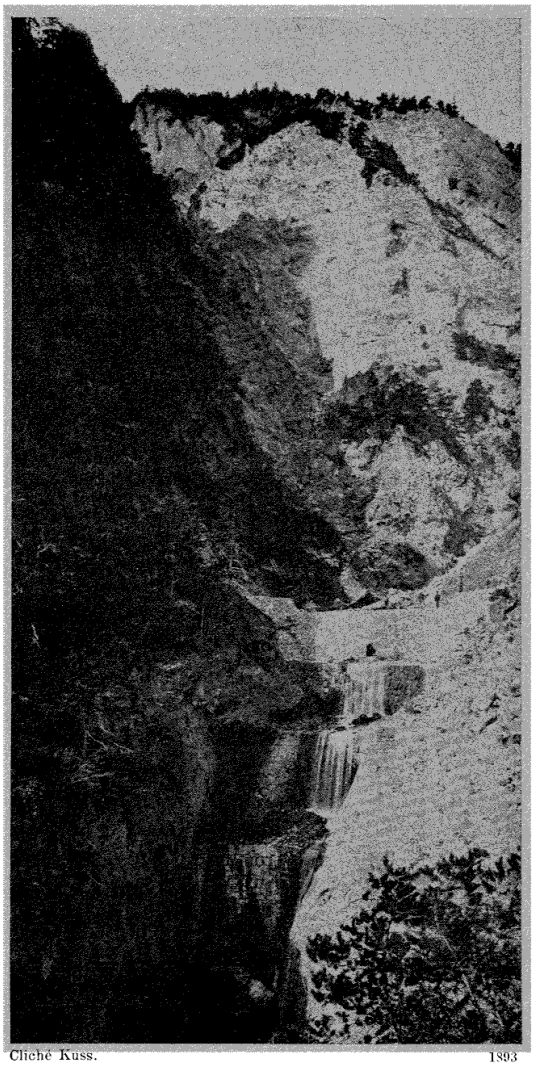
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gueur et de huit mètres de hauteur de chute; à cause de cette grande hauteur, on dut le protéger tout spécialement contre l'affouillement par toute une série de radiers maçonnés et de contre-barrages (fig. 10).

Son épaisseur au couronnement dut d'ailleurs être portée à 3m,20. Elle atteint aux fondations 4m,50 mètres.

Puis, comme l'atterrissement obtenu formait une place de dépôt excessivement large et qu'il était nécessaire cependant d'en augmenter encore l'importance pour relever le lit à un niveau suffisant, on eut recours à un système tout particulier d'ouvrages secondaires, dits « contremarches d'atterrissement », qui eut pour principal objet d'économiser une forte partie de la dépense qu'auraient nécessitée des barrages d'aussi large envergure (fig. 11).

Chaque contremarche se compose, en résumé, d'un barrage réduit aux dimensions nécessaires pour assurer le débit des plus fortes crues, prolongé par de simples murs allant rejoindre les berges et inclinés vers l'amont de façon à diriger toutes les eaux sur le barrage.



Cliché Kuss. 1893

Fig. 9. — Barrages du système Breton dans le torrent de Saint-Martin-la-Porte (Savoie).

En même temps, on poursuivait le reboisement du bassin supérieur, dont près de 2000 hectares sont compris dans les périmètres, et, quand la végétation forestière partout installée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

permit de supposer qu'il ne se produirait plus de coulée de lave, on procéda à l'ouverture et à la consolidation d'un lit définitif depuis le grand barrage jusqu'à l'Ubaye, rivière où vient se déverser le torrent de Riou-Bourdoux (fig. 12).

Immédiatement en aval du barrage, il suffit de consolider le lit existant par une série de seuils très bas à peine visibles.

Puis vinrent des ouvrages plus importants en maçonnerie de chaux hydraulique, et enfin, dans la section inférieure, où le canal dut être creusé tout entier de main d'homme, on restreignit sa section au strict nécessaire et on protégea les talus par un revêtement en maçonnerie.

Comme on n'était pas absolument certain qu'il ne se produirait plus de crues trop violentes, on imagina, pour protéger ce canal, de construire à son amont un barrage à double déversoir disposé de façon que l'excès des crues fût rejeté vers la droite, sur une partie du cône de déjection complètement aride.

Nous pourrions multiplier ces exemples en montrant que, toujours, les grands travaux de correction ont pour but la lutte contre les glissements. Il importe toutefois de bien se persuader que les grands torrents sont relativement rares, si on en compare le nombre à celui de leurs affluents secondaires, qui se subdivisent en ravins innombrables, étendant leurs ramifications de moins en moins importantes jusqu'au sommet des versants les plus élevés.

C'est là, sur les immenses étendues dénudées des bassins de réception, que les agents atmosphériques de toute nature exercent avec le plus d'intensité leur œuvre d'érosion superficielle; c'est là aussi que les eaux pluviales, s'écoulant sans obstacles, se réunissent presque instantanément dans le fond de la moindre dépression pour donner naissance à un ruisselet qui, grossi sans cesse d'apports nouveaux, se transforme bientôt en torrent dévastateur.

Le principe des forestiers, qui est de maintenir sur place les matériaux dans la montagne, les a conduits à traiter chacun de ces petits ravins isolément, à partir de son origine extrême, de manière à le rendre inoffensif et à protéger la surface du sol contre les érosions par une armature végétale qui le recouvre d'un manteau protecteur.

Le gazonnement a quelquefois été utilisé, mais il a l'inconvénient de ne pas opposer la même résistance que la forêt à l'écoulement rapide des eaux de pluie. Aussi, dans la plupart des cas, doit-on recourir à des reboisements obtenus soit par voie de semis, soit, plus généralement, par voie de plantation.

La correction des affluents secondaires les plus importants s'obtient fréquemment au moyen de « barrages rustiques », construits en maçonnerie de pierre sèche.

Quand la solidité des berges sur lesquelles ils sont appuyés le permet, on leur donne en plan la forme d'un arc de cercle dont la flèche est d'environ le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

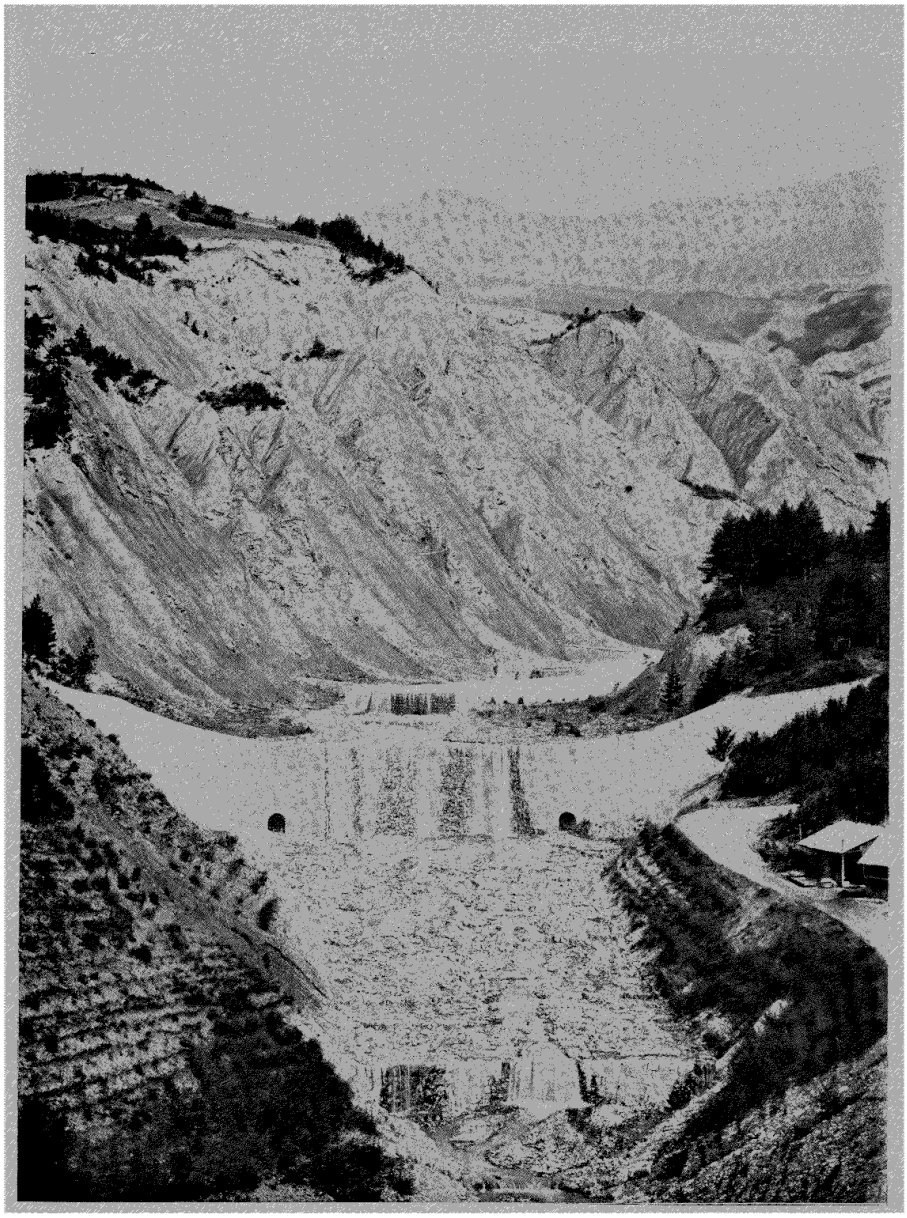
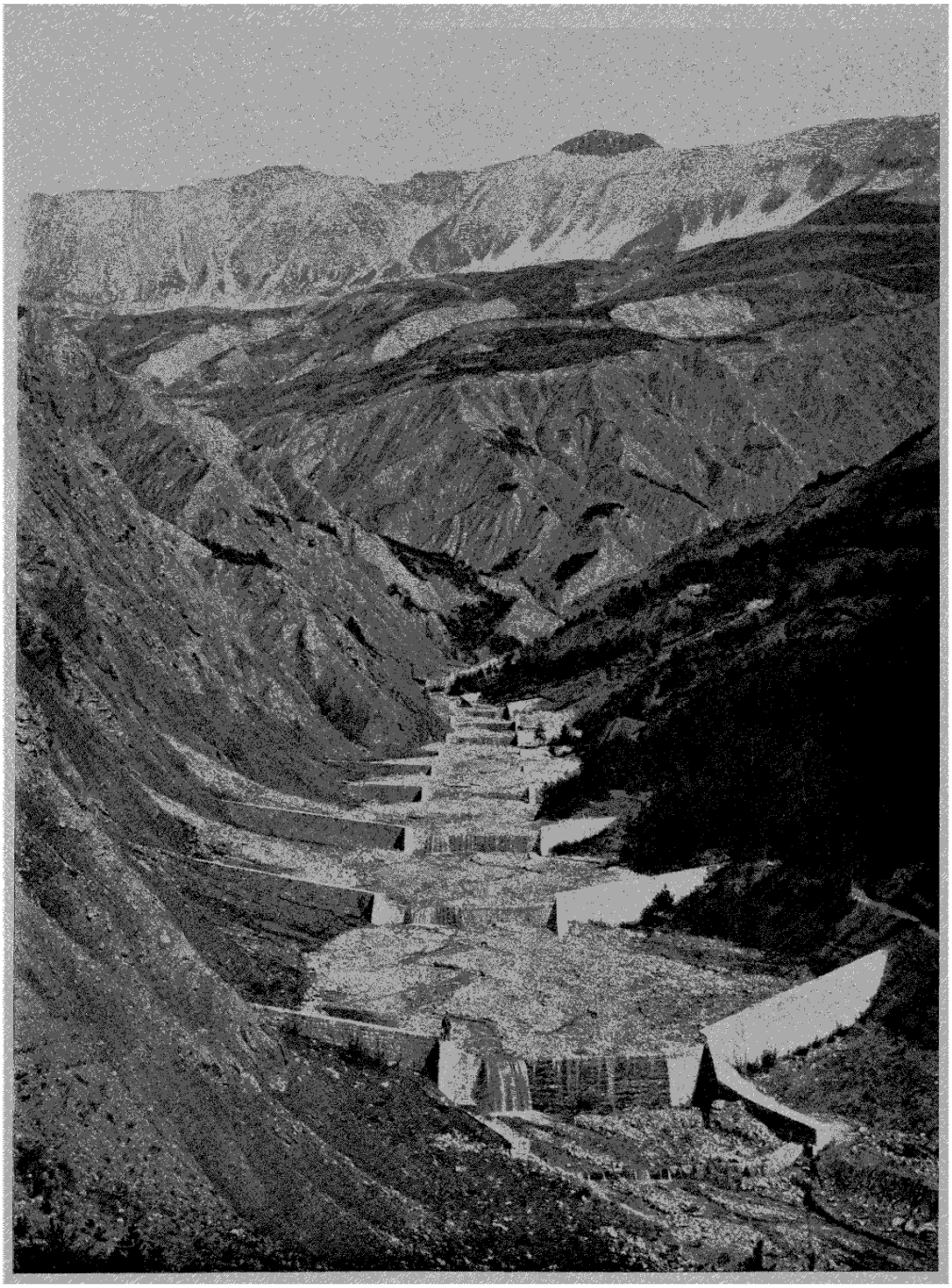


Fig 10. — Grand barrage du Riou-Bourdoux à Saint-Pons (Basses-Alpes).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Cliché Pécheral. 1899

Fig. 11. — Contremarches d'atterrissement dans le torrent de Riou-Bourdoux (Basses-Alpes).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dixième de la corde. Si même les berges sont rocheuses, on les construit sur une voûte dont le sommet affleure le fond du lit et qui les met ainsi complètement à l'abri des affouillements (fig. 13).

Leur hauteur varie communément de 1 à 3 mètres au maximum, et leur épaisseur au milieu du couronnement atteint de 1 mètre à 1$^{m}$,50.

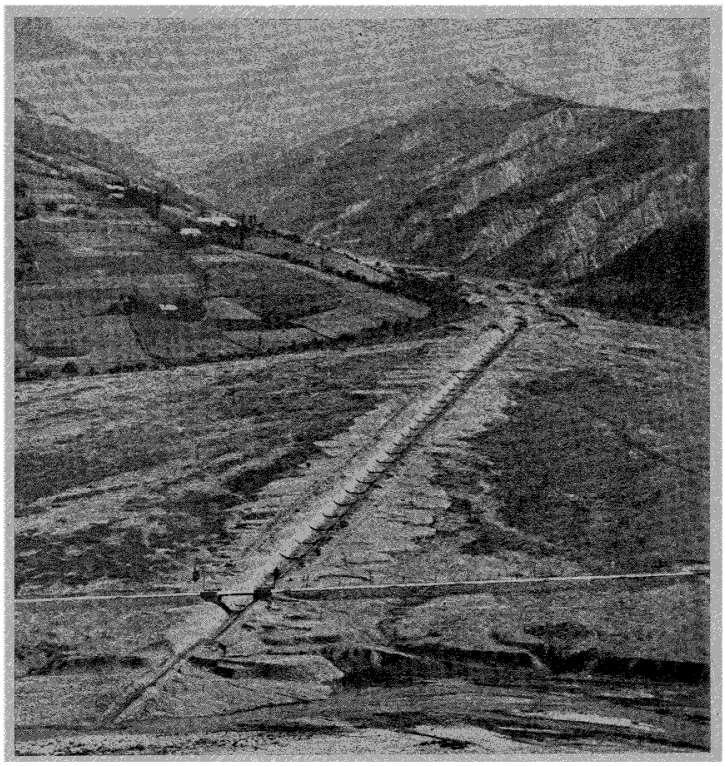


Fig. 12. — Ensemble du lit normal établi sur le cône de déjection du torrent de Riou-Bourdoux (Basses-Alpes).

D'autres fois, dans des ravins de moindre importance, la correction est poursuivie à l'aide de seuils en pierre sèche et de barrages en bois disposés en gradins. La construction de ces barrages en bois se fait très simplement au moyen de quelques piquets enfoncés dans le sol, contre lesquels viennent s'appuyer des fascines.

Les matériaux provenant du décapement des berges s'arrêtent à l'amont des seuils et des barrages en bois, en donnant un atterrissement sur lequel on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Cliché Béraud. 1897

Fig. 13. — Barrages rustiques construits sur voûte dans le torrent de l'Arbonne (Savoie).

introduit la végétation forestière le plus rapidement possible, de façon à embroussailler complètement le fond des ravins. Ces broussailles arrêtent à leur tour les terres provenant des berges, provoquent des atterrissements latéraux sur lesquels on peut exécuter de nouvelles plantations, ce qui permet à la végétation de remonter de proche en proche sur les versants les plus arides.

Quand les barrages en bois sont construits avec des matériaux vivants, susceptibles de donner des rejets (branches de saule), ils prennent le nom de clayonnages. De solides piquets profondément enfoncés sont placés à un mètre de distance les uns des autres. Entre eux, on intercale deux ou trois plançons de saule et, sur l'armature ainsi constituée, les clayons ou branches de saule sont disposés comme on le fait dans les ouvrages en vannerie. Entre les clayons, on met souvent des rangées de plants enracinés de façon à constituer de toutes pièces un ouvrage vivant, d'une durée pour ainsi dire indéfinie (fig 14).

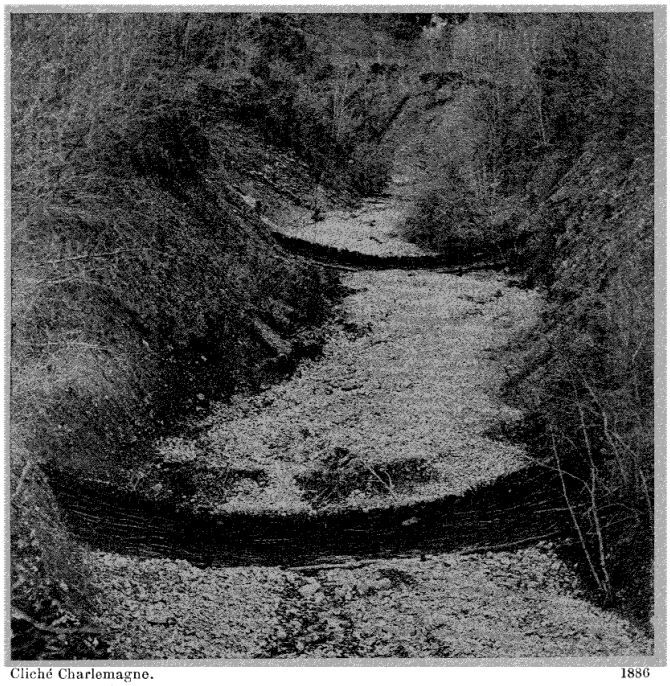
La correction du Grand Ravin de Marignier, en Haute-Savoie, a été obtenue par ce procédé (fig. 15).

Dans les ravinements de marnes grises des Alpes-Maritimes, on se contente souvent de seuils, en mottes de gazon ren-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forcés de plançons et de boutures. Chaque seuil devient rapidement un centre de végétation, même sur le sol le plus ingrat (fig. 16).

Enfin, dans les ravins secs, qui sont les derniers dans l'ordre d'importance, on procède par de simples garnissages. On couche dans le fond des ravins les produits des éclaircies pratiquées dans les bois du voisinage, en ayant soin de placer la tête des arbres vers l'amont, et on les consolide avec quelques piquets.



Cliché Charlemagne. 1886

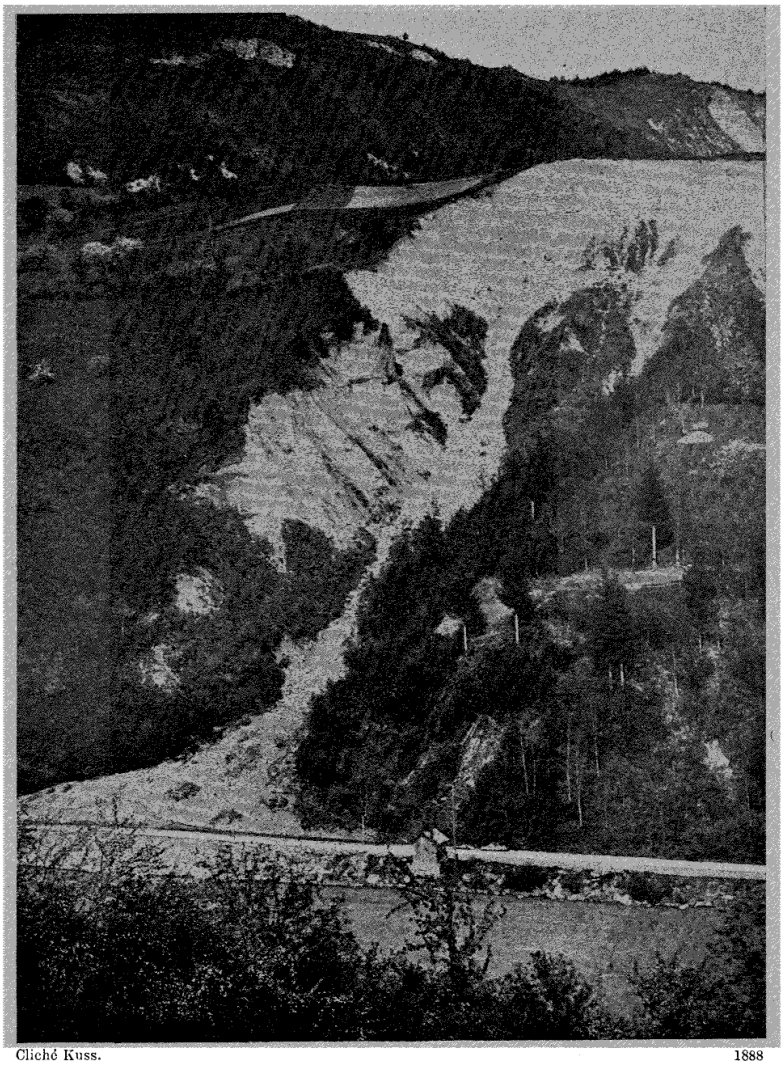
Fig. 14. — Clayonnages dans le torrent de l'Écharina (Isère).

Tous les matériaux sont arrêtés par l'enchevêtrement des branches, produisant un atterrissement temporaire que l'on bourre de plants et de boutures de façon à en assurer la consolidation définitive.

Ainsi que nous l'avons déjà indiqué, la constitution de massifs boisés forme le complément obligatoire de tous ces travaux de correction. Cette partie de la tâche est certainement la plus ardue, étant donné que l'on opère toujours sur les sols les plus ruinés et à des altitudes souvent considérables. Aussi doit-on choisir avec discernement les essences appropriées aux conditions locales, soit que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on puisse constituer immédiatement la forêt définitive, soit que l'on doive



Cliché Kuss. 1888

Fig. 15. — Le Grand Ravin de Marignier (Haute-Savoie). — Vue de la route départementale de Cluses à Genève.

passer par une période de transition avec des essences appelées à disparaître aussitôt que leur présence aura permis au sol végétal de se reconstituer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les essences résineuses les plus utilisées, nous citerons : Le pin sylvestre, le pin à crochets, le pin noir d'Autriche, le pin Cembro, le pin maritime, le pin d'Alep, le mélèze, l'épicéa et le sapin.

Et parmi les essences feuillues, le chêne, le hêtre et le châtaignier.

Les essences feuillues secondaires très employées sont l'aune, le saule, le peuplier, le cytise, l'alisier, l'érable, le frêne, le bouleau, le robinier faux acacia, puis le merisier, l'ailante, la corroyère, etc...

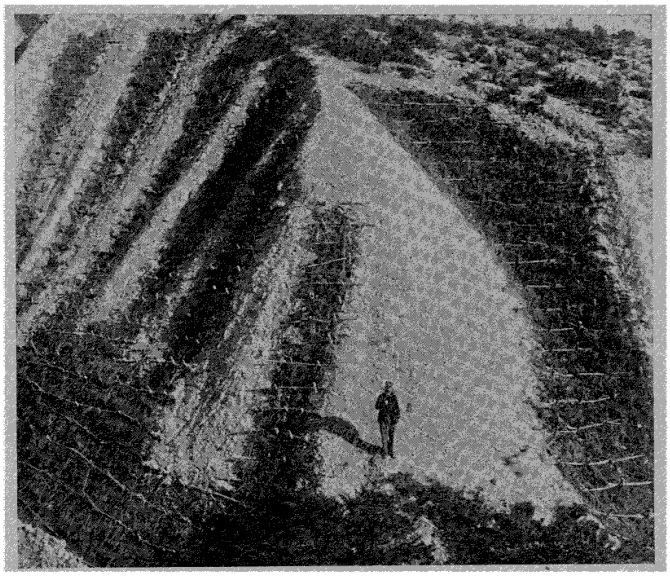


Fig. 16. — Garnissages dans le ravin de Toutes-Aures (Basses-Alpes).

Pour fixer les idées, nous passerons rapidement en revue ces diverses essences en faisant connaître, autant que possible, leurs exigences d'après les résultats obtenus dans les divers reboisements déjà effectués.

*Pin sylvestre.* — Son aire s'étend entre 600 et 1 200 mètres d'altitude environ. Convient à presque tous les climats et à presque tous les sols. Se plait surtout sur les terrains calcaires, à condition qu'ils soient un peu frais.

Dans les régions chaudes, il convient de ne pas l'employer pur, à cause du danger des incendies et des maladies cryptogamiques auxquelles il est sujet.

*Pin à crochets.* — Son aire s'étend entre 1 100 et 2 000 mètres d'altitude environ. Essence très précieuse dans les hautes altitudes, où elle peut être utilisée sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tous les sols et à toutes les expositions; mais ne peut se maintenir aux endroits où la neige séjourne longtemps.

*Pin noir d'Autriche.* — Son aire s'étend entre 500 et 1 000 mètres d'altitude environ. Ne peut se maintenir que sur les terrains renfermant une certaine proportion de calcaire. Réussit très bien sur les sols argilo-calcaires, compacts, secs ou humides. Croissance rapide, mais très exposé aux incendies dans les régions chaudes.

*Pin laricio de Corse.* — Son aire s'étend entre 400 et 1 000 mètres d'altitude environ. Paraît surtout se plaire sur les boues glaciaires.

*Pin Cembro.* — Son aire s'étend entre 1 600 et 2 400 mètres d'altitude environ; d'une végétation très lente, n'a donné en général que des résultats médiocres. A réserver pour les régions où les autres essences ne peuvent végéter.

*Pin maritime.* — Ne dépasse pas l'altitude de 500 mètres. A recommander pour le reboisement des sols siliceux des régions chaudes. Craint les terrains calcaires.

*Pin d'Alep.* — Comme le précédent, ne dépasse guère l'altitude de 500 mètres. Convient exclusivement aux coteaux calcaires. Craint énormément les incendies. Le *Peridermium pini* en a fait périr de grandes quantités.

*Mélèze.* — Son aire s'étend entre 900 et 2 000 mètres d'altitude environ. Indifférent à la nature chimique du sol, pourvu que celui-ci soit frais et meuble. Préfère les expositions Nord et Est, mais pousse partout aux hautes altitudes, où il est très précieux.

*Épicéa.* — Son aire s'étend de 800 à 1 500 mètres d'altitude environ. Ne convient guère que sur les sols frais, aux expositions Nord et Est. Un climat humide paraît nécessaire à sa végétation.

*Sapin.* — Son aire s'étend de 1 000 à 1 400 mètres d'altitude environ. Ne peut être introduit qu'à l'abri d'une essence transitoire. L'exposition Nord lui convient de préférence.

Enfin, quelques essais ont été tentés avec le cèdre de l'Atlas, qui a bien réussi entre 600 et 700 mètres d'altitude dans le département de l'Aude, et avec le cyprès étalé, qui dans le même département, a été introduit avec succès sur les terrains calcaires, aux altitudes inférieures à 500 mètres.

*Chêne rouvre.* — Son aire s'étend de 200 à 1 000 mètres d'altitude environ. Se développe bien sur les sols les plus divers et à toutes les expositions; ne redoute que les sols argilo-calcaires très compacts. Essence de lumière qui ne supporte pas le couvert.

*Chêne vert.* — Ne dépasse guère 800 mètres d'altitude environ. Est surtout utilisé dans les expositions chaudes du Sud et du Sud-Ouest, sur les mauvais terrains, peu profonds et très secs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Hêtre.* — Son aire s'étend de 800 à 1 500 mètres d'altitude environ. Pousse à toutes les expositions, et particulièrement aux plus froides. L'arbre des hautes régions par excellence. Sauf dans les Pyrénées, ne peut être introduit qu'en sous-étage, à l'abri d'une essence provisoire.

*Châtaigner.* — Son aire s'étend de 200 à 900 mètres d'altitude environ. Ne végète bien que sur les terrains siliceux.

*Aune blanc.* — Sols frais et humides jusqu'à 1 400 mètres d'altitude.

Parmi les saules, le Daphné s'élève jusqu'à 1800 mètres et le Marceau jusqu'au delà de 1600.

Le peuplier noir végète bien jusqu'à 1800 mètres à toutes les expositions, mais exige un sol léger, humide ou frais et beaucoup de lumière.

Le Cytise demande un sol frais.

L'érable sycomore, qui pousse entre 600 et 1800 mètres d'altitude, est exigeant au point de vue de la richesse du sol.

Le frêne pousse un peu partout, jusqu'à 1400 mètres d'altitude, pourvu que le terrain soit frais.

Le bouleau atteint 2000 mètres d'altitude. Aime les terrains siliceux.

Le robinier faux acacia ne peut dépasser 800 mètres d'altitude, et exige un sol profond et meuble; enfin, le merisier, l'ailante et la corroyère prospèrent surtout dans les climats chauds.

Quand, après examen du terrain, on a fait choix des essences à y propager, on doit encore déterminer s'il convient de recourir au semis direct ou à la plantation. D'une façon générale, on a abandonné le semis, dont les résultats sont souvent incertains, pour recourir à la plantation.

Cependant on pratique encore aujourd'hui, dans les hautes régions, des semis de pin Cembro et de mélèze; dans les Cévennes, on sème du pin sylvestre à la volée sur bruyères par grandes quantités et, dans les dunes, on sème le pin maritime.

Enfin, il est également de pratique courante de semer le chêne et le châtaignier.

Pour les résineux, le semis s'effectue le plus souvent par potets ou petits trous, dans des terrains entrecoupés de gazons courts ou de bruyères rases. D'autres fois, on creuse à la pioche des potets de $0^m,30$ à $0^m,80$ de côté, défoncés sur $0^m,25$ à $0^m,40$ de profondeur. Ce dernier procédé est généralement adopté aussi pour les semis de chêne et de châtaignier.

On cultive environ 5 000 potets à l'hectare. Le prix de revient du semis s'élève, dans ces conditions, entre 80 et 100 francs par hectare, en y comprenant la valeur des graines.

La quantité de graines à mettre en terre varie beaucoup avec les essences et un peu avec les régions.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut considérer les chiffres suivants comme une moyenne :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pin sylvestre | 6 | kilogrammes par | hectare. |
| Pin à crochets | 6 | — | — |
| Pin Cembro | 30 | — | — |
| Pin maritime | 12 | — | — |
| Mélèze | 12 | — | — |
| Épicéa | 5 | — | — |
| Chêne | 4 | hectolitres | — |
| Châtaignier | 5 | — | — |

Quand, ce qui est le cas le plus fréquent, on a décidé d'avoir recours aux plantations, il est indispensable de s'assurer un approvisionnement de plants suffisant et, par suite, de créer des pépinières.

Deux systèmes se trouvent en présence : les pépinières centrales et les pépinières locales.

Les pépinières centrales sont généralement destinées à desservir toutes les séries dans un rayon assez étendu. On les installe à proximité de la résidence des agents ou des gardes; elles présentent d'ordinaire une grande surface et on peut y affecter un ou plusieurs pépiniéristes. Presque toujours irrigables, elles sont assurées d'une constante sollicitude et par conséquent donnent un rendement élevé. Mais comme elles desservent un rayon étendu, les plants qu'elles fournissent doivent être transportés assez loin pour que les frais de ce transport compensent déjà l'excès de leur rendement. D'autre part, défaut bien plus grave, elles sont toujours situées soit dans les vallées, soit sur les parties inférieures des versants, en des lieux où la végétation prend au printemps son essor, un et même deux mois avant que l'on puisse aborder les versants supérieurs.

Or, pour la plupart des essences, la réussite n'est assurée que si la plantation se fait avant la sève.

On est donc, le plus souvent, obligé de recourir aux pépinières locales, installées tout à proximité des versants à reboiser, mais qui alors ne doivent avoir qu'une faible étendue, en rapport avec la surface que l'on désire planter.

Je suis obligé de passer un peu rapidement et ne puis m'étendre sur les soins minutieux nécessaires pour obtenir une bonne réussite.

Je me bornerai à vous signaler une disposition très avantageuse dans les pays chauds pour éviter le desséchement trop rapide du sol et l'invasion des mauvaises herbes. Les bandes de pépinière ne sont pas semées en plein, mais par lignes parallèles également espacées, entre lesquelles on dispose des rangées de pierres plates qui couvrent le sol, empêchent l'évaporation trop rapide de l'eau, et soustraient tout l'espace qu'elles occupent à la végétation des herbes parasites.

Les plants résineux sont généralement utilisés vers l'âge de 2 ou 3 ans;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

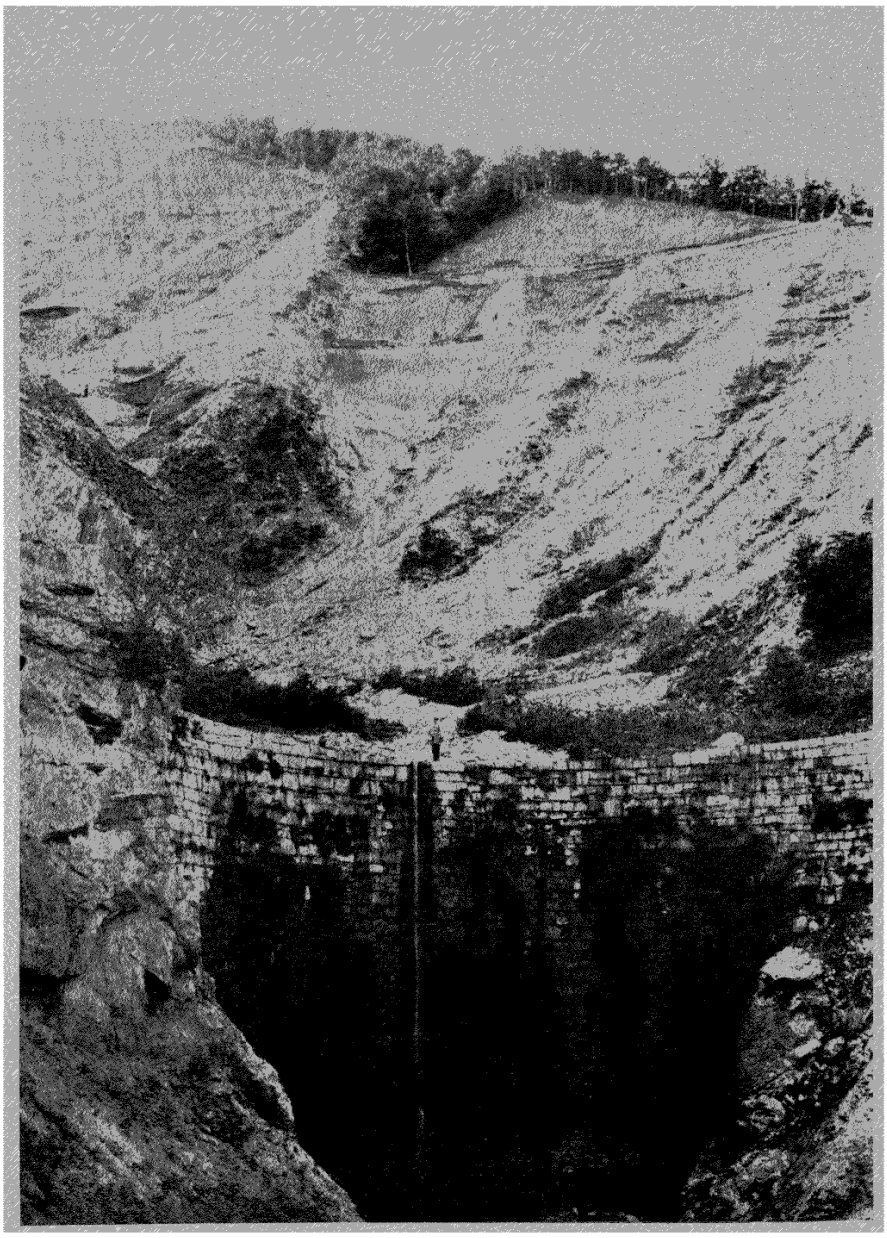


Fig. 17 — Torrent du Rieulet à Betponey (Hautes-Pyrénées).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

c'est dire qu'ils sont encore fort petits; mais c'est en cet état que leur reprise est le mieux assurée, car leurs racines, qui ne sont pas encore trop puissantes, peuvent être extraites sans blessures du sol des pépinières.

On les dispose sur le terrain à parcourir à une distance de 1 mètre à 1$^{m}$,50 en tous sens les uns des autres, c'est-à-dire au nombre de 6 000 à 10 000 par hectare, suivant que la situation du versant à reboiser permet d'espérer une reprise plus ou moins certaine, ou bien exige d'être plus ou moins rapidement couvert.

En quelques années, ces jeunes plants se développent et commencent à devenir très apparents, à la condition encore qu'ils n'aient pas été la victime d'une sécheresse quelque peu prolongée, d'un vent trop brûlant ou d'une chute de neige trop abondante qui, les privant d'air et de lumière pendant un temps trop long, les fait souvent périr.

D'autres fois, c'est le climat ou le sol qui ne sont pas appropriés à l'essence choisie. Celle-ci dépérit avant d'avoir pu constituer des arbres exploitables, mais sa présence a néanmoins fixé et amendé le sol, et on peut, avec son aide, introduire en sous-étage une essence mieux appropriée, destinée à former le peuplement définitif.

Les essences feuillues sont employées, pour la plupart, en plants de haute ou de moyenne tige, à garnir les atterrissements des barrages ou les berges humides consolidées par des barrages (fig. 17).

Après avoir rapidement passé en revue les travaux de correction les plus usités et les travaux de reboisement proprement dits, il me reste à vous entretenir de quelques travaux plus spéciaux qui ont été confiés à l'Administration des Eaux et Forêts (sans qu'il se soit trouvé personne pour envier son sort, bien au contraire) et dont les résultats lui font le plus grand honneur.

La Combe de Péguère (fig. 18) près de Cauterets, dans les Hautes-Pyrénées, était constituée par un amoncellement de blocs disposés sur un escarpement à pente extrême, presque à pic, et qui avaient la redoutable habitude de se détacher les uns après les autres pour tomber sur l'important établissement de bains de la Raillère et les routes qui suivent le fond de la vallée, causant ainsi, non seulement les plus vives appréhensions aux populations, mais encore des dégâts très importants.

Le profil de la montagne photographié en 1894, au moment où passaient MM. Viger, alors Ministre de l'Agriculture, et Daubrée, Conseiller d'État, Directeur des Eaux et Forêts, avec leur suite, fait bien ressortir (fig. 19) la pente du terrain et l'amoncellement des blocs.

Pour franchir la combe, il a fallu construire un sentier en bois tout entier en encorbellement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Afin de consolider tous les blocs instables, on a construit des « groupes » de murs de soutènement. Au milieu d'un chaos de blocs sans aucune cohésion, dans des pentes aussi raides, où les ouvriers ne pouvaient au début travailler

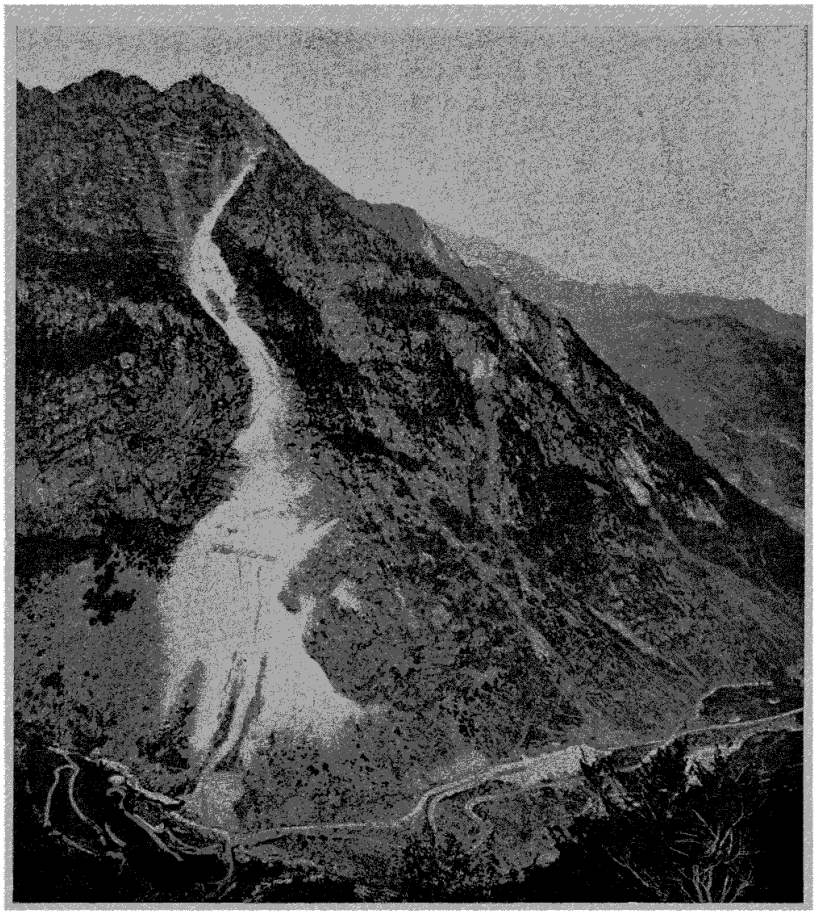


Fig. 18. — La Combe de Péguère à Cauterets (Hautes-Pyrénées).

qu'attachés à une corde, on a dû avoir recours à des dispositions toutes spéciales. Les matériaux étaient conduits à pied d'œuvre par des plans inclinés à double voie, et un treuil approprié permettait de régler leurs mouvements sur ces pentes effroyables (fig. 19).

Pour éviter les pertes de temps dans la transmission des ordres et surtout

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour prévenir dans la vallée quand un bloc menaçait de se détacher, on avait installé un téléphone.

Entre les groupes de murs, on couvrit le terrain de mottes de gazon, d'une reprise assurée dans le climat pluvieux des Pyrénées, et on obtint ainsi des résultats absolument merveilleux (fig. 20).

Aujourd'hui, tous les travaux sont terminés dans la Combe de Péguère, qui, il faut l'espérer, est consolidée pour des siècles.

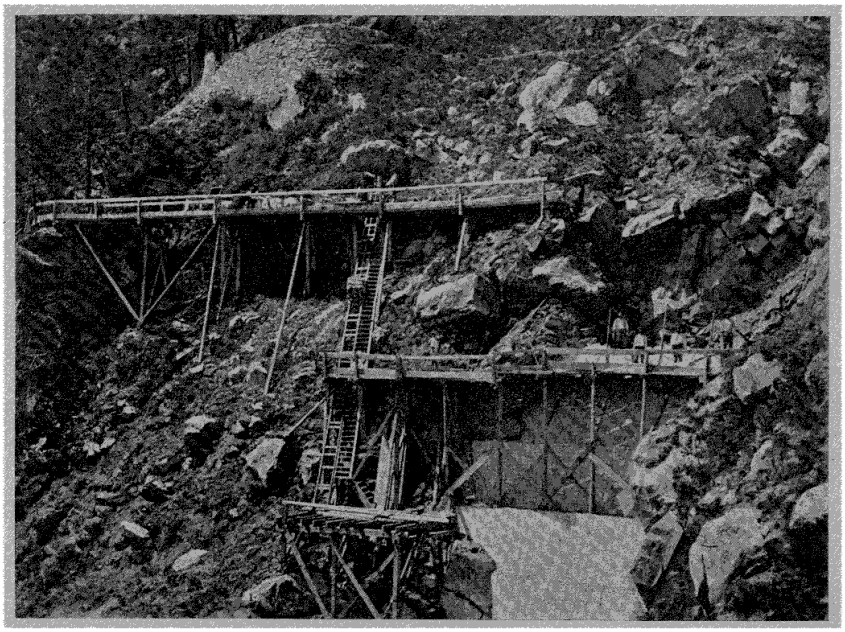


Fig. 19. — Travaux dans la Combe de Péguère — Plan incliné — Passerelles et groupes de murs.

C'est dans ce même département des Hautes-Pyrénées que l'on exécute depuis le plus longtemps des travaux contre les avalanches. Le ravin du Theil en particulier, qui vient déboucher sur l'hôpital militaire de Barèges, donne naissance presque annuellement à une avalanche très importante, qui met en danger cet hopital. Il n'est pas rare d'en trouver les restes non encore fondus au mois de juin, malgré les chaleurs estivales, malgré les eaux du Bastan qui viennent la saper à la base.

Les dangers courus par l'hôpital militaire conduisirent le Service du Génie à exécuter à partir de 1860 les premiers travaux de protection, qui consistèrent surtout en murs de retenue élevés dans le ravin du Theil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le Service forestier devait assurer le reboisement du bassin de réception, d'où se détachent les avalanches. Il commença ses travaux en 1864 et à la suite

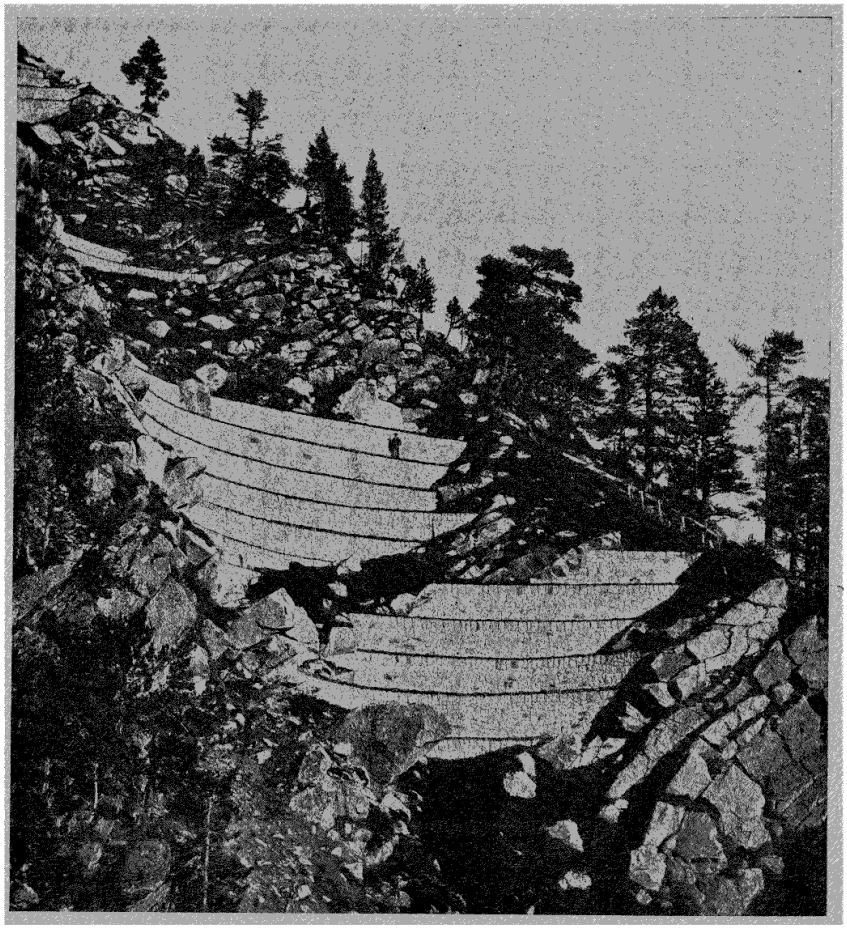


Fig. 20. — Combe de Péguère. — Vue prise en 1899, versant consolidé.

d'une entente entre les deux services, il fut, à partir de 1880, chargé de continuer seul l'œuvre poursuivie en commun.

Le plan qui fut adopté repose sur cette observation que, si l'avalanche en mouvement développe une force vive à peu près irrésistible, il est au contraire relativement facile d'en entraver le mouvement initial.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On construisit, sur les versants et couloirs secondaires particulièrement exposés au glissement des neiges, des banquettes disposées en bandes horizon-

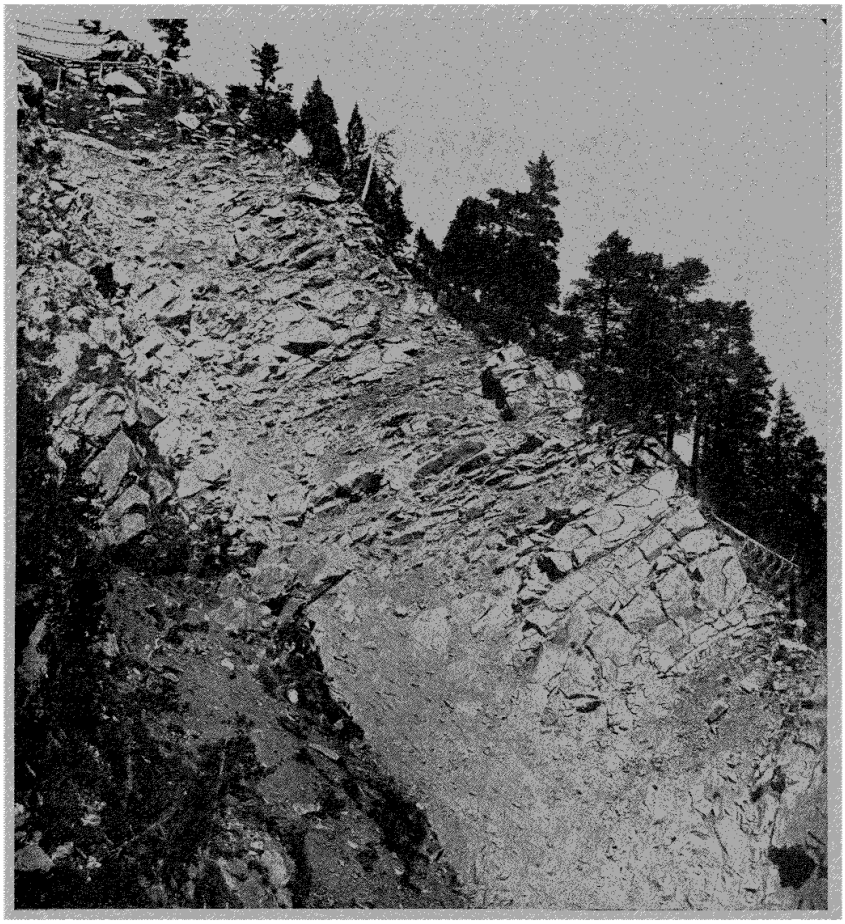


Fig. 20 *bis*. — Combe de Peguère. Vue prise en 1888.

tales alternes et brisées de 4 à 5 mètres de longueur. Leur largeur varie suivant la pente. Les unes sont de simples entailles mordant le sol à 50 centimètres environ de profondeur, consolidées avec des mottes de gazon, les autres sont constituées par des murs en maçonnerie (fig. 21).

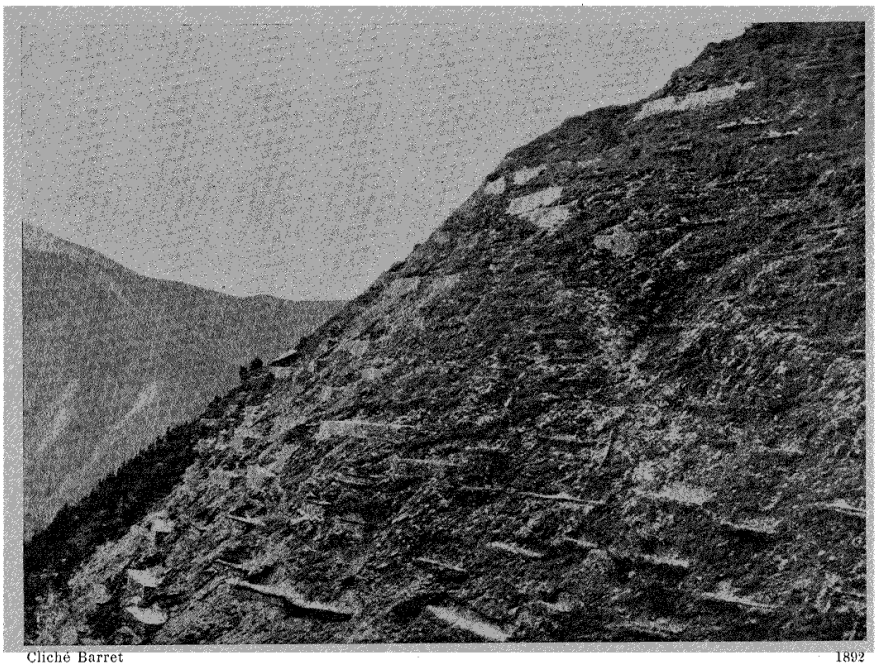
L'action du temps devait fatalement faire disparaître plus ou moins rapide-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment tous ces ressauts; il importait de rendre leur action durable en profitant de leur présence et de l'arrêt momentané qu'ils imposaient aux neiges pour introduire la végétation forestière.

De nombreuses plantations de pin à crochets poursuivies avec persévérance malgré des difficultés toutes spéciales dues à la rigueur du climat et à l'abon-



Cliché Barret 1802

Fig. 21. — Banquettes contre les avalanches à Sers (Hautes-Pyrénées).

dance des neiges, permettent d'entrevoir la forêt naissante, espoir de l'avenir. (fig. 22).

Par mesure d'économie, on établit, pour assurer les transports et en particulier celui des mottes de gazon, un câble porteur. Ce procédé très économique prend une extension de plus en plus grande dans nos grandes montagnes où on le trouve fréquemment employé avec succès.

La correction du ravin du Theil peut être considérée comme complètement terminée. Aucune avalanche n'y est descendue depuis 1882, malgré plusieurs hivers remarquables par l'abondance des neiges, et alors que des ravins voisins, comme celui de Midaou, encore incomplètement traités, donnaient de terribles avalanches.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La valeur de tous ces travaux est mise en relief par ces faits irrécusables. Aussi tendent-ils à prendre une extension de plus en plus grande, non seulement

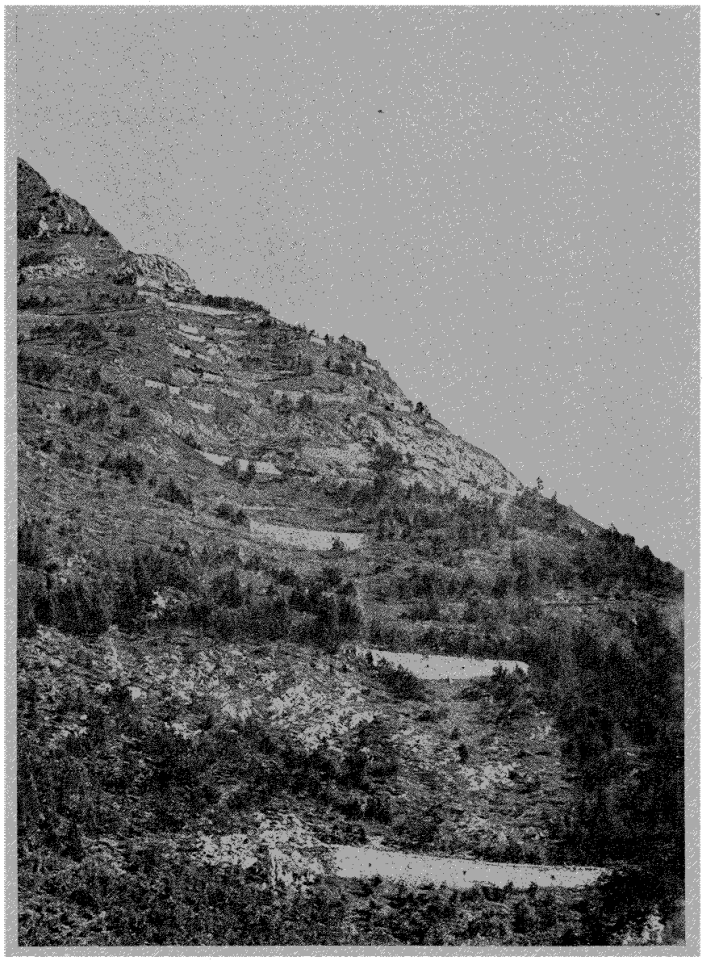


Fig. 22. — Reboisement entre les banquettes contre les avalanches à Sers (Hautes-Pyrénées).

dans les Pyrénées, mais encore dans les Alpes, où des essais se poursuivent en ce moment, tant dans l'Isère que dans la Savoie et la Haute-Savoie.

C'est encore un phénomène tout spécial que celui qui se produit dans le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

massif du Mont Blanc, sur la montagne des Rognes, près des Houches, à l'altitude de 2 800 mètres environ.

Subitement, la montagne se désagrège, et une région qui paraissait en fort bon état de conservation se trouve transformée en un « dérochoir », terme local qui indique bien la chose. De proche en proche, les amas de matériaux, les quartiers de roche attachés aux flancs de la montagne se détachent et roulent avec une vitesse vertigineuse jusqu'au pied du versant où coule le ravin des Arandellys, brisant tout ce qu'ils rencontrent. C'est ainsi qu'a disparu, entre 1892 et 1893, un petit massif boisé fort bien venant.

Il n'y aurait pas grand inconvénient à cela si tous les matériaux ainsi accumulés dans le ravin des Arandellys, et qui atteignent en certains endroit plus de 30 mètres d'épaisseur, sous une pente considérable, ne formaient pas une masse instable, que la moindre crue peut entraîner, et qui menace gravement le village chef-lieu des Houches.

Il semble démontré que c'est l'action de la chaleur qui occasionne et entretient ce dérochoir. Le sol y est gelé à une très grande profondeur et ne dégèle que sous l'action directe des rayons solaires de l'été; mais alors, la glace qui servait pour ainsi dire de ciment aux matériaux venant à disparaître de la surface, le sable intercalé entre les blocs de rocher, et sans aucune cohésion, ne peut se maintenir, la pente étant excessive. Les blocs sont ainsi déchaussés peu à peu et, à un moment donné, perdant tout point d'appui, sont précipités sur le versant.

Dans les conditions climatériques où on se trouvait, il n'était pas possible de reconstituer, comme à Péguère, une armature végétale qui se serait opposée à l'écoulement du sable,

On a dû se borner à des travaux ayant pour objet de maintenir dans le lit des Arandellys les matériaux accumulés. Un barrage de premier ordre et une série de barrages secondaires ont été construits dans ce but.

L'opération se poursuit encore actuellement et a, jusqu'à présent, donné des résultats aussi complets que possible.

Le chemin qui passe immédiatement au-dessus de ce dérochoir permet d'atteindre sans fatigue le glacier de Tête-Rousse qui a donné lieu, en 1892, à la catastrophe de Saint-Gervais.

On se rappelle que, dans la nuit du 11 au 12 juillet, vers une heure du matin, une crue soudaine du torrent de Bionasset est venue ravager la vallée de Montjoie, détruisant deux hameaux et une partie importante de l'établissement thermal de Saint-Gervais, causant la mort de plus de 200 personnes, dont 150 baigneurs paisiblement endormis, et recouvrant de blocs de rocher, de boue, de débris de toutes sortes, plus de 70 hectares de terrains en culture.

Cette crue était due à l'irruption soudaine d'une masse de 100 000 mètres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cubes d'eau, enfermée sous le glacier de Tête-Rousse, et dont nul ne soupçonnait l'existence.

Sous la pression de cette eau, le front du glacier, qui formait un escarpement très accentué, a cédé brusquement, laissant béante une ouverture de forme elliptique ayant 40 mètres de largeur sur 20 mètres de hauteur, et se prolongeant par un canal sous-glaciaire. Les eaux accumulées s'étaient précipitées par cette issue, produisant une lave absolument semblable à celles que provoquent les orages dans les torrents.

En même temps que l'eau s'écoulait, la surface du glacier s'effondrait sur une longueur de 80 mètres et une largeur de 40 mètres environ, créant une sorte de puits gigantesque de 40 mètres de profondeur. Dans les parois de ce puits s'ouvrait l'accès d'une galerie de près de 20 mètres de hauteur, dans laquelle personne n'a osé pénétrer, dans la crainte d'un nouvel effrondrement.

Des études furent immédiatement ordonnées par l'Administration des Eaux et Forêts pour établir si le phénomène était susceptible de se reproduire et prendre, le cas échéant, les mesures propres à en empêcher le renouvellement.

Le glacier de Tête-Rousse, situé à 3 300 mètres d'altitude sur le versant Nord du Mont Blanc, se trouve complètement isolé, et forme comme un petit îlot de 11 hectares seulement de superficie, enserré entre deux arêtes rocheuses qui le séparent respectivement du glacier de Bionasset à l'Ouest et du glacier de la Griaz à l'Est. Son orifice d'écoulement tourné vers le Nord est resserré par ces deux arêtes rocheuses et se trouve obstrué par les neiges qui s'y accumulent en hiver. Aussi, dès 1894, l'énorme cavité qui s'était ouverte en 1892 était-elle complètement obstruée et l'occlusion si complète que l'eau recommençait à s'accumuler sous le glacier, formant un lac atteignant déjà 8 mètres de profondeur le 18 septembre.

Dans ces conditions, il fallait bien reconnaître que la situation locale permettait le renouvellement du même phénomène qui avait été si désastreux en 1892.

On se décida à donner aux eaux un écoulement vers l'Ouest, par un canal souterrain creusé à travers l'arête rocheuse qui sépare Tête-Rousse du glacier de Bionasset, sur un versant exposé à l'Ouest, à très forte pente, et sur lequel la neige disparaît de très bonne heure tous les ans.

La galerie ainsi creusée mesure 3 mètres de hauteur sur autant de largeur et 122 mètres de longueur, dont 60 dans le rocher et le reste dans la glace. Elle aboutit vers le milieu du glacier et fonctionne comme une sorte de drain qui recueille toutes les eaux provenant soit de la fonte du glacier lui-même, soit des versants qui le dominent. Elle empêche ainsi toute accumulation de quelque importance.

Cependant, en 1901, une crevasse s'étant ouverte dans la partie inférieure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

permit à l'agent local, attaché par une corde, de pénétrer sous la glace et de constater que, là encore, il séjournait une certaine quantité d'eau. Pour plus de sécurité on résolut d'ouvrir une seconde galerie souterraine prenant naissance vers l'extrémité aval du glacier et aboutissant dans le même versant que la première galerie, mais à un niveau inférieur.

Toutefois, si ces travaux permettent d'assurer que Tête-Rousse ne peut plus donner lieu à aucun accident, ils n'ont pas élucidé la question de savoir pourquoi et comment un lac sous-glaciaire avait pu s'y former. Si on songe qu'il existe dans les Alpes et dans les Pyrénées, pour parler de la France seulement, un très grand nombre de glaciers, dont beaucoup ont une importance infiniment plus considérable que celui qui a causé la catastrophe de Saint-Gervais, on est épouvanté des dangers qu'ils peuvent faire courir aux vallées peuplées qu'ils dominent, et il paraît indispensable dès lors de déterminer les conditions suffisantes et nécessaires à la formation des lacs sous-glaciaires.

Des expériences scientifiques se poursuivent en ce moment à ce sujet à Tête-Rousse et aboutiront, il faut l'espérer, à des conclusions précises. Le premier observatoire très rustique a été remplacé par une baraque en bois pourvue des instruments utiles, construite cette année même.

Certes elle n'est pas aussi luxueuse que le superbe observatoire qui a succédé sur le sommet de l'Aigoual, à la première installation rudimentaire. C'est qu'elle ne doit servir qu'à des expériences temporaires. L'Aigoual, au contraire, bâti par les forestiers et entretenu par eux, constitue un observatoire permanent muni des instruments de météorologie les plus perfectionnés, et dont la situation sur la chaîne des Cévennes, au point de séparation des versants de l'Océan et de la Méditerranée, sur un sommet presque isolé, permet de procéder à des observations dégagées autant que possible des causes perturbatrices tenant au voisinage de la terre.

Cette rapide esquisse des principaux travaux de restauration et de consolidation des terrains en montagne aura, j'espère, laissé dans votre esprit la certitude que l'œuvre entreprise est en bonne voie et que les efforts, poursuivis sans relâche depuis près d'un demi-siècle, ont abouti à des résultats incontestables. Certes, la moitié seulement de la tâche est accomplie. Mais c'était la plus ardue, celle de l'organisation.

Je n'ai pas cru, d'ailleurs, devoir insister sur les difficultés de toutes sortes contre lesquelles ont eu à lutter les forestiers. Je me bornerai à vous citer, à ce sujet une phrase de mon maître M. Demontzey, qui a été l'un des plus ardents promoteurs du reboisement, et dont les ouvrages font encore aujourd'hui autorité en la matière. Voici ce qu'il écrivait en 1893 :

« La tâche est rude et ingrate ; c'est dans les hautes montagnes les plus déshé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ritées, au fond des gorges où seuls ils pénètrent, que les forestiers l'accomplissent, sans bruit, souvent devant l'indifférence publique ou même l'hostilité d'intérêts égoïstes de toute sorte.

« Face à face avec les désastres à réparer, soutenus par la conscience du devoir patriotique et humanitaire qu'ils ont librement contracté, ils savent bien, qu'une fois le résultat obtenu, c'est à peine si l'on percevra la trace de leur dévouement et de leurs efforts, et ils s'attachent quand même, avec une complète abnégation, à cette grande œuvre de restauration, heureux d'aider ainsi, dans leur sphère d'action, au relèvement de la Patrie... »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

## LES ALLIAGES DE CUIVRE ET DE MAGNÉSIUM, PAR **M. O. Boudouard.**

D'après Parkinson (1), en fondant 200 grammes de cuivre et 50 grammes de magnésium pendant 7 minutes, on obtient un alliage rouge jaunâtre ou couleur or, selon la proportion centésimale de magnésium (la perte est environ 1,75 p. 100). Cet alliage s'oxyde lentement; lorsqu'on le rompt, il a une apparence vitreuse; il est très cassant : 1 p. 100 de magnésium rend le cuivre cassant; le métal à 15 p. 100 de magnésium, dont la densité est 5,95, peut être pulvérisé au mortier. J'ai repris cette étude des alliages de cuivre et de magnésium.

### ÉTUDE DE LA FUSIBILITÉ DES ALLIAGES DE CUIVRE ET DE MAGNÉSIUM.

Quoique le point de fusion du cuivre soit assez élevé (1 085°), j'ai pu employer le procédé qui m'avait servi dans les recherches sur les alliages du magnésium avec l'aluminium et le cadmium pour déterminer le point de solidification des alliages contenant jusqu'à 75 p. 100 de cuivre (2); le tableau ci-dessous montre en effet que ces mélanges fondent au-dessous de 600°. Pour les teneurs supérieures à 75 pour 100, j'ai fondu les métaux sous le sel marin, le tube en verre destiné à protéger le couple thermoélectrique étant remplacé par un tube semblable en porcelaine. Voici les résultats obtenus :

| Magnésium p. 100 en poids. | Cuivre p. 100 en poids. | Températures. Degrés. | Magnésium p. 100 en poids. | Cuivre p. 100 en poids. | Températures. Degrés. |
|---|---|---|---|---|---|
| 100 | » | 635 | 40 | 60 | 545 |
| 90 | 10 | 610 | 30 | 70 | 540 |
| 80 | 20 | 560 | 27,8 | 72,2 | 585 |
| 70 | 30 | 475 | 25 | 75 | 575 |
| 60 | 40 | 530 | 20 | 80 | 915 |
| 50 | 50 | 550 | 10 | 90 | 890 |
| 45 | 55 | 550 | » | 100 | 1085 |

(1) *Chem. Soc.*, 2e série, t. V, p. 117.
(2) *Bull. Soc. Encourag.*, décembre 1901, août 1902.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on construit la courbe (fig. 1) en portant en abscisses les proportions en poids de cuivre et en ordonnées les températures, on remarque que cette courbe présente trois maxima (550°, 585° et 915°) et quatre minima (475°, 540°, 575° et 890°). On voit également que le magnésium et le cuivre donnent des alliages

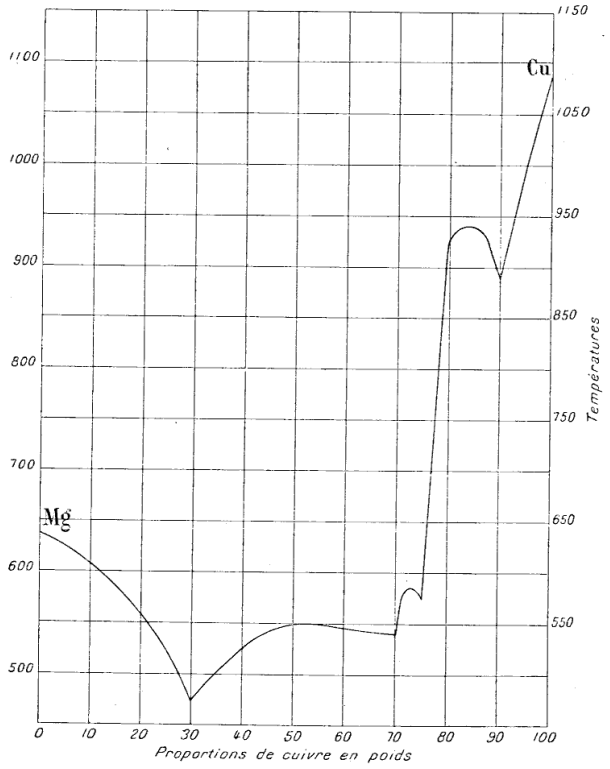



Fig. 1.

extrêmement fusibles : de 0 à 75 p. 100, le point de fusion est inférieur à celui de magnésium. Enfin les trois points maxima mettent en évidence l'existence de trois combinaisons définies : $Cu\,Mg^2$, $Cu\,Mg$ et $Cu^2Mg$.

## PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET MÉCANIQUES DES ALLIAGES DE CUIVRE ET DE MAGNÉSIUM.

Les alliages de cuivre et de magnésium conservent leur couleur blanche, plus ou moins brillante, jusqu'à la teneur de 70 p. 100 de cuivre, où l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commence à voir apparaître une légère teinte jaunâtre; l'alliage à 80 p. 100 est jaunâtre, et celui à 90 p. 100 est franchement jaune. Le cuivre perd donc sa couleur lorsque sa proportion est inférieure à 80 p. 100; on peut rapprocher ces faits de ceux qui ont été observés par Debray avec l'aluminium (1) : avec ce métal, la couleur du cuivre disparaît pour une teneur de 82 p. 100 de cuivre, qui correspond à la combinaison $Cu^3Al$; avec le magnésium, elle disparaît par la teneur correspondant à $Cu^2Mg$.

Le magnésium contenant 10 p. 100 de cuivre est encore malléable; au delà de 10 p. 100, il devient cassant, et la fragilité augmente progressivement jusqu'à la proportion de 70 p. 100 de cuivre : l'alliage peut alors être brisé entre les doigts. La fragilité diminue ensuite jusqu'au cuivre pur. L'alliage à 90 p. 100 de cuivre casse sous le marteau : cette cassure est d'apparence grenue. Si l'on compare les propriétés mécaniques des alliages de cuivre et de magnésium à celles des alliages de cuivre et d'aluminium, telles qu'elles ont été indiqués par Debray, on est frappé du parallélisme qu'elles offrent; il n'y a de différence que pour le métal contenant 90 p. 100 de cuivre qui, dans le cas de l'aluminium, a pu recevoir des applications industrielles à cause de sa malléabilité et de sa dureté (bronze d'aluminium). Au point de vue de la couleur, les alliages de cuivre avec 10 p. 100 de magnésium ou d'aluminium sont analogues : ils sont jaunes et susceptibles d'un beau poli.

### ÉTUDE MICROSCOPIQUE DES ALLIAGES DE CUIVRE ET DE MAGNÉSIUM.

Étant donnée la fragilité très grande des alliages de cuivre et de magnésium, il m'a été très difficile, pour ne pas dire impossible, de procéder à leur examen microscopique en utilisant la méthode que j'ai pu employer pour les alliages du magnésium avec l'aluminium et le cadmium (étude de la surface polie d'alliages dans lesquels la quantité de l'un des métaux varie progressivement de 0 à 100). La méthode de superposition des métaux, qui m'avait donné des résultats si peu satisfaisants pour les alliages aluminium-magnésium, a été appliquée avec succès pour les alliages cuivre-magnésium. La fusion des métaux a été effectuée sur le chlorure de sodium, et le magnésium n'a été introduit qu'après fusion du cuivre : le culot ainsi obtenu, par suite de son extrême fragilité dans la partie médiane, s'est divisé en deux parties qui ont été collées avec la gomme laque.

Après polissage par les procédés ordinaires, on distingue dans ce culot métallique, sans attaque préalable, des régions très distinctes les unes des autres par leur aspect; même à l'œil nu, il est facile de se rendre compte de ces diverses parties. En commençant par la partie inférieure, on voit successivement : 1° une

(1) *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 925.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

zone de couleur rouge; 2° une zone de couleur jaune d'or; aux environs de la ligne de séparation de ces deux régions, qui est excessivement nette, on remarque

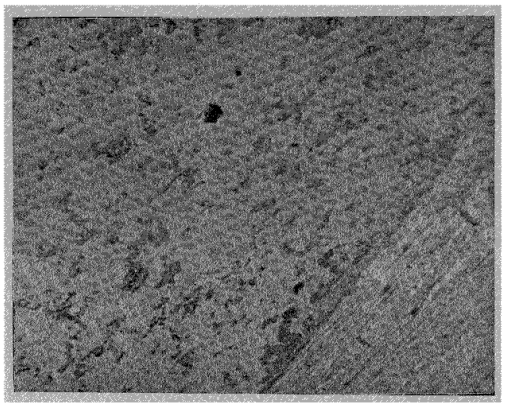


Fig. 2. — Polissage en bas-relief; grossissement : 125.

une assez grande quantité de points rouges, qui semblent être des inclusions de cuivre, noyés dans un eutectique (fig. 2); 3° une zone de couleur jaunâtre, cons-

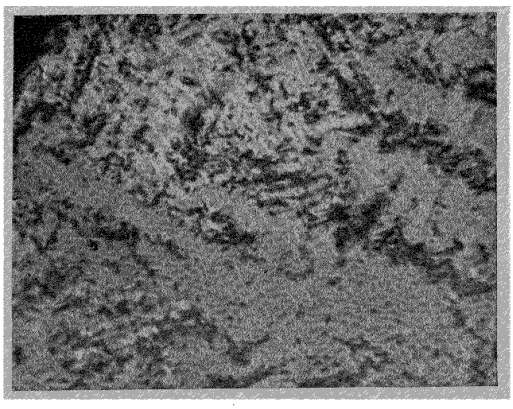


Fig. 3. — $Cu^2Mg$ (polissage en bas-relief); grossissement : 125.

tituée presque uniquement par des cristaux ayant une direction sensiblement verticale et de forme digitée (fig. 3); 4° une masse de cristaux très longs et très volumineux, noyés dans un eutectique abondant (fig. 4); 5° de belles arbo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rescences en feuilles de fougère qui se continuent très irrégulièrement et finissent par disparaître dans la partie supérieure du culot (fig. 5).

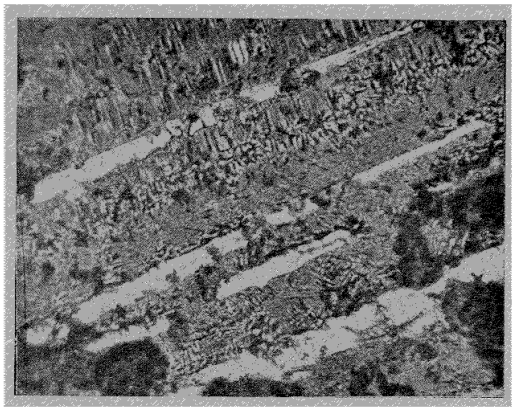


Fig. 4. — Cu Mg (polissage en bas-relief); grossissement : 125.

Ces différentes sortes de cristaux correspondent aux trois combinaisons définies que fait prévoir la courbe de fusibilité : $Cu^2Mg$, CuMg et $CuMg^2$; quant à

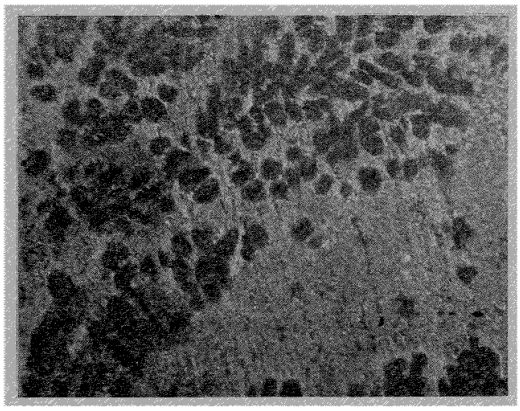


Fig. 5. — Cu $Mg^2$ (polissage en bas-relief); grossissement : 125.

la zone inférieure de couleur rouge, si nettement séparée du reste du culot, elle doit être constituée par du cuivre sensiblement pur qui s'est solidifié brusquement au contact du magnésium froid, au moment de son introduction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En attaquant fortement la surface polie d'un culot contenant 90 de cuivre et 10 de magnésium par de l'acide nitrique à 10 pour 100, et polissant ensuite gra-

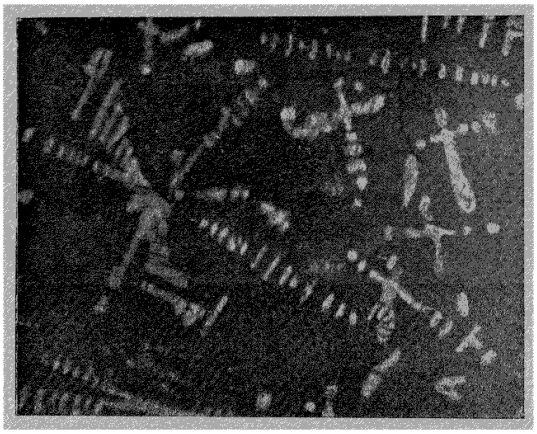


Fig. 6. — $Cu^2$ Mg. (attaque par Az $O^3$ H 10 p. 100); grossissement : 125.

duellement, on voit se détacher sur un fond noir de très belles arborescences constituées par la combinaison $Cu^2Mg$ (fig. 6). L'examen d'un culot contenant

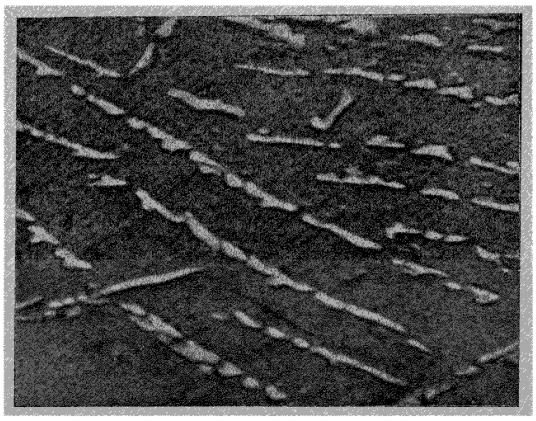


Fig. 7. — Cu $Mg^2$ (polissage en bas-relief); grossissement : 125.

82,1 pour 100 de cuivre a montré une structure cellulaire après simple polissage; l'attaque à l'acide picrique, à l'acide chlorhydrique n'a fait qu'exalter la couleur rouge du cuivre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le culot 40Cu-60Mg, par simple polissage en bas-relief, présente une belle cristallisation, formée par des cristaux orientés dans toutes les directions (fig. 7) et noyés au milieu d'un eutectique abondant (fig. 8); ces cristaux constituent la combinaison $CuMg^2$. L'attaque au chlorhydrate d'ammoniaque donne les mêmes résultats.

Par suite de l'extrême fragilité des culots contenant de 50 à 70 pour 100 de

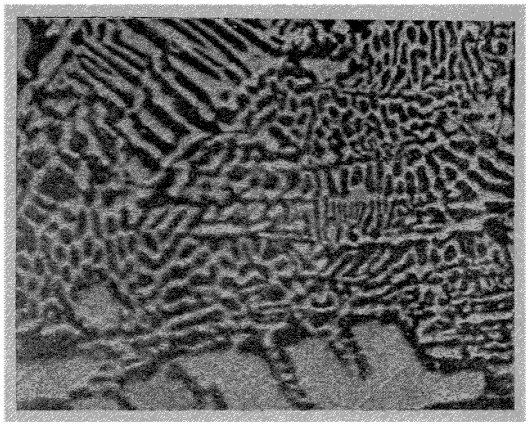


Fig. 8. — Alliage eutectique; grossissement : 650.

cuivre, je n'ai pu les polir pour faire leur examen micrographique dans le but d'obtenir la combinaison CuMg.

### COMBINAISONS DÉFINIES FORMÉES PAR LE CUIVRE ET LE MAGNÉSIUM

Si l'on veut isoler les combinaisons définies formées par le cuivre et le magnésium, on doit employer des solutions acides extrêmement diluées; autrement, il y a dissolution complète du métal. L'action des réactifs doit être prolongée au moins pendant plusieurs jours, elle peut être continuée plus longtemps sans aucun inconvénient : la composition des cristaux obtenus après un contact de plusieurs semaines diffère extrêmement peu de celle des cristaux obtenus après quelques jours. Pour chacune des trois combinaisons définies prévues par la fusibilité et la métallographie, j'ai employé des solutions d'acide chlorhydrique; les essais faits avec l'acide nitrique et le chlorhydrate d'ammoniaque ont échoué.

L'analyse des cristaux obtenus dans chaque cas était conduite de la manière suivante : dissolution dans l'acide nitrique étendu, dosage du cuivre par électro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lyse, dosage du magnésium à l'état de magnésie par évaporation de la solution débarrassée de cuivre et calcination du nitrate de magnésie.

1° $Cu\,Mg^2$. — La composition centésimale théorique de cet alliage correspond à 56,5 de cuivre et 43,5 de magnésium.

Le meilleur procédé permettant d'isoler la combinaison $Cu\,Mg^2$ consiste à traiter à froid le culot métallique 50 Cu-50 Mg par l'acide chlorhydrique à 5 pour 1000. Les résultats obtenus sont très concordants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Cu. . . . . | 56,1 | 56,8 | 56,1 |
| Mg. . . . . | 43,9 | 43,3 | 44,0 |

2° Cu Mg. — La composition centésimale de cet alliage correspond à 72,2 de cuivre et 27,8 de magnésium.

Pour obtenir cette combinaison définie, il suffit de traiter à froid le culot métallique 70 Cu-30 Mg par l'acide chlorhydrique à 1 p. 1000. Il se dépose une poudre cristalline qui donne à l'analyse 72,0 p. 100 de cuivre; après plusieurs semaines de contact avec le réactif, on trouve 71,6 de cuivre, et après plus d'un mois 73,8.

3° $Cu^2Mg$. — La composition centésimale de cet alliage correspond à 83,8 de cuivre et 16,2 de magnésium.

En attaquant le culot métallique 80 Cu-20 Mg par l'acide chlorhydrique à 1 p. 1000, on obtient une poudre cristalline qui, après une ou plusieurs semaines de contact avec le réactif, renferme 82,1 et 82,3 de cuivre; un morceau non attaqué a donné à l'analyse 80,3 p. 100 de cuivre. Le culot 90 Cu-10 Mg, traité par l'acide nitrique, même très étendu, se dissout complètement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

NOUVELLES RECHERCHES SUR LES ACIERS AU NICKEL, PAR **M. Léon Guillet,**
*docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures.*

Plusieurs points nouveaux sur les aciers au nickel nous paraissent intéressants et nous font revenir sur le sujet que nous avons traité ici même. (*Bulletin*, juin 1903.)

1° La première question que nous nous sommes posée, est de savoir ce qu'est la martensite dans les aciers au nickel bruts de forge?

La question est essentiellement délicate; car, avant de savoir ce qu'est la martensite dans les aciers spéciaux, faudrait-il résoudre la question pour les aciers au carbone.

Or, comme on le sait, elle est loin de l'être.

Toutefois, il semble bien être démontré par les expériences que nous avons faites que l'élément nickel intervient dans les propriétés de la martensite.

Lorsque l'on trempe un acier extra-doux à 0,120 de C, cet acier n'est pas du tout fragile. J'ai montré, au contraire, que c'était un excellent moyen pour détruire la fragilité et surtout la non-homogénéité de ces aciers.

Si l'on considère maintenant des aciers à 0,120 de C contenant de 0 à 10 p. 100 de nickel, et qui, par conséquent, ont, à l'état recuit, la structure perlitique, si on les trempe et si on les essaie ensuite à la fragilité, on voit que, pour certains, celle-ci est bien plus grande que dans les aciers au carbone; voici les résultats qui le démontrent :

| N° de l'acier. | Carbone. | Nickel. | Nombre de kilogrammètres. Recuit. | Trempé. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,120 | 0,00 | très variable. | 36 |
| 2 | 0,070 | 2,00 | 35 | 38 |
| 3 | 0,125 | 5,23 | 33 | 15 |
| 4 | 0,125 | 7,13 | 24 | 10 |

De plus, si nous considérons les aciers qui contiennent environ 0,120 de C et qui renferment de 10 à 25 p. 100 de nickel, on voit qu'ils sont tous très fra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

giles alors que les aciers contenant 0,120 de C et ne renfermant pas de nickel lorsqu'ils ont été trempés, ne le sont pas du tout :

| N° de l'acier. | Carbone. | Nickel. | Nombre de kilogrammètres sur acier brut. |
|---|---|---|---|
| 5 | 0,132 | 10,10 | 4 |
| 6 | 0,125 | 12,07 | 1 |
| 7 | 0,110 | 15,17 | 0 |
| 8 | 0,214 | 20,40 | 2 |
| 9 | 0,176 | 25 | 3 |

Un autre point intéressant nous semble être le suivant : si l'on considère dans la série des aciers à 0,350 de C, l'acier contenant 10 p. 100 de nickel, on y trouve la structure que l'on est habitué à rencontrer dans les aciers au carbone trempé à l'eau à une bonne température. Mais dans l'acier qui contient 20 p. 100 de nickel, alors qu'il y a déjà du fer $\gamma$, la martensite semble prendre des formes qui rappellent la martensite, c'est-à-dire des cristaux en fer de lance qui se colorent bien plus aisément que la martensite ordinaire des aciers à 0,250 de C.

Il semble donc bien que la martensite des aciers au nickel est une martensite spéciale.

2° Nous avons voulu compléter l'étude que nous avons faite de l'action du refroidissement sur les aciers au nickel.

Nos premières expériences ont montré qu'un certain nombre d'aciers à structure polyédrique présentent, après immersion dans la neige carbonique en solution alcoolique à — 78°, des fers de lance; que pour certains aciers, la transformation commence dès 0° et qu'enfin l'action d'un refroidissement à — 78° qui est très grande sur les premiers aciers polyédriques de chaque série, se faisait néanmoins sentir sur les aciers plus riches en nickel et cela jusqu à une certaine teneur.

J'ai pensé qu'en faisant intervenir un refroidissement plus considérable, en allant jusqu'à — 180° au moyen de l'air liquide, on aurait, d'une part, une action beaucoup plus marquée sur les aciers qui ne présentaient que quelques fers de lance après immersion dans la neige carbonique; et, d'autre part, on obtiendrait un commencement de transformation dans des aciers non atteints par un refroidissement à — 78°.

Les expériences ont entièrement répondu à nos prévisions.

C'est ainsi que :

1° L'acier à 0,800 de C et 20 p. 100 de nickel présente, refroidi à — 180°, une décomposition beaucoup plus complète que lorsqu'il n'a été porté qu'à — 78°.

2° Les aciers à 0,800 de C et 25 p. 100 nickel qui n'étaient pas atteints par un refroidissement à — 78° présentent, après immersion dans l'air liquide, de nombreux fers de lance.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut donc conclure vraisemblablement que plus la source de froid dont on disposerait serait intense, plus serait grand le nombre d'aciers au nickel à structure polyédrique susceptibles d'être transformés.

3° Nous avons poursuivi les recherches, encore incomplètes au moment de notre première communication, sur la régénération des aciers altérés par un traitement quelconque.

Les résultats de ces expériences nous permettent de maintenir notre première conclusion, à savoir qu'un acier, qui, par un traitement quelconque, est de polyédrique devenu martensitique, ne saurait être régénéré par un recuit ou par une trempe.

4° Enfin, et c'est là certainement le point le plus important de ces recherches, il nous a semblé que les expériences que nous avons faites, tant au point de vue microscopique, qu'au point de vue mécanique, pouvaient être résumées dans un diagramme qui semblait être très simple, étant donnée la loi établie par M. Osmond et montrant la proportionnalité du carbone de trempe, du nickel et du manganèse.

Soit, deux axes rectangulaires, l'un sur lequel sont portées les teneurs de carbone, l'autre sur lequel seront placées les teneurs en nickel et supposons des aciers formés de fer, de carbone, de nickel.

Cherchons pour les différentes teneurs en carbone quels sont les premiers aciers qui présentent la structure martensitique et la structure polyédrique.

Nous entendons par aciers à structure martensitique, l'acier qui ne montre plus que de la martensite pure (il est, en effet, très difficile d'évaluer le moment où il commence à y avoir de la martensite).

Nous avons vu que pour la série à environ 0,120 C, le premier acier à structure martensitique était l'acier à 12 p. 100 de nickel et 0,125 de carbone; il donne le point A; pour la série à 0,800 de C environ, le premier acier à structure martensitique était l'acier à 7 p. 100 de nickel et 0,800 de carbone; il est marqué en B.

Si nous traçons la droite AB, nous obtenons le lieu des points désignant les premiers aciers martensitiques de chaque série. Ceci a été vérifié pour un grand nombre d'aciers, comme je l'expliquerai plus loin.

D'autre part, le premier acier polyédrique de la série contenant environ 0,120 de C est un acier qui renferme 27 p. 100 de nickel et 0,125 de C. Dans la série à environ 0,800 C le premier acier à structure polyédrique contient 15 p. 100 de nickel et 0,706 de C.

Nous obtenons ainsi les deux points A′ B′; la droite A′ B′ est le lieu des points donnant les premiers aciers polyédriques, et par conséquent les premiers aciers non magnétiques de chaque série.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si nous prolongeons ces deux droites A B et A′ B′, nous voyons que :

1° Elles viennent toutes les deux rencontrer l'axe des X au point 1,650.

Ceci est extrêmement important; en effet, M. Osmond a montré que dans les aciers au carbone, il était impossible d'obtenir de l'austénite, à moins de tremper l'acier. Encore faut-il le tremper dans des conditions spéciales et n'obtient-on jamais d'austénite pure. M. Osmond a montré justement que le pourcentage de carbone permettant d'obtenir le maximum d'austénite est 1,650.

2° A B rencontrent O Y au point 13, tandis que A′B′ rencontrent le même axe au point 30.

Il s'agissait de vérifier que les deux droites indiquées donnaient bien les points correspondants aux premiers aciers martensitiques ou polyédriques de chaque série.

Pour le faire, nous avons employé deux méthodes :

1° Nous avons observé un très grand nombre d'aciers qu'ont bien voulu mettre à notre disposition les Grandes Forges, notamment la Société Commentry-Fourchambault qui nous a fourni plus de cent échantillons.

2° D'autre part, nous avons procédé comme je vais l'indiquer : nous avons pris des aciers aussi pauvres que possible en carbone et dont la teneur en nickel variait de 0 à 25 p. 100 et nous les avons cémentés de façon que la couche superficielle présentât soit l'aspect martensitique, soit l'aspect polyédrique sous la plus faible épaisseur possible.

Au tour, nous enlevions la couche superficielle sous une épaisseur de 1/4 de millimètre et l'on y faisait le dosage du carbone. Ces dernières expériences sont évidemment très longues, étant donnés les tâtonnements qui sont nécessaires pour arriver juste à la structure désirée. Aussi n'en avons-nous pratiqué que quelques-unes.

Ces deux séries d'expériences nous ont donné des résultats d'une concordance remarquable. Tous les points marqués sur la figure représentent les aciers que nous avons observés.

Les aciers particulièrement intéressants à étudier étaient les aciers qui se trouvent sur l'une des limites.

Leur reconnaissance est assez facile; pour ceux qui ne sont formés que de martensite, on ne voit aucune plage blanche non orientée (j'insiste sur ce point); il est bien évident qu'il en est de même pour tous les aciers à martensite pure; mais pour un acier limite, si on le décarbure tant soit peu (un recuit d'une heure à 90° en présence d'oxyde de fer est à peine nécessaire), on voit apparaître sur les bords des taches blanches de fer qui ne présentent aucune orientation.

Pour les aciers qui se trouvent sur la limite entre les aciers martensitiques et les aciers polyédriques, l'indication donnée par la microstructure est beau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coup plus certaine. En effet, on voit presque toujours des polyèdres très nets, et sur les bords de ceux-ci quelques fers de lance très noirs.

D'ailleurs, si l'on a des doutes, quelques coups de marteau sur l'acier ou une trempe, ou mieux encore un refroidissement à — 10°, suffira pour faire apparaître de nouveaux fers de lance blancs ou noirs. — C'est ainsi que les différents aciers marqués d'une croix entourés d'un cercle ont été trouvés sur la limite des différents groupes.

On voit combien ces expériences coïncident avec la théorie.

Enfin, nous avons voulu vérifier les points qui se trouvent sur l'axe des Y; pour cela, il nous fallait obtenir des aciers sans traces de carbone; à cet effet, nous nous sommes adressés à l'aluminothermie, qui nous avait permis l'an dernier de faire une longue étude sur les alliages d'aluminium.

A cet effet, nous avons réduit différents mélanges d'oxydes de fer et de nickel par l'aluminium en prenant toutes les précautions que nous avons indiquées pour nos premières recherches dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*.

Après de nombreux tâtonnements, nous sommes arrivés à abaisser la teneur en aluminium contenu dans l'alliage à environ 2 p. 100. Dans certains cas, nous n'avons pas eu trace d'aluminium.

Nous avons ainsi préparé une série d'alliages dans lesquels on voit nettement la structure des alliages fer-nickel.

En rapportant les proportions trouvées à l'analyse à un alliage formé seulement de fer et de nickel, nous sommes arrivés à conclure que :

A 26,25 p. 100 de nickel, on a de la martensite très nette et du fer $\gamma$.
A 28,40 p. 100 on a des polyèdres très bien formés, mais au centre quelques traces de martensite très fine.

Cet acier doit former sensiblement la limite.

Au delà de 30 p. 100, il n'y a que des polyèdres très nets.

Nous poursuivons des expériences aussi précises pour déterminer l'autre point sur l'axe des $y$; nous n'avons pas encore de résultats très précis; ces recherches sont, en effet, très longues; car il est fort difficile d'arriver au pourcentage cherché; il faut faire dix expériences pour en avoir une bonne.

Ce diagramme divise donc le plan en trois espaces :

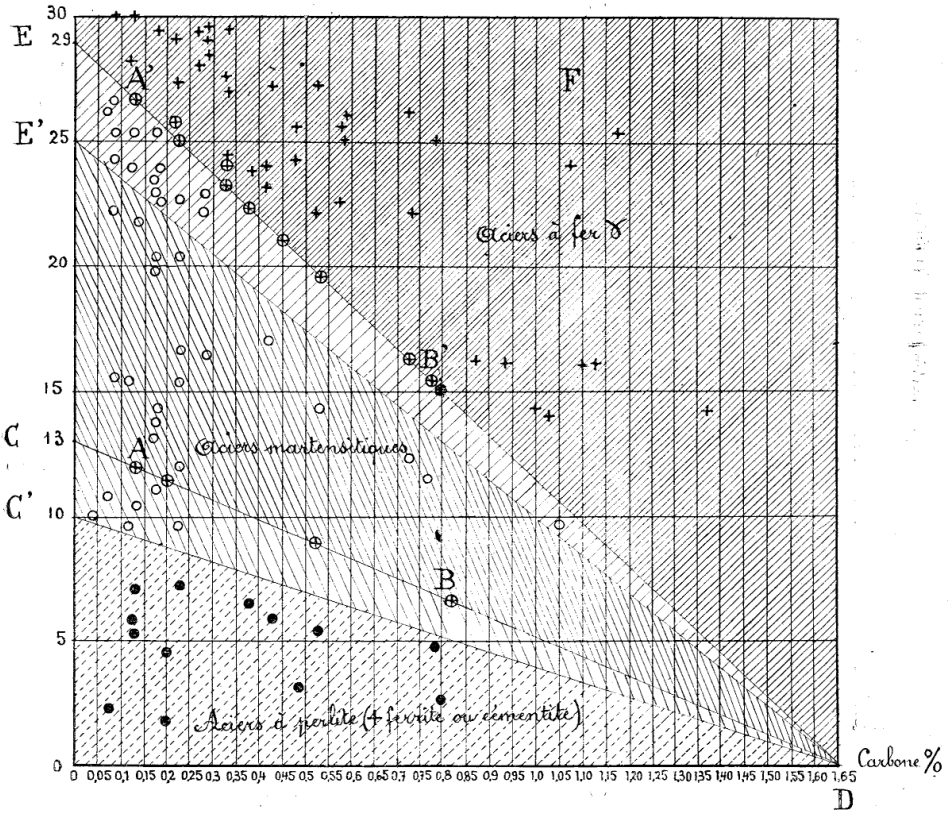
Le triangle C D O correspondant aux aciers ayant sensiblement les mêmes propriétés que les aciers au carbone ordinaire, mais avec une résistance et une limite élastique un peu supérieures, et surtout avec une homogénéité bien plus grande.

Le triangle C D E correspondant aux aciers à structure martensitique, ayant des propriétés analogues aux aciers contenant des quantités importantes de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

carbone et trempés, ces aciers sont extrêmement durs, sont difficiles à travailler et sont fragiles. Ils sont généralement insensibles à la trempe.

L'espace E D F qui correspond à des aciers qui ont des propriétés nouvelles,




qui sont à basse limite élastique, qui ne possèdent aucune fragilité, qui se travaillent avec une grande facilité, etc.

Mais il y a en plus des zones de passage qui ont leur importance. C'est ainsi que dans le triangle C' D' C' déterminé par la droite qui joint le point D au point 10 de nickel, on a des aciers qui sont formés de fer $\alpha$ + perlite + martensite. Ces aciers ont une partie des propriétés des aciers de l'espace C D E.

De même, dans le triangle E D' E on a des aciers qui sont formés de martensite + fer $\gamma$ et qui ont par conséquent une partie des propriétés des aciers situés dans la zone E D F.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce diagramme ne peut être mis en doute par des teneurs en carbone comprises entre 0 et 0,900. On peut se demander s'il est vrai encore pour les aciers hypereutectiques.

Sous ce rapport, j'entrerai dans quelques détails pour les observations que j'ai faites et qui ont porté sur un certain nombre d'échantillons.

On pouvait tout d'abord se demander si, à partir de 0,900 de carbone, on pourrait empêcher le dépôt de cémentite de se former et si le graphique restait vrai jusqu'au point 1,650.

Voici les observations que j'ai faites sur des aciers très purs :

| Microstructure. | Teneurs p. 100 en Carbone. | Nickel. |
|---|---|---|
| Polyèdres. . . . . | 1,040 | 14,12 |
| — . . . . . | 1,060 | 24,24 |
| — . . . . . | 1,027 | 14,44 |
| — . . . . . | 1,130 | 15,88 |
| — . . . . . | 0,945 | 16,00 |
| — . . . . . | 1,360 | 14,80 |
| — . . . . . | 1,123 | 16,06 |

Il ne peut subsister de ce côté aucun doute.

Nous avons voulu examiner des aciers contenant plus de 1,650 de carbone. Dans les quelques échantillons que nous avons fait exécuter ou que nous avons pu nous procurer et dont le pourcentage de carbone était autour de 2 p. 100 et les teneurs en nickel assez faibles, nous avons noté que l'intervention de ce métal était nulle sur la structure.

En résumé :

Nous avons établi pour les aciers au nickel un diagramme extrêmement simple qui n'est en quelque sorte que la traduction des expériences que nous avons faites. Ce diagramme divise le plan en trois parties auxquelles correspondent des aciers ayant des propriétés particulières.

Mais il faut tenir compte des deux zones secondaires que nous avons indiquées et qui constituent en quelque sorte les termes de passage d'une catégorie d'aciers à la voisine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS MÉCANIQUES

## EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

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

### Appareils pour essais de forage.

*Appareils pour essais de forage.* — Nous avons vu que, pour déduire les diverses réactions qui s'exercent sur un forêt et les coefficients de résistance, il suffisait de connaître la pression P dans le sens de l'axe de l'outil et le moment tournant M*r* qui l'actionne.

Or, dans les foreuses, ces deux éléments donnent lieu à l'emploi de mécanismes particuliers : celui dit monte et baisse et celui de la commande de rotation. Dans nos essais de forage, nous avons opéré en employant divers dispositifs, selon que l'opération se faisait sous pression constante, sous avance constante ou sous avance variable.

La mesure de l'effort P au moyen du monte et baisse se fait facilement lorsque ce mécanisme se réduit à un simple levier A B C (fig. 1206) qui actionne l'arbre porte-foret ou à un levier D E F (fig. 1207) qui agit sur le support de la pièce dont la tige S est cylindrique.

On peut estimer P par la connaissance de P′ et des longueurs $l$ et $l'$ avec la relation :

$$P' l' = P l.$$

Nous avons employé cette méthode simple dans quelques essais de forets de petits diamètres et aussi avec des diamètres moyens, en adoptant pour D E F des leviers *ad hoc*, qui nous ont permis de produire des pressions supérieures à 500 kilogrammes.

Nous avions soin de placer un niveau à bulle d'air sur le levier vers son point E de manière à contrôler l'horizontalité du petit bras; de plus, pour faciliter les calculs, nous avions équilibré l'ensemble du levier et du plateau porte-pièce.

(1) 2e fascicule, *Bulletins* de janvier, avril, juin 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est assez difficile de tenir compte des frottements latéraux qui s'exercent sur l'arbre ou sur le support de la pièce.

Un troisième procédé consiste à placer la pièce sur un support S, muni d'un piston plongeur ajusté dans un cylindre C, pourvu d'un manomètre M (fig. 1208). Il faut tarer l'appareil, qui a l'inconvénient de donner lieu à des frottements assez importants dans le joint de passage de la tige à travers le couvercle du cylindre; pour peu que des fuites se produisent quand on veut diminuer le frottement du joint, les expériences sont difficiles à réussir, ce qui nous a fait abandonner ce dispositif.

En adoptant un joint à membrane souple ou élastique, se prêtant au déplace-

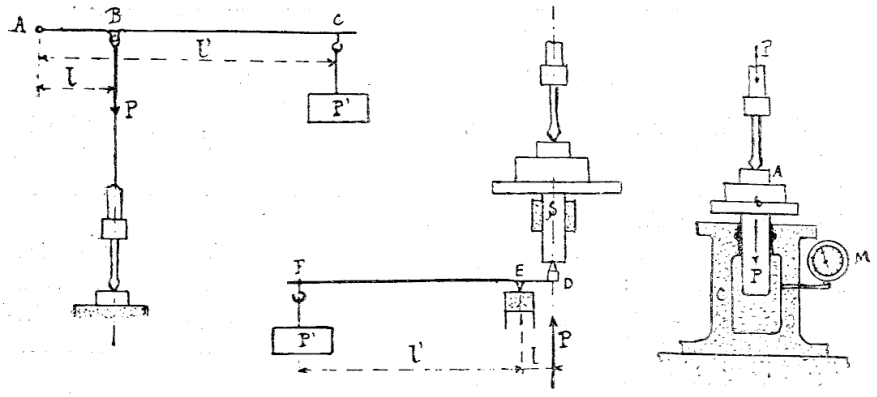



Fig. 1206 à 1208.

ment du liquide comprimé, cet appareil serait amélioré. Il est facile d'y adapter un enregistreur à tambour pour relever automatiquement les pressions et les déplacements du foret en fonction du nombre de tours, ainsi que l'ont fait divers expérimentateurs.

Lorsque le monte et baisse comporte une vis ou une crémaillère actionnée par des roues d'engrenage, on peut opérer sous pression à peu près constante connue, en agissant sur l'arbre I (fig. 1209) au moyen d'une poulie D ou de la roue de l'encliquetage sur laquelle on enroule une corde sollicitée par un poids P′ de valeur déterminée. Ici encore, il faut tarer le mécanisme pour connaître P en fonction de P′. La précision laisse toujours à désirer.

*Emploi d'une bascule.* — Sur la table de la foreuse, ou mieux sur le sol est placée une bascule à romaine (fig. 1210-1211) qui porte la pièce. En agissant sur le monte et baisse de la machine, on règle à volonté la pression P, que l'on main-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tient constante avec toute facilité pendant l'expérience, en ayant soin de laisser le levier du curseur mobile en position assez relevée.

On obtient ainsi une très grande précision. En outre, c'est le procédé qui se prête le mieux à la multiplicité des opérations quand on fait varier les pressions tout en les maintenant constantes pendant chaque expérience.

Les opérations peuvent se répéter avec des manœuvres très simples ; c'est pourquoi nous avons

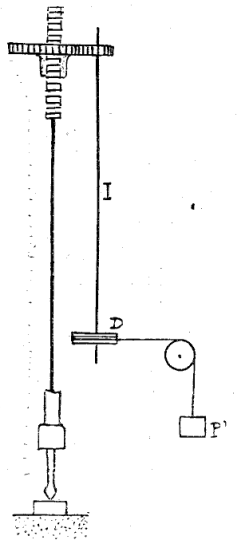



Fig. 1209.

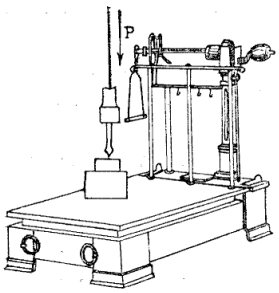



Fig. 1210.

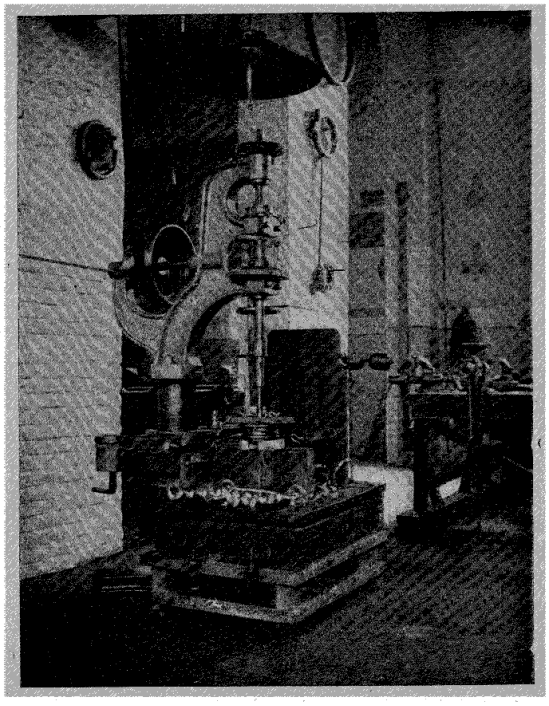


Fig. 1211.

utilisé cette méthode de préférence aux autres dans la plupart de nos essais comparatifs. Nous avons opéré avec une bascule de la force de 500 kilogrammes ; elle était surélevée du sol et le milieu de la table correspondait avec l'axe du foret.

A la pression P, correspond l'avance $a$ qu'il faut aussi connaître. Si on opère sous avance constante avec le monte et baisse à encliquetage, on déduit aisément

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la valeur de $a$ par une mesure qui correspond à un nombre de tours déterminé.

Si le monte et baisse comprend un organe intermédiaire à clôture par force, tel qu'une courroie, il ne faut pas se fier à la constance de la vitesse de pénétration; il importe de contrôler par des mesures directes sur le foret, en comptant le nombre de tours. Il faut aussi ne pas perdre de vue que les organes de la foreuse prennent des déplacements relatifs qui ont, parfois, une certaine influence sur la mesure de l'avance. Dans certains cas, il faut attendre, pour faire les mesures utiles que l'état de régime soit établi. Les diagrammes d'un dynamomètre enregistreur révèlent ces périodes; par exemple, lorsque après avoir amorcé le trou avec un foret à pointe jusqu'à la prise complète des tranchants, on ramène la pression à zéro pour ensuite reprendre l'opération en agissant sur le monte et baisse avec avance constante. C'est pourquoi il est préférable, dans la plupart de ces essais, d'opérer sous pression constante et de ne pas trop prolonger chaque opération.

Le moyen le plus sûr pour estimer l'avance $a$, consiste à repérer le foret avec la pièce, à mesurer directement l'accroissement de profondeur du trou pour le nombre de tours du foret qui y correspond. On prévient ainsi les erreurs et les anomalies qui se produisent dans de tels essais multipliés.

*Mesure du moment tournant.* — L'emploi d'un dynanomètre de rotation est tout indiqué quand on recherche l'énergie totale dépensée par la foreuse et particulièrement quand on recherche l'influence de la vitesse. Nous avons ainsi relevé de nombreux diagrammes qui permettaient de contrôler l'ensemble d'une expérience prolongée ou de les comparer à des mesures plus directes faites simultanément.

La figure 1212 montre l'installation du dynamomètre de rotation actionnant le renvoi de la foreuse; la pièce repose sur le plateau à billes dont la description est donnée ci-après.

Pour l'estimation du moment tournant au plus près de la pièce ou de l'outil, un moyen simple et très précis consiste à forer au tour parallèle en fixant sur le chariot du tour une contre-pointe pour l'appui du foret. Sur ce dernier, est calée une poulie enroulée des cordes de deux dynamomètres ordinaires dont on relève les indications. La pièce est fixée sur le plateau du tour; elle est montée en lunette. Le dynamomètre de rotation actionnant le tour, le foret se déplace sous avance constante; la pression n'était pas mesurée. Nous indiquons plus loin un ensemble plus complet qui permet de relever les pressions et les moments. Nous signalerons aussi l'emploi de dynamos commandant directement ou indirectement la foreuse et dont les lectures au voltamètre et à l'ampèremètre permettent de connaître l'énergie dépensée. Il importe ici de posséder des instruments précis convenablement montés et non influencés par le voisinage de la dynamo.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Plateau à billes.* — Une disposition simple, précise et commode pour mesurer le moment comprend deux disques à billes A et B (fig. 1213-1214). Sur le disque supérieur A, garni ou non de bois, est posée la pièce ; on s'oppose à la rotation de la pièce sur le plateau supérieur par des moyens d'arrêt *ad hoc*.

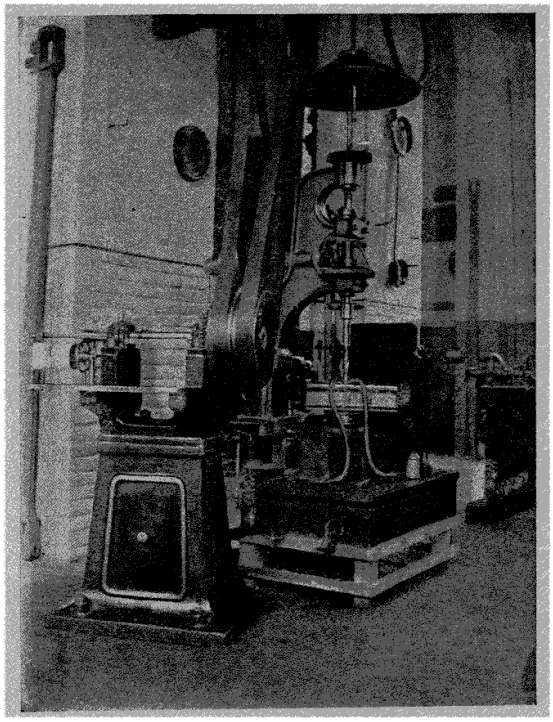


Fig. 1212. — Dynamomètre de rotation pour foreuse.

Autour du disque A, s'enroulent les cordes de deux dynamomètres que l'on règle de manière à obtenir, sur chacun d'eux, des lectures $\frac{P'_1}{2}$ égales ou peu différentes, ce qui donne un couple $\frac{P'_1 D}{2}$ qui s'équilibre.

Les disques sont placés sur la table de la foreuse ou sur celle de la bascule qui mesure la pression.

Pour tarer les disques, en ce qui concerne le frottement dû aux pressions P, on développe des pressions avec un pointeau d'acier trempé prenant appui sur une pièce d'acier et l'on fait tourner le disque par traction sur la corde de l'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des dynamomètres ou avec les deux. Dans le modèle que nous avons combiné, à une pression de 100 kilogrammes correspondait un effort tangentiel de 1 kilogramme; l'effort tangentiel restait proportionnel à la pression.

Pendant l'opération, on note les lectures faites aux dynamomètres; on a soin

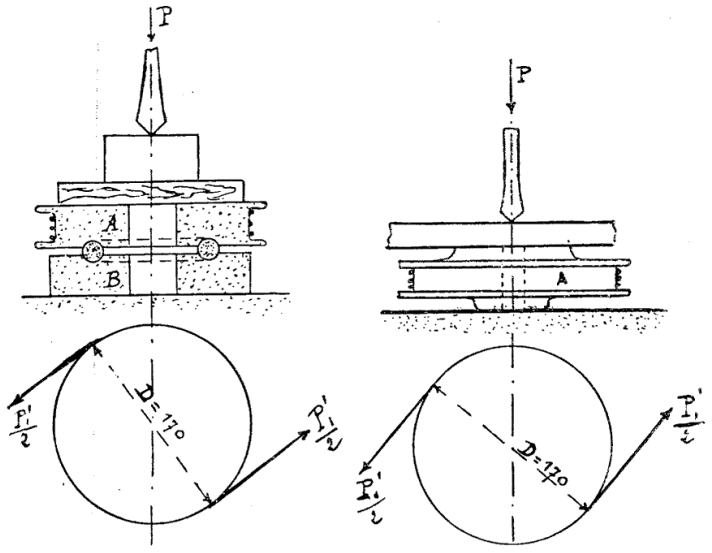



Fig. 1213 à 1216.

de placer les disques bien en concordance avec l'axe du foret et de rendre solidaire le disque inférieur du support fixe.

La distance entre les forces $\frac{P'_1}{2}$ étant de 170 millimètres, le moment a pour expression :

$$M\,r = \frac{170\,P'_1}{2}.$$

Si les deux efforts $\frac{P'_1}{2}$ sont différents, la somme est multipliée par

$$\frac{170}{2} = 85 \text{ millimètres.}$$

A défaut de disques à billes, on peut adopter un plateau ou poulie A (fig. 1215-1216) dont le moyeu est en saillie pour prendre appui sur le support ou sur la bascule garnie d'une pièce métallique intermédiaire polie. La surface d'appui du moyeu est aussi bien polie; la tare des frottements dus aux pressions P est encore facile à faire pour l'ajouter à la somme $P'_1$. La pièce est rendue solidaire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de A par des moyens *ad hoc*, soit en pratiquant une entaille de largeur suffisante dont les rebords s'opposent à la rotation de la pièce sur le plateau A pendant l'opération. Ce dispositif est plus stable que celui avec billes et donne des résultats très exacts aussi. Nous avons adopté une poulie de 170 millimètres de diamètre afin de ne pas avoir plusieurs formules à appliquer pour le calcul de $R_1$ et de prévenir des erreurs toujours trop faciles à se glisser dans des essais nombreux.

*Dispositif avec ressort pour mesurer la pression.* — Possédant un fort ressort à boudin dont les réductions de longueur sont proportionnelles aux pressions jusqu'au delà de 700 kilogrammes, nous avons combiné le dispositif fig. 1217 pour les essais de forage que nous faisons avec nos élèves.

Le foret F est monté sur l'arbre M d'un tour parallèle; il possède le mouvement de rotation. La pièce A est appliquée contre un plateau circulaire C, accolé

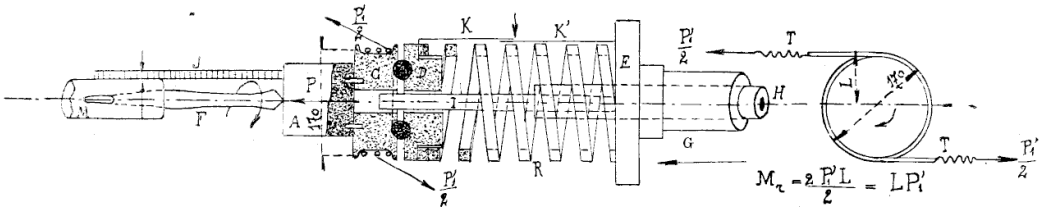



Fig. 1217. — Dispositif pour estimer les pressions longitudinales P et les moments de rotation.

par l'intermédiaire de billes contre un plateau D, prenant appui sur le ressort R, dont le deuxième appui est un plateau E, ajusté sur le fourreau H de la poupée mobile du tour. Ce plateau E butte contre la tête G de la poupée qui est fixée sur le chariot du tour. Ce chariot se déplace à volonté automatiquement dans le sens longitudinal pour déterminer la pression qui règle la pénétration et l'avance de l'outil dans la pièce.

Le ressort est muni de deux réglettes K et K', dont l'une présente une division millimétrique facilitant la lecture de sa contraction ou réduction de longueur $l''$.

De même une règle divisée J, repérée, sert à mesurer la pénétration $l$ du foret dans la pièce.

Sur le pourtour du plateau C, sont enroulées deux cordes auxquelles on attache les dynamomètres T, qui mesurent les efforts tangentiels, et par suite le moment de rotation $M_r$ (1).

(1) Le tour était commandé par un dynamomètre de rotation dont le module est déduit en considérant les énergies à la poulie C et à la poulie du dynanomètre. Pour 36 tours du foret,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les essais avec ce dispositif, il convient d'employer sept opérateurs, dont deux pour inscrire les résultats indiqués par les cinq autres, soit : le nombre de tours $n$ ; la pénétration $l$ du foret; la réduction de longueur $l''$ du ressort; les lectures aux deux dynamomètres du moment de rotation, c'est-à-dire leur somme $P'_1$.

Les lectures sont faites tous les 10, 20, 50 ou 100 tours selon la phase de l'opération.

Plusieurs autres élèves apportent leur concours à l'essai soit pour faire les manœuvres, soit pour relayer les premiers lorsque l'essai a une durée de plusieurs heures, soit encore pour reculer le fourreau H qui porte une tige guide I, laquelle ne doit pas butter contre la pièce A.

Indépendamment de l'intérêt que présente l'essai lui-même, cette méthode d'opérer donne lieu à des considérations théoriques qui intéressent nos élèves. Il ne nous paraît pas superflu de les indiquer ici, parce qu'elles facilitent l'interprétation des résultats que l'on constate dans les expériences que nous signalons.

Nous admettrons que l'opération se fait avec un foret à pointe. On peut se proposer d'exprimer la profondeur $l$ du trou en fonction du nombre de tours $n$ en supposant que :

1° Le chariot avance, d'une façon uniforme, la tête du foret n'étant pas complètement engagée;

2° Le chariot avance et la tête du foret est en pleine prise.

3° Le chariot reste fixe, le foret étant poussé par la seule réaction du ressort non détendu.

Les formules générales sont :

Avance $$a = \frac{d\,l}{d\,n}.$$

Pénétration correspondante des tranchants :

$$\frac{a'}{2} = \frac{a \sin \frac{\Phi}{2}}{2}.$$

Pression $= P = m \times$ (raccourcissement du ressort).

Pression normale par millimètre de tranchant :

$$p = \frac{P}{d} = \frac{K\,a'}{2} + C = \frac{K\,a \sin \frac{\Phi}{2}}{2} + C.$$

l'arbre du dynamomètre faisait 134 tours. $P'_1$ étant l'effort à la poulie de 0,170 de diamètre, $P''_1$ l'effort à la poulie de 0,355 du dynamomètre, on a :

$$\tau_u = \frac{3{,}14 \times 0{,}170 \times P'_1 \times 36}{60} \qquad \tau_m = \frac{3{,}14 \times 0{,}355 \times P''_1 \times 134}{60}$$

$$K = \frac{\tau_u}{\tau_m} = \frac{170 \times 36}{355 \times 134} \frac{P'_1}{P''_1} = 0{,}123 \frac{P'_1}{P''_1}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance à la pénétration par millimètre carré de section de copeau

$$R = \frac{2p}{a'} = \frac{2p}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{2P}{a\,d \sin \frac{\Phi}{2}} = K + \frac{2C}{a \sin \frac{\Phi}{2}}.$$

Énergie de translation du foret :

$$d\tau = a\,P\,dn = P\,d\,l.$$

Énergie de translation par millimètre cube de métal enlevé :

$$\tau'_2 = \frac{d\tau}{\frac{\pi d^2}{4}\,a\,dn} = \frac{4P}{\pi d^2}.$$

Moment de rotation :

$$M_r = P'_1\,L.$$

Effort tangentiel par millimètre de longueur de tranchant :

$$p_1 = K_1 \frac{a'}{2} + C_1.$$

Résistance à la coupe par millimètre carré de section de copeau :

$$R_1 = \frac{2p'}{a'} = K_1 + \frac{2C_1}{a'} = K_1 + \frac{2C_1}{a \sin \frac{\Phi}{2}}.$$

Moment résistant de rotation :

$$M_r = \frac{p_1 d^2}{4 \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{R_1\,a\,d^2}{8}.$$

Énergie tangentielle :

$$d\tau = 2\pi M r\,dn = \frac{2\pi R_1\,a\,d^2}{8}\,dn = \frac{\pi R_1\,a\,d^2}{4}\,dn.$$

Énergie par millimètre cube enlevé :

$$\tau'_1 = R_1.$$

Les unités sont le kilogramme et le millimètre.

Les diverses quantités sont mesurées à partir du début de chaque phase que nous allons considérer :

1re Phase. — Pénétration en fonction de $n$. —

Après $n$ tours, la pénétration étant $l$ (fig. 1218) la diminution de longueur du ressort si $\alpha$ est l'avance du chariot, sera :

$$\alpha n - l,$$

et l'on peut poser :

$$P = m(\alpha n - l).$$

D'autre part :

$$P = p \times BB' = 2p\,l \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2} = \left(K \sin \frac{\Phi}{2} \frac{dl}{dn} + 2C\right) l \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En égalant ces deux valeurs de P, il vient :

$$m(\alpha n - l) = \left(\mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\frac{d\,l}{d\,n} + 2\,\mathrm{C}\right) l \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}.$$

ou

$$\mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\,l\,\frac{d\,l}{d\,n} + \left(m + 2\,\mathrm{C}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\right) l - m\,\alpha\,n = o, \qquad (1)$$

équation différentielle homogène en $l$ et en $n$, qui doit être vérifiée pour $l = n = o$ ; elle admet donc une solution de la forme :

$$l = \beta\,n. \qquad (2)$$

Pour déterminer $\beta$, remplaçons $l$ par cette valeur dans l'équation (1), il vient :

$$\mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\beta^2 + \left(m + 2\,\mathrm{C}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\right)\beta - m\,\alpha = o. \qquad (3)$$

Si $\beta$ est déterminé par un essai, l'équation (3) devient une relation entre K et C.

Avance : $$a = \frac{d\,l}{d\,n} = \beta = \text{constante}. \qquad (4)$$

Résistance à la pénétration :

$$\mathrm{R} = \mathrm{K} + \frac{2\,\mathrm{C}}{a\,\sin\frac{\Phi}{2}} = \text{constante}. \qquad (5)$$

Énergie de translation en fonction de $n$ :

$$d\,\tau = a\,\mathrm{P}\,d\,n = \beta\,\mathrm{P}\,d\,n = m\,\beta\,(\alpha - \beta)\,n\,d\,n,$$

soit :

$$\tau = \int_o^n m\,\beta\,(\alpha - \beta)\,n\,d\,n = m\,\beta\,(\alpha - \beta)\,\frac{n^2}{2}. \qquad (6)$$

En prenant pour abscisses les nombres de tours et pour ordonnées les énergies, on obtient la parabole fig. 1219.

Énergie de translation en fonction de la pénétration $l$ (fig 1220),

$$\tau = m\,\beta\,(\alpha - \beta)\,\frac{l^2}{2\,\beta^2} = \frac{m}{2}\left(\frac{\alpha}{\beta} - 1\right) l^2. \qquad (7)$$

Énergie de translation par millimètre cube enlevé (fig 1221) :

$$\tau'^2 = \frac{4\,\mathrm{P}}{\pi\,d^2} = \frac{4\,m(\alpha n - l)}{4\,\pi\,l^2\operatorname{tg}^2\frac{\Phi}{2}} = \frac{m\,(\alpha - \beta)\,n}{\pi\,\beta^2\operatorname{tg}^2\frac{\Phi}{2}\,n^2} = \frac{m\,(\alpha - \beta)}{\beta^2\operatorname{tg}^2\frac{\Phi}{2}\,n}. \qquad (8)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance à la coupe :

$$R_1 = K_1 + \frac{2\,C_1}{\beta \sin \frac{\Phi}{2}} = \text{constante.}$$

Moment de rotation (fig 1222) :

$$Mr = R_1 \frac{a\,d^2}{8} = \left(K_1\,\beta + \frac{2\,C_1}{\sin \frac{\Phi}{2}}\right) \frac{l^3 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2}}{2} = \frac{\left(K_1\,\beta \sin \frac{\Phi}{2} + 2\,C_1\right) \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2}\,\beta^2\,n^2}{2 \sin \frac{\Phi}{2}}.$$

L'équation :

$$M_r = \frac{R_1\,\beta\,d^2}{8} \qquad (9)$$

établit une relation entre $K_1$ et $C_1$, si l'on mesure au même instant $M_r$ et le diamètre $d$ du trou.

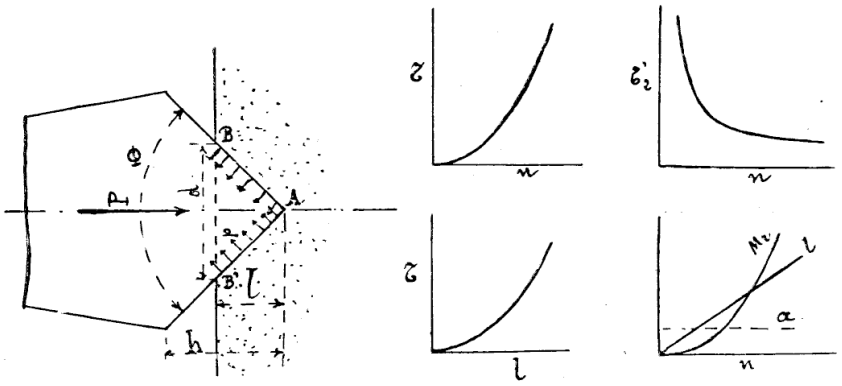



Fig. 1218 à 1222.

Énergie tangentielle en fonction de $l$.

On a :

$$d\tau = \frac{\pi R_1\,a\,d^2}{4}\,dn = \frac{\pi R_1\,\beta\,d^2}{4\,\beta}\,dl = \frac{\pi R_1\,d^2}{4}\,dl$$

$$\tau = \int_0^l \frac{\pi R_1\,d^2}{4}\,dl = \int_0^l \pi R_1\,l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2}\,dl = \pi R_1 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2} \frac{l^3}{3} \qquad (10)$$

soit

$$\tau = R_1 \times \text{volume enlevé.}$$

Cette relation donne la valeur de $R_1$ relative à l'avance $\beta = a$.

En fonction du nombre de tours :

$$l = a\,n \qquad \text{soit :} \qquad \tau = \pi R_1 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2} \frac{a^3\,n^3}{3}.$$



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le nombre de tours qui correspond à la pénétration totale de la tête du foret de hauteur $h$, on a :

$$n = \frac{h}{a}.$$

Si, dans une deuxième hypothèse, on suppose $l \neq 0$ pour $n = 0$, on n'obtient pas une fonction générale aussi simple que (3).

L'équation (1) étant homogène en $l$ et $n$, on peut poser

$$\frac{n}{l} = u, \qquad (a)$$

soit :

$$d\,l = u\,d\,n + n\,d\,u. \qquad (b)$$

Si K′ et K″ sont les coefficients auxiliaires, l'équation (1) s'écrit alors :

$$u\,n\,d\,u + (u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}'')\,d\,n = 0, \qquad (c)$$

d'où

$$\frac{d\,n}{n} + \frac{n\,d\,u}{u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}''} = 0, \qquad (d)$$

soit :

$$\mathrm{L}\,n + \int \frac{u\,d\,u}{u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}''} = \mathrm{C}. \qquad (e)$$

Pour intégrer :

$$\frac{u\,d\,u}{u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}''},$$

remarquons que les racines du dénominateur sont réelles :

$$u_1 = \frac{-\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}; \qquad u_2 = \frac{-\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}.$$

Posons donc :

$$\frac{u}{u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}''} = \frac{\mathrm{A}}{u - u_1} + \frac{\mathrm{B}}{u - u_2},$$

ce qui donne :

$$\mathrm{A} = \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}} \qquad \mathrm{B} = \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{-2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}.$$

Il vient :

$$\frac{u}{u^2 + \mathrm{K}'\,u - \mathrm{K}''} = \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}\left(u + \dfrac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right)} + \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{-2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}\left(u + \dfrac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right)}. \qquad (f)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Et l'équation (*e*) s'écrit :

$$\mathrm{L}\,n + \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}\ \mathrm{L}\left(u + \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right)$$
$$+ \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{-2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}\ \mathrm{L}\left(u + \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right) = \mathrm{C}. \quad (h)$$

Ou encore, en remplaçant $u$ par $\frac{l}{n}$ :

$$\mathrm{L}\,n + \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}}}\ \mathrm{L}\left(\frac{l}{n} + \frac{\mathrm{K}' + \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right)$$
$$+ \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{-2\sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}\ \mathrm{L}\left(\frac{l}{n} + \frac{\mathrm{K}' - \sqrt{\mathrm{K}'^2 + 4\,\mathrm{K}''}}{2}\right) = \mathrm{C}. \quad (i)$$

La constante se détermine non pas par les valeurs initiales qui donnent au premier membre une forme indéterminée, mais par des valeurs obtenues au moyen d'un essai. Ce dernier calcul ne signifie plus rien quand on suppose que $l$ et $n$ s'annulent en même temps ; car alors, la quantité sous le signe $f$ dans l'équation (*e*) est infinie en vertu de l'équation (1) ; mais ce cas a été traité tout d'abord.

Notons que, si l'on veut construire la courbe représentée par l'équation (*i*), on ne peut tirer l'une des variables en fonction de l'autre. Cependant, en considérant $\frac{l}{n} = u$ comme une variable auxiliaire, l'équation (*h*) donne $n$ en fonction de $u$, et l'équation (*a*) donne ensuite $l$ en fonction de $n$ et de $u$. On pourra ainsi obtenir la courbe logarithmique par points.

*Deuxième phase.* — La deuxième phase débute à l'entrée du foret en pleine prise (fig. 1223) et s'achève lorsque le chariot s'arrête. Les pressions P croissent jusqu'à ce que le ressort commence à se détendre, soit au moment où débute la troisième phase.

Si $l_0$ est la contraction du ressort à l'instant initial, on a :

$$\mathrm{P} = m\,(l_0 - l + \alpha\,n),$$

$$\mathrm{P} = p\,d = \left(\frac{\mathrm{K}\,a\sin\frac{\Phi}{2}}{2} + \mathrm{C}\right) d;$$

donc :

$$m\,(l_0 - l + \alpha\,n) = \left(\mathrm{K}\,\frac{a\sin\frac{\Phi}{2}}{2} + \mathrm{C}\right) d,$$

ou

$$\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}\,\frac{d\,l}{d\,n} + 2\,m\,l = 2\,m\,\alpha\,n + 2\,m\,l_0 - 2\,\mathrm{C}\,d,$$

équation différentielle linéaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Posons :

$$l = u\,v,$$

il vient

$$\mathrm{K}\,d\,u\sin\frac{\Phi}{2}\frac{d\,v}{d\,n} + \mathrm{K}\,d\,v\sin\frac{\Phi}{2}\frac{d\,u}{d\,n} + 2\,m\,u\,v = 2\,m\,\alpha\,n + 2\,(\mathrm{C}\,d - m\,l_0).$$

Posons encore :

$$\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}\frac{d\,u}{d\,n} + 2\,m\,u = 0,$$

d'où

$$u = e^{-\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}},$$

il viendra :

$$\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}\,e^{-\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\frac{d\,v}{d\,n} - 2\,m\,\alpha\,n + 2\,(\mathrm{C}\,d - m\,l_0) = 0,$$

$$\mathrm{K}\,d\,v\sin\frac{\Phi}{2} = 2\,m\,\alpha\int n\,e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\,d\,n - 2\,(\mathrm{C}\,d - m\,l_0)\int e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\,d\,n.$$

Or,

$$\int n\,e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\,d\,n = \frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\left[n\,e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}} - \int e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\,d\,n\right]$$

$$= \frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\,e^{\frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}}\left(n - \frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\right);$$

donc

$$v = e^{\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\left[\alpha\left(n - \frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\right) - \frac{\mathrm{C}\,d}{m} + l_0\right] = \mathrm{C}'$$

et

$$l = \alpha\,n - \alpha\,\frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m} - \frac{c\,d}{m} + l_0 + \mathrm{C}'e^{-\frac{2\,m}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}.$$

Pour $n = 0$ $\quad l = 0$, d'où

$$\mathrm{C}' = \alpha\,\frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m} + \frac{\mathrm{C}\,d}{m} - l_0;$$

donc :

$$l = \alpha\,n + \left(\alpha\,\frac{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m} + \frac{\mathrm{C}\,d}{m} - l_0\right)\left(e^{-\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\sin\frac{\Phi}{2}}} - 1\right) \qquad (11)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient ainsi la pénétration en fonction de $n$; la courbe affecte l'allure logarithmique (fig. 1224).

*Avance.* — On déduit de ce qui précède :

$$a = \frac{d\,l}{dn} = \alpha - \frac{1}{\mathrm{K}\,d}\left(\alpha\,\mathrm{K}\,d\,\sin\frac{\Phi}{2} + 2\,\mathrm{C}\,d - 2\,m\,l_0\right)e^{-\frac{2\,m\,n}{\mathrm{K}\,d\,\sin\frac{\Phi}{2}}}. \quad (12)$$

On voit que l'avance tend vers une limite $\alpha$ (fig. 1225) qui est precisément l'avance du chariot porte-pièce.

Les valeurs de P, $p$, R, $\tau$, M$r$, $p_1$, $\mathrm{R}_1$, $\tau'_2$, se calculent immédiatement en

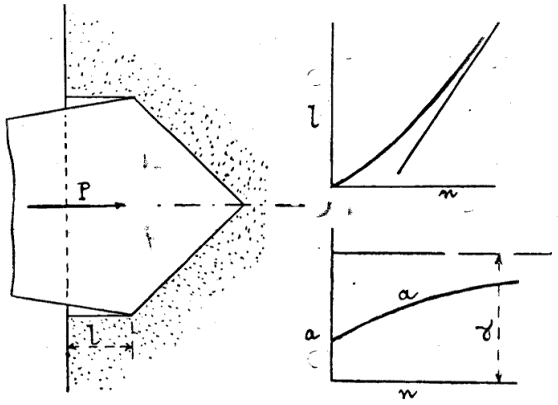



Fig. 1223 à 1225.

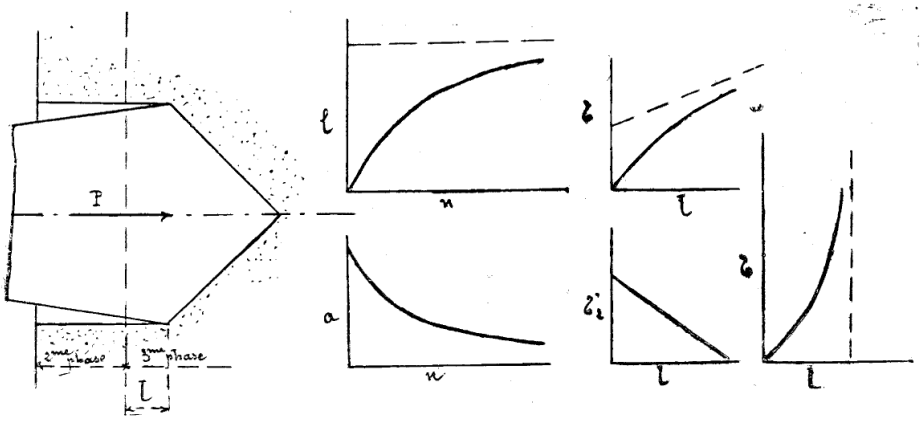



Fig. 1226 à 1231.

fonction de $n$ à l'aide des formules générales qui n'exigent la connaissance que de $l$ et de $a$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est impossible d'exprimer ces quantités en fonction de $l$, car l'équation (11) n'est pas résoluble en $n$.

*Troisième phase.* — La troisième phase commence à l'arrêt du chariot; la pénétration du foret détermine la détente du ressort, c'est-à-dire la décroissance des pressions.

Soit $l''$ la contraction du ressort au commencement de la phase : on a pour une pénétration $l$ (fig. 1226) :

$$P = m\,(l'' - l)$$

d'autre part

$$P = p\,d = d\left(\frac{K\,a \sin\frac{\Phi}{2}}{2} + C\right);$$

donc

$$m\,(l'' - l) = d\left(\frac{K}{2}\frac{d\,l}{dn}\sin\frac{\Phi}{2} + C\right),$$

ou

$$\frac{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\frac{d\,l}{dn} = -\,l + l'' - \frac{C\,d}{m}. \qquad (13)$$

Posons :

$$l - l'' + \frac{C\,d}{m} = y,$$

il vient

$$\frac{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}}{2\,m}\frac{d\,y}{dn} = -\,y,$$

ou

$$\frac{d\,y}{y} = -\frac{2\,m}{K\,d}\,d\,n$$

et

$$L\,y = -\frac{2\,m\,n}{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}} + C'.$$

Si l'on fait :

$n = 0$, il vient :

$$y = -\,l'' + \frac{C\,d}{m},$$

soit

$$L\left(-\,l'' + \frac{C\,d}{m}\right) = C';$$

donc

$$L\,\frac{y}{-\,l'' + \frac{C\,d}{m}} = -\,\frac{2\,m\,n}{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}}, \qquad (14)$$

$$y = \left(-\,l'' + \frac{C\,d}{m}\right)\,e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}}},$$

ou

$$l = \left(l'' - \frac{C\,d}{m}\right)\left(1 - e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d\sin\frac{\Phi}{2}}}\right), \qquad (15)$$

ce qui donne une courbe d'allure logarithmique (fig. 1227).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pénétration limite s'obtient pour $n = \infty$ ; on a alors :

$$l = l'' - \frac{C d}{m}. \qquad (16)$$

*Avances.* — Les avances sont calculées en posant

$$a = \frac{d\,l}{d\,n} = \frac{2\,m}{K\,d \sin\frac{\Phi}{2}} \left( l'' - \frac{C d}{m} \right) e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d \sin\frac{\Phi}{2}}}.$$

elles décroissent comme en figure 1228.

P, $p$, R, $\tau$, $M_r$, $p_1$, $R_1$, $\tau_2'$, ne dépendant que de $l$ et de $a$, se calculent immédiatement à l'aide des formules générales et de (15) et (16) en fonction de $n$.

*Énergie de translation en fonction de l.* On a :

$$d\,\tau = P\,d\,l$$
$$d\,\tau = m\,(l'' - l)\,d\,l.$$
$$\tau = \int_0^l m\,(l'' - l)\,d\,l = m\,l \left( l'' - \frac{l}{2} \right),$$

ce qui donne la courbe figure 1229.

L'énergie de translation par millimètre cube enlevé serait de :

$$\tau'_2 = \frac{4\,P}{\pi\,d^2} = \frac{4\,m\,(l'' - )}{\pi\,d^2}.$$

Cet élément décroît (fig. 1230).

L'énergie de rotation ou de coupe en fonction de $l$ sera déduite en posant :

$$d\,\tau = \frac{\pi\,R_1\,a\,d^2}{4}\,d\,n = \frac{\pi}{4} \left( K_1 + \frac{2\,C_1}{a \sin\frac{\Phi}{2}} \right) a\,d^2\,d\,n,$$

$$d\,\tau = \frac{\pi}{4} \left( K_1\,a + \frac{2\,C_1}{\sin\frac{\Phi}{2}} \right) d^2\,d\,n,$$

$$d\,\tau = \frac{\pi\,d^2}{4} \left[ \frac{2\,K_1\,m}{K\,d} \left( l'' - \frac{C_1 d}{m} \right) e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d}} + \frac{2\,C_1}{\sin\frac{\Phi}{2}} \right] d\,n,$$

$$\tau = \frac{\pi\,d^2}{4} \int_0^n \left[ \frac{2\,K_1\,m}{K\,d} \left( l'' - \frac{C_1 d}{m} \right) e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d}} + \frac{2\,C_1}{\sin\frac{\Phi}{2}} \right] d\,n,$$

$$\tau = \frac{\pi\,d^2}{4} \left[ -K_1 \left( l'' - \frac{C_1 d}{m} \right) \left( 1 - e^{-\frac{2\,m\,n}{K\,d}} \right) + \frac{2\,C_1}{\sin\frac{\Phi}{2}}\,n \right],$$

$$\tau = \frac{\pi\,d^2}{4} \left( l - \frac{C_1\,K\,d}{m \sin\frac{\Phi}{2}}\ L\ \frac{l - l'' + \frac{C_1 d}{2\,m}}{-l'' + \frac{C_1 d}{2\,m}} \right).$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque $l$ tend vers une valeur voisine de $l''$, pour laquelle l'outil n'enlève plus de matière mais donne néanmoins lieu à une résistance de frottement, l'énergie s'accroît toujours (fig. 1231) et le nombre de tours est très grand pour une faible pénétration.

*Quatrième phase.* — La quatrième phase débute au moment où la pointe apparaît de l'autre côté de la pièce que l'on fore (fig. 1232). Le ressort est encore plus ou moins sous pression, et l'on peut distinguer trois cas :

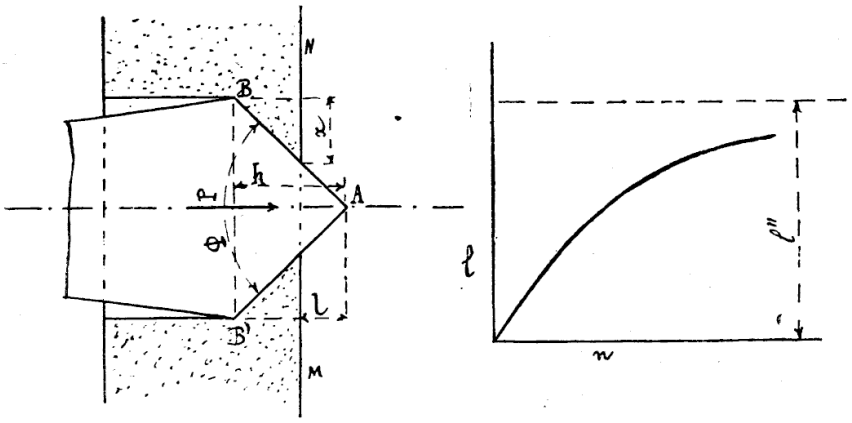



Fig. 1232 à 1233.

1er *cas.* — La contraction du ressort est insuffisante pour faire sortir entièrement la tête de l'autre côté de la pièce.

2e *cas.* — La contraction du ressort est capable de faire sortir complètement la tête du foret en dehors de la pièce et même de faire dépasser la tête BB′ au delà de la face M N de la pièce.

3e *cas.* — La contraction du ressort est telle que le foret débouche complètement le trou, sans toutefois que la base BB′ dépasse la face MN.

Nous chercherons dans quelles conditions s'effectuent ces trois opérations en faisant les deux hypothèses suivantes :

1re *hypothèse.* — L'avance $a$ est proportionnelle à la pression $p$ par millimètre de ligne d'appui projetée sur BB′ :

$$a = \frac{2p}{K \sin \frac{\Phi}{2}} \qquad \text{d'où} \qquad p = \frac{K\, a \sin \frac{\Phi}{2}}{2}.$$

2e *hypothèse.* — L'avance $a$ est proportionnelle à la pression $p$ diminuée d'une quantité constante soit :

$$a = \frac{2p}{K \sin \frac{\Phi}{2}} - \frac{C}{K \sin \frac{\Phi}{2}} \qquad \text{ou} \qquad p = \frac{K\, a \sin \frac{\Phi}{2}}{2} + C.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Posons d'abord deux formules fondamentales indépendantes des hypothèses.

1° La pression totale P est proportionnelle à la contraction du ressort. Si l'on désigne par $l''$ cette contraction au commencement de la phase, à chaque instant, elle sera : $l'' - l$, $l$ désignant toujours la profondeur du trou comptée à partir du commencement de la phase et $m$ le coefficient constant afférant au ressort.

On aura donc :

$$P = m\,(l'' - l). \qquad (\alpha)$$

2° On a aussi :

$$P = p\,x,$$

$x$ étant la ligne d'appui de chaque tranchant projetée sur MN, soit :

$$P = 2\,p\,(h - l)\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}. \qquad (\beta)$$

On déduit de $(\alpha)$ et $(\beta)$ :

$$m\,(l'' - l) = 2\,p\,(h - l)\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}. \qquad (\gamma)$$

*Première hypothèse :*

$$p = \frac{K\,a\,\sin\frac{\Phi}{2}}{2} \qquad\qquad a = \frac{d\,l}{dn}.$$

La formule $(\gamma)$ devient alors :

$$m\,(l'' - l) = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\frac{d\,l}{dn}\,(h - l)\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}. \qquad (1)$$

C'est l'équation différentielle du problème.

Cette équation (1) s'écrit encore :

$$m\,d\,n = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\,\frac{h - l}{l'' - l}\,d\,l,$$

d'où

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\int_0^l \frac{h - l}{l'' - l}\,dl,$$

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\int_0^l \frac{h - l'' + l'' - l}{l'' - l} = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\int_0^l \left(\frac{h - l''}{l'' - l} + 1\right) d\,l,$$

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\left[\int_0^l \frac{h - l''}{l'' - l} + \int_0^l d\,l\right]$$

$$= K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\left[(h - l'')\left(-L\,\frac{l'' - l}{l''} + l\right)\right],$$

soit

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2}\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\left[l - (h - l'')\,L\left(1 - \frac{l}{l''}\right)\right]. \qquad (2)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette formule n'est pas résoluble en $l$, mais elle est toute résolue en $n$.

On voit que si l'on fait :

$$l = l'', \text{ on trouve } n = \infty$$

La profondeur $l$ du trou tend donc vers une limite $l''$ (fig. 1233) quand $n$ devient $\infty$.

*Deuxième hypothese :*

$$p = \frac{\mathrm{K}\, a \sin\frac{\Phi}{2}}{2} + \mathrm{C}.$$

L'équation

$$m\,(l'' - l) = 2\,p\,(h - l)\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} \qquad (\gamma)$$

s'écrit alors :

$$m\,(l'' - l) = \left(\mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\frac{d\,l}{d\,n} + 2\,\mathrm{C}\right)(h - l)\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}. \qquad (3)$$

Pour intégrer cette équation différentielle, on peut écrire successivement :

$$\left[m\,(l'' - l) - 2\,\mathrm{C}\,(h - l)\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\right] d\,n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,(h - l)\,d\,l$$

ou

$$\left[\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right) l + m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\right] d\,n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\,(h - l)\,d\,l, \qquad (3')$$

$$n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\int_0^l \frac{h - l}{\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right) l + m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}\,d\,l,$$

$$n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\int_0^l \frac{h - \left(l + \dfrac{m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\right) + \dfrac{m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}}{\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right) l + m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}\,d\,l,$$

$$n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\left[\int_0^l \frac{m\,(l'' - h)}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\,\frac{d\,l}{\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right) l + m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}} - \int_0^l \frac{d\,l}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\right]$$

$$n = \mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}\left[\frac{m\,(l'' - h)}{\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right)^2}\,\mathrm{L}\,\frac{\left(2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m\right) l + m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}{m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}} - \frac{l}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\right]$$

ou

$$n = \frac{\mathrm{K}\sin\frac{\Phi}{2}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\left[\frac{m\,(l'' - h}{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}\,\mathrm{L}\left(1 + \frac{2\,\mathrm{C}\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2} - m}{m\,l'' - 2\,\mathrm{C}\,h\,\mathrm{tg}\,\frac{\Phi}{2}}\right) - l\right]. \qquad (4)$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Telle est la relation qui existe entre $n$ et $l$; comme dans le cas précédent, elle n'est pas résoluble par rapport à $l$, mais elle est toute résolue en $n$.

Si dans cette formule on fait : $C = 0$, on retrouve exactement celle (2) de la première hypothèse, soit :

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\left[l - (h - l'')\,L\left(1 - \frac{l}{l''}\right)\right]. \qquad (2)$$

*Discussion dans la première hypothèse :*

1er *cas.* — $l'' < h$. L'équation montre que $n$ croît avec $l$, et que pour $l = l''$ on a $n = \infty$ (fig. 1234), le foret ne traverse pas.

2e *cas.* — $l'' > h$. Il est évident que dans ce cas, dès que $l$ aura atteint la valeur $h$, le foret sortira du trou; l'équation n'est donc valable que pour les

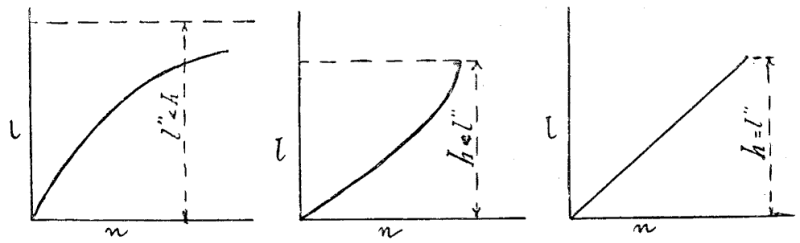



Fig. 1234 à 1236.

valeurs de $l$ comprises entre 0 et $h$; on trouve (fig. 1235) pour $l = h$ la valeur finie :

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\left[h - (h - l'')\,L\left(1 - \frac{h}{l''}\right)\right].$$

Dès que $l = h$, le ressort se détend brusquement.

3e *cas.* — $l'' = h$. L'équation (2) se simplifie et devient :

$$m\,n = K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\,l,$$

d'où

$$l = \frac{m\,n}{K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}},$$

équation d'une droite (fig. 1236); l'avance $a = \frac{dl}{dn}$ est donc constante.

*Discussion dans la deuxième hypothèse :*

Nous supposerons trois cas différents, suivant que l'on a :

$$2\,C \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m < 0,\ \text{ou} = 0,\ \text{ou} > 0.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour voir dans quel cas le foret attaquera ou n'attaquera pas au départ, nous nous appuierons sur le fait que, dans le cas où le foret attaque, on doit avoir $l > 0$ et petit pour $n > 0$; si donc nous trouvons des cas où pour $l > 0$ et petit, l'équation donne $n < 0$, c'est que le foret ne pourra pas mordre au départ.

Comme on ne peut pas toujours appliquer cette règle, on se servira aussi de la condition $p > C$.

C'est-à-dire :

$$\frac{m\,l''}{2\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}} > C,$$

ou

$$m\,l'' - 2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} > 0,$$

condition d'attaque au départ.

$$\text{I.}\quad 2\,C\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m < 0,$$

ce qui suppose :

$$2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} < m\,h.$$

1° $l'' < \dfrac{2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{m}$, le foret ne mord pas;

2° $l'' = \dfrac{2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{m}$, le foret est sur le point de mordre,

3° $\dfrac{2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{m} < l'' < h$, le foret attaque;

et pour

$$l = \frac{2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\,m\,l''}{2\,C\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m},$$

valeur plus petite que $l''$, on trouve $n = \infty$, le foret ne traverse pas. Chaque courbe (fig. 1237) a pour asymptote la parallèle d'ordonnée

$$\frac{2\,C\,h\,\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m\,l''}{2\,C\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m}.$$

4° $l'' = h.$

L'équation devient :

$$n = \frac{K\sin\frac{\Phi}{2}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{2\,C\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m}\,l \qquad \text{d'où} \qquad l = \frac{m - 2\,C\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{K\sin\frac{\Phi}{2}\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}\,n.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foret affleure, achève le trou en s'arrêtant.

5° $$l'' > h.$$

Dans ce cas, l'équation n'est applicable que pour :

$$l \begin{matrix} > 0 \\ < h' \end{matrix}$$

le nombre total de tours s'obtient en faisant $l = h$ dans l'équation (4).

Il vient :

$$n = \frac{K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}{2C \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m}\left[\frac{m(l''-h)}{2C \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m} L\left(1 + \frac{2 \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m}{m l'' - 2C h \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}}\right) - h\right],$$

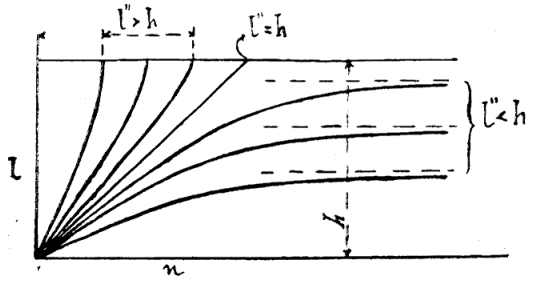



Fig. 1237.

le foret traverse. La figure 1237 indique aussi les formes générales des courbes,

II. $$2C \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} - m = 0.$$

Dans ce cas, l'équation trouvée se présente sous une forme indéterminée. Mais si l'on se reporte à l'équation (3′), on voit qu'elle s'écrit :

$$\left(m l'' - 2C h \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2}\right) d n = K \sin\frac{\Phi}{2} \operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} (h - l)\, d l,$$

ou en remplaçant :

$$\operatorname{tg}\frac{\Phi}{2} = \frac{m}{2C},$$

$$(l'' - h)\, d n = \frac{K \sin\frac{\Phi}{2}}{2C}(h - l)\, d l,$$

ou encore

$$(l'' - h)\, n = \frac{K \sin\frac{\Phi}{2} l}{2C}\left(h - \frac{l}{2}\right),$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La courbe est une parabole.

Si :

1° $l'' < h$, le foret n'attaque pas;

2° $l'' = h$, le foret est sur le point de mordre;

3° $l'' > h$, $n$ croît avec $l$, pour $l = h$ on a :

$$n = \frac{K \sin \frac{\Phi}{2} h^2}{4 C (l'' - h)},$$ le foret traverse.

III. $2 C \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2} - m > 0.$

On aura dans ce cas :

$$m h < 2 C h \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}.$$

1° $l'' < h$, le foret n'attaque pas;

2° $l'' = h$, Id.

3° $h < l'' < \frac{2 C h \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}}{m}$, Id.

4° $l'' = \frac{2 C h \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}}{m}$, le foret est sur le point de mordre;

5° $l'' > \frac{2 C h \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}}{m}$;

l'équation est bonne pour $0 < l < h$.

Pour $l = h$, il vient

$$n = \frac{K \sin \frac{\Phi}{2} \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}}{2 C \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2} - m} \left[ \frac{m (l'' - h)}{2 C \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2} - m} L \left( 1 + \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2} - m}{m l'' - 2 C h \operatorname{tg} \frac{\Phi}{2}} \right) - h \right],$$

le foret traverse.

Dans la pratique, lorsqu'on actionne le monte et baisse à la main, le forage ne s'éloigne pas de beaucoup des conditions considérées; on voit qu'elles donnent lieu à des développements théoriques assez complexes, bien que l'outil et son mouvement soient simples.

S'il fallait examiner de près le mode d'action d'un foret en ses divers points et tenir compte de toutes les particularités des phénomènes qui entrent en jeu, le problème deviendrait inabordable. Ce simple aperçu nous permet de répéter que le travail d'un foret est une opération des plus compliquées.

(*A suivre.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

## LES BATEAUX-TURBINES, D'APRÈS *M. C. A. Parsons* (1).

C'est en 1884 que M. Parsons construisit sa première turbine à vapeur compound, de 16 chevaux, actionnant directement une dynamo à 18 000 tours; en 1892, il construisit une turbine à condensation de 200 chevaux à 4 800 tours, dépensant environ $7^{kil},2$ de vapeur par cheval indiqué. Actuellement, on a construit, en Angleterre et sur le continent, pour environ 250 000 chevaux de turbines Parsons, allant jusqu'à des puissances de 5 000 chevaux. La dépense de vapeur s'est abaissée jusqu'à $4^{kil},45$ de vapeur par cheval indiqué, avec de la vapeur à 10 kilogrammes, admise à la température de 122°.

La *Turbinia* fut le premier bateau-turbine, construit à Wallsend et essayé en novembre 1894; puis, après de nombreux essais de turbines et d'hélices, on remplaça la turbine unique primitive par trois turbines à haute, moyenne et basse pression, commandant chacune un arbre à 3 hélices, et de même puissance; cette division améliora considérablement le rendement et permit d'atteindre la vitesse de 32 nœuds.

La *Turbinia* a 30 mètres de long × $2^{m},73$ de fond; déplacement, $44^{t},5$. Les arbres des hélices sont directement accouplés à ceux des turbines et leur poussée est équilibrée par la pression de la vapeur sur un piston annulaire tournant avec l'arbre et par un palier de butée auxiliaire. Les trois turbines semblables sont traversées en série par la vapeur de la chaudière au condenseur, et la turbine de basse pression est complétée par une turbine de changement de marche reliée au condenseur. Les stuffing-boxes sont en forme de lanterneaux, avec admission de vapeur à la pression atmosphérique de manière à empêcher les rentrées d'air. Le condenseur a une surface de 390 mètres carrés, en tubes de 8 millimètres de diamètre extérieur, avec circulation maintenue en marche par deux prises réversibles pour permettre le nettoyage des tubes, et, au repos, par une pompe. La chaudière double tubulaire à retour de flammes, a 102 mètres carrés de chauffe et $3^{m2},90$ de grille, avec tubes de 13 millimètres intérieur. Les turbines pèsent 3 650 kilogrammes; la chaudière, les turbines et les hélices, avec leurs arbres, pèsent 22 tonnes; poids de la coque complète 15 tonnes, charbon et eau $7^{t},5$; total $44^{t},5$.

A la vitesse de 31 nœuds, la dépense totale d'eau fut, aux essais de M. Unwin, d'environ $13^{kil},6$ par cheval effectif aux hélices, où cette puissance atteignait 905 chevaux, soit environ 50 chevaux par tonne de déplacement; vitesse des turbines,

(1) *Institution of naval architects*, 26 juin 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

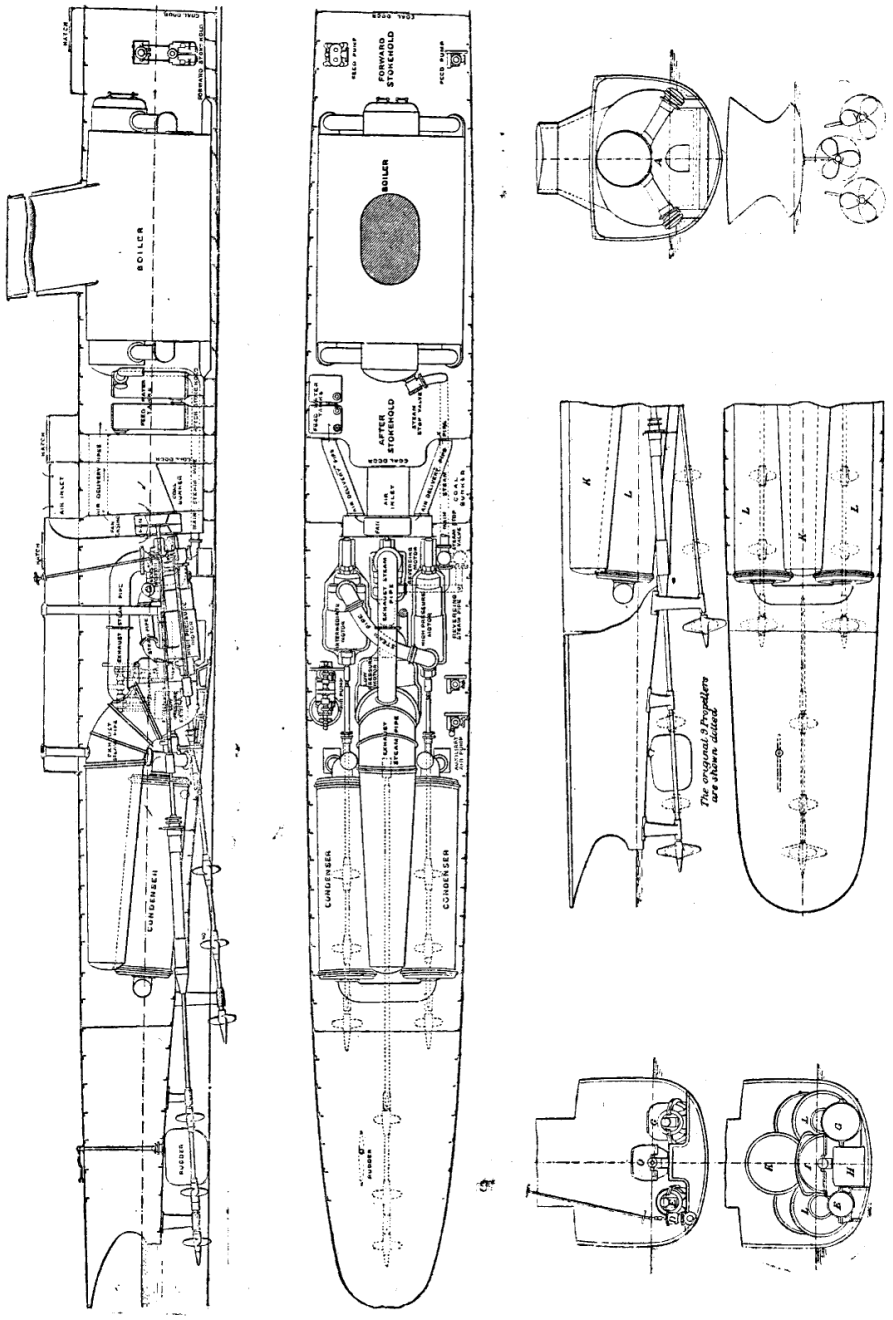
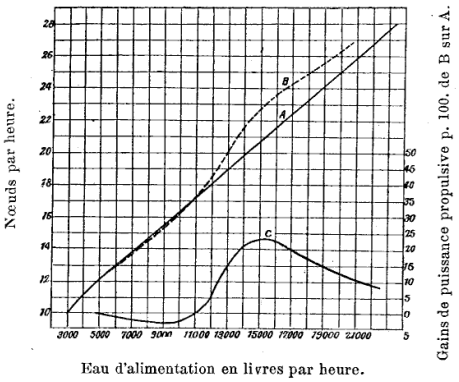



Fig. 4 à 7. — Installation de la *Turbinia*.

E Ci et I, turbine de haute, moyenne et basse pression. F, H et K, échappements de E en Ci, de G en I et de l au condenseur L. O, turbine de marche arrière.

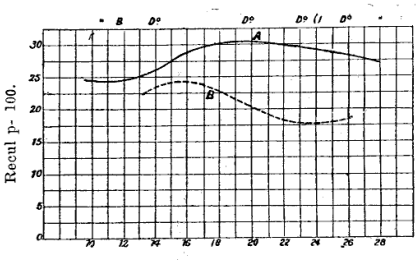
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ 2 000 tours; pression de la vapeur à l'admission, 11$^{kil}$,2. On atteignait 32 nœuds avec une puissance de 980 chevaux aux hélices et une dépense de 13 kilogrammes d'eau par cheval aux hélices; on alla même jusqu'à 34 nœuds.




Eau d'alimentation en livres par heure.

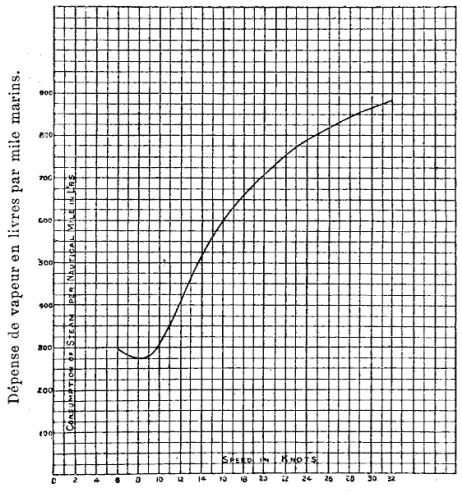
Fig. 8.




Nœuds par heure.

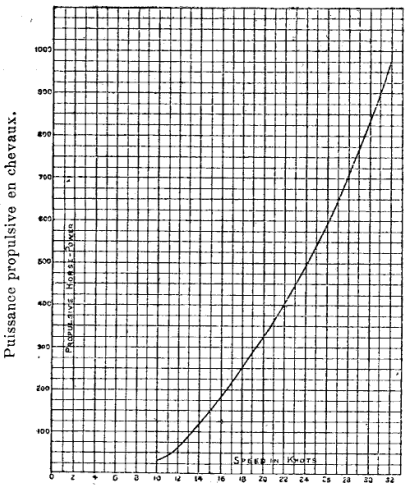
Fig. 9.

A et B, dépense d'eau d'alimentation avec 3, puis une seule hélice sur chaque arbre. C différence p. 100 en puissance propulsive de B à A.




Vitesse en nœuds.

Fig. 10.




Vitesse en nœuds.

Fig. 11.

En mai 1903, après six années, des essais exécutés avec, sur chaque arbre, une seule hélice de 710 de diamètre × 710 de pas, au lieu de trois hélices sur chaque arbre, ont donné les résultats des courbes, figures 8 à 13; l'hélice unique donna ses



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

meilleurs résultats à la vitesse de 21 nœuds, avec un gain de 2 nœuds sur le type à 3 hélices et une économie de 23 p. 100 d'eau d'alimentation à puissance propulsive égale.

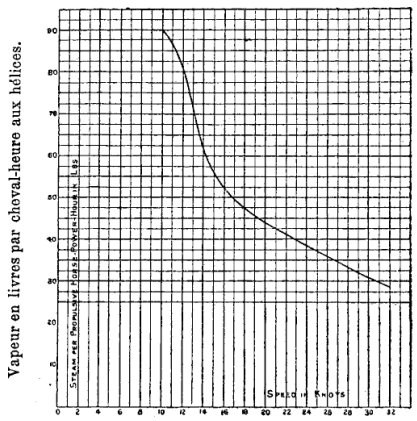



Fig. 12.

Les turbines des contre-torpilleurs *Viper* et *Cobra*, de 63 mètres de long × 6m,30 de quille et de 370 tonnes de déplacement, étaient disposées en deux séries, une de chaque côté du navire, avec quatre arbres d'hélices indépendants, chaque paire com-

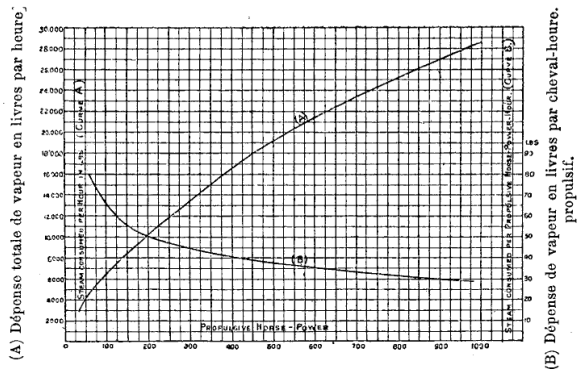



Fig. 13.

mandée par deux turbines : une de haute et l'autre de basse pression, et de même puissance. Les deux turbines de basse pression commandaient les arbres intérieurs, avec chacune une petite turbine de changement de marche; chaque arbre avait deux hélices, celle d'avant avec un pas un peu moindre que celui de l'hélice d'arrière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur la *Cobra*, on mit, ensuite, trois hélices par arbre; la butée des hélices était équilibrée entièrement par la pression de la vapeur, avec un frottement presque nul. Les chaudières à tubes d'eau, du type Yarrow, avaient une chauffe totale de 1 393 mètres carrés et des grilles de 25 mètres carrés; surface totale des condenseurs, 743 mètres

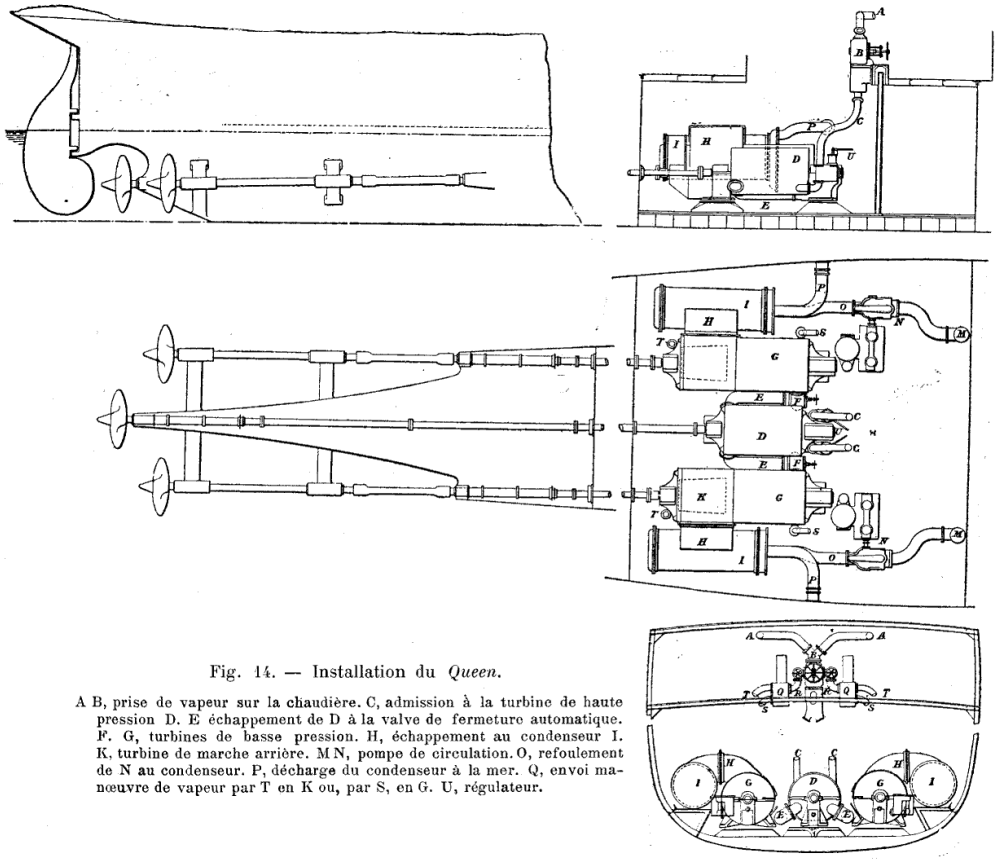


Fig. 14. — Installation du *Queen*.

A B, prise de vapeur sur la chaudière. C, admission à la turbine de haute pression D. E échappement de D à la valve de fermeture automatique. F. G, turbines de basse pression. H, échappement au condenseur I. K, turbine de marche arrière. M N, pompe de circulation. O, refoulement de N au condenseur. P, décharge du condenseur à la mer. Q, envoi manœuvre de vapeur par T en K ou, par S, en G. U, régulateur.

carrés. Les turbines de changement de marche, tournant ordinairement dans le vide du condenseur, n'absorbent que très peu de puissance.

La *Viper*, avec son déplacement de 370 tonnes, atteignit une vitesse moyenne de 36 nœuds 81, à la vitesse de 1 180 tours aux turbines; cette vitesse correspond à une puissance d'environ 11 500 chevaux indiqués. Aux essais réglementaires, la vitesse moyenne fut d'environ 36 nœuds, avec une dépense de $1^{kil},08$ de charbon par cheval indiqué; aucune vibration.

Le premier navire à passagers pourvu de turbines a été le *King Edward*, construit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

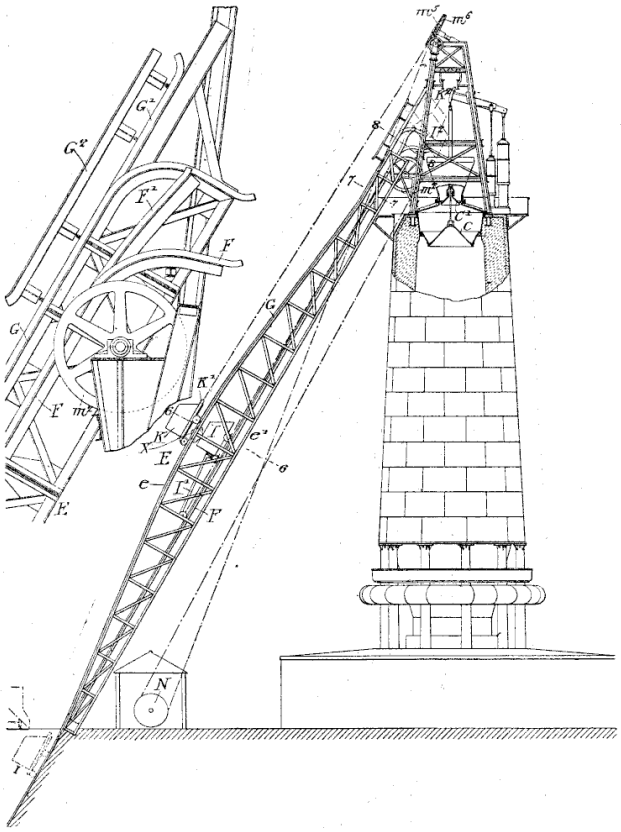


Fig. 1 et 2. — Chargeur de hauts-fourneaux *Rust*. Élévation et détail du chevalet.

Fig 3.

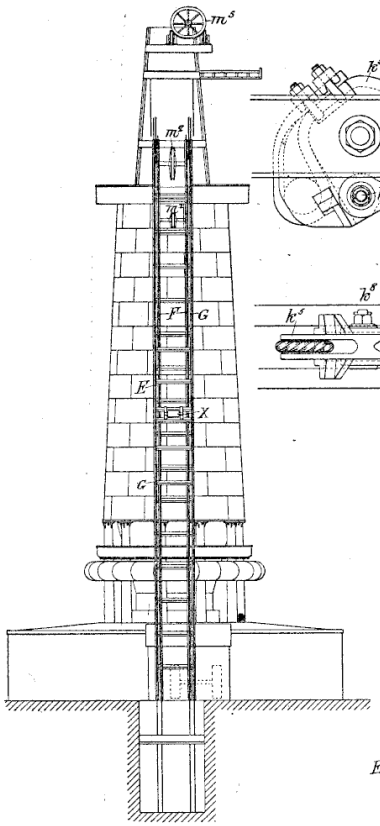
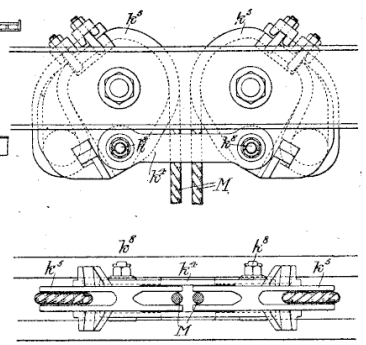


Fig. 4.



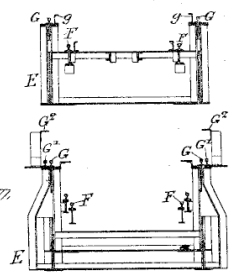


Fig. 5.

Fig. 3, 4 et 5. — Chargeur de haut-fourneau *Rust*. Vue de face, détai l du compensateur et des voies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en 1901 par W. Denny, de 75 mètres × 9 × 1m,80 de tirant, avec 3 turbines : une de haute pression, pour l'arbre central, à une seule hélice de 1m,45 de diamètre, et les deux autres, à basse pression, commandant chacune un arbre à deux hélices de 1 mètre de diamètre. En manœuvres, la vapeur est admise directement aux turbines de basse pression ou aux turbines de changement de marche correspondantes. Avec des vitesses de 505 tours pour l'arbre central et de 755 pour les autres, on atteignit, aux essais, une vitesse de 20 nœuds 48, correspondant à une puissance indiquée de 3 500 chevaux environ; vitesse moyenne en campagne 19 nœuds, avec une dépense d'environ 0kil,8 par cheval indiqué. Ces turbines ont parfaitement fonctionné en 1901 et 1902.

La *Queen Alexandra*, d'à peu près mêmes dimensions que le *King Edward*, mais avec des turbines un peu plus puissantes, atteint 21 nœuds 43 à des vitesses de 750 tours pour la turbine centrale et 1 090 pour les latérales; puissance indiquée 4 400 chevaux, dépense 6kil,8 d'eau par cheval. Les hélices en tandem ont été récemment remplacées avantageusement par des hélices uniques de pas plus fin et de plus grand diamètre.

Le paquebot du Pas de Calais *Queen*, appartenant à la Compagnie du London Chatham Ry, a 93 mètres × 12 × 7m,50 de quille; ses turbines (fig. 14) sont de 8 000 chevaux indiqués. La vitesse est facilement de 21 nœuds 7 en marche avant et 13 en marche arrière; en marche à 19 nœuds, l'arrêt se fait en une minute, au bout de 230 mètres, ou de deux fois et demie la longueur du navire.

On citerait encore nombre de yachts et quelques contre-torpilleurs à turbines, qui ont donné des résultats semblables aux précédents, avec des puissances allant jusqu'à 10 000 chevaux, ce qui donne à penser que l'on pourra bientôt les appliquer aux grands paquebots, jusqu'à 60 000 chevaux.

### CHARGEUR DE HAUTS FOURNEAUX *Rust.*

La rampe E (fig. 1) de ce chargeur est à deux voies F et G (fig. 5), qui se superposent au milieu du parcours et portent des wagonnets K et I (fig. 11 et 7) reliés aux câbles M par un tracteur K′ et par un pousseur I′. Les câbles M attaquent le tracteur K′ par un mécanisme égaliseur constitué (fig. 4) par deux leviers $k^3$, conjugués par une menotte $k^4$. Si l'un des câbles mollit, le pivotement de son levier, entraîné par celui du câble le plus tendu, en rattrape immédiatement le jeu.

De ce compensateur, les câbles M passent (fig. 2 et 6 et 7) sur les poulies $m^5$ et $m^6$, les tambours du treuil N, de diamètres dans le rapport des longueurs des voies F et G, puis, par les poulies $m^2$, au compensateur du pousseur I′.

Lorsque la benne pleine K descend, la vide $i$ monte (fig. 1), en la croisant au milieu de son parcours, et lorsque K arrive au haut de sa course, ses roues d'avant $k'$ (fig. 11) suivent la courbure de l'extrémité de la voie G, tandis que les roues d'arrière $k^2$, à double bandages, suivent, guidées par le contre-rail $G^2$ (fig. 2), le prolongement G′ de G; ce dispositif provoque ainsi le déversement du wagonnet comme en $K^2$ (fig. 7). Quand cette décharge est effectuée, on renverse le mouvement du treuil N, de sorte que K descend et que le wagonnet chargé I remonte, puis bascule comme en $I^2$.

Lorsque le wagonnet supérieur K arrive au haut de sa course, il commande, par le toc $q^6$ (fig. 7), le distributeur du cylindre moteur $q^4$, qui, par le renvoi $q^3$, fait basculer la grille Q dans la position en traits pleins (fig. 7), de manière que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



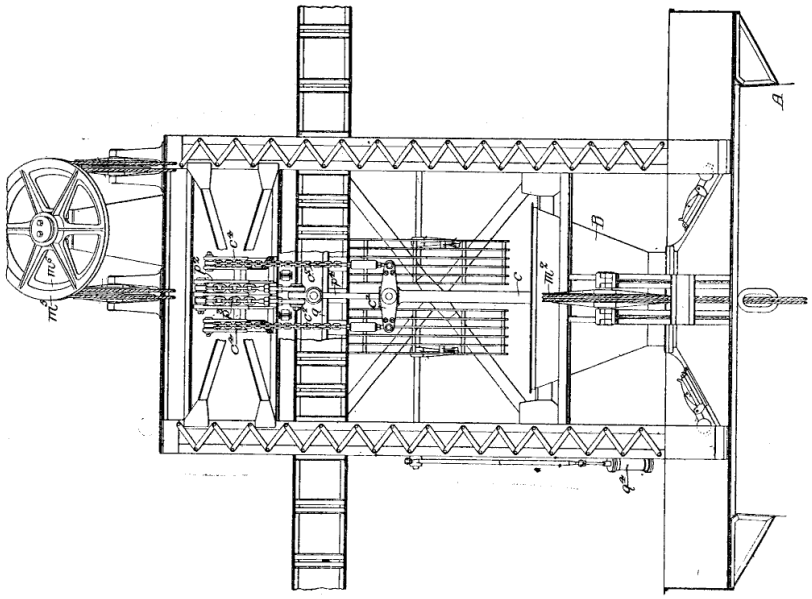


Fig. 8. — Chargeur *Rust*, détail du chevalet.

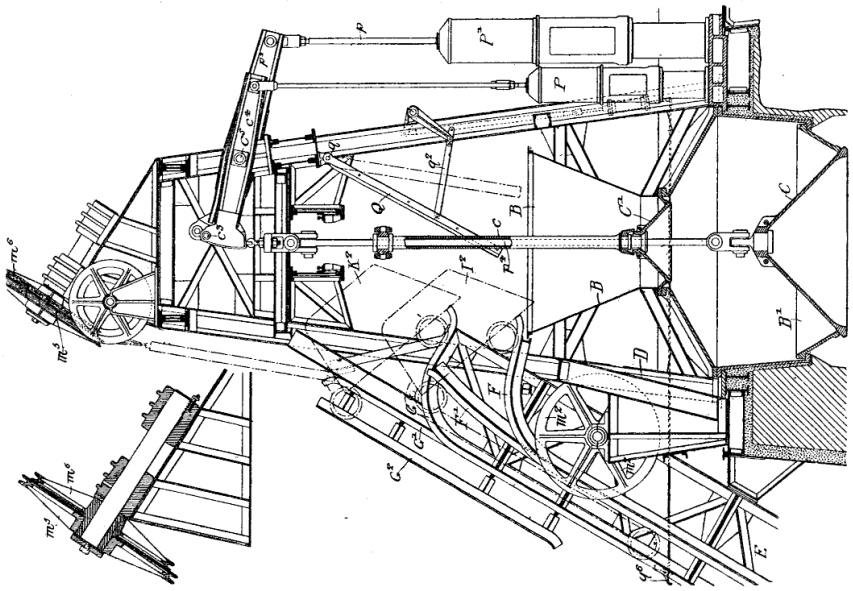


Fig. 6 et 7. — Chargeur *Rust*, détail du chevalet.

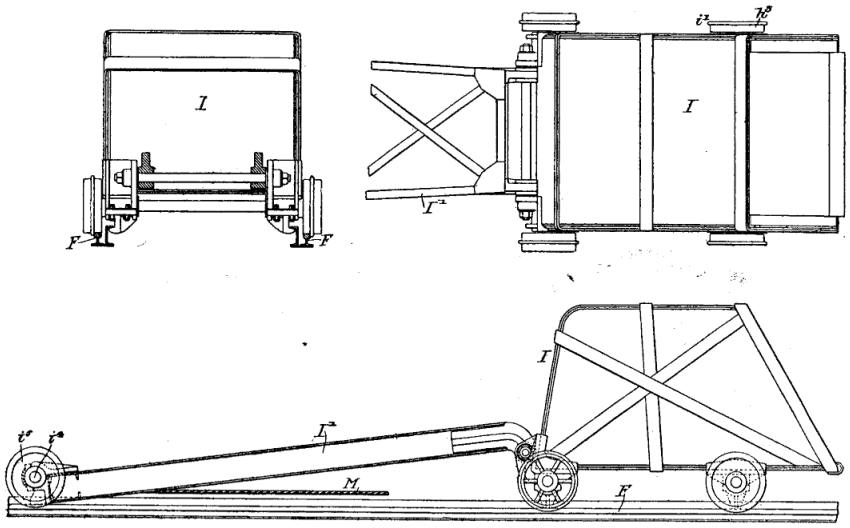



Fig. 9 et 10. — Chargeur *Rust*, détail du wagonnet I.

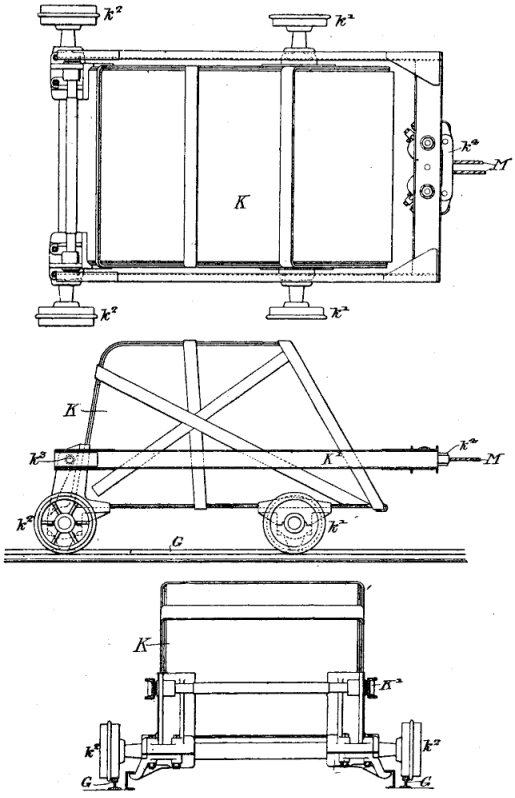



Fig. 11 à 13. — Chargeur *Rust*, détail des wagonnets K.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

décharge de K se fasse sur la gauche de la trémie B; puis, après cette décharge, cette grille se défile, comme en pointillés, pour laisser libre la décharge de la benne I.

La petite cloche C′ est commandée par le cylindre P et le renvoi $C^4c^3c^2c$, et la grande cloche C par le cylindre P′ et le renvoi $p'p^2p^3p^4$.

### MACHINE SOUFFLANTE DE 3 000 CHEVAUX *Richardson-Westgarth* (1).

Cette machine, destinée aux forges de la Barrow Hematite Steel C° est (fig. 1) du type américain de la Southwark Foundry, avec manivelles des cylindres soufflant à 90°

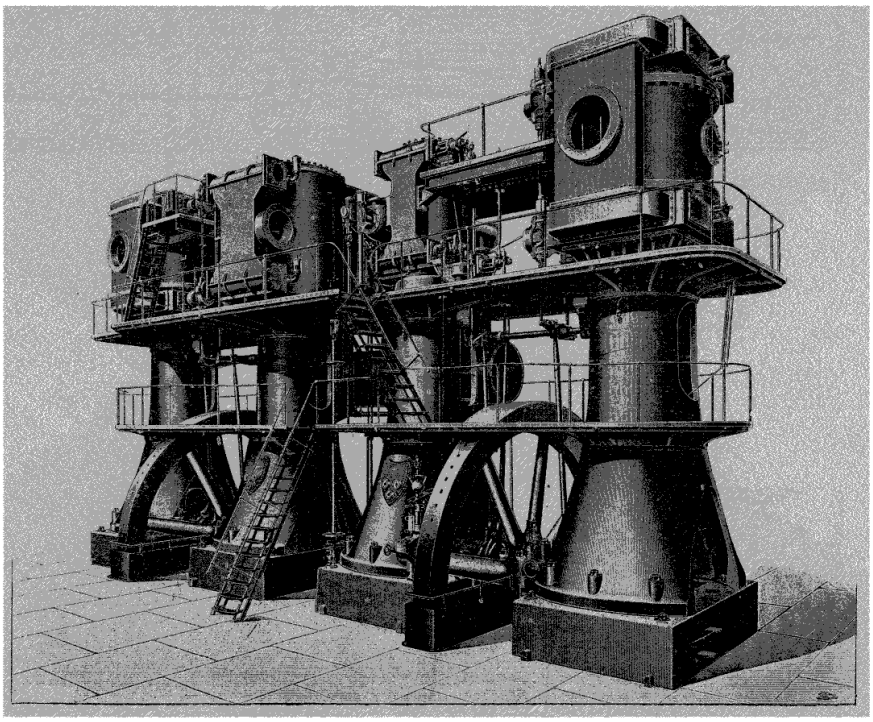


Fig. 1. — Machine soufflante de 3 000 chevaux *Richardson Westgarth*.

de celles des cylindres à vapeur, de sorte que la résistance de l'air atteint son maximum avant l'admission de la vapeur. On évite ainsi les chocs aux grandes pressions des hauts-fourneaux actuels.

Cette machine, remarquable par sa simplicité, est constituée par deux souffleries semblables, sans liaison autre que celle du réchauffeur intermédiaire qui les accouple en compound. Les cylindres à vapeur ont 1m,06 et 2m,12 × 1m,53 de course, avec dis-

(1) *The Engineer*, 24 juillet, p. 87.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tributions Corliss; les cylindres à vent, de $2^{m},12 \times 1^{m},53$, sont (fig. 2) à distribution par tiroir à grilles. Les tiroirs d'aspiration sont commandés, des tiges d'excentriques, par cames et leviers roulants; les tiroirs de refoulement sont ouverts, dès que la pression au cylindre dépasse celle du refoulement, par un petit piston chargé par cette pression, et fermés desmodromiquement par des cames (1).

Le cylindre de haute pression est soumis au régulateur; la pression d'admission y

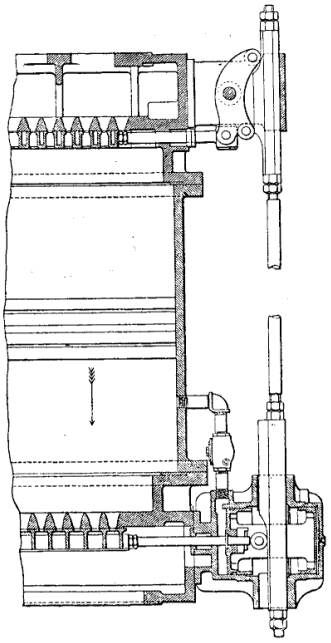


Fig. 2.

est de $10^{kil},5$; vitesse normale 50 tours, avec un débit de 570 mètres cubes d'air à la pression atmosphérique par minute; la vitesse peut être portée à 80 tours, avec une pression de refoulement maxima de $2^{kil},10$. Diamètre des volants 6 mètres; poids de chacun d'eux 30 tonnes; poids total des machines 400 tonnes.

## MANUTENTION DES MINERAIS AUX FORGES DE *Lackawanna* (2).

Les deux rechargeurs de minerais sont constitués chacun par un pont roulant P (fig. 1) de 103 mètres de long, supporté par des tours de 24 mètres de haut, écartées de 90 mètres d'axe en axe, et sur lequel roule une benne de 7 tonnes B, à vantaux articulés et manœuvrés par des cylindres hydrauliques.

Ces ponts se déplacent le long d'un cours de trémies $t'$, supportées par des colonnes

(1) Pour une description détaillée, voir la *Revue de mécanique* de mai 1901, p. 582.
(2) *Engineering Record*, 4 juillet, p. 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à 12 mètres du sol, et au-dessus desquelles roulent : 1° sur une voie de 6 mètres de large, une trémie $t$, qui reçoit la décharge de la benne, et, 2° deux wagons locomoteurs à trémies recevant la décharge de $t$ et la déversant dans les trémies $t'$. On peut aussi déverser $t$ directement dans les trémies $t'$.

Les trémies $t'$ ont $3^m,70$, $7^m,50$ ou $10^m,40$ de long et leur capacité est de 75 tonnes

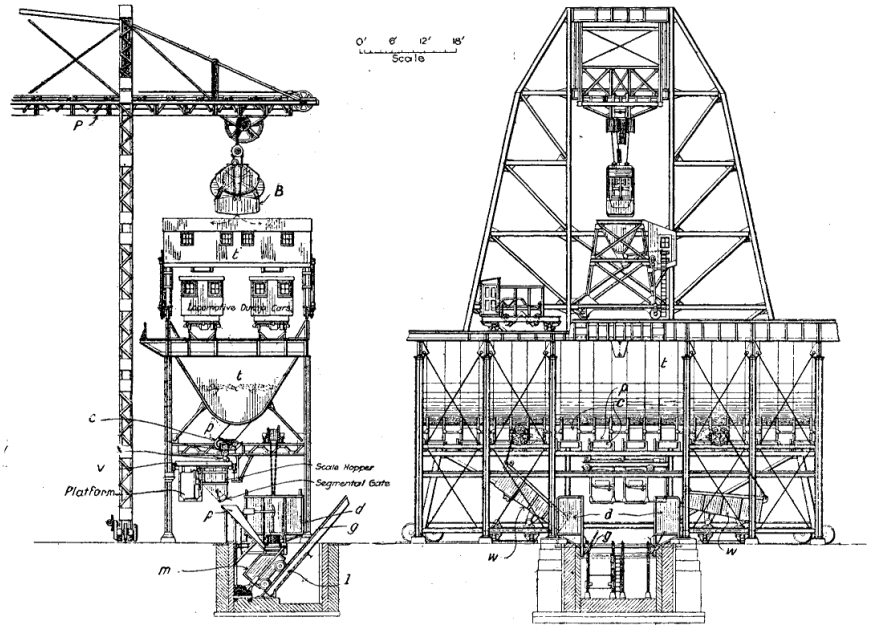



Fig. 1. — Manutention des minerais aux forges de *Lackawanna*.

par mètre de longueur ; elles se déversent sur des chutes $p$, fermées par des conveyeurs à courroies qui transportent le minerai à un wagon de pesage $v$.

Quand l'échelle de ce wagon marque la charge voulue, l'on arrête le conveyeur correspondant, et l'on met en mouvement la machinerie électrique qui amène ce wagon à une autre trémie d'un minerai différent, et ainsi de suite, jusqu'à la confection d'une charge complète pour le haut-fourneau. Le wagon est alors amené devant l'un des hauts-fourneaux pour être déchargé par la chute $p'$ dans le wagonnet $m$, enlevé ensuite sur la rampe $l$ du haut-fourneau. Un seul homme commande toutes ces manœuvres de la plate-forme de $v$. Le chargement du coke se fait par les wagons à bascule $w\,w$, trémies $d$ et grilles $g$, au bas de la rampe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CONDENSEURS POUR STATIONS CENTRALES D'ÉLECTRICITÉ D'APRÈS *M. R. D. Summerfield* (1).

L'on a, en général, tendance à munir toutes les stations centrales, quelle que soit leur importance, des derniers perfectionnements connus pour la condensation et le chargement mécanique des grilles, de sorte qu'il arrive souvent, pour les petites stations ainsi équipées, que l'intérêt et l'amortissement des sommes consacrées à ces perfectionnements surpasse de beaucoup la faible économie de combustible qu'ils entraînent. En ce qui concerne la condensation, il faut compter sur un intérêt de 31,2 p. 100 du prix total de l'installation, y compris les fondations et la tuyauterie, et sur un amortissement en dix ans des condenseurs et des pompes, dépenses auxquelles il convient d'ajouter celles de l'huile et de la vapeur dépensée pour la commande des pompes à air et de circulation, ainsi que le salaire du mécanicien chargé de leur surveillance si l'installation est assez considérable. Ces réserves faites, on arrive à la conclusion que la condensation n'est, en général, guère profitable qu'à partir d'une puissance moyenne de 150 chevaux, jour et nuit.

Les condenseurs se divisent en deux classes : les condenseurs séparés et les condenseurs centraux.

Avec les premiers, chaque machine a son condenseur, ses pompes à air et de circulation, en un mot, son entière autonomie, sans longs réservoirs d'air, sans réaction du vide des différentes machines les uns sur les autres et avec un travail de la condensation toujours proportionnel à celui des machines; mais, à moins d'employer des éjecteurs condenseurs ou d'autres dispositifs très simples, le prix de ces condenseurs est trop élevé pour les machines de moyenne importance : jusqu'à 1000 chevaux environ. A partir de cette puissance, les condenseurs séparés, sans coûter plus que les centraux, sont plus avantageux; mais il ne faut jamais faire commander les pompes à air et de circulation directement par les machines qu'elles risqueraient d'immobiliser par une avarie. D'autre part, bien qu'il soit d'usage de pourvoir chaque machine importante d'un condenseur et de sa pompe à air, on n'emploie souvent qu'une seule pompe de circulation pour l'ensemble des machines.

Pour les stations à machines de moyenne importance, on emploie de préférence un condenseur central, relié aux machines par un long tuyau d'air, avec valves permettant de les en isoler pour marcher à volonté sans condensation; ce condenseur central est moins encombrant, moins coûteux d'établissement et de surveillance, et les pompes, de plus grandes dimensions, fonctionnent plus économiquement. Dans les grandes stations, ces condenseurs sont au nombre de deux et plus, desservant chacun un groupe de machines, mais avec un réservoir d'air commun desservant toutes les machines et les condenseurs.

Ce grand réservoir d'air est l'un des désavantages des condensations centrales, avec la difficulté de maintenir étanches ses nombreux joints, dont une fuite affecte simultanément toutes les machines. Une avarie au condenseur oblige toutes les machines à marcher sans condensation jusqu'à sa réparation, et ces avaries ont plus de chances de se produire qu'avec les condenseurs séparés en raison de l'importance de la masse d'eau en jeu et de ce que le long réservoir d'air, souvent disposé de

(1) *Engineering*, 17 et 31 juillet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manière à drainer toutes les machines, peut, à la mise en train, être sujet à inonder les pompes à air, et occasionner de graves avaries. En outre, si la station marche souvent en faible charge, le condenseur central, établi pour la pleine charge, fonctionne défavorablement pendant ces faibles charges.

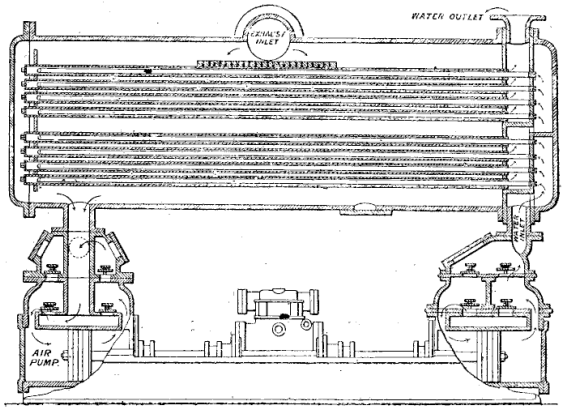



Fig. 1. — Condenseur *Wheeler*.

Les figures suivantes représentent quelques types de condenseurs centraux choisis parmi les plus modernes.

Le condenseur Wheeler (fig. 1) a ses tubes doubles : les tubes intérieurs commu-

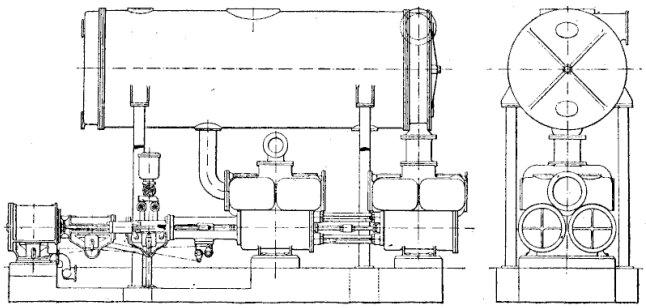


Fig. 2 et 3. — Condenseur *Worthington*.

niquant avec l'entrée de l'eau et les extérieurs avec la sortie. L'eau de circulation, qui passe dans l'espace annulaire étroit entre ces tubes, doit être très propre, comme celle des tours de refroidissement fréquemment employées avec ses condenseurs; lorsque l'eau est sale, on emploie des tubes uniques. Les pompes à air et de circulation, ainsi que leur moteur, sont installées sous le condenseur, disposition très

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

compacte. Pour les très grands condenseurs, on emploie des pompes à air verticales, disposées sur le côté du condenseur, avec pompes de circulation centrifuges.

Les pompes des condenseurs Worthington (fig. 2) sont commandées directement par des machines à triple expansion à partir d'une puissance de 500 chevaux; la dépense de ces pompes ne dépasse guère $13^{k3},5$ de vapeur par cheval-heure. Lorsque l'espace est limité, on emploie le type de pompes verticales figure 3, commandé par des cylindres compound croisés.

Les condenseurs à injection, moins fréquemment employés que les condenseurs à surface, présentent l'avantage de se prêter à l'emploi d'eaux sales ou acides inutili-

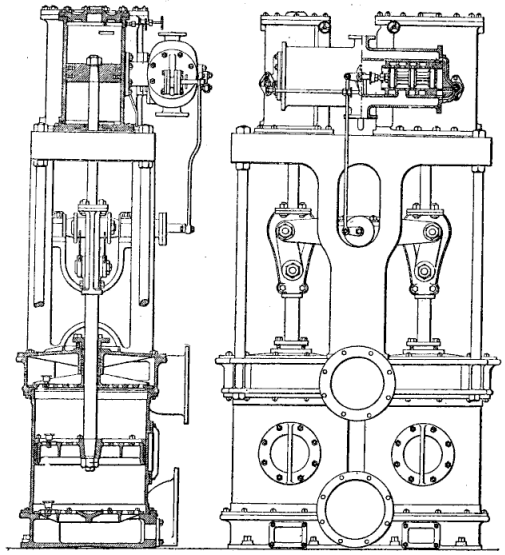


Fig. 4 et 5. — Pompe à air *Worthington*.

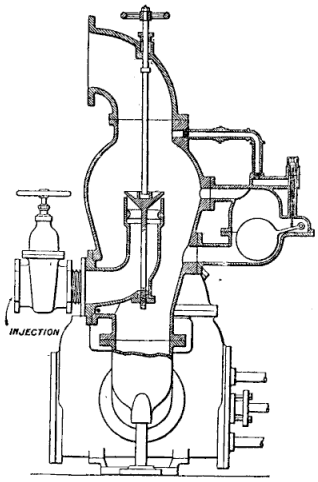



Fig. 7. — Condenseur *Knowles*.

sables par les condenseurs à surfaces; ils sont, en outre, moins coûteux, moins encombrants, simples et efficaces. Par contre, la vapeur condensée ne peut être réemployée aux chaudières, de même que l'eau d'injection si elle n'est pas assez propre; et, si on peut l'y envoyer, elle est toujours moins chaude que celle provenant des pompes à air des condenseurs à surfaces; la pompe à air, qui doit enlever la vapeur condensée et l'eau d'injection, doit être plus grande et est plus sujette à être noyée.

Le condenseur à injection Worthington, représenté par la figure 6, exposé à Paris en 1900, desservait une machine Willans de 2 400 chevaux; il était actionné, à triple expansion, par six cylindres de 380 millimètres de course; deux de 150 millimètres, deux de 230 et deux de 400, commandant deux plongeurs à double effet de 507 millimètres de diamètre; dépense de vapeur 9 kilogrammes par cheval indiqué. Un régu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lateur automatique empêche l'emballement en cas de manque d'eau. La pompe à air est disposée de manière à empêcher l'accumulation d'air dans les poches; les clapets en caoutchouc se lèvent horizontalement. Le cône de l'injection est disposé de manière que la force vive de la vapeur et de l'eau soit utilisée à aider la marche de la pompe, et il peut se régler par une manette.

Il en est de même pour le cône du condenseur Knowles (fig. 7); en outre, une soupape commandée par un flotteur empêche l'eau d'y dépasser le niveau limite en se

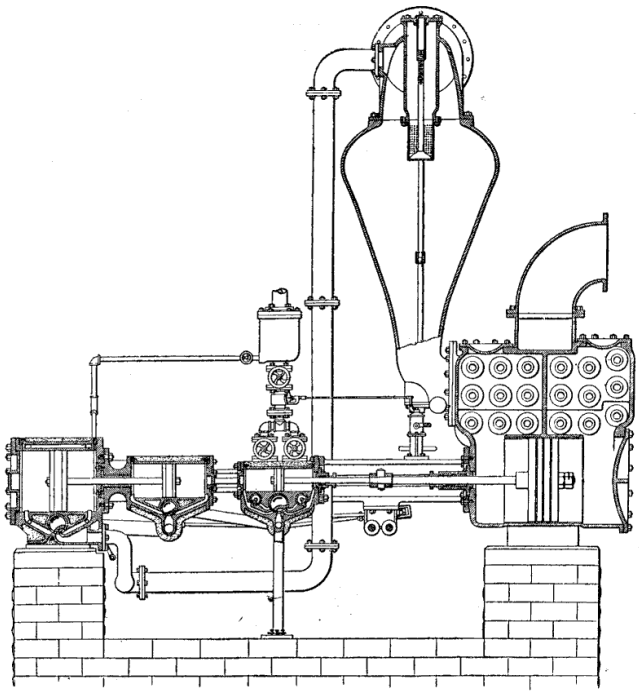


Fig. 6 — Condenseur à injection *Worthington*.

soulevant et en y introduisant de l'air qui détruit le vide du condenseur. Dès que l'on remet en train, l'eau baisse, la soupape se referme et le vide se refait. Ces condenseurs fonctionnent très bien.

Parmi les types de condenseurs à colonne atmosphérique, on peut citer les condenseurs à « spirojecteur » de Knowles, construits, comme les précédents, par la Compagnie Blake, de New-York. La vapeur arrive (fig. 8) en V' au haut de la colonne atmosphérique, au contact de l'eau descendante, siphonnée du réservoir R dans le spirojecteur, qui l'y mélange activement par un mouvement tourbillonnaire. Le réservoir R doit être au moins à 3 mètres au-dessus de la bâche B, sinon il faut employer une pompe.

L'injection du condenseur atmosphérique Worthington représenté par la figure 10

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut se régler du bas par une chaîne, et, du centre du cône, sous le cône d'injection, part un petit tuyau relié à l'aspiration de la pompe à air; l'air et la vapeur ainsi recueillis sont refroidis par un petit condenseur à surfaces au haut du cône du tuyau de l'eau d'injection. La colonne barométrique doit avoir au moins 9 mètres au-dessus de la bâche; presque tout l'air et la vapeur non condensés sont entraînés par la chute de l'eau, de sorte que la pompe à air n'a que peu à faire; en fait, le condenseur peut marcher sans pompe à air.

Les condenseurs éjecteurs sont aussi très simples; l'un des plus employés est celui de Korting (fig. 11). Un appareil de $2^m,60$ de long suffit pour une machine de

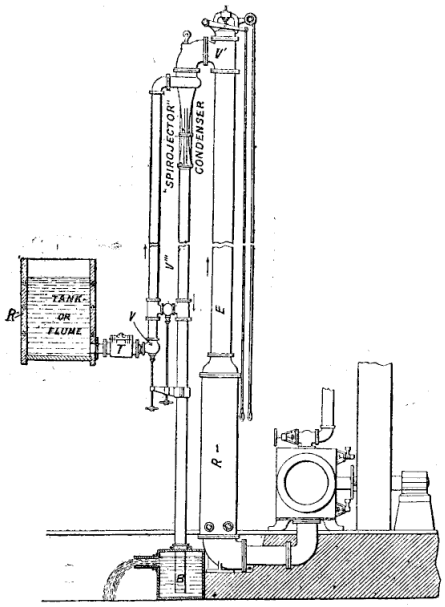



Fig. 8 et 9. — Condenseur à spirojecteur *Knowles*.

R, réservoir d'eau d'injection. T, filtre. V, valve d'injection. B, bâche. V''', valve de mise en train. V', reniflard automatique pour le tuyau d'échappement E. R', réchauffeur.

1 000 chevaux. Ils peuvent s'ajouter à une machine quelconque, où la place fait défaut pour un autre type, et ils n'exigent pas de pompe à air; l'injection y agit comme cette pompe pourvu que la charge de l'eau y soit de $4^m,50$ environ, et, pour maintenir cette charge, malgré les variations du travail des machines, il faut une pompe de circulation. Si la puissance des machines ne varie que peu, on peut se passer des deux pompes en employant une partie de la vapeur d'échappement à imprimer la vitesse nécessaire à l'eau de condensation.

Dans les stations centrales, la pompe de circulation peut déverser son eau dans un réservoir suffisamment élevé pour assurer la charge nécessaire; les éjecteurs, fixés verticalement, donnent un vide de 600 millimètres avec un poids d'eau de conden-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sation de vingt-cinq fois celui de la vapeur et à la température de 15°. La pompe de circulation centrifuge n'absorbe guère plus de 2 p. 100 de la puissance de la machine. Les éjecteurs condenseurs coûtent moins de moitié du prix des condenseurs à surfaces, de sorte qu'ils conviennent spécialement aux petites installations. Ils peuvent employer des eaux impures, mais inutilisables ensuite aux chaudières ; si cette eau est propre, on peut l'y utiliser, mais après filtration la débarrassant de son huile.

Lorsque la situation de la siation est telle qu'il faut employer de l'eau chère,

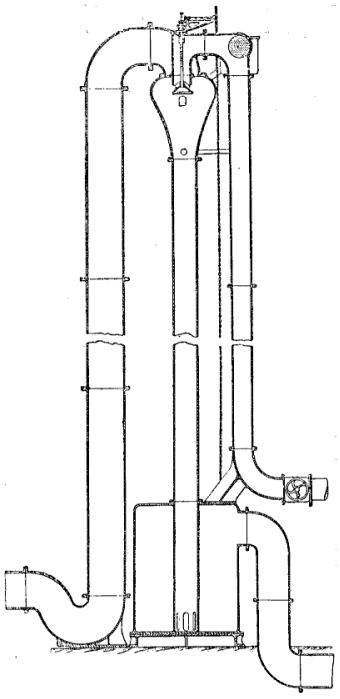


Fig. 10. — Condenseur barométrique *Worthington*.

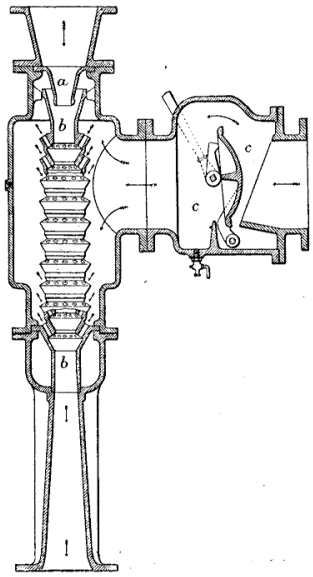



Fig. 11. — Éjecteur condenseur *Korting*. *a*, eau ; *b*, tubes condenseurs ; *c*, clapet de retenue.

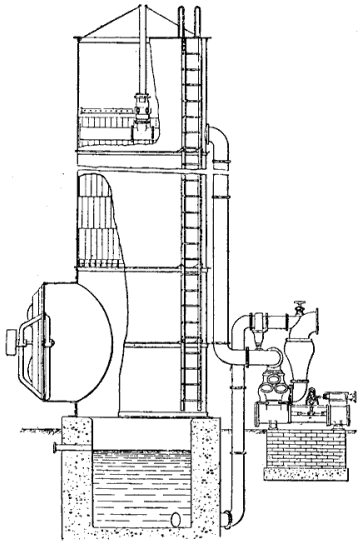


Fig. 12. — Tour de refroidissement *Worthington* à vent forcé.

comme celle d'une ville, il faut l'économiser au moyen de *tours de refroidissement*, dont l'encombrement est d'environ $0^{m2},4$ par cheval en projection : coûteuses, mais qui assurent une réserve d'eau au cas d'une interruption du service de la ville. Dans le système de Korting, le refroidissement de l'eau se fait en la divisant en jets percés dans un tuyau circulaire à $0^{m},30$ environ du sol et pulvérisés par des hélices en spirale ; il suffit d'une charge d'environ $4^{m},50$ d'eau qui se maintient avec une dépense d'environ 1,5 p. 100 de la puissance de la machine.

L'efficacité des tours de refroidissement dépend de l'humidité de l'air et de sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

température ; elle est maxima par les temps secs et froids et très faible par les temps humides et chauds, de sorte qu'il faut tenir grand compte des conditions climatériques. Ces tours circulaires ou rectangulaires, sont généralement en tôle, avec faisceaux de fils et de toiles grillés, sur lesquels l'eau tombe du haut de la tour et s'étale en grandes surfaces exposées à l'air amené par un tirage naturel ou artificiel. Le tirage naturel exige des tours d'environ 9 mètres, comme celles de Worthington, remplies, sur une hauteur de $7^m,50$, de rangées verticales de tuiles réfractaires percées ou de tuyaux de fer galvanisé de $0^m,60 \times 1^m,50$ de long; ces tubes, légers, plus coûteux que les tuiles, mais moins durables, conviennent quand il faut monter la tour sur un toit.

Dans les tours à tirage forcé (fig. 12), les rangées de tuyaux commencent au-dessus du ventilateur; et, au-dessus de ces tuyaux, se trouve un arrosoir tournant qui leur distribue l'eau chaude amenée par un tuyau vertical au centre de la tour. Le ventilateur absorbe environ 15 p. 100 de la puissance des machines, et cela suffit pour justifier le surcroît de dépense d'établissement des tours à tirage naturel. L'encombrement horizontal de ces tours ne dépasse guère, à tirage naturel ou forcé, $0^{m2},16$ par cheval.

Dans les tours de refroidissement Barnard, construites par la compagnie Wheeler, les surfaces refroidissantes sont en toiles métalliques galvanisées, sur lesquelles l'eau tombe d'un réservoir au haut de la tour et revient refroidie dans un réservoir du bas, où elle est prise et renvoyée au condenseur. Une de ces tours, à Chicago, dessert 12 000 chevaux, en refroidissant l'eau de condensation entre zéro et 5°; elle a 16 ventilateurs disposés par paire, 8 d'un côté de la tour et 8 de l'autre, avec chacun de leurs arbres commandé séparément par une dynamo : vitesse 100 à 150 tours par minute suivant l'humidité de l'atmosphère; puissance absorbée, 1,5 p. 100 de celle des machines. Ces tours Barnard sont assez légères pour pouvoir s'installer sur des toits; la perte par évaporation y est d'environ 3 p. 100 de l'eau totale passée dans la tour.

Les tours de Klein, à Manchester, sont rectangulaires avec surfaces refroidissantes en claies de bois, et extérieur en bois aussi, qui dure longtemps et se renouvelle facilement.

Le tableau ci-dessous résume les conditions d'établissement de quelques-uns de ces appareils :

| Types. | Kil. de vapeur condensés par heure. | Diamètre de la tour. | Hauteur. | Tirage. |
|---|---|---|---|---|
| Worthington. . . . . | 1 800 | $1^m,65$ | 10 m. | forcé. |
| — . . . . . | 10 000 | 4,20 | 24 | naturel. |
| Wheeler. . . . . | 4 500 | 4,50 | 7,9 | — |
| — . . . . . | 9 000 | $5^m,80$ | 10 m. | — |
| — . . . . . | 110 000 | $28 \times 4^m,50$ | 19,20 | forcé. |
| Klein. . . . . | 4 500 | $7,50 \times 6$ | 20 | naturel. |
| — . . . . . | 9 000 | $15 \times 6$ | 20 | — |

Le point faible des installations de condensation est la pompe à air; dans les types marins à marche lente, les clapets de pied fonctionnent souvent mal et exigent des réparations constantes ; on les a supprimés dans la pompe Edwards (fig. 13); la vapeur



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

condensée s'y recueille au fond du cylindre, d'où elle est refoulée sans choc par le piston grâce à sa forme conique. Les clapets de refoulement s'inspectent très facilement,

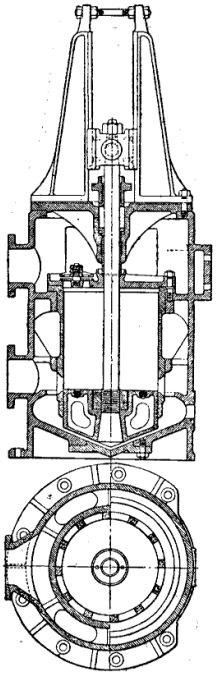


Fig. 13 et 14. — Pompe à air *Edwavds.*

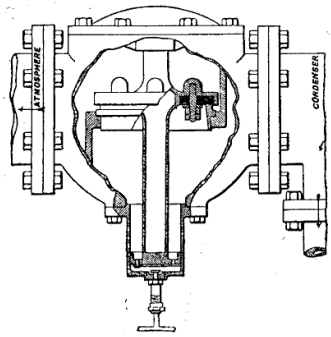



Fig. 15. — Soupape de sûreté *Knowles* et *Blake.*

et ces pompes peuvent, comme l'indique le tableau ci-dessous, marcher à de grandes vitesses :

*Dimensions des pompes à air Edwards.*

| Kil. de vapeur par heure. | Nombre des corps. | Diamètre. | Course. | Tours par minute. |
|---|---|---|---|---|
| 4 500 | 3 | 200m/m | 200 | 160 |
| 9 000 | » | 250 | 250 | 160 |
| 13 600 | » | 300 | 300 | 140 |
| 18 000 | » | 350 | » | 140 |
| 22 700 | » | 380 | » | 150 |

On emploie souvent, pour les stations centrales, des pompes à trois manivelles, très compactes, et commandée directement par leur moteur.

Les pompes à air des condenseurs centraux ne doivent pas pouvoir s'emballer ni ralentir quand on ajoute ou retranche la machine du condenseur. Pour éviter le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ralentissement des machines par l'insuffisance du vide au condenseur, la Compagnie Blake interpose (fig. 15), en dérivation sur la conduite d'échappement au condenseur, une soupape maintenue fermée par la pression atmosphérique tant que le vide y est suffisant, et qui s'ouvre à l'atmosphère dès que ce vide tombe au-dessous d'une certaine limite. Cette soupape est pourvue d'un dashpot qui en amortit les mouvements et d'un dispositif permettant de la maintenir constamment ouverte.

Les pompes à air et de circulation doivent pouvoir suffire même quand la pression de la chaudière tombe très au-dessous de sa valeur normale, comme en cas d'une surcharge exceptionnelle; leurs moteurs doivent être établis en conséquence.

## CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA SURCHAUFFE

Note de **M. A. Petot** (1).

On traite d'ordinaire, dans les calculs industriels, la vapeur surchauffée comme un gaz parfait, et l'on emploie diverses formules empiriques, parmi lesquelles la plus usitée est la suivante :

$$Q = 606{,}5 + 0{,}305\,t + 0{,}48\,(t - t_1), \tag{1}$$

due à Regnault. Comme ces formules ont été établies à une époque où l'on n'obtenait qu'une surchauffe très modérée, on peut craindre qu'elles ne soient plus suffisamment exactes depuis que l'on atteint des températures de 300°, 350° et plus dans les surchauffeurs. Il semble donc qu'il serait utile de reprendre l'étude de la vapeur d'eau surchauffée, afin de compléter les résultats dus à Clausius, à Hirn et à Zenner.

Dans cet ordre d'idées, en partant de l'équation de Clausius, mise sous la forme

$$p = \frac{RT}{v - \alpha} = \frac{T\theta}{(v + \beta)^2}, \tag{2}$$

où $\theta$ est une fonction arbitraire de $t$, j'ai obtenu, en général, pour l'énergie interne d'une vapeur surchauffée, l'expression

$$U = q + \rho\,\frac{(u' + \beta)\,(v - u)}{(u' - u)\,(v + \beta)}, \tag{3}$$

où $q$ et $\rho$ ont leurs significations ordinaires, et où $u$ et $u'$ désignent respectivement les volumes du liquide et de la vapeur saturée sèche, à la température $t$.

On remarquera que cette expression de l'énergie interne ne dépend ni de $\theta$, ni de la fonction arbitraire de $t$ introduite par l'intégration des équations de la thermodynamique, et qu'il y entre seulement une des trois constantes de Clausius. Cela permet de vérifier expérimentalement, d'une manière relativement simple, si un fluide donné peut être considéré comme admettant, avec une approximation suffisante, une équation caractéristique de la forme (2).

Pour cela, on le surchauffe jusqu'à une certaine température $t$, après avoir amené ce fluide à l'état de vapeur saturée sèche, à la température $t_1$, en le maintenant sous la pression $\varpi_1$ de saturation. En même temps, on mesure la chaleur de surchauffe Q et le volume final $v$. L'équation

$$Q = U - (q_1 + \rho_1) + A\,\varpi_1\,(v - u'_1) \tag{4}$$

donne alors la valeur finale de l'énergie interne U, et l'on en déduit la constante $\beta$, à l'aide de l'équation (3). Si maintenant ou recommence un certain nombre de fois cette expérience,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 20 juillet, p. 173.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant varier les températures $t_1$ et $t$, on devra, comme vérification, trouver toujours très sensiblement pour $\beta$ la même valeur. On pourra ensuite déterminer les deux autres constantes R et $\alpha$, sans particulariser la fonction $\theta$ de la température $t$, en opérant comme l'a fait M. Sarrau (1) pour interpréter les expériences de M. Amagat. Enfin, on établira une table numérique des valeurs $\theta$ en fonction de $t$, à l'aide de la relation

$$\varpi = \frac{RT}{u' - \alpha} - \frac{T\theta}{(u' + \beta)^2}, \tag{5}$$

qui n'est autre que l'équation (2), écrite pour le cas de la vapeur saturée séche.

Il serait, je crois, très utile de faire ces essais pour la vapeur d'eau; Regnault n'a pas, en effet, mesuré réellement la chaleur spécifique C de la vapeur d'eau surchauffée, sous pression constante, dans des conditions déterminées de température et de pression; mais seulement la valeur moyenne $C_m$ de cet élément, sous la pression de l'atmosphère pour des intervalles de température dont les limites extrêmes ont relativement peu varié. Ses expériences ne prouvent donc pas que C soit une constante, ni même qu'il faille lui conserver dans tout les cas la valeur moyenne 0,48. Hirn (2) a depuis longtemps exprimé cette opinion, et tout récemment M. le professeur Bach (3) est arrivé à la même conclusion, à la suite d'expériences qui ont donné pour $C_m$ une valeur voisine de 0,60.

« L'expression 3 de l'énergie interne donne d'ailleurs, pour la chaleur spécifique sous volume constant, la valeur

$$c = \frac{dq}{dt} + \frac{v - u}{v + \beta}\left[\frac{dp}{dt} + (u + \beta)\frac{d}{dt}\left(\frac{u' - u}{\rho}\right)\right], \tag{6}$$

d'où l'on passe à celle de C. J'ai vérifié à l'aide des Tables de Zeuner que cette valeur de $c$ croît avec la température, dans le cas de la vapeur d'eau surchauffée, et qu'il en est de même pour la valeur correspondante de C, aux environs du point de condensation. On arrive donc à la même conclusion de M. Bach, en supposant que la vapeur d'eau surchauffée admet une équation caractéristique de la forme 2; et il a y là, sinon un argument, du moins une prévention en faveur de cette hypothèse. L'expérience seule pourra élucider la question. »

## FROTTEMENT DE FER SUR BOIS (4)

D'après les expériences exécutées par Klein, avec une poulie de $400^{mm}$ de circonférence, serrée par un frein à sabots de bois, entre des vitesses de glissement variant de 1 à 20 mètres par seconde et des pressions variant de $0^{kg},5$ à 10 kilogrammes par centimètre carré, le coefficient de frottement varie comme l'indiquent les tableaux ci-dessous.

Dans ces tableaux les lettres (*a*) (*b*) et (*c*) se rapportent à des blocs avec la fibre du bois respectivement parallèle longitudinalement puis transversalement à la jante et (c) perpendiculaire à la jante. En A, la poulie était soigneusement nettoyée; en B, nettoyée à la benzine; C, bois imbibé d'huile.

(1) *Comptes rendus*, t. XCIV, p. 639; t. CI, p. 941.

(2) *Théorie mécanique de la chaleur*, 3e édition, p. 435.

(3) *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*, numéro du 17 mai 1902. — *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, numéro de juillet 1902, p. 143.

(4) *Engineering* 21 août, p. 254.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU I. — **Poulies lisses.**

| | HÊTRE. | CHÊNE. | | | PEUPLIER. | | | ORME. | SAULE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *a.* | *a.* | *b.* | *c.* | *a.* | *b.* | *c.* | *a.* | *a.* |
| Fonte A. . . | 0,28 | 0,29 | 0,25 | 0,19 | 0,34 | 0,30 | 0,29 | 0,32 | 0,43 |
| | 0,29 | 0,30 | 0,28 | 0,20 | 0,35 | 0,36 | 0,31 | 0,36 | 0,46 |
| | 0,30 | 0,31 | 0,35 | 0,21 | 0,37 | 0,40 | 0,37 | 0,38 | 0,48 |
| Fonte B . . | 0,36 | 0,30 | 0,35 | » | 0,39 | » | » | 0,36 | 0,41 |
| | 0,37 | 0,31 | 0,37 | » | 0,40 | » | » | 0,37 | 0,47 |
| | 0,38 | 0,32 | 0,40 | » | 0,41 | » | » | 0,39 | 0,50 |
| Fer A . . . | 0,51 | 0,48 | » | » | 0,52 | » | » | 0,57 | 0,41 |
| | 0,54 | 0,51 | » | » | 0,65 | » | » | 0,60 | 0,63 |
| | 0,55 | 0,54 | » | » | 0,73 | » | » | 0,64 | 0,93 |
| Fer B . . . | 0,52 | 0,38 | » | » | 0,56 | » | » | 0,47 | 0,58 |
| | 0,54 | 0,40 | » | » | 0,60 | » | » | 0,49 | 0,60 |
| | 0,55 | 0,42 | » | » | 0,62 | » | » | 0,51 | 0,62 |
| Fer C. . . . | 0,28 | 0,41 | » | » | 0,49 | » | » | 0,34 | 0,33 |
| | 0,35 | 0,50 | » | » | 0,63 | » | » | 0,40 | 0,38 |
| | 0,41 | 0,59 | » | » | 0,74 | » | » | 0,42 | 0,45 |

TABLEAU II. — **Poulies en fer brut. Fibre parallèle à la fonte** (*a*).

| | HÊTRE. | CHÊNE. | PEUPLIER. | ORME. | SAULE. |
|---|---|---|---|---|---|
| Poulie essuyée . . . . . | 0,24 | 0,38 | 0,15 | 0,09 | 0,13 |
| | 0,39 | 0,47 | 0,18 | 0,14 | 0,14 |
| | 0,49 | 0,56 | 0,25 | 0,17 | 0,15 |
| Poulie légèrement graissée . . | 0,16 | 0,12 | 0,17 | 0,14 | 0,15 |
| | 0,23 | 0,15 | 0,23 | 0,21 | 0,17 |
| | 0,34 | 0,28 | 0,35 | 0,29 | 0,21 |
| Sabots imbibés d'huile . . . . | 0,10 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,13 |
| | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,15 |
| | 0,14 | 0,15 | 1,12 | 0,14 | 0,16 |

D'autres essais exécutés sur une poulie d'extraction de mines avec jante de fer poli puis brut ont aussi démontré que le frottement de freinage est bien plus énergique sur la jante polie, mais aussi moins variable; en outre, l'usure des blocs est beaucoup plus rapide avec les jantes brutes. Le meilleur bois, pour les sabots de frein, est le peuplier, qui donne un frottement considérable peu sensible à l'huile. Pour la jante, le fer bien lisse est préférale au fer brut et à la fonte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

**Du 15 Juillet au 15 Août 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP.* . . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . . Engineering.
*E'.* . . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . . Industrie électrique.
*Im* . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*La* . . . . La Locomotion automobile.
*Ln* . . . . La Nature.
*Lo.* . . . . Lo comotion.
*Ms.* . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . . Nature (anglais).
*PC* . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . . Revue technique.
*Ru.* . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Agriculture* en Italie. La Pouille. *Ag.* 18 *Juillet*, 97.
— en Amérique cultures maraîchères. Vigne. *Ef.* 18 *Juillet*, 82.
— Irrigations de l'Ouest (*id.*), 25 *Juillet*, 118.
**Bétail.** Principes azotés des aliments (Grandeau). *Ap.* 16 23 *Juillet*, 73 106-13 *Août* 205.
— Coefficients de la protéine dans les denrées alimentaires (Grandeau). *Ap.* 30 *Juillet*, 141.
— Les tourteaux. *Ag.* 8-15 *Août*, 288, 250.
— Hygiène des animaux domestiques (H. George), *id.* 78.
— Race bovine de Salers (*id.*), 81.
— Lavage hygiénique des moutons (*id.*), 30 *Juillet*, 150.
— Moutons français au Transvaal (*id.*), 83.
— Élevages des veaux reproducteurs dans le Nivernais *Ap.* 13 *Août*, 206.
— Porcs du Yorkshire. *Ap.* 6 *Août*, 184.
*Betteraves.* Culture dans les sols alcalins. *Cs.* 15 *Juillet*, 782.
*Blé gros bleu. Ap.* 23 *Juillet*, 107.
*Chevaux.* Race de trait boulonaise. *Ap.* 30 *Juillet*, 146; 13 *Août*, 216.
*Cultures dérobées d'automne. Ap.* 30 *Juillet*, 142.
*Engrais* cyanide de calcium Wagner et Gerlach (Grandeau). *Ap.* 6 *Août*, 173.
*Déchaumage* (le). *Ap.* 23 *Juillet*, 108.
*Dessiccation des fruits* et légumes. *Ag.* 25 *Juillet*, 139.
*Enseignement agricole* en Angleterre. *Ag.* 25 *Juillet*, 129.
*Irrigations de l'Inde. E'.* 17 *Juillet*, 57.
**Lait.** Moyens d'étude de l'industrie laitière. *Ap.* 16 *Juillet*, 75.
— Lacto-viscomètre. *Ln.* 18 *Juillet*, 182.
— Station laitière centrale. *Ap.* 6 *Août*, 179.
— Laiterie modèle. *Ap.* 13 *Août*, 208.
**Machines agricoles** au concours de la Société royale d'agriculture. *Ap.* 16-23 *Juillet*, 80, 117.
*Olives.* Culture en France. *USR Juillet*, 403.
— Maladies des oliviers. *Ag.* 18 *Juillet*, 88.
*Orges* à 6 et 8 rangs (Brown). *IoB Mai*, 426.
*Sanves.* Destruction des. *Ap.* 23 *Juillet.* 110.
*Warrants agricoles.* Réforme de la loi de 1898. *Ef.* 15 *Août* 229.

## CHEMINS DE FER

**Chemins de fer** élevés (Barker). *E.* 24 *Juillet*, 132.
— Transsibérien. *SL. Juillet*, 112.
— Francais en 1902. Statistique, *Rgc. Août* 119.
— de Bagdad. *Rgc. Août*, 132.
— Italiens. Réorganisation. *Rgc. Août*, 135.
*Électriques.* Métropolitain de Paris. *Rt.* 10-25 *Juillet*, 402, 445. Accident du 10 *Juillet. E.* 14 *Août*, 224; *E'.* (*id.*), 165
— Sur le North Eastern. *Rg. E'.* 24 *Juillet*, 88.
— Manhattan Ry. New-York. *Ge.* 1er *Août*, 211.
— Barmen-Elberfeld. *EE.* 8 *Août*, 217.
— Métropolitain de Philadelphie. *Rgc. Août*, 148.
*Éclairage électrique des trains* en Amérique (Jacquin). *EE.* 18 *Août*, 161, 207.
*Essieux.* Ruptures sur les chemins allemands. Statistique (Beard). *Rgc. Août* 93.
*Fermeture électrique de portières.* Gimé. *EE.* 15 *Août*, 248.
*Freins.* Essais de (Keyley) *EE.* 25 *Juillet*, 150.
— Lipkowski. *Rt.* 18-25 *Juillet*, 396, 455.
— Freinage des trains (Parke). *EE.* 26 *Juillet*, 152.
**Locomotives** à l'exposition de Dusseldorf (Mallot) *Ie. Juin*, 899.
— Compound. 3. Cylindres du Midland. *Gc.* 8 *Août*, 225.
— à 3 essieux couplés Bengal Nargpur. *E'.* 31 *Juillet*, 122.
— à 4 essieux couplés du Great-Northern. *E'.* 7 *Août*, 135.
— Double articulée de Winterthur. *E'.* 7 *Août*, 137.
— Adhérente pour rampes de 150 mm. Hasncotte. *Bam. Juillet*, 895.
— Graissage au graphite. *Rgc. Août*, 151.
— Grilles de. *E'.* 14 *Août*, 165.
— à pétrole Dudbridge. *E'.* 17 *Juillet*, 74.
*Résistance des trains. E'.* 14 *Août* 166.
*Roues élastiques. E'.* 24 *Juillet*, 94.
**Signaux** et aiguillages électriques à Crewe. *E.* 17 *Juillet*, 79.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Signaux.** Enclenchements provisoires dans les travaux d'agrandissement des gares (Moutier et Sabourin). *Rgc. Août*, 57.

*Trains rapides* de Londres à Leeds et à Brighton. *E'.* 17-31 *Juillet*, 60, 110.

*Voitures* des chemins autrichiens. *Pm. Juillet* 98. Salon du Sud-Express C°. *E.* 14 *Août*, 229.

*Wagon* à décharge automatique. Talbot. *Rgc. Août*, 150.

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles.** Notes sur les. *E'.* 17 *Juillet*, 69.

— Congrès de Paris. *Gc.* 1er *Août*, 216.

— Puissance des moteurs (Razous). *Rs.* 15 *Août*, 204.

— à pétrole Rochet et Schneider. *Lo.* 8 *Août*, 300.

— à vapeur. Omnibus Clarkson. *E'.* 17 *Juillet*, 73. Camion Musker. *E.* 7 *Août*, 182.

— Électriques (Société de Genève). *E'.* 17 *Juillet*, 63. Accumulateurs pour (Rosset). *Clé.* 1er *Août*, 70.

— Moteurs. Transmissions. Voitures mixtes, Krüger. *EE.* 15 *Août*, 260-272.

— Boîtes de vitesses Charron Girardot et Voigt. *So.* 25 *Juillet*, 473.

— Locomotive routière compound. Foster. *E'.* 8 *Août*, 143.

**Tramways** électriques de Glasgow. *E.* 7 *Août*, 189.

— *Électriques*. Bruxelles. Saint-Louis. *Ic.* 10 *Juillet*, 301, 306.

— — à courants alternatifs simples : électropneumatique Arnold. *Ic.* 10 *Août*, 347.

— — à l'Exposition de Dusseldorf. *VDi.* 15 *Août*, 1181.

— Chasse-corps. *Rgc. Août*, 146.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

*Acoustique.* Théorie du champ acoustique (Charbonnier). *CR.* 20 *Juillet*, 171. 10 *Août*, 378. Sebert (Id.), 357.

**Acétylène.** Transport et emmagasinement en sûreté (Seymour). *Fi. Juillet*, 1.

— dissous et applications (Janet). *Gc.* 18 *Juillet*, 180.

**Alcool** (Chauffage à l'). *Rt.* 10 *Juilet*, 430.

— Nouveau dénaturant (Cari Mantrand). *ScP.* 25 *Juillet*, 765.

**Acides** *azotique.* Fabrication (Volney). *Cs.* 15 *Juillet*, 780.

— *sulfurique.* Combinaison avec le sulfate ferrique (Recoura). *CR.* 13 *Juillet*, 118.

*Argent colloïdal* (Hanriot). *CR.* 13 *Juillet*, 122.

*Arséniure de cuivre* (Granger). *ScP.* 25 *Juillet*, 728.

*Autooxydation.* Théorie (Engler). *Rcp.* 28 *Juin* 288.

**Brasserie.** Emploi des filtres-presses en brasserie (Johnson). *IoB. Mai*, 344.

— Levures unicellulaires (Forgensen). *IoB. Mai*, 294.

— Enzymes réductrices (Pozzi Escot). *Cs.* 15 *Juillet*, 812.

— (Laboratoire de) à l'école de technologie de Manchester. *E.* 14 *Août*, 206.

— Expériences sur l'enzyme protéolytique du malt (Schidrowitz). *IoB. Mai*, 361.

— Le malt et l'activité de la diastase (Duncan). *Id.* 383.

— Les résidus de brasserie (Blake). *Id.* 404.

— Divers. *Cs.* 31 *Juillet*, 876.

*Catalyse.* Réactions catalytiques des métaux (Trillat). *CR.* 20 *Juillet*, 187.

**Céramique.** Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 796-806.

*Cire d'abeilles.* Analyse (Buchner). *Ms. Août*, 614.

*Chlorure de zinc.* Condensation par le (Descudé). *AcP. Août*, 486.

**Chaux et ciments.** Divers. *Cs.* 15 *Juillet*, 797.

— Influence de l'immersion sur les mortiers de ciment étuvés contenant du sulfate de chaux (*Le Ciment*). *Juillet*, 101.

— Fabrique de ciment Portland à Rudelsburg. *Ac. Juillet*, 98.

— Ciment Portland et laitiers (Passow). *SuE.* 1er *Août*, 878.

**Carbure** *de calcium.* Application aux industries chimiques (Sandemann). *EE.* 8 *Août*, 224.

— *double de chrome et de tungstène* (Moissan et Kouznetzow). *CR.* 3 *Août*, 292.

*Bismuth.* Sels cristallisés (Schulten). *ScP* 25 *Juillet*, 731.

— Combinaisons avec le tannin (Thibault). *Id.*, 747.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Chlore et hydrogène.* Combinaisons par la lumière (Bevan). *RsL.* 8 *Juillet*, 5.

*Colle.* Essais (Heinemann). *Ms. Août*, 915.

— Préparation de la colle à partir de la gélatine d'os (Borntræger). *Id.*, 616.

*Congrès de chimie appliquée* de Berlin. *Rcp.* 25 *Juin*, 341, 26 *Juillet*, 309.

*Diamant.* Transformation en carbone noir pendant son oxydation et changements isomériques des corps simples pendant les décompositions et combinaisons (Berthelot). *ACP. Août*, 441.

*Diazoïques aromatiques* (composés) (Morgan). *Rgn.* 30 *Juillet* 748.

*Doseur mélangeur de gaz.* Molet Boistelle. *Gc.* 25 *Juillet*, 209.

*Chaleurs spécifiques* aux basses températures (Schmitz). *RsL.* 14 *Août*, 177.

*Dépôts salins naturels* (Formation des) (Van't Hoff). *RcP.* 28 *Juin*, 295.

*Distillation fractionnée* sous pression réduite (Bertrand). *ScP.* 25 *Juillet*, 778.

*Eaux.* Recherche des produits de contamination par le violet méthyle sulfureux (Causse). *RcP.* 25 *Juillet*, 766.

*Égouts.* Composition du servage et son utilisation (Fuller). *Technology Quarterly, Juin*, 132.

— Traitement bactériologique (Tresh et Priest). *E'.* 24 *Juillet*, 102.

*Essences et parfums.* Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 817, 879.

Composés diazoïques aromatiques (Morgan). *Rgn.* 30 *Juillet*, 748.

— Alcaloïdes des quinquinas (Berthelot et Gaudechon). *ACP.* 1er *Août*, 443.

*Équilibre chimique.* Lois et équations (Aries). *CR.* 27 *Juillet*, 253.

*Évaporation de l'eau dans un courant d'air* (Perman). *RsL.* 31 *Juillet*, 72.

*Explosifs* au Ve Congrès de chimie appliquée. *Ru. Juillet*, 126.

*Fer rouillé et passif* (Mugdav). *Cs.* 15 *Juillet*, 798.

**Fermentations.** Lois de la multiplication des levures, rôle des enzymes (Delbruck). *Ms. Août*, 601.

— Nutrition des levures (Stern). *Id.*, 607

**Gaz d'éclairage.** Manutention du coke. *E* 17 *Juillet*, 74.

— Appareils Hunt. *Ri.* 18 *Juillet*, 285.

**Gaz.** Usine de Mariendorf Berlin. *VDI.* 25 *Juillet*, 1062.

— Becs à incandescence (Fery). *Gc.* 8 *Août*, 234.

— Chargement mécanique des cornues à la Compagnie parisienne du gaz. *Ri.* 1er *Août*, 304.

— Compteurs à grand volume (Chamon). *Ri.* 8 *Août*, 313.

— Niveleur pour compteur Chamon (*Id.*). 15 *Août*, 125.

*Gaz.* Séparation du mélange gazeux par la force centrifuge (Clausse et Demoussy). *CR.* 27 *Juillet*, 250 (Mazza). *CN.* 14 *Août.* 76.

*Goudron de houille.* Recherches sur le (Kræmer). *RCp.* 28 *Juin*, 292.

*Graisses et huiles.* Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 805-873.

— Dédoublement fermentatif des corps gras. *Ms. Août*, 573-588.

— Méthode Wyss pour la détermination de l'indice d'iode des graisses et huiles (Harvey) (*Id.*), 589.

— Recherche et différentiation des huiles siccatives et des huiles d'animaux marins (Hatphon) (*Id.*), 592.

— Indice de brome et d'iode des différentes huiles (Vulté et Logan). *Id.*, 599.

*Huile de pied de bœuf* (Coste et Shelbourn). *Cs.* 15 *Juillet*, 775.

*Hydrures métalliques* (Moissan). *Rcp.* 25 *Juin*, 277.

*Hydrogène.* Nouvel appareil à le liquifier (Obrewski). *ACP. Août*, 480.

**Laboratoire.** Analyse qualitative des éléments métalliques (Noyes). *Technology Quarterly. Juin*, 93. Mécanique des sols (Schloesing). *CR.* 10 *Août.* 369.

— Des bronzes et antifrictions (Affelder). *Cs.* 15 *Août*, 926.

— Dosage volumétrique de la chaux et de la magnésie en présence simultanée dans les dissolutions de chlorure de calcium (Anselme). *ScP.* 25 *Juillet*, 734. Des halogènes dans les composés organiques (Bertrand). *ScP.* 5 *Août*, 807.

— De l'azote. Appareil Marquis. *ScP.* 25 *Juillet*, 780.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Laboratoire.** Du vanadium dans les alliages (Nicollardot). *Id.*, 731.
— Iodométrique de l'or (Mason), *American Journal of Science. Août*, 155.
— Des traces d'arsenic (Gautier). *CR.* 20 *Juillet*, 158. Dans les eaux (*Id.*). 27 *Juillet*, 232. Dans l'organisme par la bombe calorimétrique (Bertrand). *CR.* 27 *Juillet*, 266.
— Des huiles minérales dans les huiles végétales et animales (Halphen). *Ms. Août*, 591.
— Des matières organiques dans les eaux (Lenormand). *ScP.* 5 *Août*, 810.
— De l'ammoniaque dans les vins (Laborde). *CR.* 3 *Août*, 334.
— De la pyridine en solutions aqueuses (François) (*Id.*), 334.
— Réaction colorée du chloroforme (Dupouy). *CN.* 24 *Juillet*, 37.
— Titrage des tartres commerciaux. Méthode gazométrique (de Saporta). *Pc.* 15 *Juillet*, 61.
— Détermination du degré alcoolique des vins (Martin). *Ms. Août*, 570.
— Séparation et dosages simultanés de la baryte, de la strontiane et de la chaux (Robin). *CR.* 27 *Juillet*, 528.
— Autoclave à fonctions multiples Pannetier. *Pc.* 15 *Août*. 459.
— Appareil pour préparer les gaz purs (Moissan). *CR.* 10 *Août*. 363.
— Laveur et tube de sûreté Vigreux. *ScP.* 5 *Août*, 841.
— Séparation des solides en solutions ou suspension. Émulsions (Ramsden). *RSL.* 14 *Août*, 156.
*Lithium* (Carbonate de). Décomposition par la chaleur (Lebeau). *ScP.* 5 *Août*, 795.
*Liqueurs fermentées assimilables et non* (Distinction des) (Gautier et Halphen). *Pc.* 15 *Juillet*, 49.
**Optique.** Courbure des ondes autour d'un obstacle sphérique (Rayleigh). *RsL.* 8 *Juillet*, 40.
— Réfraction des gaz (Walker). *RsL.* 8 *Juillet*, 24.
— Focimètre photogrammétrique vérificateur des microscopes (Legros). *CR.* 3 *Août*, 314.
*Oxygène* comprimé, ses impuretés et leur rôle dans les combustions en bombe calorimétrique (Berthelot). *ACP. Août*, 433.
*Manganèses.* Siliciés industriels (Lebeau). *ScP.* 5 *Août*, 797.
*Matières albuminoïdes* des graines de maïs (Donard et Labbé). *CR.* 27 *Juillet*, 264.
*Matière.* Hypothèses modernes (Crookes). *RCp.* 28 *Juin*, 300.
*Néon, Kripton et Xenon.* Spectres (Baly). *CN.* 17 *Juillet*, 26.
*Radium.* Effet du froid sur ses émanations (Crookes et Dewar). *CN.* 17 *Juillet*, 25.
*Radium et hélium. CN.* 24 *Juillet*, 39.
**Radio-activité** dans l'air atmosphérique (Elster et Geitel). *CN.* 17-32 *Juillet*, 29, 52.
— Spectre des radiations du radium (Huggins). Action oxydante des rayons du bromure de radium (Hardy et Wilcock). Production de l'hélium par le radium (Ramsay et Soddy). Radiations intenses du radium (Strutt). *RsL.* 15 *Août*, 196-208.
— des minerais de thorium (Barker). *American Journal of Science. Août*, 161.
*Osmiure d'iridium.* Analyse (Leidie et Quennesen). *ScP.* 5 *Août*, 801.
*Persulfate* d'ammoniaque. Action sur les oxydes métalliques (Segewitz et Trawitz). *CR.* 17 *Juillet*, 130.
*Polonium* (Giesel). *CN.* 7 *Août*, 61.
*Ptomaïnes* (Les) (Kossel). *ScP.* 20 *Juillet.*
*Résines et vernis.* Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 807, 874; 15 *Août*, 918.
*Séparation des solides* dans les couches des dissolutions (Ramsden). *CN.* 31 *Juillet*, 49.
*Sels peu solubles* (Procédé de cristallisation des) (Schulten). *ScP.* 25 *Juillet*, 726.
*Siliciure de ruthénium* (Moissan et Manchot). *CR.* 27 *Juillet*, 229.
— *de chrome* (Lebeau et Figuéras). *ScP.* 5 *Août*, 799.
*Soude à l'ammoniaque* (Solvay). *RCp.* 28 *Juin*, 282.
*Sucrerie.* Divers. *Cs.* 15 *Juillet*, 809.
— Procédé Steffen. *Id.* 811.
*Sulfate d'ammoniaque.* Procédé Ballantyne. *Cs.* 15 *Juillet*, 794.
*Stéréochimie.* Progrès récents (Pope). *N.* 23 *Juillet*, 280.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Sublimation* (Courbes de) (Bonzat). *CR.* 20 *Juillet*, 175.

*Tannerie.* Divers. *Cs.* 31 *Juillet*, 875; 15 *Août*, 919.

**Teinture.** Formation du rouge turc (Schlieper et Baum). *ScM. Mai*, 193.

— Groupe xantrophile. Matières colorantes jaunes (Schunk). *RSL.* 14 *Août*, 165.

— Réserve de couleurs azoïques sous indigo vapeur (Collé). *Id.*, 210 (Bruckmann). *Id.*, 214.

— Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 791, 793, 862; *MC.* 1er-15 *Août*, 247, 901, 903.

— Indigo (Constitution des matières colorantes de l') (Maillard). *ScP.* 25 *Juillet*, 756.

— Bleus de Prusse et de Turnbull; nouvelle classe de cyanures complexes (Chrétien). *CR.* 20 *Juillet*, 191.

— Enlevages sur indigo au prussiate rouge (Prudhomme). *MC.* 1er *Août*, 225.

— Synthèses dans les groupes de la flavone et de la chromone (Kostanski). *Id.*, 227.

— Chimie des fibres textiles (Zacharias). *MC.* 1er *Août*, 242.

— Matières colorantes artificielles (Forest). *RS.* 1er *Août*, 142.

— Recherches thermochimiques sur les rosanilines et pararosanilines (Schmidlin). *CR.* 3 *Août*, 331.

*Terres rares* (Les) (Baskerville). *CN.* 17 *Juillet*, 27.

— Minéraux thorifères (Schilling); oxalate de cerium comme matière première de la préparation des éléments contenus dans la cérite (Bohm). *Ms. Août*, 545-563.

*Uranium.* Combinaisons binaires (Colani). *CR.* 10 *Août*. 382.

*Vins.* Détermination du mouillage (Maneuvrier). *CR.* 27 *Juillet*, 281.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

*Afrique.* Lac Tchad (Destenave). *Rgds*, 15 *Juillet*, 717.

*Allemagne.* Commerce extérieur, 1er semestre 1903. *SL. Juin*, 832; *Ef.* 8 *Août*, 191.

*Angleterre.* Suprématie sur l'Atlantique. *E.* 7 *Août*, 187.

*Brevets américains.* Modifications de la loi. *Bam. Juillet*, 904.

*Collectivisme à Java. RSO.* 1er *Août*, 210.

*Coton.* Industrie dans l'Inde et le Japon. *E.* 31 *Juillet*, 155.

*Établissements dangereux* et insalubres. Réfection de la législation. *Ef.* 1er *Août*, 163.

*Espagne.* Question du change. *Ef.* 15 *Août*, 225.

*États-Unis.* Census des industries chimiques en 1900. *Fi. Juillet*, 33.

— (L'industrie aux). *Ef.* 1er-8 *Août*, 160, 193.

— (Capital et travail aux). *E'.* 31 *Juillet*, 119.

**France.** Commerce extérieur pendant les six premiers mois de 1903. *Ef.* 18 *Juillet*, 79.

— (Fortune de la) d'après les déclarations successorales. *Ef.* 25 *Juillet*, 118; 1er *Août*, 153; 8 *Août*, 189.

— Réfection du cadastre et les livres fonciers. *Ef.* 25 *Juillet*, 115; 1er *Août*, 155.

*Japon* (Progrès du). *E.* 14 *Août*, 225.

*Lyon et les grands marchés de soie* européens. *Ef.* 8 *Août*, 195.

*Marine.* Législation allemande sur les gens de mer. *Ef.* 18 *Juillet*, 84.

— Institutions d'éducation et de prévoyance pour les mariniers. *Ef.* 15 *Août*, 231.

*Ouvriers anglais et américains. E.* 14 *Août*, 205.

*Postes.* Union postale universelle. Résultats financiers de 1901. *SL. Juin*, 830.

**Salariat** (Le) (Levasseur). *Rs.* 8 *Août*, 167.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Bains* Karl Muller à Munich. *Gc.* 18 *Juillet*, 177.

*Charpente d'atelier* en bois et fer Cigogna. *Ac. Août*, 118.

**Ponts** de Frans (Canat). *APC.* 1903, (1), 327.

— du London-Brighton. *E'.* 14 *Août*, 157.

— des Arts. Reconstruction. *Rt.* 10 *Juillet*, 393.

— en encorbellement de Connel Ferry. *E.* 31 *Juillet*, 139.

— en arc à triple articulation. Calcul graphique (Jacquier). *APc.* 1903 (1), 265.

— sur la Gauntless. *E.* 14 *Août*, 205.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Rouleau compresseur* électrique Sarrasin. *Ac. Août*, 114.

*Voûtes d'égale résistance*. Théorie (Asties). *Ac. Juillet*, 110; *Août*, 120.

## ÉLECTRICITÉ

**Accumulateurs**. De la Société Puissance et Lumière. *EE.* 25 *Juillet*, 144.

— à oxydes rapportés (Lavezzari). *EE.* 1er *Août*, 183.

— Au thallium (Jonas). *Id.*, 187.

— pour automobiles. *Élé.* 1er *Août*, 70.

**Dynamos**. Continue de 200. *Kw. Hall. E'.* 24 *Juillet*, 96.

— Fonctionnement d'un moteur shunt recevant le courant d'une dynamo série. *Élé.* 25 *Juillet*, 61.

— (Essais des) et des transformateurs. Règlements étrangers. *EE.* 18-25 *Juillet*, 84-133.

— Commutation dans les dynamos continues (Illiovici). *C. R.* 20 *Juillet*, 179.

**Moteurs**. Continus à grandes variations de vitesse (Chertemps). *Bam. Juillet*, 873.

— Alternatifs Sautter-Harlé. *Elé.* 8 *Août*, 91.

**Éclairage**. Lampe à arc de mercure. *Elé*, 25 *Juillet*, 53.

— des torpilleurs danois. *E.* 31 *Juillet*, 149.

**Électrochimie**. Vanadium. Aluminium (Gin). *Ie*, 10 *Juillet*, 303-384. Théorie acde l'électrolyse (Whatham). *CN.* 14 *Août*, 78.

— Divers. *Cs.* 15-31 *Juillet*, 802 871.

— Baryte. Fabrication au four électrique (Becker). *EE.* 1er *Août*, 188.

— Au Niagara. *Dp.* 25-15 *Août*, 507-521.

**Électrons** (les) (Lodge). *EE.* 25 *Juillet.* 1er *Août*, 121-168.

— *Interrupteur à mercure* Cooper Hervett. *EE.* 18 *Août*, 264.

*Isolateurs*. Support Corner. *Elé.* 18 *Juillet*, 38.

— données mécaniques (Merohon). *EE.* 1er *Août*, 192.

— Essais (Blackwell). *EE.* 1er août, 192.

— Cloche Mehan. *Elé.* 1er *Août*, 65.

**Mesures** du coefficient de self induction par le téléphone (Dongier). *C. R.* 13 *Juillet*, 115.

— Résonance dans les circuits. Étude par les oscillographes (Field). *EE.* 1er *Août*, 195.

*Régulateur de tension*. Wirt. *FE.* 15 août, 265.

*Ondes électriques*. Diffraction (Poincaré Madonald). *RSL.* 8 *Juillet*, 42-59.

— Utilisations (Turpin). *EE.* 23 *Juillet*, 144.

*Piles à plusieurs liquides* (Berthelot). *CR.* 3 *Août*, 291-285.

*Rhéostat radiateur*. Legros et Viel. *Ie.* 10 *Août*, 352.

**Stations centrales**. Auxiliaires commandés à la vapeur ou à l'électricité. Comparaison (Taite). *E'.* 24 juillet, 102.

— de Covedy Falls. Inde. *Gc.* 25 *Juillet*, 193.

— Sucrerie d'Escaudœuvres. *Elé.* 8 *Août*, 84.

— Exposition de Saint-Louis. *Ie.* 10 *Août*, 352.

— Dépense de charbon (Mac Laren). *E.* 7 *Août*, 200.

**Télégraphie** sans fils (Fleiming) *SA.* 24-31 *Juillet*, 709-731, 7-14 *Août* 749-770. Cohéreurs à goutte de mercure Tommasina. *EE.* 8 *Août*, 223.

— Aux Antilles. *La.* 8 *Août*, 151.

— Imprimeur octuplex Rowland. *Ie.* 25 *Juillet*, 325.

*Transformateurs*. Épaisseur à donner aux tôles (Kamps). *EE.* 15 *Août*, 261.

## HYDRAULIQUE

*Captation des eaux souterraines* de la forêt de Haye. *Bam Juillet*, 775.

*Filtres* Desrumaux. *Rt.* 25 *Juillet.* 473.

— Régulateur de filtration. Lloyd et Dunlop. *Cc.* 1er *Août*, 220.

**Pompes** centrifuges commandées par turbines à vapeur (Goodman). *E.* 17 *Juillet.* 86.

— Hydrauliques à hautes pressions. *E'.* 17 *Juillet*, 71.

— à Membrane Taupenot, pour l'absorption des poussières. *Ri.* 25 *Juillet*, 71.

— à émulsion d'air (Maxwell). *E'.* 14 *Août*, 173.

— Tour à eau Grunter. *La.* 8 *Août*, 160.

**Turbines**. Force motrice du Rhin à Niffer. *SiM. Mai*, 184. *Rc.* 15 *Août*, 328. des Alpes. *VDi.* 11 *Juillet.* 1002.

— Francis théorie (Adam). *Dp.* 18 *Juillet.* 449. Lahmeyer. *VDi.* 1er *Août*, 1109.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Turbines**. Usine électrique de Covedy Falls. *Gc.* 25 *Juillet*. 198.
— Niagara Canadien. *E'.* 7 *Août*, 136.

## MARINE, NAVIGATION

*Bassin de radoub* de Kobe (Japon). *E.* 24 *Juillet*. 113.
*Bateau charbonnier* à chargement rapide pour navires de guerre (d'Eyncourt). *E.* 17 *Juillet*, 104.
*Boussole moderne*. Son invention (Chaboseau). *Rs.* 1er *Août*, 139.
*Canots à pétrole* (Bochet). *Ic. Juin*, 877.
— Napier. *E'.* 14 *Août*, 170.
**Constructions navales**. Coques à trous de rivure précis. *E'* 24 *Juillet*, 84.
— Laboratoire de recherches des États-Unis. *E.* 14 *Août*, 221.
— Congrès de navigation de Dusseldorf. *APC.* 1903 (1).
*Docks flottants*. Progrès des (Schultz). *EM. Août*, 673.
— de Durban. *E.* 14 août, 172.
**Machine marine**. Au pétrole Griffin. *E.* 24 *Juillet*, 227.
— Turbines. Paquebot *Queen*. *Cc.* 1er *Août*, 209.
**Marines de guerre**. Anglaise, croiseur *Donegal*. *E'.* 24 *Juillet*, 100. Cuirassé *Édouard VII*. *E'.* 31 *Juillet*, 116.
— Américaine. Rapport du directeur de l'artillerie et du matériel. *Rmc. Juin*, 1405.
— Navires marchands et de guerre. *E'.* 14 *Août*, 169.
— Cuirassés. Propulsion des (Quick) *E'.* 17 *Juillet*, 71.
— Les blindages. Attaque des. *E'.* 17 *Juillet*, 57. Essais de plaques cémentées (Baclé) *Gc.* 15 *Août*, 247.
*Naufrages*. Moyens de défense. *Ef.* 8 *Août*, 197.
*Paquebot* à roues *Stadt Mersburg*. *VDI.* 18 *Juillet*, 1025.
— *Kaiser Wilhelm II*. *VDI.* 1er *Août*, 1093-1137. *E.* 31 *Juillet*, 143. 7 *Août*, 193.
*Phare* de Beachy Head. *Ln.* 25 *Juillet*, 113.
**Ports** de Belfast. *E.* 17 *Juillet*, 99, de Dakar, *Gc.* 15 *Août*, 241.
— Saïgon. *Rmc. Juin*, 1377.
— de l'Inde (Bell). *SA.* 17 *Juillet*, 702.
*Rivages*. Conservation des (Winn). *E.* 24 *Juillet*, 129.
*Sauvetage*. Bateau à vapeur *Thornycroft*. *E.* 14 *Août*, 212.
*Touage* au canal du Nivernais. *APC.* 1903 (1). 368.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

*Accouplement de sûreté*. Lindquist. *E.* 7 *Août*, 195.
*Aérostation*. Ballon Zeppelin. *Gc.* 8 *Août*, 227.
*Arbres*. Dimensions des brides. *AMa.* 1er *Août*, 1014.
*Calculographe*. *Elé.* 18 *Juillet*, 35.
**Chaudières** modernes. *Dp.* 18-15 *Août*, 485, 501, 514.
— à tubes d'eau Praest et Nielsen. *Ri.* 18 *Juillet*, 285.
— Lancashire Holden. *E'.* 17 *Juillet*, 73.
— Explosion de Chester St. *E.* 14 *Août*, 230.
— Tuyauteries à l'exposition de Dusseldorf. *VDI.* 15 *Août*, 1171.
— Circulation : dispositifs de (Montupet). *IC. Juin*, 832.
— Foyers à pétrole (Williston). *EM. Août*, 721.
— Isolants. Essais (Bolau et Grieve). *E.* 7 *Août*, 171.
— Surchauffe. Étude de la (Perot). *Cli.* 20 *Juillet*, 173. État actuel (Bernard). *Gc.* 25 *Juillet*, 199. Surchauffeurs divers. *SuE.* 1er *Août*, 872. Cruse. *E.* 14 *Août*, 217.
*Embrayages* Fuller. *Pm. Juillet*, 112.
— Hele Shaw. *E.* 31 *Juillet*, 163.
— Électriques (Euverte). *RM. Juillet*, 17.
*Engrenages*. Taille des (Combs). *AMa.* 1-8-15 *Août*, 1012, 1042, 1078.
*Filetage*. Étalon de (Aubaille). *Bam. Juillet*, 807.
*Froid*. Historique de l'industrie du, à Munich (Linde). *VDI.* 25 *Juillet*, 1071.
**Graissage** des cylindres (Wells). *E'.* 17-31 *Juillet*, 55, 109. 7-14 *Août*, 132, 155.
— Distributeur d'huile Resacher et Hébert. *Ri.* 1er *Août*, 303.
**Levage**. Palan Mork. *E.* 17 *Juillet*, 85.
— Grues électriques. *ZOI.* 17 *Juillet*, 389.
— Roulantes. Société alsacienne. *E'.* 24 *Juin*, 89.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Levage.** Grues du quai de l'Amirauté à Douvres. *E'.* 17 *Juillet*, 56.
— Manutention du coke dans les mines à gaz. *E.* 17 *Juillet*, 74.
— Appareils Hunt, *Ri.* 18 *Juillet*, 285.
— Ascenseurs électriques Edoux. *Ri.* 8 *Août*, 313.
— Vérins pneumatiques. *Pm. Août*, 114.
— Pont roulant électrique Musker de 5 tonnes. *E'.* 14 *Août*, 161.
**Machines-outils** américaines. *VDI.* 11-25 *Juillet*, 1008, 1076.
— Ateliers de Pencoyd. *AMa.* 11 *Juillet*, 897, d'électricité de la Société alsacienne. *E'.* 31 *Juillet*, 116.
— Travail à la pièce nouveau (Yorx). *EM. Août*, 699.
— Commandées par l'électricité (Williamson). *RM. Juillet*, 49.
— Alésoir Ward. *E.* 7 *Août*, 184.
— Calibres pour vis. *AMa.* 11 *Juillet*, 904.
— Comparateurs Bariquand (Galassini). *RM. Juillet*, 27.
— Fraiseuses. Vitesse de fraisage. *E'.* 17 *Juillet*, 72.
— — Strauss. *VDI.* 1er *Août*, 1106.
— — Raboteuse Newton. *AMa.* 1er *Août*, 1038.
— — Hulse. *E.* 7 *Août*, 170.
— Petit outillage américain. *VDI.* 13 *Août*, 1177.
— Meulage (le) (Horner). *E.* 24 *Juillet*, 110. 7 *Août*, 173. Vitesse des meules. *E.* 14 *Août*, 223. Travail des (Hess). *AMa.* 15 *Août*, 1073.
— Presse à découper les rondelles. *AMa.* 8 *Août*, 1058.
— Outils à grande vitesse (Suplee). *E.* 31 *Juillet*, 146.
— Tours rapides Tangye. *E'.* 26 *Juillet*, 97.
— Perceuses de précision multiple. *AMa.* 11 *Juillet*, 910. Radiale Roos et Mill. *AMa.* 1er *Août*, 1036.
— Raboteuse Hartmann. *VDI.* 18 *Juillet*, 1057.
— Tour. Vitesses des. *E'.* 15 *Juillet*, 67. Vertical. Niles. *E.* 14 *Août*, 217.
— — à rectifier les essieux montés. *Gc.* 1er *Août*, 221.
— Taille des pignons. Machines diverses. *AMa.* 15 *Août*, 1078. Machine Eberhardt. *RM. Juillet*, 55. à la fraise. *AMa.* 15 *Août*, 1085.
**Moteurs à vapeur.** Théorie des (Smith). *E'.* 24-31 *Juillet*, 81, 107. 7-14 *Août*, 131. 153. Avenir. *E.* 31 *Juillet*, 153.
— Stéréographie des cycles. *RM. Juillet*, 62.
— Goodfellow. Williams. *RM. Juillet*, 70. Lefèvre. *Ri.* 8 *Août*, 314. Fowler. *E'.* 14 *Août*, 160.
— Stuffing Box Proell. *VDI.* 18 *Juillet*, 1049. *E.* 24 *Juillet*, 130.
— Surchauffe (Progrès de la). *SuE.* 15 *Juillet*, 809.
— Enveloppe de vapeur Hieks. *RM. Juillet*, 85.
— Turbines (Abraham). *Rt.* 10-25 *Juillet*, 410, 448. Rateau. *E.* 17 *Juillet*, 105. Parsons (Essais de). *Ru. Juillet*, 33. *RM. Juillet*, 63-69. Lindmark, Veichelt, Curtis (*id.*), 66.
— Condenseurs centraux. *Dp.* 18-25 *Juillet*, 450, 467, pour stations électriques (Summerfield). *E.* 17-31 *Juillet*, 73, 141. Penett, Snyder Thomas et Marsland, Lindsay, Tomlinson, Aller. *RM. Juillet*, 72.
— Pompes à air Edwards. *Ri.* 1er *Août*, 301. Davey Paxmann. *RM. Juillet*, 77.
— Distributions Rickie et Mac Intosch. Eastwood, Paxman et King. Kunast. *RM. Juillet*, 78. Reynolds Corliss. *Pm. Août*, 118.
— Regulateurs Pain et Morcom, Weyher, et Richmond, Browett et Lindley, Robinson. *RM. Juillet*, 82. Williams (*id.*) 72.
— **à gaz.** Théorie Schreber. *Dp.* 18 *Juillet*, 454.
— à gaz de hauts fournaux (Kirchoff). *Fi. Août*, 81. Deutz. *RM. Juillet*, 89.
— Allumage. *Ri.* 17-25 *Juillet*, 287, 208. 15 *Août*, 323. *Lo.* 18 *Juillet*, 459. Bellamy, Tangye et Robson, Lanchester. *RM. Juillet*, 85.
— Graissage Panhard à Levassor. *RM. Juillet*, 87.
— à deux temps Radovanovic. *RM. Juillet*, 89.
— pour la commande des dynamos (*id.*), 90.
— Réglages Milson. Appleton (*id.*), 92.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Moteurs à gaz**. Soupapes Arnold. Winterthur (*id.*), 93.
— Gazogènes. Dowson, Riché, Streche Oswald et Bowman, Lemoine, Duff, Crosley et Regby, Viarme, Taylor, (*id.*), 8 *Août*, 93. Pierson. *EE. Août*, 201.
— Soupapes d'admission commandées (Arnoux). *Lo.* 14 *Juillet*, 449.
— **à pétrole**. Diagrammes (Mathot). *Lo.* 16 *Juillet*, 457.
— — Diesel (Clark). *E.* 31 *Juillet*, 165.
— — Weller, Ostergreen. *RM. Juillet*, 102, 108.
— *à alcool. E'.* 24 *Juillet*, 805. 7 *Août*, 143. 7 *Août*, 196.
— — La carburation (Sorel). *RM. Juillet*, 405.
*Réducteur de vitesse*. Ereky. *ZOI.* 24 *Juillet*, 405.
*Résistance des matériaux*. Élongimètre Summers. *Gc.* 25 *Juillet*, 205.
— Essais au choc, méthode Chartiée. *Pm. Juillet*, 106.
*Ressorts*. Acier pour (Metcalf). *AMa.* 8 *Août*, 1044.
*Roulements sur billes* (Stude). *Dp.* 18-25 *Juillet*, 459, 473.
— (Calcul des). *AMa.* 1er *Août*, 1022.
*Vis sans fin. E'.* 24 *Juillet*, 93.

## MÉTALLURGIE

*Alliages*. Pour coussinets (Clamer) *Fi Juillet*, 49
— Effets des températures de coulée (Longmuir). *E.* 14 *Aout*, 231.
— Introduction à l'étude des (Howe). *EM.* 1er *Août* 647
*Aluminium*. A l'exposition de Dusseldorf. *Elé.* 18 *Juillet*, 40.
— Productions et emplois. *Ef.* 25 *Juillet*, 121.
*Antimoine*. *Eam.* 4 *Juillet*, 24.
*Argent*. Cyanuration. *Eam* 18 *Juillet*, 91. Perte dans le grillage des blendes (Sander). *CN.* 14 *Août*, 75.
*Coke*. Fours à l'exposition de Dusseldorf. *VDI.* 8 *Aout*, 11 50.
— Innovations. *PM. Août*, 126
**Cuivre**. Métallurgie des minerais de. *Eam.* 4 *juillet*, 4.
**Cuivre**. Fonte au réverbère. *Eam.* 1er *Août*, 164.
— Gris. à Brohm. Hill. *Eam.* 9 *Août*. 194.
*Électrométallurgie* au chlore. *E.* 31 *Juillet* 235. *CN*, 14 *Août*, 73.
**Fer et acier**. Cémentation par le silicium. (Shead). *E.* 17 *Juillet*, 106.
— Aciers au nickel. Théorie (Guillaume). *Rgds.* 15 *Juillet*, 705. 764.
— Aciers Thomas. *PM. Juillet*, 103
— Action de l'oxyde de carbone sur le fer et ses oxydes (Charpy). *CR.* 13 *Juillet*, 120
— Vieillissement des tôles (Stern). *DD.* 15 *Août*, 253
— Aciéries. Situation aux État-Unis. *E.* 24 *Juillet*, 123. Krupp en 1901-1902. *E'.* 24 *Juillet*, 87.
— Fours. Chargements électriques. *SuE.* 15 *Juillet*, 29.
— Hauts fourneaux. Réactions de températures (Allen). *Ru.* 24 *Juillet*, 84. Explosions. *SuE.* 15 *Août*, 922.
— Machines soufflantes Richardson de 3 000 chevaux. *E'.* 24 *Juillet*, 87.
*Laminoir universel*. Sack *SuE.* 15 *Août*, 930.
*Four à réverbère*, expérimental. *Eam.* 18 *Juillet*, 88.
— Vannes de ren versement Fischer. *SuE.* 1 *Août* 890.
*Fourneaux provisoires*. *Eam.* 11 *Juillet*, 49 85
*Grillage*. Procédés récents. *Eam.* 25 *Juillet*, 123.
**Or**. Dosage du cyanure dans les dissolutions cyanurées (Clennel). *Eam.* 4 *Juillet*, 13.
— Cyanurations des minerais sulfo-tellurés (Argall). *Eam.* 11 *Juillet*, 53.
— Traitement des minerais sulfo-tellurés à Kalgoorlie *Id.* 1er *Aout*, 136.
*Thermite*, Soudure à la. *SuE.* 15 *Août* 925.
*Zinc*. En Silésie. *Eam.* 25 *Juillet*, 120.

## MINES

*Argiles*. La Bentonite. *Eam.* 11 *Juillet*, 49.
*Carrières de granit*. Machinerie Richards. *E'.* 7 *Août*, 146.
*Chrome et ses minerais en* 1902. *Eam.* 11 *Juillet*, 55.
*Cuivre*. Mines de Rossland, Colombie britannique. *Eam.* 8 *Août*, 198.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Électricité.* Application dans les mines d'Europe (Guarini). *EN, Août,* 657.

*District des montagnes de S. Juan.* (Colorado). *Eam.* 4, 11, 18, 25, *Juillet,* 10, 45, 83, 118, 1 *Août,* 155. De Turtle Mountain, (Canada). *id.* 10.

**Extraction.** Machines à l'Exposition de 1900 (Duchamps). *Ru. Juillet,* 1.

— Application des régulateurs à force centrifuge aux machines d'extraction à détente variable (François). (*id.*), 35.

— *Évite-Mollettes* (les) (Kuss). *AM,* Mai 479.

*Haveuses* mécaniques dans les houillères anglaises (Rosset). *Gc.* 18 *Juillet,* 182. (Defline). *Ri.* 1 *Août,* 309.

*Houille* dans l'Ohio. *Eam.* 11 *Juillet,* 51. Gisements du monde. *Ef.* 1, 15 *Août,* 157, 227.

*Embouage* comme méthode de remplissage (Schmerber). *Gc.* 8 *Août* 232.

*Lampes de sûreté* (Foster). *Fi. Août,* 81.

*Magnésite* (la). *Eam.* 11 *Juillet,* 55.

*Mexique.* District de Santa Eulalia. *Eam.* 1er *Août,* 158; de Yari (Sonora) *id.* 160.

**Or.** Production du Transvaal. *Eam.* 11, 25 *Juillet.* 121. « Les deep levels ». *Eam.* 18 *Juillet,* 84.

— Cripple Creek. *Eam.* 18 *Juillet,* 86. Kalgoorlie. *Eam.* 1 *Août,* 155.

— Dépôt de Mother Lode. Californie. *Eam.* 25 *Juillet* 125.

*Pétrole à* Barbouisville (Kentucky). *Eam.* 4 *Juillet,* 12.

— Perforation électrique de la Cie électrique de Nancy. *Gc.* 8 *Août,* 236.

*Patagonie.* Terrains tertiaires (Tournouer). *CR.* 3 *Août* 348.

*Rhodesia.* Mines de. *Eam.* 5 *Août,* 192.

*Roulage.* Emploi de l'air comprimé dans les houillères. *Eam.* 4 *Juillet,* 17.

*Ségrégation* et dépôts de minerais (Spire). *Eam.* 11 *Juillet,* 54.

*Soude.* Dépôts d'Égypte, *Cs.* 15 *Juillet.* 785.

*Sources thermales* (les) (Suess). *Eam.* 4, 11 *Juillet,* 8, 52.

*Tourbes.* Fabrication mécanique des briquettes Marcotte et Karlson. *Ri.* 25 *Juillet,* 294.

*Zinc* (Mines de). *Eam.* 4 *Juillet,* 15.

---

*Le Gérant :* Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

102e ANNÉE. SEPTEMBRE 1903.

# BULLETIN

DE

# LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

## POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

## ARTS CHIMIQUES

FABRICATION MÉCANIQUE DES BOUTEILLES, par **M. L. Appert**, *membre du Conseil* (1).

Au cours de ces dernières années, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, par l'organe de son Comité des Arts chimiques, a eu à s'occuper des nombreuses tentatives faites dans le but de substituer au procédé de travail du verre, seul employé jusqu'ici pour la fabrication des bouteilles destinées à l'emmagasinement et à la conservation des vins et des eaux naturelles, un procédé mécanique plus économique, en même temps que plus en rapport avec les besoins de l'hygiène industrielle moderne. Un seul, parmi les procédés proposés, a paru, jusqu'ici, pouvoir donner des résultats répondant pratiquement à ces données et à ces besoins ; le Conseil de la Société, sollicité de donner son appréciation sur la valeur de ce procédé, en a confié l'examen à l'un des membres de son Conseil, M. Léon Appert, et l'a chargé, à cet effet, d'en faire un rapport.

Ce rapport, après avoir été approuvé en séance, a été publié au *Bulletin* de la Société, et a paru dans le numéro du mois de mai de l'année 1901.

La conférence faite aujourd'hui n'est, en majeure partie, que la reproduction de ce rapport, que tout en le paraphrasant elle a eu pour but de compléter par de nouveaux renseignements qu'il a paru intéressant de faire connaître, et qui y ont été ajoutés dans ce but.

Tout le monde connaît le procédé employé pour la fabrication des objets et pièces de verrerie d'usage courant et connu sous le nom de procédé du *souf-*

(1) Conférence du 22 mai 1901.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*flage*; cette opération a pour but de produire leur développement et, souvent, d'en opérer la terminaison à l'aide d'une insufflation qu'exécute l'ouvrier lui-même en utilisant son appareil respiratoire, merveilleusement organisé pour cela, et en appliquant à cet effet ses lèvres à l'une des extrémités d'un long tube creux en fer appelé *canne*, dont l'autre, préalablement chauffée, est garnie de verre fondu à l'état de malléabilité nécessaire pour être façonné. Ce procédé, connu depuis la plus haute antiquité, n'a pas subi de modifications sensibles, et il subsiste encore dans les verreries tel quel pour la fabrication des bouteilles, aussi bien que pour toute les pièces de verrerie soufflées.

Depuis fort longtemps, on avait cherché à remédier aux inconvénients qu'entraîne cette opération, inconvénients dont on se rend facilement compte, et qui peuvent entraîner certaines maladies spécifiques susceptibles d'occasionner des désordres graves de l'organisme, sans parler des dangers de contamination et de la propagation, toujours à craindre, de maladies transmissibles parmi ceux qui le pratiquent.

Le plus ancien des appareils qui aient été proposés dans ce but est dû à un verrier de la cristallerie de Baccarat, nommé Robinet; il consiste en un tube métallique dans lequel peut se mouvoir un piston qu'un ressort placé en arrière ramène de lui-même dans sa position primitive, une fois la compression de l'air produite dans la canne, par un mouvement violent qui lui a été imprimé après qu'elle en a été préalablement coiffée.

Depuis l'époque où cet appareil fort simple et très ingénieux a été inventé, aucune modification sérieuse n'y a été apportée, et il rend encore de réels services dans les verreries, et cristalleries. L'Académie des Sciences en avait récompensé l'auteur, en lui accordant un prix de 10000 francs.

M. Bontemps, directeur de la verrerie de Choisy-le-Roi, avait lui-même, à peu près vers la même époque, cherché à soulager les ouvriers appelés à souffler les manchons ou canons utilisés pour la fabrication du verre plan, ou verre à vitre, en ajustant au bout de la canne que tient l'ouvrier, par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc souple et au moment de l'allongement du manchon, un soufflet de grande dimension analogue à ceux employés dans les abattoirs pour le dépeçage des animaux de boucherie. Ce procédé n'était que d'une portée très limitée, par la spécialisation même qui pouvait en être faite; aussi ces tentatives n'eurent-elles aucune suite dans l'établissement même où elles avaient été primitivement faites.

En 1878, M. Damour, directeur de la verrerie de Folembray, a imaginé pour la fabrication des bouteilles un appareil de soufflage également fort ingénieux, et consistant en une sorte de buse conique formée d'une matière souple qui, rien qu'en s'adaptant sur la canne quand la dernière préparation de la bouteille avant sa terminaison, et qu'en cet état on dénomme la *paraison,* était

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

posée dans le moule, ouvrait une soupape, et laissait affluer dans la canne l'air nécessaire au soufflage de la bouteille, en en opérant le gonflement d'une façon pour ainsi dire automatique.

Le soulagement qu'en éprouvaient les ouvriers était très appréciable; néanmoins, l'inventeur avait toujours éprouvé de la part des ouvriers une résistance à s'en servir qui l'a fait abandonner, et en a rendu, en tout cas, l'emploi très limité même à la verrerie de Folembray.

MM. Appert frères, de Clichy, ont été appelés à s'occuper eux-mêmes de cette question, et ils ont mis en pratique un système de soufflage du verre d'application générale pouvant être employé pour la fabrication de toute espèce de pièces de verrerie soufflées, quelles qu'en soient la forme et les dimensions, même les plus considérables; ce système, qui est en mesure de répondre à tous les besoins de cette fabrication à l'aide d'appareils spéciaux disposés suivant la nature de chacun d'eux, a rendu de véritables services; il a le défaut d'être un peu coûteux d'installation; aussi son emploi ne s'en est-il répandu que lentement, et l'application n'en a été faite que dans quelques grands établissements en France et à l'étranger. Ce procédé de soufflage, comme celui de M. Damour, et quelle qu'en soit la valeur, ne fait que rendre le travail de l'ouvrier plus facile, moins fatigant et plus salubre, mais il exige toujours l'emploi d'une main-d'œuvre exercée, et ne pare ainsi qu'en partie aux inconvénients dont il a été parlé, tout en répondant cependant aux besoins de l'hygiène industrielle bien entendue.

Pour la fabrication des bouteilles en particulier, il n'a pu être employé efficacement et, cependant, le travail auquel est astreint l'ouvrier en bouteilles est le plus pénible et le moins hygiénique de tous ceux que comporte l'industrie du verre; cet ouvrier est en effet exposé d'une façon permanente par son voisinage obligé des fours de fusion à l'action de leur rayonnement toujours intense, il doit de plus fabriquer, avec une grande rapidité, un nombre considérable de bouteilles (généralement plus de 80 à l'heure, c'est-à-dire plus d'une bouteille à la minute), et par le poids même de cette bouteille, de 700 grammes moyennement, auquel vient s'ajouter et le poids du verre inutilisé, et celui de la canne, il est obligé d'une façon permanente à un effort musculaire considérable, qu'il doit exercer pendant une durée de 8 heures, qui est celle de la journée de travail, dans les conditions les plus défavorables.

Il est vrai que, en échange, les ouvriers bouteillers sont, payés un prix élevé, qui atteint 12 francs par jour en moyenne, mais le surmenage auquel ils sont soumis ne leur permet pas de pratiquer longtemps ce métier pénible entre tous et à 35 ou 40 ans, n'étant plus en état de gagner leur vie, ils sont obligés de l'abandonner.

On s'explique qu'en raison de cette situation, en même temps que par suite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des difficultés qu'on éprouve dans le recrutement de ces ouvriers et dans leur direction, on ait cherché à remplacer ce mode de fabrication peu en rapport avec nos mœurs industrielles modernes par un procédé mécanique susceptible d'éviter une grande partie de ces inconvénients et de ces difficultés.

L'importance de la fabrication des bouteilles en France explique en même temps l'intérêt qu'une semblable question présente; cette fabrication qui ne fait que s'accroître ne représente pas, en ce moment, pour la France seule, moins de 60 millions de francs comme valeur commerciale. Il en est de même en Angleterre, où la fabrication des bouteilles dites à soda est d'une importance également très grande, ce qui s'explique par l'expansion qui s'en fait dans le monde entier, comme on sait.

Aux États-Unis on fabrique également beaucoup de bouteilles soit pour la conservation des vins, soit comme bouteilles à soda; on y produit en même temps des quantités très considérables de flacons et de bocaux de toutes formes et dimensions dont le mode de fabrication se rapproche de celui des bouteilles :

Dans ces deux derniers pays la question économique a primé la question d'hygiène; le public, lui-même, s'est facilement intéressé aux tentatives qui y ont été faites tout d'abord surtout en vue d'une production plus facile et moins coûteuse qui permît de s'affranchir des exigences d'une main-d'œuvre d'un recrutement difficile par sa rareté même.

Pour donner une idée de la façon dont cette question avait été envisagée en Angleterre, il paraîtra peut-être intéressant de rappeler la singulière aventure de cet inventeur, M. Howard Ashley, mécanicien de la petite ville de Penybridge, dans le Yorkshire, qui, croyant avoir trouvé un procédé de fabrication mécanique répondant aux besoins de la production de ces bouteilles à soda, avait su, grâce à l'appui de financiers entreprenants et adroits, obtenir pour développer son invention, l'énorme somme de 15 millions de francs (600 000 livres sterling) par une souscription publique couverte en quelques jours, dans les circonstances suivantes. Au mois de février 1888, la London and Westminster Bank, dans des annonces sensationnelles, appelait sur cette invention l'attention du public; ses résultats merveilleux ne devaient en effet amener rien moins que la transformation, à bref délai, de toute cette industrie en même temps que la réalisation de bénéfices considérables qui devaient représenter annuellement plus de 10 millions de francs, soit les deux tiers du capital engagé. Malheureusement l'inventeur n'avait jamais fait que des essais ayant donné en effet des bouteilles, mais toujours plus ou moins imparfaites, mis en demeure d'entreprendre une fabrication industrielle, il ne pouvait arriver aux résultats promis et attendus; les quelques bouteilles qu'il était parvenu à produire étaient difficilement vendables par suite de leur imperfection et de leurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

défauts et la casse au cours de la fabrication était des 4/5 de leur production. Après une série de procès intentés par les actionnaires déçus, les promoteurs

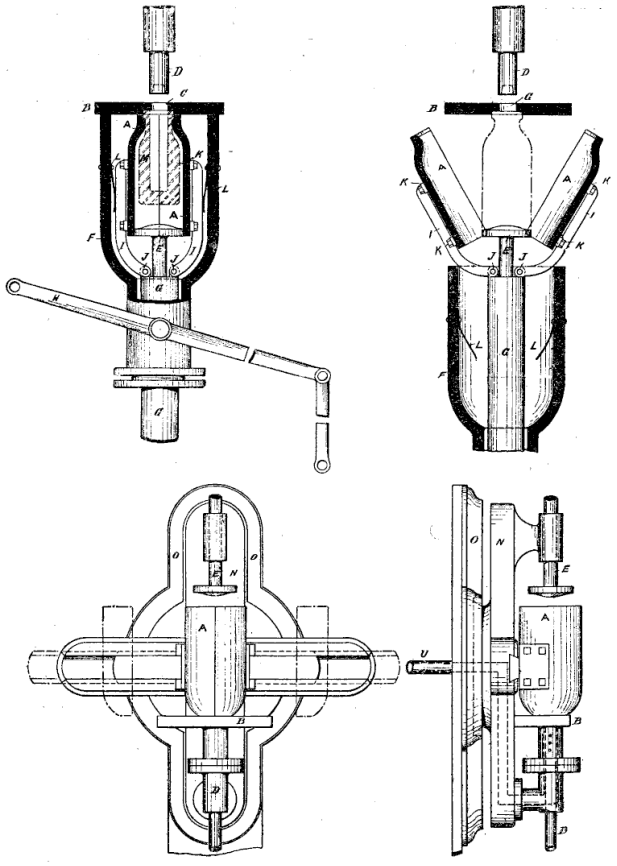


Fig. 1. — Machine *Ashley* de 1886.

A, moule en deux pièces, fermé par un couvercle B, avec trou C, pour le passage du poinçon D, et, au bas, par le fond E. La masse de verre, introduite par ce fond puis refoulée dans le moule, y est soumise à la pression du poinçon, qui y fait le creux M; on fait ensuite le vide dans le récipient F, par son tuyau C, de sorte que la pression atmosphérique admise par C colle le verre sur les parois du moule. En abaissant le levier H et F, les ressorts LL lâchent le moule, qui s'ouvre en pivotant en JJ avec ses attaches IK. On peut, au lieu de faire le vide, refouler de l'air par U au travers du poinçon D, comme on le voit au bas de la figure.

de l'affaire en étaient réduits à restituer, avec beaucoup de peine, l'argent qui leur avait été si libéralement confié.

Cet échec retentissant eut pour résultat de retarder de quelque temps l'étude de nouveaux procédés de fabrication mécanique; il avait semblé démontrer en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

effet, même pour les spécialistes de cette industrie, que l'emploi d'un procédé mécanique était irréalisable pour cette fabrication en particulier.

C'est aux États-Unis que la question devait être reprise la première et la raison en est facile à saisir, la question économique y ayant encore plus d'importance, s'il est possible, par suite du prix excessif de la main-d'œuvre, encore plus élevé qu'en Angleterre. On s'attachait en même temps à la recherche de procédés à grande production; mais au lieu des bouteilles à vin, dont la fabrication, par leur forme à col étroit et long, présente des difficultés dont on s'était rapidement rendu compte, on chercha à obtenir des pièces à large ouverture

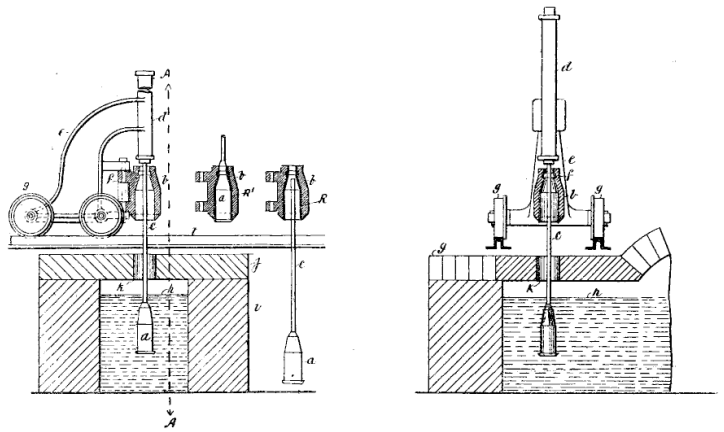


Fig. 2. — Machine *Adams* de 1888.

Le moule *b*, en deux pièces, à charnière *f*, monté sur chariot *eg*, est au-dessus d'un four *ijk*, dans lequel le moyeu accueille le verre nécessaire à la formation d'un corps de bouteille, puis, tiré en D par sa tige *c*, applique ce verre sur les parois du moule, comme on le voit à droite de la figure; le moyeu *a* est ensuite descendu et retiré, et le moule est amené au-dessus d'un autre four, où un appareil analogue lui applique le fond de la bouteille.

telles que des gobelets, des cheminées, des bocaux, pensant que ce genre de pièces étant une fois fabriquées mécaniquement, on pourrait facilement obtenir, par les mêmes moyens ou des moyens analogues, des bouteilles et toutes pièces devant être bouchées d'une façon hermétique telles que des flacons. Il n'en a rien été et les inventeurs qui, par de très ingénieuses combinaisons, étaient arrivés à faire ce genre de pièces n'ont pu parvenir à faire des bouteilles ou toute autre espèce de pièces analogues caractérisées par leur faible ouverture, jusqu'ici, tout au moins.

Le rapporteur a cru devoir rappeler les noms de quelques-uns de ces inventeurs en cherchant à montrer, par des vues schématiques, le principe sur lequel ils se sont appuyés :

Le plus connu de ces inventeurs est certainement M. Ashley dont il a été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

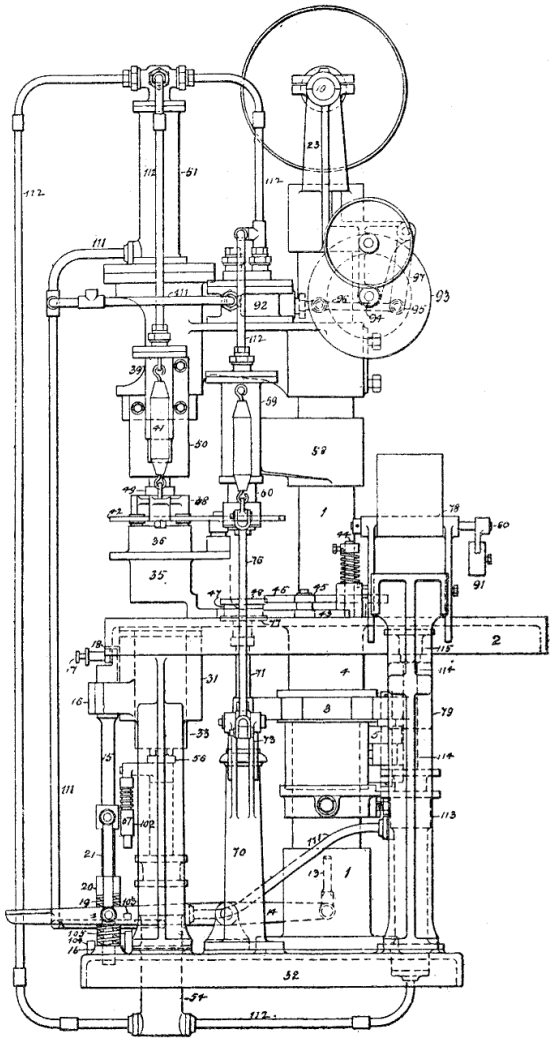


Fig. 3. — Machine *Rylands* et *Emmet*, vue par bout.

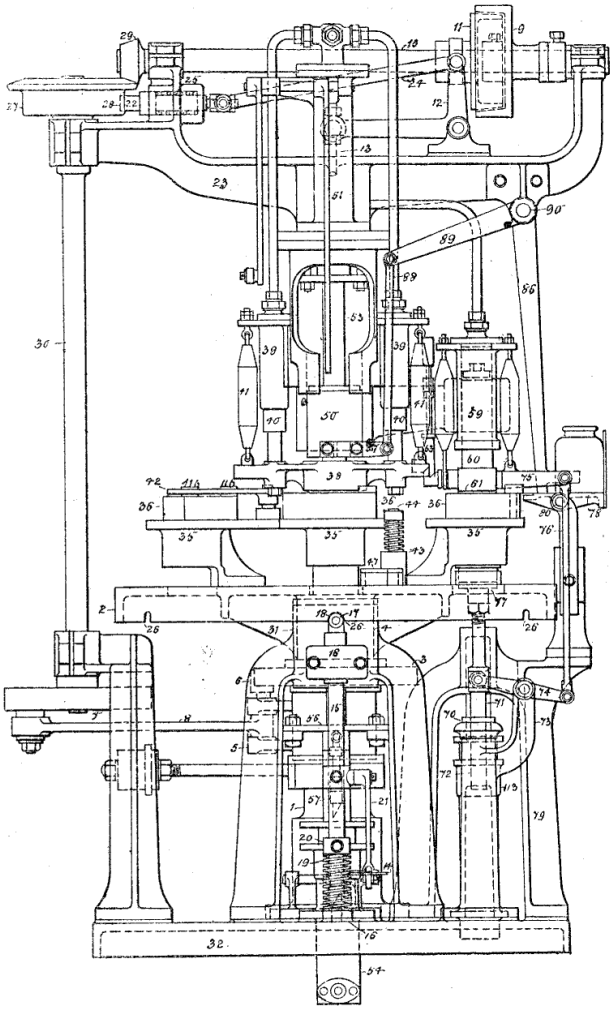


Fig. 3 *bis*. — Machine *Rylands* et *Emmet*, élévation.

2, table recevant un mouvement de rotation discontinu autour de la colonne 1 par le rochet 3, que commande le renvoi 5, 6, 7, 8, 30, 27, 29, 10, actionné, de la poulie 9, par la friction 11. Quand on abaisse la pédale 14, elle retire, par 15, 16, 17, le cliquet 18 de la table 2, et par 13, 12, 24, celui 22 de la roue 27, en même temps qu'elle serre, par 12, le cône de friction 11 dans ma poulie 9, de sorte que la table 2 se met à tourner jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau enclanchée par le cliquet 18, en même temps que 27 par 22, après exactement un demi-tour de 27, et avoir ainsi amené un moule 35 en position, avec son contre-moule 36, pour y verser la masse de verre, après quoi, la came 93 de l'arbre 94 commande. par le renvoi 97, 95, 96, le distributeur d'air comprimé 92 de manière à admettre cet air en 39, sur les pistons 40, qui appuient sur 36 le couvercle à charnière 38; puis cette même came fait descendre, sous la pression de l'air admis par 112, le piston 53 du cylindre 51, qui enfonce dans le moule le poinçon 50. Le piston 53 remonte alors, en laissant la bouteille suspendue à 36 par son collet, avec le fond du moule aussi retiré par son collet, et cette dernière descente abaisse par le toc 57, la pédale 14, puis la laisse remonter, provoquant ainsi une seconde rotation de la table. Cette rotation amène la bouteille sur un nouveau fond de moule, au-dessous du cylindre souffleur 59, à fermeture d'amiante 60, dont l'air comprimé achève d'appliquer le verre sur les parois du moule, après quoi le cylindre 59 se relève. Un troisième mouvement de la table amène alors la bouteille au déchargeur 78, d'où elle est repoussée par le renvoi 87, 88, 89, 86. Pendant ce soufflage, le fond de la bouteille est maintenu par le piston 71, que soulève le renvoi 75, 76, 74, pivoté en 73 sur la colonne 70.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parlé plus haut; seul, ou en collaboration, il a pris à diverses époques des brevets s'appliquant à des conceptions variées quelquefois assez différentes les unes des autres :

La figure 1 en représente une des premières.

La figure 2 est destinée à montrer l'idée originale mais peu pratique d'un

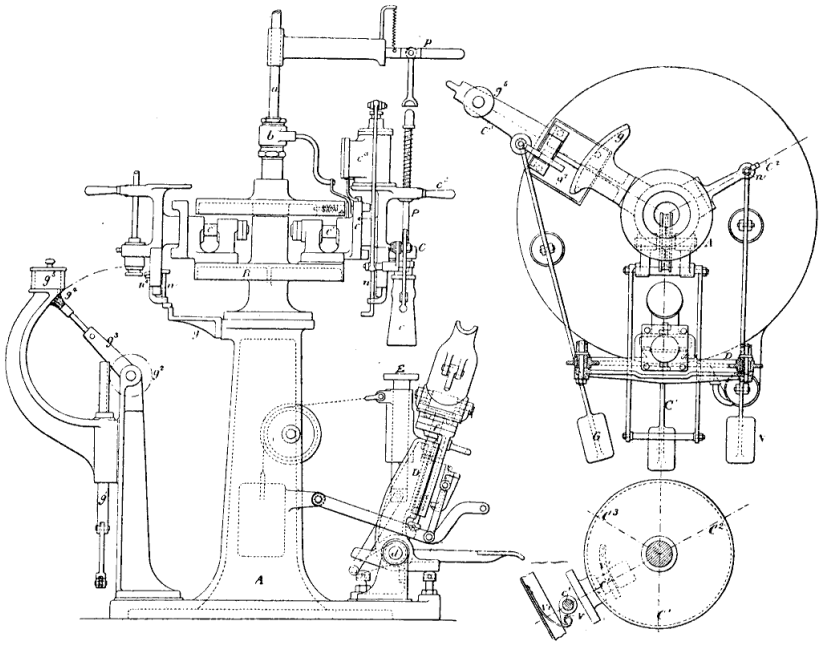


Fig. 4. — Machine *Ashley* de 1890.

Le socle A porte une table B, tournante, avec trois mouleurs C, prenant chacun successivement les positions C' C² C³; les moules *c* sont en deux pièces comme ceux de la figure 1 et fermés par un piston du cylindre $c^3$; l'air comprimé souffleur arrive par *ba*P et est distribué par le tiroir de $c^3$, commandé par le passage sur la came fixe $c^4$, de manière à enfoncer et retirer le poinçon P, puis on peut ensuite maintenir le poinçon dans le goulot de la bouteille par le levier *p*. La bouteille est ensuite transportée de C' en C², où se trouve le moule du collet que l'on ouvre par la pédale Nn et qu'on laisse ensuite se refermer sur le goulot. La bouteille est enfin transportée en C³, et, en cette position, on presse la pédale G, qui, par $g'$ $g^2$ $g^3$ fait frotter le graisseur $g^4$ sur le piston fond de moule, et avant de revenir en C', le moule est tourné de 180° autour de son axe *c'* par le ressort V' et son toc V.

M. Benjamin Adams, qui pensait pouvoir faire le corps de la bouteille en trempant dans le verre fondu un mandrin métallique sur lequel le verre devait se déposer et se solidifier ensuite.

La figure 3 représente une machine combinée par M. Dan Rylands et destinée à produire une grande quantité des bocaux ou pièces de même forme; c'est une de ces machines à production intensive dont il a été parlé : ces bocaux sont connus sous le nom de *bocaux à pickles*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 4 est la représentation d'une autre conception de M. Ashley postérieure à la première; dans cette machine l'inventeur a, pour la première fois, et le premier, semble-t-il, employé un mouvement de renversement pour faire la bouteille après en avoir moulé le col, disposition fort ingénieuse, que d'autres inventeurs ont adoptée après lui.

Aux États-Unis, MM. Beeckett, Julius Proeger, Edwin Blue se sont occupés

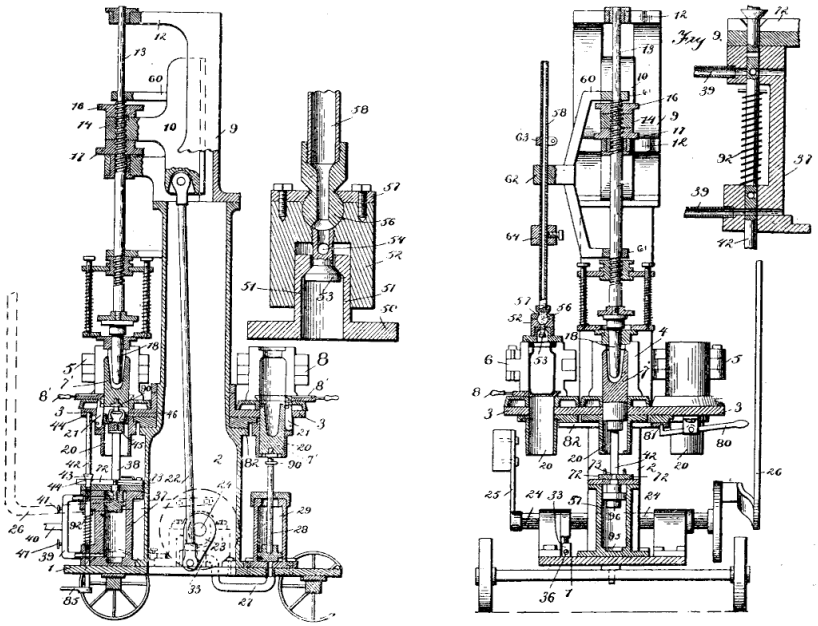


Fig. 5. — Machine *Blue* de 1897.

La colonne 2, portée par un truck 1, supporte en 82 une table 3, tournante, avec moules 4, 5, 6, 7, 8, à fonds 7' et 8', le fond 7' servant pour le pressage et 8' pour le soufflage. Le poinçon 18 est commandé, du levier 26, à contrepoids 25, par le renvoi 24, 22, 10, et la tige 13, réglable en 14, 16, 17. L'arbre 24 commande aussi, par une came la soupape 33, qui distribue l'air comprimé au cylindre 29 du piston 28 par le tuyau 27; l'air comprimé est, d'autre part, distribué au cylindre 37 par 40, 39, et la tige 42 à pédale 85. Quand on abaisse cette pédale, le coin 43 de 42 écarte la pince 72, qui lâche la tige 38, qui descend et entraîne par ses griffes 45, 46, le fond 7 saisi en 90, le bras 60 de la tige 13 guide le tube 58, 56; quand 10 remonte, avec 60, l'œillet 62 remonte 58 par 63 et ferme la soupape 53, l'air comprimé, admis par 34, ne faisant alors qu'appuyer le couvercle 50 sur le moule; quand 10 s'abaisse, pour presser le verre dans son moule, 62 ouvre, par 64, la soupape 53, et laisse l'air comprimé entrer dans le moule correspondant.

également de cette fabrication de bocaux ou flacons ; la machine Blue (fig. 5), en particulier, produit couramment dix de ces flacons à pickles d'un demi-litre par minute.

Cette machine fonctionne avec succès dans des verreries d'Angleterre et aux États-Unis depuis plusieurs années.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet inventeur avait espéré pouvoir faire des bouteilles par les mêmes procédés, procédés qui se caractérisent par une première opération de moulage à la presse qui forme le col et le haut du flacon et ultérieurement par un soufflage mécanique qui termine la pièce; il n'y est pas arrivé jusqu'ici, paraît-il.

L'Illinois Glass C°, société américaine, s'est également occupée de

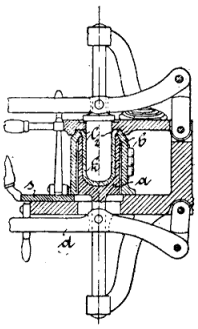


Fig. 6. — Machine *Windmill.*

cette question ainsi que M. Windmill, également Américain, dont la figure 6 donne une idée. La machine Pyle (fig. 7) est une machine à répition également, sorte de machine revolver.

La figure 8 montre l'ensemble de la machine Séverin, inventeur d'origine allemande, dont les essais faits à Aix-la-Chapelle, pour la fabrication des bouteilles avec plus ou moins de succès, ont eu un certain retentissement.

MM. Hurdt, Healy, Bridgwater ont pris plusieurs brevets successivement aux États-Unis, pour pièces ouvertes. M. Vernay, Français, a pris également plusieurs brevets en

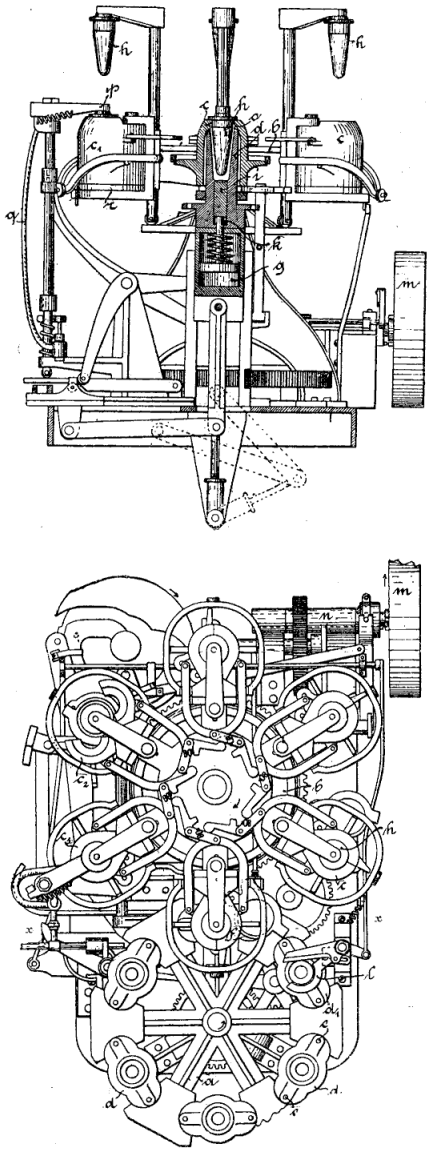


Fig. 7. — Machine *Pyle.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

France, mais pour la fabrication des bouteilles seulement, dès l'année 1893; la figure 9 donne un aperçu d'une machine formant l'objet d'un de ces brevets.

Cet inventeur avait demandé à la Société d'Encouragement qu'elle voulût bien faire examiner sa machine et en vérifier le fonctionnement; il n'a pas été possible jusqu'ici de procéder à cet examen, le rapporteur délégué à cet effet n'ayant pas été mis à même de voir cette machine, non plus que les produits qu'il annonce pouvoir fabriquer. MM. Owen et Colburn (fig. 10) se sont attachés à faire des verres de lampe, des gobelets et toutes pièces ouvertes dont la fabri-

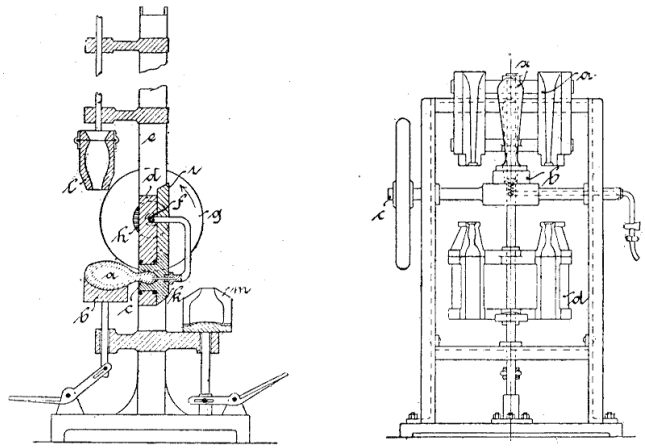


Fig. 8. — Machine *Severin*.

cation se termine ultérieurement par un coupage au gaz, comme dans la fabrication faite à la main.

M. O. Neil, Américain, est inventeur d'une machine encore plus rapide, comme production, que les précédentes, puisqu'elle permet de fabriquer vingt flacons à pickles d'un demi-litre par minute.

La machine de MM. Shirley et Johnson est également une machine pour flacons; il en est de même de celle de M. Ripley et de celle de MM. Powers et Simon. Tous ces inventeurs sont de nationalité américaine.

La figure 11 représente la machine à faire les bouteilles de M. Groté, qui est Bavarois. Il a été beaucoup parlé de cette machine dont les essais ont été faits en Allemagne. Elle ne semble pas avoir donné encore de résultats suffisamment intéressants et suffisamment certains pour qu'on ait songé à en substituer l'emploi et remplacer le procédé de fabrication ordinaire qui, en Allemagne et en Bohême, est très économique, grâce au bas prix de la main-d'œuvre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut citer encore, aux États-Unis, M. Butler, M. Good et the Whitney Glass C° qui ont pris des brevets pour cette fabrication et enfin en France, M. Claude Boucher, de Cognac, qui s'est uniquement occupé de la fabrication mécanique des bouteilles et qui, depuis l'année 1894, a pris de nombreux brevets en vue des perfectionnements à apporter à cette délicate et importante fabrication. La figure 12 donne un aperçu d'une de ses dernières machines. Les échecs qu'ont éprouvés la plupart des inventeurs qui ont cherché à produire des bouteilles par des procédés mécaniques, sont dus, le plus souvent, à une appréciation inexacte des propriétés du verre et des conditions dans lesquelles il doit être travaillé et employé.

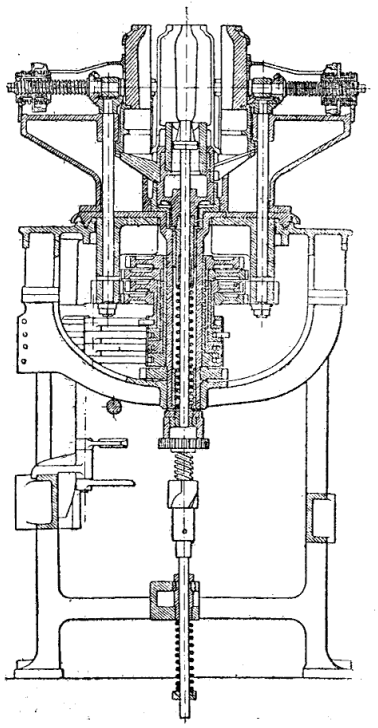


Fig. 9. — Machine *Vernay*.

De ce fait, on doit signaler l'erreur commise par quelques-uns d'entre eux en cherchant à réaliser cette fabrication d'une façon *automatique*.

Si on se rend compte en effet des différences que présente un même verre, comme malléabilité, suivant la température à laquelle il est porté; quand, d'autre part, on observe qu'il suffit d'une différence relativement faible dans les degrés de cette température pour constater des différences de malléabilité considérables, et que, au cours de la fabrication, soit au moment où on laisse écouler le verre dans le moule, soit dans le four même, soit par la façon dont il y est puisé, cette température peut se modifier, on comprend qu'il est indispensable, pour apprécier le moment où la série des opérations doit s'accomplir, que l'ouvrier chargé de cette fabrication intervienne, l'automaticité dans ce cas, comme dans toute fabrication mécanique, ne pouvant être basée que sur l'emploi d'un produit toujours le même ou toujours semblable à lui-même, ce qui n'est pas le cas pour le verre fondu prêt à être façonné, comme on le voit. — En examinant comparativement les procédés de MM. Ashley et Boucher pris pour exemples, bien peu de différences semblent exister entre eux, même pour un œil exercé; néanmoins ces différences sont, en réalité, capitales et elles suffisent pour expliquer l'échec de l'un et justifier le succès de l'autre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

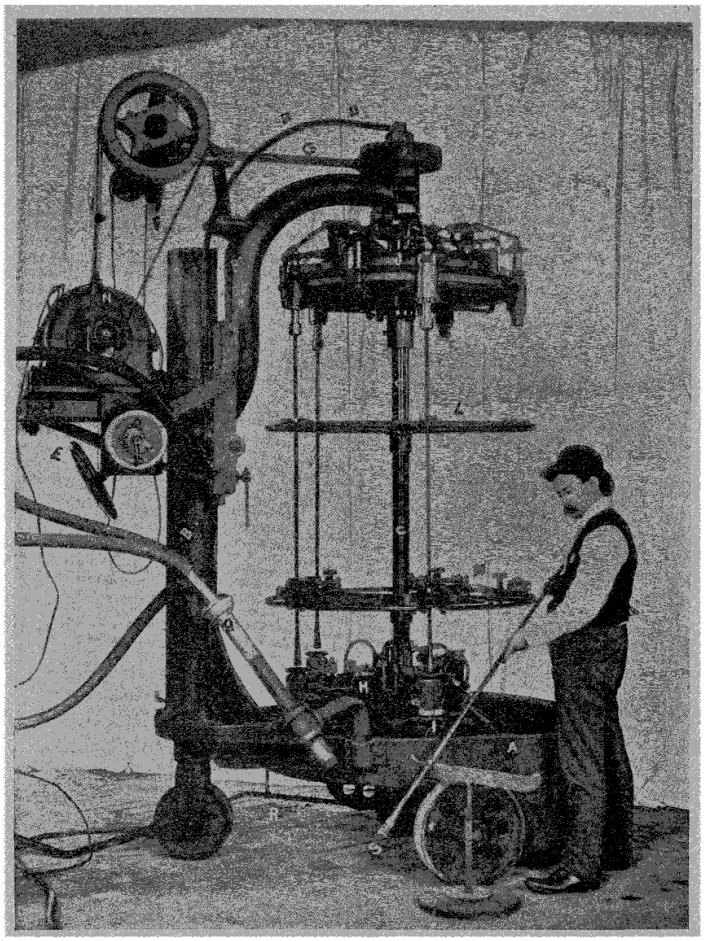


Fig. 10. — Machine *Owen* et *Colbum*. Hauteur, 3m, 30, largeur de la base, 1m,50, espace de plancher requis, 2m,15.

A, Base en fonte sur roues supportant la machine. Le devant sert d'auge pour refroidir les moules. L'intérieur est pourvu d'une voie qui maintient les porteurs de moules, et, au moyen de la même voie, les moules sont conduits à l'auge pleine d'eau où ils sont plongés. B, colonne verticale supportant bras B 1. B 1, Arbre guidon vertical creux. C, arbre vertical creux. D, Tuyau à air fournissant l'air du souffleur pour souffler l'article. E. Roue pour pousser ou abaisser à la main la machine pour les différentes hauteurs de moules. F, Disque de friction pour varier la vitesse selon la grandeur de l'article. G, Arbre horizontal avec disque de friction à un bout et filet pour la roue à vis de l'arbre principal vertical. H, cylindre à air pour ouvrir et fermer les moules. I, porteur maintenant le cylindre à air et les moules. J, roue d'engrenage fixe engageant les fuseaux. K, fuseau qui tourne et engage les cannes à souffler. L, guide circulaire uni avec cinq griffes pour recevoir les cannes à souffler. M, guides ajustables avec cinq griffes pour recevoir les cannes à souffler. N, Moteur électrique pour actionner la machine. O, Aiguille de mise en train. P, poulie. Q, tuyau à air, pour refroidir le verre avec le souffleur. R, Tuyau pour communiquer l'air comprimé au cylindre. S, chalumeau avec douille pour tenir en position le guide M, avec tête hexagone pour tourner. T, Moule ouvert pour recevoir l'article. U, moule marchant sur la voie vers l'auge.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Procède Boucher.* — Les dispositions remarquables sur lesquelles il est intéressant d'attirer l'attention, dans le procédé Boucher, dispositions qui en ont amené la réussite, sont : la façon dont il moule la bague de la bouteille, quelle que soit la qualité du verre, la manière employée pour percer la paraison et en

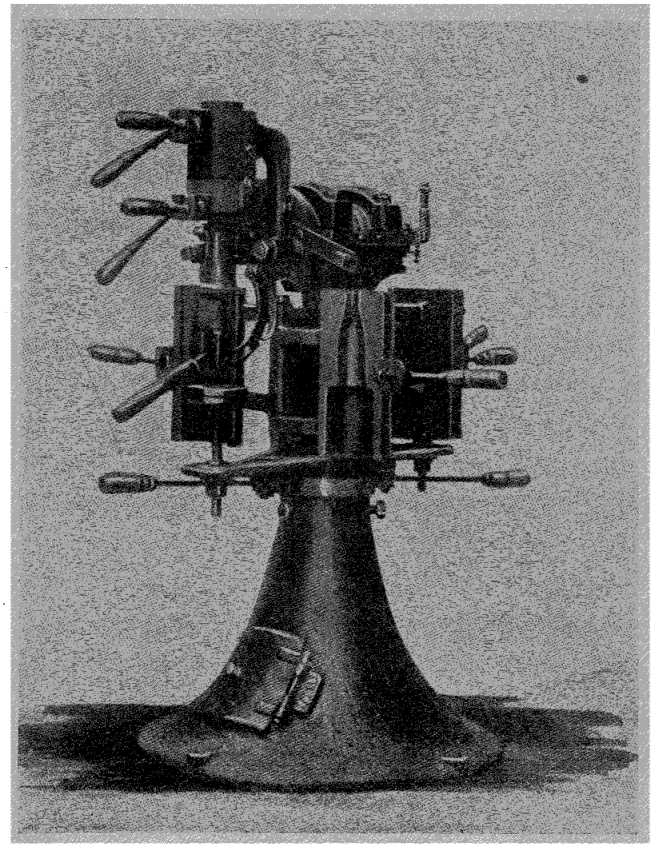


Fig. 11. — Machine *Grote*.

SOUFFLER le col (les autres inventeurs ont toujours cherché à le mouler), enfin la façon progressive dont le corps de la bouteille est soufflé et finalement amené à sa forme définitive, à l'aide de moules variés de nombre et de formes et par des insufflations successives, toutes opérations se caractérisant par leur similitude et leur succession de celles que l'ouvrier exécute dans le travail à la main.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Description.* — Le dernier type de machine auquel l'inventeur M. Claude Boucher s'est arrêté se compose comme pièces principales d'une bâti rectangulaire en fonte sur lequel sont fixées, aux deux extrémités de la grande longueur, deux consoles verticales portant chacune les appareils qui doivent concourir à la confection de la bouteille.

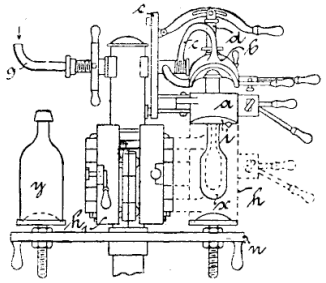


Fig. 11 *bis.* — Machine *Grote.*

Un arbre horizontal réunit ces deux bâtis; et autour de cet arbre peut tourner un troisième bâti mobile auquel est attaché un premier moule dit *moule* de bague et un second moule, le *moule ébaucheur* ou *moule mesureur*.

Cet arbre est creux et en communication avec un réservoir d'air comprimé à l'aide d'une soupape manœuvrée à volonté par l'ouvrier à l'aide de son pied droit; l'ouvrier a de plus à sa disposition un ou plusieurs moules, dits *moules intermédiaires*, dont il se sert en les tenant à la main.

Enfin, un dernier moule, dit *moule finisseur*, complète l'ensemble des pièces nécessaires pour la fabrication d'une bouteille ordinaire; ce dernier moule est attaché à une des consoles fixes de la machine. En dehors du mécanisme proprement dit qui la constitue, l'inventeur a dû recourir, de plus, à l'emploi de l'air comprimé qu'il utilise sous deux pressions différentes, aux diverses périodes de la fabrication, l'une à 500 grammes par centimètre carré pour la première opération du moulage de la bague, l'autre à 250 grammes par centimètre carré pour le soufflage de la bouteille et sa terminaison.

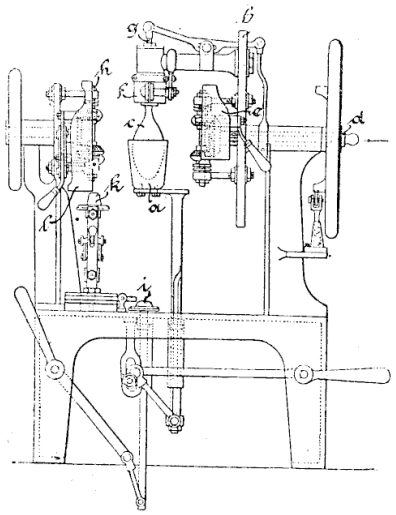


Fig. 12. — Machine *Boucher.*

Dans l'intérieur du moule de bague glisse à volonté un mandrin ayant la dimension intérieure du col de la bouteille, et disposé de façon à perforer très légèrement l'entrée du goulot; ce mandrin est introduit doucement et d'une façon automatique par un excentrique au moment même où on va vider le verre dans le moule mesureur; il se retire automatiquement à l'aide d'un mouvement que lui donne ce même excentrique, pour permettre de faire pénétrer l'air

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comprimé daus le verre qui devra prendre en même temps la forme de ce moule et achever la perforation du col.

Le moulage de la bague est obtenu par une pression de l'air comprimé à l'aide d'une buse conique du diamètre du moule mesureur ; cette buse est placée à l'extrémité de la branche cintrée d'une sorte de potence creuse dont la

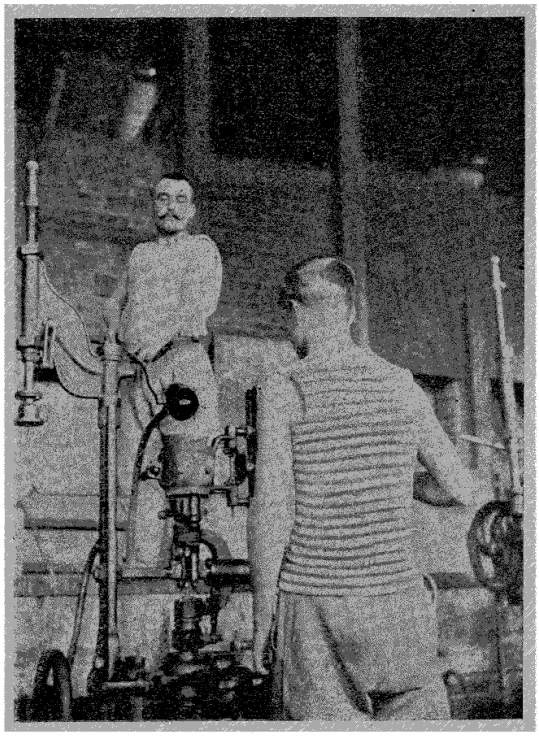


Fig. 13.

branche rectiligne est placée en haut du bâti de gauche et dans son axe ; elle peut venir, par un mouvement de rotation que lui imprime l'ouvrier, se mettre dans l'axe du moule mesureur au moment où le verre vient d'y être versé, en même temps que, soudée à une tube creux coulissant dans le bras de la potence, elle peut descendre dans le moule de façon à faire un joint hermétique.

Un ressort convenablement disposé ramène cette buse à sa position première après chaque opération. Les figures ci-jointes donneront une idée de la façon dont fonctionne cette machine et de la succession des opérations.

L'équipe d'ouvriers nécessaire pour sa mise en action se compose : 1° d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cueilleur qui apporte le verre qu'il vient de cueillir dans le bassin à l'aide d'une cordeline et qu'il laisse écouler dans le moule mesureur, 2° d'un ouvrier mouleur qui, à l'aide de ciseaux, coupe le verre qu'on vient de lui apporter, de façon à en introduire la quantité juste nécessaire, et enfin d'un apprenti qui porte les bouteilles fabriquées au four de recuisson.

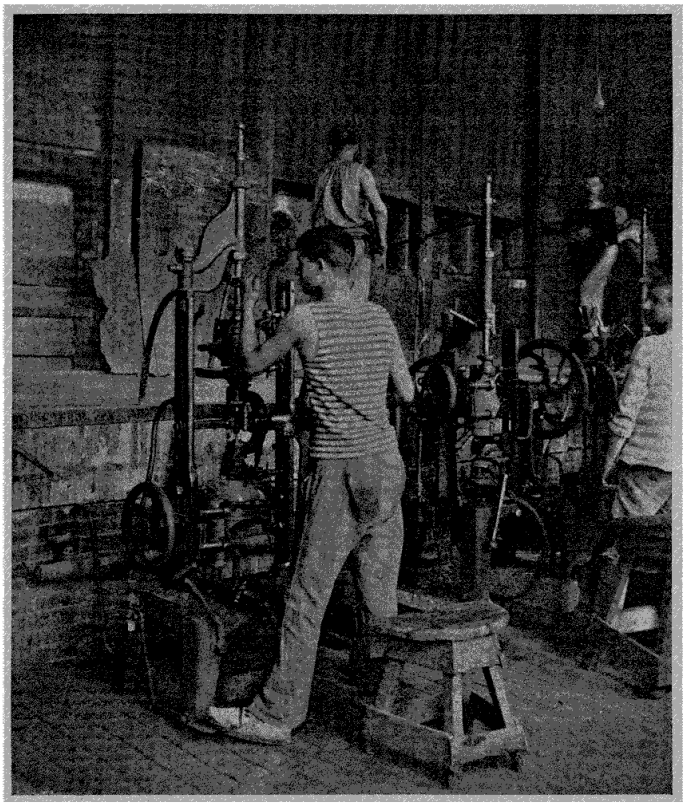


Fig. 14.

Dans les conditions ordinaires où s'exécute la fabrication, un cueilleur doit alimenter deux machines et sert ainsi deux mouleurs.

La figure 13 montre le cueilleur au moment où il maintient sa cordeline appuyée sur la fourche pour laisser tomber dans le moule ébaucheur le verre malléable et à la température voulue.

La figure 14 représente le mouleur au moment où, après avoir coupé le



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verre à l'extrémité de la cordeline, il applique le tube de la console mobile sur le moule ébaucheur pour faire arriver au-dessus du verre un jet d'air comprimé à 500 grammes afin de le tasser pour ainsi dire et de le faire descendre dans le col et dans le moule de bague qui se trouve placé au-dessous.

Pour faire arriver l'air le mouleur agit sur une pédale qui actionne un

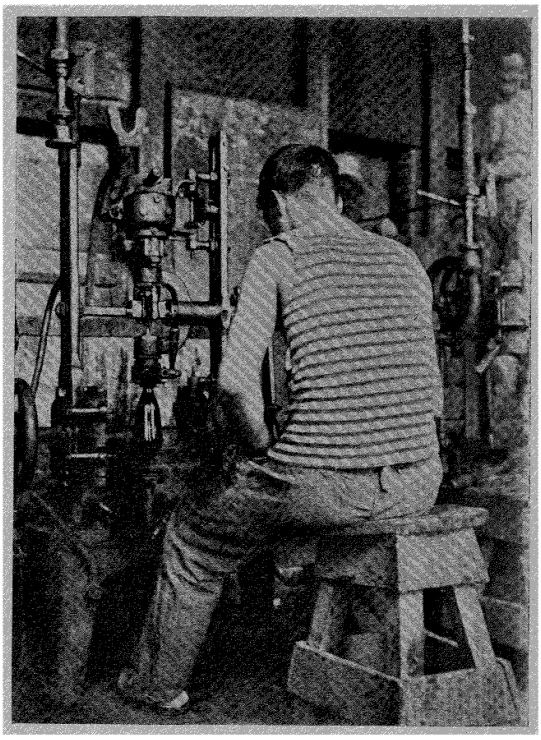


Fig. 15.

clapet fixé sur le tube qui est raccordé à la canalisation, à l'aide de son pied gauche.

La figure 15 a pour objet de montrer l'ébauche telle qu'elle est obtenue dans le moule ébaucheur, par conséquent lorsque le verre a été comprimé et ensuite soufflé dans le moule.

La figure 16 représente la masse de verre suspendue comme dans la figure 15, le haut de la bouteille ou la bague étant emprisonné dans le moule de bague, mais avec cette différence que l'ébauche, par suite du soufflage qu'elle a subi dans le godet, a pris la forme ovoïde, et est devenue *une paraison*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque cette paraison qui s'allonge par son propre poids vient reposer sur le fond du moule qu'on aperçoit au-dessous, le mouleur, au moyen du volant placé à gauche de la machine, rapproche vivement les deux parties du moule finisseur qui viennent ainsi envelopper la paraison. Ce moule étant ainsi fermé et assujetti au moyen des mentonnets, l'ouvrier appuie avec le

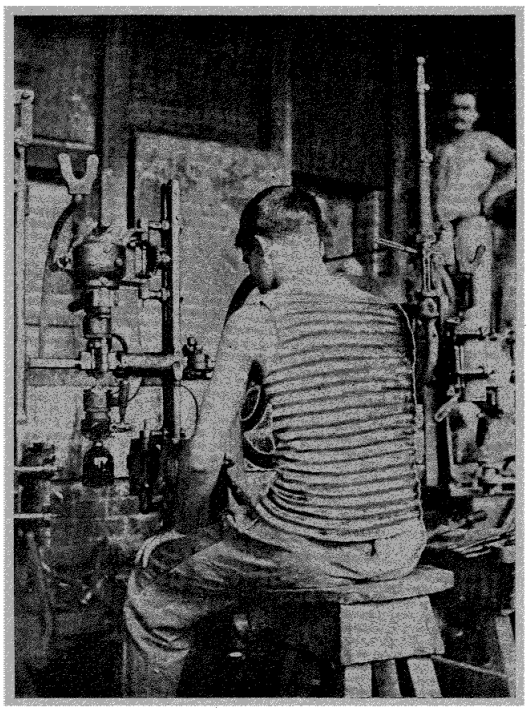


Fig. 16.

pied droit, comme il a été dit, sur la pédale qui actionne le clapet; l'air emmagasiné dans le tuyau sous une pression de 250 grammes, pénètre dans la paraison et l'applique contre les parois et le fond du moule finisseur duquel elle prend ainsi exactement la forme, quelle qu'elle soit.

La figure 17 représente la bouteille terminée, appuyée sur le fond du moule finisseur, le goulot en étant encore emprisonné dans le moule de bague.

Toutes ces opérations se font avec une très grande rapidité, rapidité qui est du reste fonction de la température du verre, de sa fusibilité et de sa malléabilité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Telles sont maintenant les conditions dans lesquelles s'établit la production à l'aide de cette machine : Un ouvrier cueillant le verre pour deux machines, produit, avec deux ouvriers mouleurs conduisant chacun une machine, de 200 à 240 bouteilles du poids moyen de 700 grammes, à l'heure, soit en 8 heures, durée de travail d'une équipe, 1 700 à 1 800 bouteilles, et, par jour,

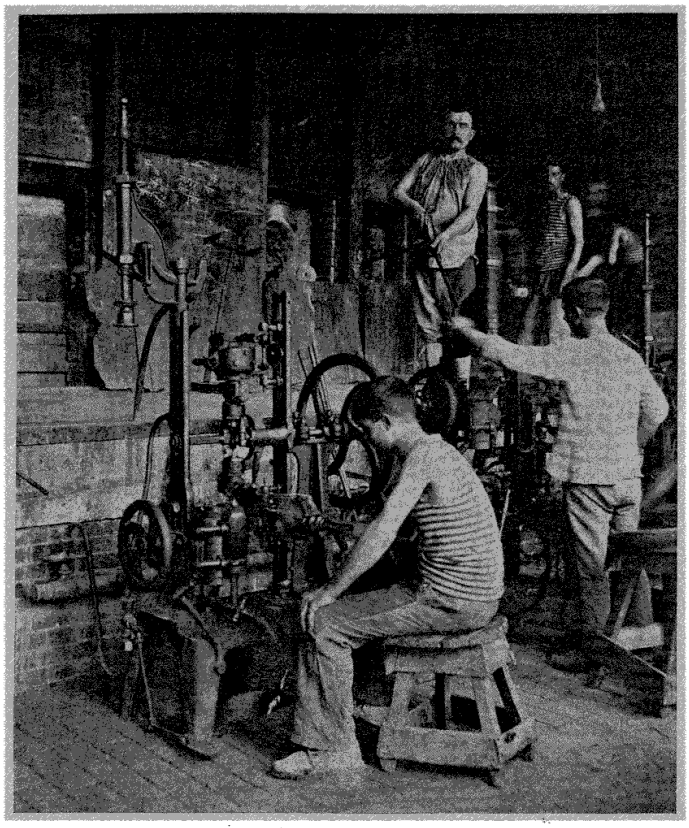


Fig. 17.

3 équipes se succédant à intervalles réguliers, de 5 000 à 5 500 bouteilles, soit par machine de 2 500 à 2 750 bouteilles.

Si on compare le résultat du travail de ces trois ouvriers, pour aucun desquels une habileté professionnelle spéciale n'est nécessaire (en 8 jours un ouvrier quelconque et non préparé, peut devenir un cueilleur et en trois jours on peut faire un bon mouleur) à celui produit dans les conditions ordinaires par un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même nombre d'ouvriers, on constate une différence tout à l'avantage du procédé mécanique; en effet, par le procédé ordinaire, trois ouvriers ne produisant que 80 bouteilles à l'heure, il en résulte que, sans que le salaire d'aucun d'eux ne soit diminué, bien au contraire, l'économie dans le prix de revient par le procédé mécanique est, pour 100 bouteilles, de 2 francs, environ.

Ce prix de revient étant moyennement de 10 à 12 francs au plus, l'économie réalisée représente de 15 à 20 p. 100 de ce prix. Ce mode de fabrication a de plus des avantages très grands au point de vue de la commodité et de la salubrité, les ouvriers étant éloignés des fours, et n'ayant qu'un effort musculaire beaucoup moins grand à faire. Au point de vue de l'hygiène, tout danger de contamination par les cannes est évité d'une façon absolue, le soufflage à la bouche étant totalement supprimé.

Ces bouteilles sont très bien fabriquées, très égales de capacité, et douées d'une très grande solidité, la recuisson en étant plus facile et, par suite, plus régulière et plus certaine. Elles sont comme aspect plus brillantes que les bouteilles faites à la main, grâce au rebrûlage spontané qui s'en fait, par suite du travail beaucoup plus rapide, et du verre maintenu toujours très chaud pendant toute la durée de l'opération.

La facilité que procure cette dernière condition permet de faire des bouteilles moulées et à dessins avec une perfection qui est difficilement et toujours péniblement atteinte par le procédé de fabrication ordinaire.

Comme à tout procédé nouveau il a été fait des objections qu'il est nécessaire de faire connaître et auxquelles il a été facile à l'inventeur de répondre : Une première objection d'ordre général a été celle concernant l'appréciation qu'en feraient les ouvriers appelés à se servir de ces machines; on s'attendait en effet à une opposition très vive de ceux-là mêmes appelés à profiter des avantages que ce procédé présente pour eux; on pensait qu'ils seraient peu satisfaits de pouvoir être supplantés si facilement, dans l'exercice de ce métier dont l'apprentissage avait été pour la plupart d'entre eux toujonrs assez pénible et généralement de très longue durée; il n'en a rien été; jusqu'ici, les ouvriers bouteillers ne s'y sont pas montrés trop défavorables; dans un certain nombre de centres ouvriers même, les intéressés y ont vu un moyen de prolonger la durée de la période active de leur carrière et pour commencer, d'anciens ouvriers ont pu se servir de ces machines sans que leurs camarades, encore dans la période active, en prissent ombrage. On a pu, dans certaines verreries même, faire fonctionner des machines à côté d'équipes travaillant par les anciens procédés.

En fait les organes des syndicats corporatifs de cette industrie n'ont pas fait d'objection de principe à leur emploi.

Une seconde objection d'une certaine importance tout au moins en appa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rence a été faite au sujet de la qualité du verre qui devait être employé dans cette fabrication ; on affirmait que l'inventeur, pour réussir, avait dû modifier la composition du verre employé par lui jusqu'ici, et formé, comme on le fait généralement, d'éléments à très bas prix, dont les principaux sont la silice, l'alumine, la chaux et l'oxyde de fer et auxquels on ajoute une proportion de bases alcalines, soude ou potasse, aussi faible que possible, ces bases étant, malgré leur origine, souvent résiduaire, l'élément coûteux de cette composition (1).

Les expériences faites en employant des verres contenant jusqu'à 30 et 33 p. 100 de bases terreuses, ont prouvé qu'on pouvait faire des bouteilles avec ce verre, aussi facilement et sans plus de déchet qu'avec un verre plus alcalin; on avait procédé, pour se rendre compte de la qualité des bouteilles, à des essais comparatifs de résistance avec des bouteilles faites à la main; le résultat en a été tout en faveur des bouteilles fabriquées mécaniquement : soumises à une pression intérieure, toutes choses égales d'ailleurs, elles ne se sont rompues que sous une pression moyenne de 23 kilogrammes, tandis que celle sous laquelle les bouteilles ordinaires s'étaient rompues a été de 20 kilogrammes seulement.

Néanmoins, en praticien consommé et expérimenté, l'inventeur, avec beaucoup de raison, conseille d'augmenter légèrement, dans une composition ordinaire la quantité de base alcaline, ce qui permet, sans augmentation bien sensible du prix de revient de la bouteille et jamais, en tout cas, en proportion de l'économie qu'entraîne l'emploi du procédé mécanique sur la main-d'œuvre, d'avoir un verre plus souple, de recuisson plus facile, et dont la résistance aux agents chimiques est plus grande et plus certaine.

Des siphons pour la conservation des eaux gazeuses fait avec du verre composé suivant les indications de l'inventeur, et dans ses ateliers, a montré une

(1) L'analyse du verre fabriqué par M. Boucher à Cognac, donne comme composition :

| | |
|---|---|
| 70. . . . . | $SiO^2$ |
| 9. . . . . | NaO |
| 16. . . . . | CaO |
| 2 à 3 . . . . . | $Al^2O^3$ |
| 1. . . . . | Fe |
| 1. . . . . | Manganèse. |

à Carmaux on emploie un verre ayant comme composition :

| | |
|---|---|
| 65. . . . . | $SiO^2$ |
| 7. . . . . | NaO |
| 16 . . . . . | CaO |
| 7. . . . . | $Al^2O^3$ |
| 2 à 3. . . . . | Fe |

Les produits fabriqués dans ces deux établissements à Cognac et à Carmaux, sont d'excellente qualité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

résistance de beaucoup supérieure à celle des siphons fabriqués couramment en France et en Bohême; cette résistance pouvant aller jusqu'à 40 à 45 kilogrammes, sans que la rupture même en ait pu être produite.

Des expériences entreprises depuis que cette conférence a été faite chez MM. Appert frères dans leur verrerie ont prouvé que la machine Boucher, telle qu'elle a été décrite, grâce aux modifications qu'il est permis d'apporter à son fonctionnement au cours de la fabrication, possédait une élasticité qui permet de l'employer pour la fabrication des pièces de verrerie les plus variées de forme et de dimensions, et qu'on pouvait employer des verres de fusibilité et de malléabilité les plus différentes, tels que des verres à 75 p. 100 de $SiO^2$ et 11 p. 100 de CaO aussi bien que de flints à 53 p. 100 $SiO^2$ et 45 p. 100 PbO.

Une dernière observation a été faite au sujet de l'aspect des bouteilles fabriquées par le procédé Boucher et qui présentent certaines différences avec celles fabriquées à la main, ces dernières sont en effet, le plus souvent *tournées* dans le moule au moment où l'ouvrier en termine le gonflement, ce qui ne se fait pas par le procédé Boucher.

Par l'opération du tournage, le verre chaud n'étant à aucun moment en contact permanent avec les parois du moule, on évite que la surface de la bouteille ne porte les empreintes des défauts que ces parois peuvent présenter et, en particulier, les lignes de jonction des deux coquilles qui constituent le moule et qui se produisent quand il a été mal ajusté ou qu'il est insuffisamment entretenu; l'inventeur, quoiqu'il eût pu le faire, a évité de faire tourner la bouteille dans le moule et le moulage s'effectue, suivant l'expression consacrée, *en plein;* il s'ensuit que, dans certaines bouteilles fabriquées mécaniquement avec des moules mal fermés ou dans des conditions défectueuses comme ajustement, il est arrivé que ces lignes de fermeture étaient plus ou moins apparentes et nuisaient par suite, dans une certaine mesure, à leur aspect, sans que leur solidité en ait à souffrir.

L'inventeur, en ne faisant pas tourner ou la bouteille, ou le moule, dans le but de leur donner un mouvement relatif l'un par rapport à l'autre, a voulu éviter une complication trop grande de l'agencement mécanique de sa machine, faisant observer que, au bout de peu de temps de service et en marche normale, les moules et la machine elle-même, arrivent à une température élevée qui, par la dilatation de ses diverses parties, en rendrait difficile et toujours délicat un ajustemement comme celui qui devrait être fait pour que le fonctionnement en soit régulier; il fait observer, du reste, que ce défaut est facilement évité en ne se servant que de moules bien faits, et en ayant soin, en même temps, de les bien entretenir, ce qu'il est facile de réaliser quand on emploie des machines, un atelier d'entretien étant indispensable au voisinage de l'atelier où on les fabrique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il fait observer, en outre, que les bouteilles tournées sont loin d'être sans défauts et que, si on en examine un lot, on n'en voit que bien peu qui ne portent en lignes circulaires plus ou moins discontinues, la trace d'une saillie du moule ou d'un grain de matière dure qui s'est incrusté dans le verre au moment où le mouvement de rotation lui a été donné.

En ce qui concerne les bouteilles fabriquées mécaniquement, la haute température de la partie interne de la paraison, qui n'a eu à subir aucun contact et, par suite, aucun refroidissement, grâce à la façon dont le soufflage s'en est opéré, lui permet de s'allonger une fois qu'elle est abandonnée à elle-même, le moule ayant été ouvert; elle a, en outre, comme conséquence d'en réchauffer la surface qui elle, au contraire, a été refroidie par le moule, et par la surfusion ultérieure qui s'opère, produit un rebrûlage donnant à la bouteille un éclat tout particulier, que ne possèdent pas les bouteiles fabriquées par le procédé ordinaire. Les acheteurs qui ont pu apprécier la qualité des bouteilles fabriquées par le procédé Boucher, tant au point de vue de la solidité et de leur grande résistance au bouchage, qu'au point de vue de leur aspect et de leur limpidité signalée plus haut, préfèrent ces bouteilles aux bouteilles ordinaires, et dans des marchés importants conclus récemment, ils ont exigé, en particulier sur la place de Cognac, que les bouteilles soient fabriquées par le procédé mécanique Boucher. Ce résultat n'est pas un des moindres éloges qu'on puisse faire de cet ingénieux procédé.

Les récompenses les plus importantes ont été obtenues par M. Claude Boucher: à l'Exposition internationale de 1900 à Paris, il a obtenu un Grand Prix; la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, à son tour, lui a accordé, en 1902, une médaille d'or, et la même année, l'Académie des Sciences, sur le rapport de M. Troost, lui a décerné un de ses prix Montyon au concours des arts insalubres.

Les résultats remarquables que M. Claude Boucher a obtenus ont été rapidement connus des maîtres de verrerie se livrant à la fabrication des bouteilles; en France, le plus grand nombre d'entre eux se sont déjà rendus acquéreurs des

(1) Cette production se décompose comme suit :

| | |
|---|---|
| France | 73 000 |
| Angleterre | 10 000 |
| Irlande | 15 000 |
| Italie | 30 000 |
| Espagne | 12 000 |
| Portugal | 10 000 |
| Le Cap | 8 000 |
| République argentine | 6 000 |
| | 164 000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

licences d'exploitation nécessaires pour pouvoir fabriquer par son procédé, et si on ajoute à la production des verreries françaises celle des bouteilles fabriquées également par ce procédé, en Angleterre, en Espagne, en Italie, en Portugal, au Cap, dans la République Argentine, on arrive, par jour, au moment où est faite cette conférence, au chiffre déjà important de 164000 bouteilles, soit, par an, de 50 000 000 de bouteilles environ.

L'installation de cette fabrication n'est encore que commencée dans la plupart de ces établissements, et dans quelques mois on peut prévoir qu'elle sera doublée, elle représentera alors environ le 1/10 des bouteilles fabriquées par an en Europe.

Le conférencier, en terminant, a cru devoir renouveler à M. Claude Boucher, les félicitations qu'il lui avait adressées dans son premier rapport, au nom du Comité des Arts chimiques; le problème qu'il a le premier résolu en effet, et dont il a su, seul, au milieu des tentatives nombreuses, faites aussi bien en France qu'à l'étranger, donner une solution pratique, présentait autant d'intérêt au point de vue hygiénique puisqu'il s'agit de la vie de nos semblables et de la prolongation de leur existence, qu'au point de vue économique. Il a été heureux de pouvoir lui témoigner publiquement sa reconnaissance et celle du Conseil pour le service qu'il a rendu ainsi à l'humanité et pour l'honneur qu'il a fait à notre pays.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS MÉCANIQUES

### EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

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

#### Essais de pénétration.

Avant de procéder à la détermination des efforts de pénétration des forets, nous avons jugé utile de rechercher ces efforts d'une manière générale en vue d'obtenir des résultats applicables aux divers outils de coupe des métaux.

Nous avons opéré avec des tranches du modèle (fig. 1238-1239) dont l'une

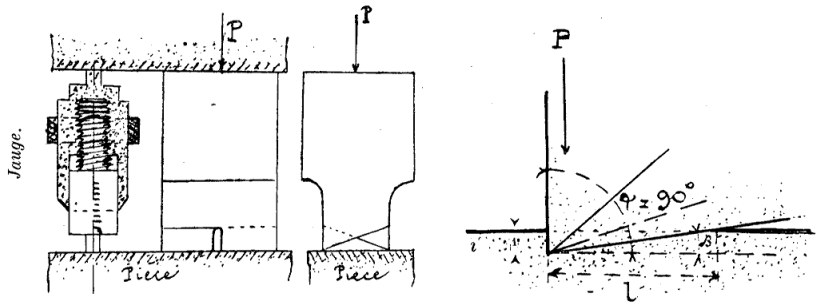



Fig. 1238 à 1240.

des faces de chaque tranchant est parallèle à l'effort P, ce qui donne un angle de coupe $\alpha = 90°$; l'autre face était plus ou moins oblique pour faire varier l'angle d'acuité $\theta$ et celui de dépouille $\beta = \alpha - \theta$.

Afin d'obtenir un équilibre plus stable, la tranche présentait deux tranchants symétriques, quelque peu écartés, bien parallèles à la face d'appui du plateau de la machine à essayer avec laquelle nous avons opéré. L'affûtage d'une telle tranche se faisait sur chaque face verticale de manière à obtenir la plus grande

(1) 2e fascicule, *Bulletins* de janvier, avril, juin, août 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

précision, point essentiel. Il importe aussi, quand on opère sur différents métaux, de commencer par les moins durs afin de conserver à l'outil son pouvoir de coupe aussi longtemps que possible sans être tenu de l'affûter.

Une jauge au centième de millimètre permettait de mesurer les pénétrations, mais nous avions soin de les vérifier par la largeur des empreintes et par les traces laissées sur l'outil préalablement enduit de craie. Les éprouvettes n'avaient pas une épaisseur inférieure à 10 millimètres; la tranche agissait toujours en pleine masse et non sur des largeurs inférieures à celle de ses tranchants.

Entre la pénétratipn $i$ et la largeur $l$ (fig. 1240) on a la relation :

$$i = l \operatorname{tg} \beta.$$

Dans les essais on estime l'effort P qui correspond à chaque pénétration $i$.
Si L est la longueur des tranchants on déduit :

$$p = \frac{P}{L}.$$

Comme il n'y avait ici aucun intérét à produire des pénétrations profondes,

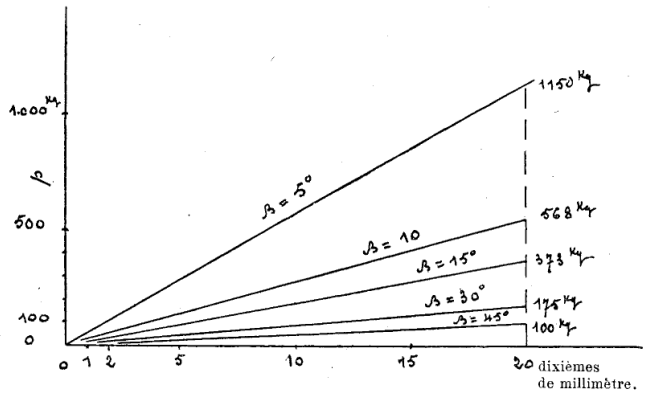



Fig. 1241. — Cuivre. Efforts $p$ pour différentes valeurs de $\beta$.

nous nous sommes tenu entre les limites des épaisseurs de copeaux adoptées par la pratique courante, soit de 0,1 à 2 millimètres.

Nous avons constaté qu'entre ces limites, les efforts $p$ par unité de longueur de tranchant sont sensiblement proportionnels à la pénétration $i$ pour une même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

valeur de l'angle β, de sorte que si R est le coefficient relatif à un métal et à une tranche dont l'angle de dépouille est β, on a :

$$p = R\,i. \qquad (1)$$

soit :

$$R = \frac{p}{i},$$

c'est-à-dire que R est la résistance de pénétration rapportée à l'unité de section de profondeur $i$.

D'autre part, en faisant varier l'angle β, nous avons obtenu pour les métaux essayés des diagrammes tels que ceux (fig 1241) relatifs au cuivre.

Quand l'angle β est nul, l'outil ayant des dimensions limitées, on rentre dans le cas de l'obtention d'une emprenie par refoulement dans la masse, cas analogue à celui du poinçon agissant sans matrice.

Le coefficient

$$R = \frac{C}{\operatorname{tg}\beta}.$$

tendrait pour $\operatorname{tg}\beta = 0$ vers une valeur infinie qui pourrait correspondre à l'hypothèse qu'il faut une certaine pression avant qu'une déformation permanente excessivement petite se produise.

Nous avons constaté que dans les limites indiquées on peut admettre la relation :

$$\frac{p}{i}\operatorname{tg}\beta = C = \text{constante}, \qquad (2)$$

par suite :

$$p = \frac{C\,i}{\operatorname{tg}\beta} = C\,l \qquad (3)$$

et

$$R = \frac{p}{i} = \frac{C}{\operatorname{tg}\beta}. \qquad (4)$$

Les valeurs de C, de R et de $p$ pour les divers métaux essayés sont notées dans les tableaux ci-contre.

Nous avons aussi graphiqué les valeurs de R et de $p$ (fig. 1242-1243).

| Métaux : | Plomb. | Zinc. | Anti-friction. | Alu-minium. | Cuivre. | Laiton. | Bronze. | Fer. | Fonte. | Acier au nickel. | Acier à outils. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C = | 5 | 45 | 25 | 40 | 50 | 70 | 80 | 110 | 180 | 170 | 350 |
| | | | | | LES VALEURS DE R SONT RESPECTIVEMENT POUR : | | | | | | |
| β | tg β. | | | | | | | | | | |
| 5° | 0,087 | 57,5 | 510 | 287 | 498 | 574 | 804 | 896 | 1 232 | 2 016 | 1 960 | 3 920 kil. |
| 10° | 0,176 | 28,5 | 255 | 142 | 228 | 284 | 397 | 456 | 627 | 1 026 | 965 | 1 995 |
| 15° | 0,268 | 18,8 | 168 | 93 | 150 | 186 | 261 | 300 | 410 | 671 | 635 | 1 305 |
| 30° | 0,577 | 8,7 | 78 | 43 | 69 | 86 | 121 | 138,4 | 190 | 311 | 295 | 605 |
| 45° | 1 | 5 | 45 | 25 | 40 | 50 | 70 | 80 | 110 | 180 | 170 | 350 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VALEURS DE $p$ POUR DIVERSES VALEURS DE $i$ ET DE $\beta$; $p = \frac{C\,i}{\operatorname{tg}\beta}$

| Métaux. | $i$. | Valeurs de $\beta$. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | 5° | 10° | 15° | 30° | 45° |
| Plomb. . . . . | 0,01 | 0,57 | 0,28 | 0,19 | 0,087 | 0,05 |
| | 0,05 | 2,87 | 1,43 | 0,94 | 0,435 | 0,25 |
| | 0,10 | 5,75 | 2,86 | 1,88 | 0,87 | 0,50 |
| | 0,20 | 11,5 | 5,72 | 3,76 | 1,74 | 1 |
| | 0,50 | 28,75 | 14,30 | 9,40 | 4,35 | 2,5 |
| | 1 | 57,5 | 28,6 | 18,8 | 8,7 | 5 |
| | 5 | 287,5 | 143 | 94 | 43,5 | 25 |
| Zinc. . . . . | 0,01 | 5,1 | 2,51 | 1,68 | 0,78 | 0,45 |
| | 0,05 | 25,5 | 12,55 | 8,4 | 3,9 | 2,25 |
| | 0,10 | 55 | 25,5 | 16,8 | 7,8 | 4,5 |
| | 0,20 | 102 | 51 | 33,6 | 15,6 | 9 |
| | 0,50 | 255 | 127,5 | 84 | 39 | 22,5 |
| | 1 | 510 | 255 | 168 | 78 | 45 |
| | 2 | 1020 | 510 | 336 | 156 | 90 |
| Antifriction. . . . . | 0,01 | 2,88 | 1,4 | 0,93 | 0,43 | 0,25 |
| | 0,05 | 14,4 | 7,1 | 4,66 | 2,17 | 1,25 |
| | 0,10 | 28,8 | 14,2 | 9,33 | 4,35 | 2,50 |
| | 0,20 | 57,6 | 28,4 | 18,66 | 8,70 | 5 |
| | 0,50 | 144 | 71 | 46,66 | 21,7 | 12,5 |
| | 1 | 288 | 142 | 93,33 | 43,5 | 25 |
| | 2 | 576 | 284 | 186,66 | 87 | 50 |
| Aluminium. . . . . | 0,01 | 4,5 | 2,3 | 1,5 | 0,69 | 0,4 |
| | 0,05 | 22,4 | 11,4 | 7,5 | 3,45 | 2 |
| | 0,10 | 44,8 | 22,8 | 15 | 6,9 | 4 |
| | 0,20 | 89 6 | 45,6 | 30 | 13,8 | 8 |
| | 0,50 | 224 | 114 | 75 | 34,5 | 20 |
| | 1 | 448 | 228 | 150 | 69 | 40 |
| | 2 | 896 | 456 | 300 | 138 | 80 |
| Cuivre. . . . . | 0,01 | 5,75 | 2,84 | 1,86 | 0,86 | 0,5 |
| | 0,05 | 28,75 | 14,2 | 9,33 | 4,3 | 2,5 |
| | 0,10 | 57,5 | 28,4 | 18,66 | 8,65 | 5 |
| | 0,20 | 115 | 56,8 | 37,32 | 17,30 | 10 |
| | 0,50 | 287,5 | 142 | 93,3 | 43,25 | 25 |
| | 1 | 575 | 284 | 186,6 | 87,5 | 50 |
| | 2 | 1150 | 568 | 373,2 | 175 | 100 |
| Laiton. . . . . | 0,01 | 8 | 4 | 2,7 | 1,2 | 0,7 |
| | 0,05 | 40,2 | 19,85 | 13,5 | 6 | 3,5 |
| | 0,10 | 80,4 | 39,7 | 26,1 | 12,1 | 7 |
| | 0,20 | 160,8 | 79,4 | 52,2 | 24,2 | 14 |
| | 0,50 | 402] | 198,5 | 130,5 | 60,5 | 35 |
| | 1 | 804 | 397 | 261 | 121 | 70 |
| | 2 | 1608 | 794 | 522 | 242 | 140 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Métaux. | $i$. | Valeurs de β. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm. | 5° | 10° | 15° | 30° | 45° |
| Bronze. . . . . | 0,01 | 8,96 | 4,56 | 3 | 1,38 | 0,8 |
| | 0,05 | 44,8 | 22,80 | 15 | 6,90 | 4 |
| | 0,10 | 89,6 | 45,6 | 30 | 13,8 | 8 |
| | 0,20 | 179,2 | 91,2 | 60 | 27,6 | 16 |
| | 0,50 | 448 | 228 | 150 | 69 | 40 |
| | 1 | 896 | 456 | 300 | 138 | 80 |
| | 2 | 1792 | 912 | 600 | 276 | 160 |
| Fer . . . . . | 0,01 | 12,3 | 6,27 | 4,1 | 1,9 | 1,1 |
| | 0,05 | 61,6 | 31,35 | 20,5 | 9,5 | 5,5 |
| | 0,10 | 123,2 | 62,7 | 41 | 19 | 11 |
| | 0,20 | 246 | 125 | 82 | 38 | 22 |
| | 0,50 | 616 | 313 | 205 | 95 | 55 |
| | 1 | 1232 | 627 | 410 | 190 | 110 |
| | 2 | 2464 | 1254 | 820 | 380 | 220 |
| Fonte . . . . . | 0,01 | 20 | 10,2 | 6,7 | 3,1 | 1,8 |
| | 0,05 | 100 | 51 | 33,5 | 15,5 | 9 |
| | 0,10 | 201 | 102 | 67 | 31 | 18 |
| | 0,20 | 403 | 205 | 134 | 62 | 36 |
| | 0,50 | 1008 | 513 | 335 | 155 | 90 |
| | 1 | 2016 | 1026 | 671 | 311 | 180 |
| | 2 | 4032 | 2052 | 1342 | 622 | 360 |
| Acier au nickel. . . . | 0,01 | 19,5 | 9,6 | 6,3 | 3 | 1,7 |
| | 0,05 | 97,5 | 48 | 31,7 | 14,8 | 8,5 |
| | 0,10 | 195 | 96 | 63,5 | 29,5 | 17 |
| | 0,20 | 390 | 193 | 127 | 59 | 34 |
| | 0,50 | 915 | 482 | 317 | 148 | 95 |
| | 1 | 1950 | 965 | 635 | 295 | 170 |
| | 2 | 3900 | 1930 | 1270 | 590 | 340 |
| Acier à outils. . . . . | 0,01 | 39,2 | 20 | 13 | 6 | 3,5 |
| | 0,05 | 196 | 99,7 | 65 | 30 | 17,5 |
| | 0,10 | 392 | 199,5 | 135 | 60 | 35 |
| | 0,20 | 784 | 399 | 261 | 131 | 70 |
| | 0,50 | 1960 | 997,6 | 662 | 302 | 175 |
| | 1 | 3920 | 1995 | 1324 | 604 | 350 |

L'accroissement rapide des valeurs de R et de $p$, lorsque β devient très petit, montre l'importance de prévenir le talonnage des outils en vue d'éviter les réactions très grandes qui pourraient se produire et se reporter sur les guides des chariots porte-pièce ou porte-outil des machines qui en comportent.

Dans ces essais de pénétration nous avons constaté des valeurs assez variables en raison de la nature des métaux et selon l'état d'affilité ou d'émoussement de l'outil; les pressions $p$ peuvent varier de beaucoup pour une même pénétration; les nombres indiqués ne sont que des moyennes générales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès que les pénétrations s'accusent on constate une petite dénivellation arrondie du côté du talon de l'outil et une autre analogue, mais saillante, du côté de la face verticale lorsque les angles β ont une valeur supérieure à 15°. Les figures 1244-1245 se rapportent au laiton et montrent pour trois valeurs de β ces particularités vues en coupe, tandis que le plan indique que les surfaces qui avoisinent l'empreinte sont ondulées jusqu'à une distance assez grande correspondant à la zone d'activité extérieure du refoulement de chaque côté. Le poli

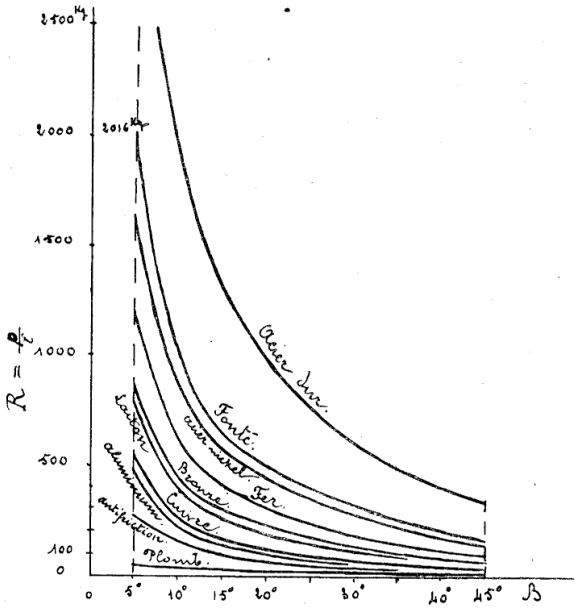


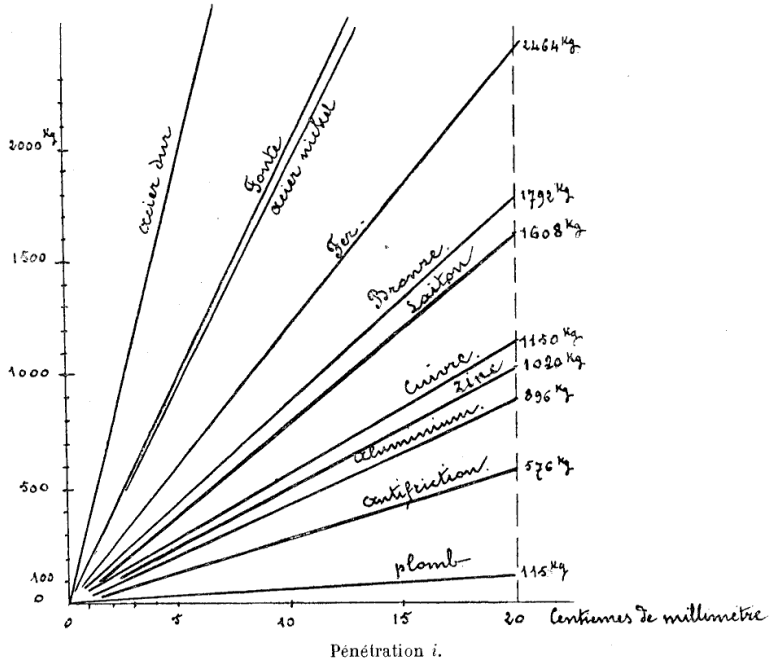

Fig. 1242. — Coefficients de résistance R de pénétration par millimètre carré de section.

des surfaces fait mieux ressortir ces aspects, que les figures notent d'une façon bien imparfaite.

On reconnaît que l'affûtage a une importance très grande, que pour un métal dur tel qu'un acier fondu à outils qui exige des pressions élevées, les arêtes de l'outil s'émoussent par la pénétration seule, ou se brisent si la trempe est trop intense ou l'angle d'acuité trop petit. Ne perdons pas de vue que pour la plupart des outils tranchants l'avance ou le serrage se fait assez rarement d'une façon rapide quand l'outil est en prise, de sorte que la pénétration proprement dite est toujours très petite, tout au plus quelques centièmes de millimètre.

Cependant, les valeurs afférentes a des pénétrations plus fortes, 1 à 2 milli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires




Pénétration $i$.

Fig. 1243. — Pressions $p$ par millimètre de longueur de tranchant pour $\beta = 5°$.

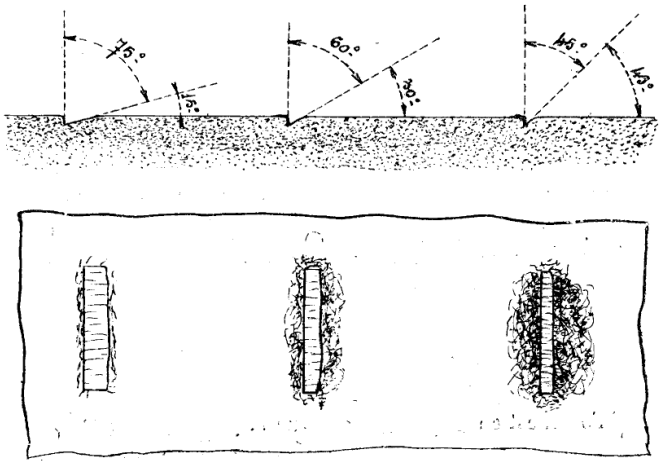



Fig. 1244 et 1245. — Laiton.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètres, indiquent les pressions qu'il faudrait exercer si le serrage se faisait au repos ou d'une façon très vive. Pous les métaux durs on voit que les outils supporteraient des valeurs excessives qui les ébrécheraient.

En ce qui concerne la pointe du foret d'angle $\Phi'$, si la pénétration se fait au repos de l'outil, l'effort s'estime comme dans le cas d'une tranche ordinaire; il a une valeur à peu près double de celle qui correspond à la période de rotation pendant laquelle l'une des faces est dégagée, soit celle d'arrière, hypothèse qu'il convient d'admettre. L'angle $\Phi'$ étant compris entre 90° et 120°, soit $\frac{\Phi'}{2}$ compris entre 45° et 60°, on peut adopter les valeurs de $p$ qui correspondent aux angles : $\beta = 90° - 45° = 45°$ et $\beta = 90° - 60° = 30°$.

*Pressions et efforts de prise des forets.* — Pour estimer les pressions voisines de la prise de copeau, le procédé qui convient le mieux consiste à faire attaquer l'outil sur une mince épaisseur puis à réduire peu à peu la pression jusqu'à ce que l'outil n'enlève plus de métal. Nous avons opéré avec des forets de 25 millimètres de diamètre qui avaient quelque peu travaillé, c'est-à-dire des forets non affûtés fraîchement de manière à réaliser les conditions ordinaires de la pratique. Le plateau à billes portant la pièce était placé sur une bascule; la mesure de l'effort tangentiel $P'_1$ se faisait avec un seul dynamomètre très sensible de la force de 10 kilogrammes, à longue course du méniscle.

Les pressions $p$ de prise sont celles qui persistent au moment où l'épaisseur du copeau s'annule. Ces pressions déterminent des frottements dont le moment permet de déduire les efforts $p_1$ qui y correspondent.

La pression $p$ est calculée en posant :

$$p = \frac{P}{d} = \frac{P}{25}.$$

Le bras de levier L de l'effort unique $P'_1$ étant de 85 millimètres, et le diamètre $d$ des forets de 25 millimètres, on déduit les efforts $P_1$ de la relation :

$$P_1' L = 2 P_1 \frac{d}{4} = \frac{P_1 d}{2},$$

d'où

$$P_1 = \frac{2 P_1' L}{d} = \frac{2 \times 85 P_1'}{25} = 6{,}8 P_1',$$

puis pour le foret droit :

$$p_1 = \frac{2 P_1}{d} = \frac{2 \times 6{,}8 P_1'}{25} = 0{,}544 P_1',$$

tandis que pour les forets à pointe on a, si $\Phi = 120°$

$$p_1 = \frac{P_1}{l'} = \frac{2 P_1 \sin \frac{\Phi}{2}}{d} = \frac{2 \times 6{,}8 P_1' \times 0{,}866}{25} = 0{,}47 P_1'.$$



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rapport :

$$\frac{p_1}{p} = f$$

donne le coefficient de frottement que l'on peut aussi exprimer par le moment de frottement égal au moment $P'_1 L$, soit pour le foret droit :

$$\frac{2 P f d}{8} = P_1' L,$$

d'où

$$f = \frac{4 P_1' L}{P d},$$

Pour le foret à pointe, il vient :

$$P_1' L = 2 p l' f \frac{d}{4} = \frac{P d f}{4 \sin \frac{\Phi}{2}},$$

d'où

$$f = \frac{4 P_1' L \sin \frac{\Phi}{2}}{P d}.$$

Avec les forets à pointe, nous avons considéré des diamètres successifs variables de 4 à 5 millimètres jusqu'à 25 millimètres, parfois jusqu'à 50 millimètres et sur les divers métaux.

Nous avons reconnu, en opérant sur des éprouvettes percées d'un trou de 5 millimètres, que l'arête extrême n'avait pas d'influence fâcheuse appréciable sur ces opérations. On peut admettre que, pour le foret à pointe ordinaire et le foret hélicoïdal de même angle $\Phi$ des tranchants, les efforts considérés sont proportionnels aux diamètres, ce qui donne les diagrammes fig. 1246.

Dans le foret droit, on pourrait distinguer les efforts relatifs à la pointe de ceux qui correspondent à l'ensemble des tranchants, mais les différences sont négligeables. De même les efforts entre le foret droit et le foret à pointe ordinaire dont l'angle $\Phi$ est supérieur à 90° diffèrent peu, ce qui conduit à admettre les mêmes valeurs pour chacun de ces modèles de forets; et cela, d'autant plus, qu'en pratique, les conditions de travail sont très variables et les résultats très influencés par des causes auxiliaires.

Il importait surtout de constater que les efforts élastiques existent, qu'ils ne sont pas négligeables, qu'il est nécessaire d'en tenir compte pour s'expliquer les variations des coefficients R et $R_1$ quand on considère des avances diverses.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces essais, les opérations doivent être assez prolongées quand on serre la limite de près, particulièrement pour les métaux grenus, peu ductiles : fonte, bronze, laiton, qui se laissent gratter par l'outil, donnent des poussières ténues dont l'accumulation sert d'indice. Avec des métaux ductiles : cuivre, fer, aciers, l'outil polit davantage la surface dès qu'il n'entame plus; la pièce chauffe, il se produit un grincement, un chantonnement qui s'accentue, signes qui indiquent l'approche de la limite. Parfois l'outil attaque de nouveau sous une

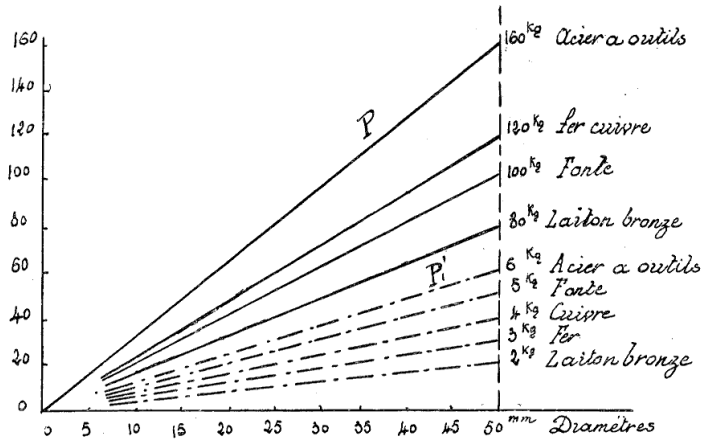



Fig. 1246. — Pressions et efforts de prise pour divers métaux. Foret hélicoïdal.

pression pour laquelle il n'entamait plus le métal, de sorte que la pression P peut, par exemple, varier de 80 à 100 kilogrammes et l'effort tangentiel $P'_1$, de 3 à 4 kilogrammes.

Lorsque ce dernier devient constant, c'est également un indice que l'on approche de la valeur à adopter. D'autre part, le foret, plus ou moins précis, gratte à la pointe ou vers la naissance de la tête et réciproquement, ce que l'on constate par le poli de la surface qui se modifie aux divers endroits successivement.

Il s'ensuit, qu'ici encore, les valeurs du tableau sont des moyennes; elles se rapportent à des forets de 25 millimètres de diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Pressions et efforts de prise des forets pour divers métaux.**

| | | Cuivre. | Laiton. | Bronze. | Fonte. | Fer. | Acier à outils |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foret hélicoïdal. $d = 25^{mm}$. $\Phi = 120°$. | P. . . | 60 | 40 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| | $P_1'$ . . | 2 | 1 | 1 | 2,5 | 1,5 | 3 |
| | $P_1$. . . | 13,6 | 6,8 | 6,8 | 17 | 10,2 | 20,4 |
| | $p$ . . . | 2,4 | 1;6 | 1,6 | 2 | 2,4 | 3,2 |
| | $p_1$. . . | 0,94 | 0,47 | 0,47 | 1,18 | 0,70 | 1,41 |
| | $f$ . . . | 0.39 | 0,29 | 0,29 | 0,78 | 0,29 | 0,44 |
| Foret à pointe ordinaire. $d = 25^{mm}$. $\Phi = 120°$. | P. . . | 80 | 80 | 80 | 70 | 80 | 108 |
| | $P_1'$ . . | 3 | 2 | 2 | 3,5 | 3,5 | 4 |
| | $P_1$. . . | 27,2 | 13,6 | 13,6 | 23,8 | 23,8 | 27,2 |
| | $p$ . . . | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 2,8 | 3,2 | 4 |
| | $p_1$. . . | 1,9 | 0,94 | 0,94 | 1,64 | 1,64 | 1,9 |
| | $f$ . . . | 0,60 | 0,30 | 0,30 | 0,78 | 0,52 | 0,47 |
| Foret droit. $d = 25^{mm}$. | P. . . | 80 | 90 | 90 | 90 | 90 | 110 |
| | $P_1'$ . . | 4 | 2,5 | 2,5 | 4 | 4 | 4 |
| | $P_1$. . . | 27,2 | 17 | 17 | 27,2 | 27,2 | 34 |
| | $p$ . . . | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 4,4 |
| | $p_1$. . . | 2,18 | 1,36 | 1,36 | 2,18 | 2,18 | 2,4 |
| | $f$ . . . | 0,68 | 0,38 | 0,38 | 0,60 | 0,60 | 0,54 |
| Foret à langue de vipère. $d = 25^{mm}$. $\Phi = 120°$. | P. . . | 20 | 20 | 20 | 50 | 50 | 70 |
| | $P_1'$ . . | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3,5 |
| | $P_1$. . . | 6,8 | 6,8 | 6,8 | 20,4 | 20,4 | 23,8 |
| | $p$ . . . | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 2 | 2 | 2,8 |
| | $p_1$. . . | 0,47 | 0,47 | 0,47 | 1,4 | 1,4 | 1,64 |
| | $f$ . . . | 0,59 | 0,59 | 0,59 | 0,70 | 0,70 | 0,78 |

Le cuivre et la fonte accusent de grandes valeurs pour $f$, ce qui semble bizarre puisque le cuivre est un métal mou ductile, tandis que la fonte est grenue et fragile. Cela tient à ce que les tranchants refoulent le cuivre; celui-ci ne se laisse pas entamer; d'autre part, la fonte, malgré sa dureté, nécessite parfois un effort $P_1$ moindre, mais l'effort $P_1'$, est plus grand relativement parce qu'il y a toujours un peu de grattage.

Lorsque le foret est émoussé, les efforts P augmentent plus que les efforts $P_1'$, le coefficient $f$ diminue. Le foret hélicoïdal était à pointe amincie; il a déterminé en général des valeurs moindres que celles du foret ordinaire et du foret droit; cependant des essais ont accusé avec ce foret des pressions de prise très élevées accidentelles; par exemple, dans de l'acier, l'outil commençait à attaquer sur la même pièce à des pressions qui variaient de 100 à 200 kilogrammes; il va sans dire qu'à partir de 200 kilogrammes, l'épaisseur enlevée était plus grande qu'à partir de 100 kilogrammes.

Les talons du foret hélicoïdal étaient polis par le frottement sur une bande de un tiers de millimètre; les deux autres forets accusaient des bandes de un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

demi-millimètre de largeur C'est une caractéristique qui permet de juger si l'angle de dépouille $\beta$ a la valeur convenable.

Le foret à langue de vipère a exigé les pressions P et les efforts $P_1'$ minima, mais le coefficient de frottement est aussi élevé qu'avec les autres, sinon plus.

Ces expériences font ressortir que les coefficients de frottement des métaux quand les pressions unitaires sont très grandes, s'exercent sur des surfaces de très petite largeur, sont de beaucoup plus élevés que ceux relatifs à des surfaces étendues.

Quand on fait varier l'angle $\Phi$ des tranchants, la pression P diminue, l'effort $P_1'$ reste à peu près constant. Ainsi pour du bronze, avec des forets à pointe de 25 millimètres de diamètre, fraîchement affûtés, on trouve pour :

| | $\Phi = 180°$ | 120° | 75° | 30° |
|---|---|---|---|---|
| Pression . . . . . | P = 40 | 35 | 30 | $20^{kg}$ |
| Effort tangentiel $P_1'$ pour $L = 85^{mm}$. | $P_1' = 1{,}5$ | 1,5 | 1,5 | $1{,}5^{kg}$ |

Pour $\Phi = 30°$, il est difficile d'apprécier les efforts parce que la surface du trou est irrégulière.

La variation de l'angle de dépouille $\beta$ a donné dans du bronze avec le même foret d'angle $\Phi = 120°$, pour :

| $\beta$ = | 5° | 10° | 15° | 20° | 30° |
|---|---|---|---|---|---|
| P = | 50 | 45 | 40 | 38 | 35 |
| $P_1' =$ | 1,5 | 1,2 | 1,2 | 1 | 1 |

Dans les essais généraux qui suivent, nous aurons l'occasion de signaler d'autres valeurs de ces éléments, en constatant des différences parfois prononcées, justifiées par l'état d'entretien des forets. A cause de leur nombre, nous avons été conduit à classer ces essais par nature de métal. Pour les métaux et les éprouvettes qui s'y prêtaient nous avons répété les opérations avec le foret droit, le foret à pointe et le foret hélicoïdal; quelques essais comparatifs ont été faits avec les forets à langue de vipère, à gorges, à double cannelure.

---

### Essais divers de forage.

**Forage de plomb** *sous pressions croissantes puis décroissantes.*

*Foret à pointe*, $d = 50$ millimètres, $\Phi = 100°$, nombre de tours par minute $n = 36$; $a_1 = 0{,}25$ (fig. 1247-1250).

Le foret fig. 1247 avait une pointe très réduite; il était monté sur l'arbre d'un tour et nous avons opéré avec le dispositif à ressort en vue de vérifier l'hypothèse admise pour la première phase du forage, c'est-à-dire : si avec le ressort employé pour mesurer les pressions, et dont les raccourcissements sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proportionnels aux efforts dans les limites adoptées, les pénétrations sont proportionnelles aux nombres de tours; en d'autres termes : vérifier si l'avance $a$ est constante.

Le chariot porte-pièce avait une avance $a_1$ de 0,25 millimètre par tour. L'éprouvette de plomb provenait d'une barre laminée de 100 millimètres de côté que nous avions en approvisionnement pour des essais divers. L'opération s'est bien comportée pendant la première phase, soit celle qui correspond à la pénétration progressive de la tête du foret.

Les efforts P et $P_1'$ augmentaient d'une façon régulière sans à-coups. A 124 tours, les deux tranchants attaquaient sur toute leur longueur ; le foret était alors engagé de $h = 21$ millimètres; le ressort s'était raccourci de $9^{mm},5$ en

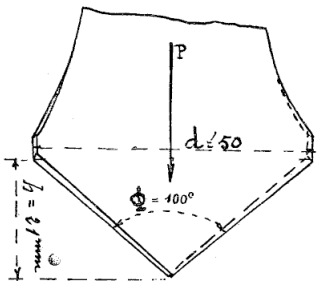



Fig. 1247.

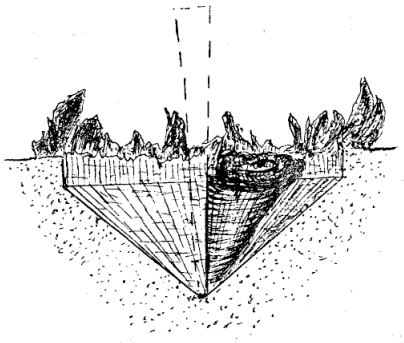


Fig. 1248.

développant une pression de $9,5 \times 12 = 114$ kilogrammes. Nous pensions poursuivre l'opération, mais les copeaux ne se dégageant plus avec facilité, se soudaient, pour ainsi dire, avec la masse (fig. 1248) et apportaient des perturbations à la marche de l'essai. Nous avons dû arrêter à la profondeur de 24 millimètres et renoncer à rechercher, avec ce métal, les éléments des autres phases.

En prenant pour abscisses les nombres de tours $n$ (fig. 1249) les pénétrations $l$ étant portées en ordonnées, on obtient une droite A jusqu'à l'abscisse de 124 tours.

De même les pressions P donnent une droite B.

On déduit : l'avance constante :

$$a = \frac{d\,l}{d\,n} = \frac{l}{n} = \frac{21}{124} = 0^{mm},168,$$

soit :

$$l = 0,168\ n = \frac{d}{2\ \mathrm{tg}\ \frac{\Phi}{2}}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rapport :

$$\frac{P}{n} = \frac{114}{124} = 0{,}92,$$

soit :

$$P = 0{,}92\, n,$$

ou :

$$P = 0{,}92 \frac{l}{0{,}168} = 5{,}47\, l.$$

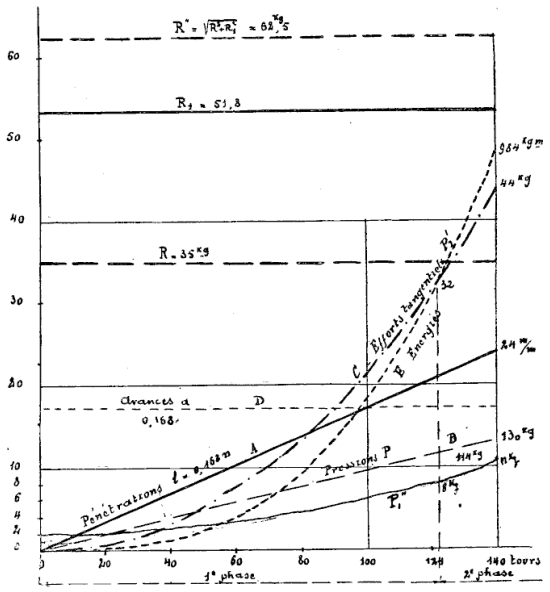



Fig. 1249. — Forage de plomb sous pressions croissantes. Foret ordinaire à pointe, diamètre 50 mm. $\Phi = 100°$. Nombre de tours par minute 36.

La pression par unité de longueur de tranchant ressort pour ce plomb à :

$$p = \frac{P}{d} = \frac{114}{50} = 2^{kg},28.$$

La pénétration normale aux tranchants, c'est-à-dire l'épaisseur du copeau est :

$$\frac{a'}{2} = \frac{a \sin \frac{\Phi}{2}}{2} = \frac{0{,}168 \times 0{,}766}{2} = 0^{mm},0643.$$

La résistance à la pénétration par millimètre carré de section de copeau :

$$R = \frac{p}{\frac{a'}{2}} = \frac{2{,}28}{0{,}0643} = 35^{kg},5.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'énergie relative à la pénétration pendant la première phase est représentée par le triangle fig. 1250 ayant pour base la pénétration 24 millimètres et pour hauteur l'ordonnée de la pression = 114 kilogrammes, soit :

$$\tau = \int_0^h P\,dl = 5{,}47 \int_0^h l\,dl = \frac{5{,}47\,h^2}{2} = \frac{5{,}47 \times \overline{21}^2}{2} = 1\,200^{\text{kgmm}} = 1^{\text{kgm}},2,$$

valeur insignifiante par rapport à l'énergie dans le sens rotatif.

La somme $P_1'$ des deux efforts tangentiels au disque support de la pièce de

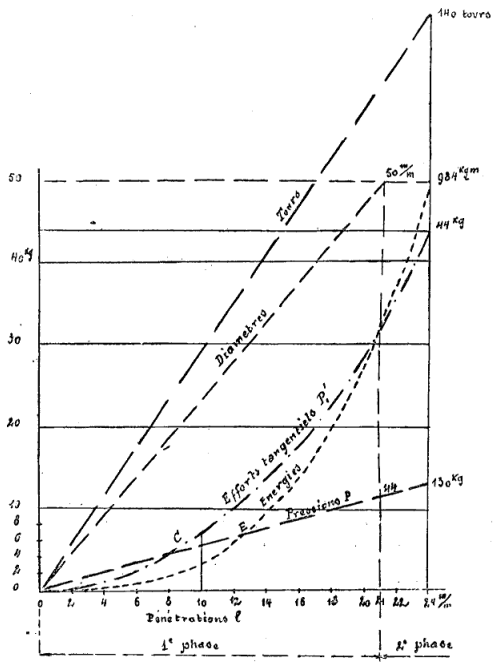



Fig. 1250. — Forage de plomb sous pressions croissantes. Foret ordinaire à pointe, diamètre 50 mm. $\Phi = 100°$. Nombre de tours.

rayon 85 millimètres compris le rayon de la corde d'attache des dynamomètres, a varié suivant la courbe C de forme parabolique sur les deux fig. 1249-1250, ce qui correspond aussi avec les équations trouvées pour le moment tournant en fonction de $n$ ou de $l$.

A 124 tours, l'effort $P_1' = 32$ kilogrammes soit :

$$Mr = P'L = 32 \times 85 = 2\,720^{\text{kgm}}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La valeur des efforts $P_1$ sur les tranchants est de :

$$P_1 = \frac{2\,Mr}{d} = \frac{2 \times 2\,720}{50} = 108^{kg},8.$$

Par unité de longueur de tranchant :

$$p_1 = \frac{P_1}{l_1} = \frac{P_1 \times 2 \sin \frac{\Phi}{2}}{d} = \frac{108,8 \times 2 \times 0,766}{50} = 3,33.$$

L'épaisseur du copeau étant de $0^{mm},0643$, la résistance dans le sens circulaire par millimètre carré est :

$$R_1 = \frac{3,33}{0,0643} = 51^{kg},8.$$

La résistance générale ressort à :

$$R'' = \sqrt{R^2 + R_1^2} = \sqrt{\overline{29,5^2} + \overline{51,8^2}} = 59^{kg},6.$$

L'énergie par millimètre cube de plomb, en kilogrammètres et en négligeant celle afférente à la pénétration ainsi que nous le ferons toujours ultérieurement est de :

$$\tau_1' = \frac{R_1}{1\,000} = \frac{51,8}{1\,000} = 0^{kgm},0518.$$

L'énergie par gramme de plomb :

$$\tau_1 = \frac{R_1}{\delta} = \frac{51,8}{11,4} = 4^{kg},54.$$

L'énergie tangentielle en fonction de $l$ ou de $n$ est :

$$\tau = \pi R_1 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2} \frac{l^3}{3} = \pi R_1 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2} \frac{a^3 n^3}{3} = \frac{3,14 \times 51,8 \times \overline{1,19^2} \times \overline{0,168^3} \times \overline{124^3}}{3} = 702^{kgm}.$$

Le diagramme accuse 660 kilogrammètres d'après les diverses valeurs de $P_1'$ et de $d\tau = 2\,\pi\,L\,P_1'\,dn$.

Cette valeur concorde assez pour de telles estimations.

La courbe des énergies est indiquée en E sur les fig. 1249-1250.

Lorsque la tête du foret est engagée de $h = 21$ millimètres, le volume est :

$$V = \frac{3,14 \times \overline{50^2} \times 21}{4 \times 3} = 13\,700 \text{ millim. cubes}$$

L'énergie par millimètre cube est :

$$\tau_1' = \frac{660}{13\,700} = 0^{kgm},048,$$

valeur peu différente de celle 0,0497 trouvée précédemment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vérifions encore quelques valeurs de $R_1$ en employant la relation générale :

$$R_1 = \frac{8 \sin \frac{\Phi}{2} M r}{a' d^2} = \frac{2 P_1' L}{a l^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 85}{0{,}168 \times \overline{1{,}19}^2} \times \frac{P_1'}{l^2} = 715 \frac{P_1'}{l^2}.$$

Pour les pénétrations à :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 40 | 60 | 80 | 100 | 124 tours. |
| $R_1' = 51$ | 52 | 50 | 52 | $51{,}8^{kg}$ |

On ne saurait exiger plus de concordance dans un tel essai.

Nous avons encore indiqué (fig. 1249) la courbe des efforts $P_1''$ au dynamomètre de commande du tour.

Si l'on considère le rendement à la fin de la première phase, on trouve :

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}125 \frac{P_1'}{P_1''} = 0{,}125 \frac{32}{8} = 0{,}50.$$

à 75 tours :

$$P_1'' = 4 \quad \text{et} \quad P_1' = 7{,}5,$$

soit :

$$\frac{\tau u}{\tau m} = 0{,}125 \times \frac{7{,}5}{4} = 0{,}23.$$

En ce qui concerne le début de la deuxième phase, l'opération ne s'est pas prolongée assez pour permettre d'en déduire des valeurs de R et de $R_1$ et des calculer les coefficients, K, C, $K_1$, $C_1$ des expressions générales de R et de $R_1$ en fonction de l'avance variable $a$.

En résumé, cet essai permet, pour les forets perçant du plomb, d'estimer le divers éléments quand l'avance $a$ ne s'éloigne pas de 0,15 à 0,20, en admettant, pour les coefficients essentiels, les valeurs moyennes.

$R = 35^{kg}$. $R_1 = 50^{kg}$. $R'' = 62^{kg}$. $\tau_1 = 4^{kgm},50$. $\tau_1' = 0^{kgm},05$.

---

*Forage de plomb sous pressions croissantes puis décroissantes.*

*Foret hélicoïdal* (fig. 1251 et 1252).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120^{o}$ $n = 48$ $a_1 = 0{,}25$

Cet essai a pu être poursuivi utilement pendant les deux premières phases, soit jusqu'à 160 tours, moment où le débrayage du chariot a eu lieu ; dans la troisième phase jusqu'à 240 tours, le foret engageait latéralement, les efforts $P'_1$ étaient anormaux et par suite inadmissibles. La deuxième phase aussi a donné lieu à des perturbations que la courbe des pressions P fait ressortir de même que la courbe des avances $a$, lesquelles ont dépassé l'avance du chariot, égaleà 0,25, tandis qu' elles devraient être inférieures. Il y avait donc engagement du foret.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand le foret engage, la pression P reste constante ou décroît, puis augmente ; l'effort tangentiel $P'_1$ est affecté par des valeurs supérieures à celles d'un essai normal.

Toutefois, nous avons pu déduire pour la deuxième phase les éléments ci-dessous.

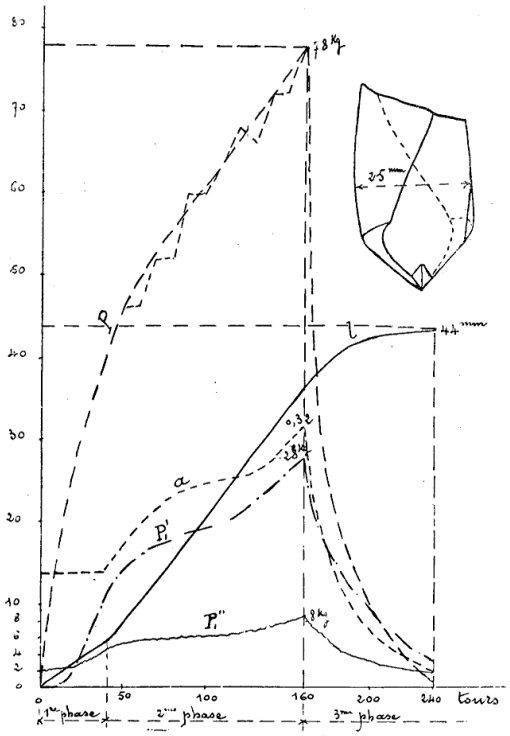



Fig. 1251 et 1252. — Forage de plomb sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal, diamètre = 25 mm. $\Phi = 120°$. $n = 48$.

Les formules à appliquer pour le foret hélicoïdal de 25 millimètre de diamètre, pendant la deuxième phase sont :

$$R = \frac{2\,p'}{a'} = \frac{2P}{a\,d\sin\frac{\Phi}{2}} = \frac{2}{25 \times 0{,}867}\frac{P}{a} = 0{,}0925\,\frac{P}{a},$$

$$R_1 = \frac{8\,M\,r}{a\,d^2} = \frac{8\,P_1'\,L}{a\,d^2} = \frac{8 \times 85}{625}\frac{P_1'}{a} = 1{,}09\,\frac{P_1'}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Avances. . . . . | $a$ | = 0,14 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | millimètre. |
| Pression. . . . . | P | = 40 | 50 | 62 | 74 | kilogram. |
| Coefficient de pression. . . . . | R | = 26,5 | 23 | 23 | 22,8 | — |
| Efforts de coupe. . . . . | $P_1'$ | = 12 | 16 | 20 | 26 | — |
| Coefficient de coupe. . . . . | $R_1$ | = 94 | 88 | 87 | 94 | — |
| Coefficient de résistance générale. | R'' | = 98 | 91 | 90 | 97 | — |
| Énergie par millimètre cube. . . . | $\tau_1'$ | = 0,094 | 0,088 | 0,087 | 0,094 | kgrmètre. |
| Énergie par gramme. . . . . | $\tau_1$ | = 8,25 | 7,9 | 7,6 | 8,25 | — |

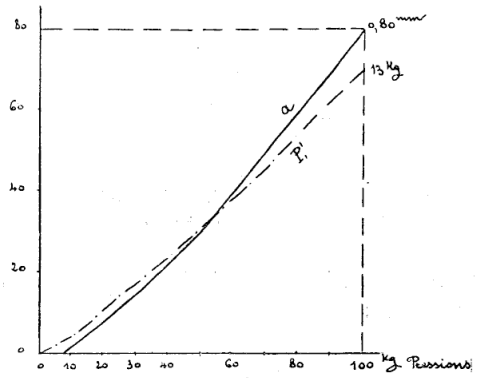
Malgré les perturbations, les valeurs de R décroissent quand l'avance $a$ augmente; celles de $R_1$ ne s'éloignent pas d'une moyenne 90 kilogrammes plus élevée que $51^{kg},8$, valeur obtenue dans l'essai qui précède et qui se rapporte à une avance de 0,168. Cela n'a rien de surprenant si l'on considère que le foret hélicoïdal attaquait par ses arêtes latérales, sa pointe ne trouvant pas assez de résistance pour le maintenir dans l'axe du trou.

*Forage de plomb sous pressions constantes prolongées.*

*Foret hélicoïdal* (fig. 1253-1255) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Ces essais, faits à la foreuse successivement avec le même foret, ont eu lieu



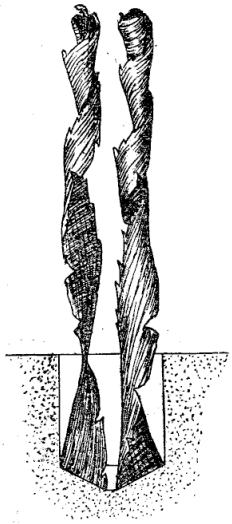



Fig. 1253 et 1254. — Forage de plomb sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal, diamètre 25 mm. $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

en plaçant le plateau porte-pièce à billes sur une bascule de 500 kilogrammes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foret étant en pleine prise, on repère sa position par rapport à la pièce pour mesurer la profondeur du trou à l'instant considéré, c'est-à-dire après un certain nombre de tours de l'outil sous une pression constante prolongée. Nous avons d'abord déterminé la pression limite de prise de l'outil (8 kilogrammes), puis les pressions ont varié de 20 en 20 kilogrammes jusqu'à 100 kilogrammes ; chaque opération correspondait à 100, 50, 40 ou 20 tours.

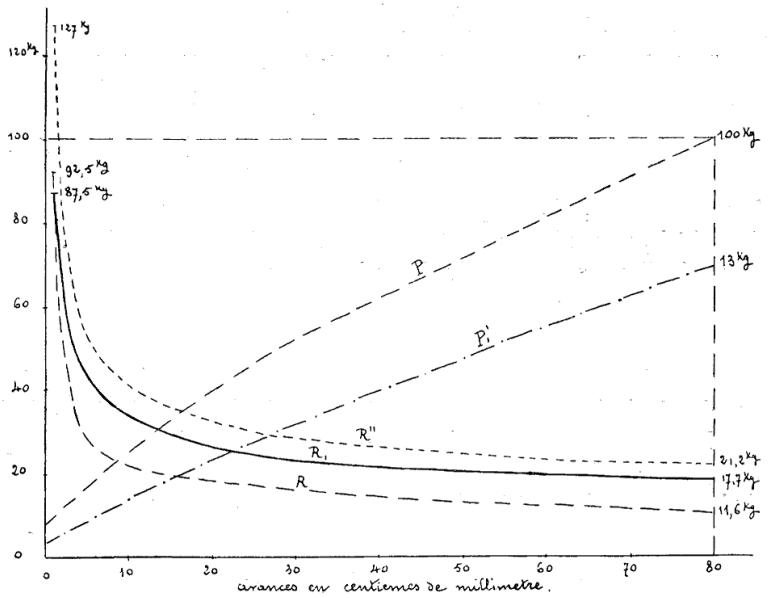



Fig. 1255. — Forage de plomb sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal, diamètre 25 mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Nous avons ainsi obtenu les avances $a$ et les efforts $P'_1$ qui correspondaient aux pressions P prises pour abscisses (fig. 1253).

A 100 kilogrammes, l'avance était de $0^{mm},80$, c'est-à-dire de beaucoup supérieure à l'avance maximum pratique.

Les allures des courbes des P et des $P'_1$ sont des plus régulières ; les copeaux se dégageaient bien en se collant sur l'outil et en restant verticaux (fig. 1254).

Les valeurs relativement faibles de P dénotent que le foret engageait d'une manière constante ce que d'ailleurs nous avons bien apprécié dans la manœuvre du monte et baisse que nous réglions nous-même pour maintenir la pression constante.

Avec cette méthode d'opérer, afin de prévenir les engagements du foret hélicoïdal qui faussent les résultats quand ils se font par à-coups, il importe de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

multiplier les éprouvettes de manière que la profondeur du trou ne dépasse pas 30 millimètres. Il faut avoir soin, pendant l'opération, de faire descendre l'outil aussi régulièrement que possible soit à la main, soit en agissant avec le mécanisme automatique du monte et baisse, de façon que l'outil possède toujours une impulsion longitudinale.

On déduit les éléments suivants pour :

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 | 0,80 mm. |
| P = | 10 | 12 | 16 | 24 | 40 | 52 | 62 | 70 | 80 | 90 | 100 kil. |
| R = | 92,5 | 55,4 | 28,5 | 22,2 | 18,5 | 15 | 14,4 | 13 | 12,3 | 11,9 | 11,6 |
| $P_1'$ = | 0,8 | 1,2 | 2 | 3,5 | 4,8 | 6,4 | 8 | 9,6 | 10,8 | 12,2 | 13 |
| $R_1$ = | 87,5 | 65 | 43,7 | 34,2 | 26,2 | 23,3 | 21,7 | 21 | 19,6 | 19 | 17,7 |
| R'' = | 12,7 | 85 | 52 | 41 | 32 | 28,3 | 26 | 24,7 | 23 | 22,4 | 21,2 |
| $\tau_1$ = | 7,7 | 5,7 | 3,8 | 3 | 2,3 | 2 | 1,9 | 1,84 | 1,72 | 1,67 | 1,56 $kg^{tres}$ |

Les valeurs de P, $P'_1$, R, $R_1$, R'' sont indiquées (fig. 1255) ; comme $\tau_1'$ est proportionnel à $R_1$ nous n'avons pas tracé la courbe qui y correspondrait.

Nous n'indiquons pas non plus les valeurs de :

$$\tau_1' = \frac{R_1}{1\,000}.$$

Les coefficients R et $R_1$ sont plus petits que ceux des essais qui précèdent. La grande régularité des courbes permet de calculer les coefficients K, C, $C_1$ et $K_1$, par les formules qui considèrent deux valeurs de l'avance $a$, soit pour $a = 0^{mm},80$, $R = 11^{kil},6$ et pour $a = 0^{mm},02$, $R = 55^{kil},4$.

Il viendra, pour le foret à pointe :

$$K = R + \frac{2C}{a \sin \frac{\Phi}{2}},$$

$$11,6 = K + \frac{2C}{0,80 \times 0,867} = K + \frac{2C}{0,6936},$$

$$55,4 = K + \frac{2C}{0,02 \times 0,867} = K + \frac{2C}{0,01734}.$$

On tire :

$$C = \frac{55,4 - 11,6}{2\left(\frac{1}{0,017} - \frac{1}{0,70}\right)} = \frac{43,8}{113,2} = 0,387,$$

$$K = \frac{55,4 \times 0,017 - 11,6 \times 0,69}{0,017 - 0,69} = \frac{7,08}{0,573} = 12,3.$$

soit :

$$R = 12,3 + \frac{2 \times 0,387}{0,867\,a} = 12,3 + \frac{0,89}{a}.$$

pour $a = 0^{mm},1$ on trouve $R = 21^{kil},5$, qui diffère peu de $22^{kil},2$ valeur trouvée dans l'essai.

Pour $a$ très grand, R tendrait vers $12^{kil},3$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De même, pour $K_1$ et $C_1$, il viendrait avec les valeurs

$$R_1 = 65 \quad \text{pour} \quad a = 0{,}02$$
$$\text{et } R_1 = 17{,}7 \quad \text{pour} \quad a = 0{,}80.$$

$$65 = K_1 + \frac{2\,C_1}{0{,}02 \times 0{,}867} = K_1 + \frac{2\,C_1}{0{,}01734},$$

$$17{,}7 = K_1 + \frac{2\,C_1}{0{,}80 \times 0{,}867} = K_1 + \frac{2\,C_1}{0{,}6936}.$$

d'où :

$$C_1 = \frac{65 - 17{,}7}{2\left(\frac{1}{0{,}017} - \frac{1}{0{,}69}\right)} = \frac{47{,}3}{113{,}2} = 0{,}42,$$

$$K_1 = \frac{65 \times 0{,}017 - 17{,}7 \times 0{,}69}{0{,}017 - 0{,}69} = \frac{1{,}105 - 12{,}213}{-0{,}573} = 19{,}4$$

$$R_1 = 19{,}4 + \frac{2 \times 0{,}42}{0{,}867\,a} = 19{,}4 + \frac{0{,}97}{a},$$

pour $a = 0{,}5$.

$$R_1 = 19{,}4 + 1{,}94 = 21{,}34.$$

la valeur $R_1$ de l'essai est 21 kilogrammes.

En tenant compte des aléas divers de l'opération, on peut admettre comme formules générales du plomb, avec le foret hélicoïdal :

$$R = K + \frac{2\,C}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = 12 + \frac{1}{a}$$

$$R_1 = K_1 + \frac{2\,C_1}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = 20 + \frac{1}{a}$$

Ces coefficients permettent de déduire tous les autres éléments par l'application des formules qui s y rapportent.

*Forages de plomb sous pressions constantes prolongées.*

*Foret à pointe à gorges* (fig. 1256-1259).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{o} \qquad n = 80$$

Le foret à pointe ordinaire ne pouvant être utilisé pour le plomb parce que son angle de coupe $\alpha$ est trop grand, nous avions pensé que celui à gorges (fig. 1256) se serait mieux comporté. L'essai a montré que les copeaux ne se formaient pas complètement, la majeure partie du métal était refoulée dans la masse. Lorsque des parties étaient coupées, elles ne tardaient pas à coller sur la paroi du trou, à être refoulées soit latéralement, soit vers l'ouverture du trou (fig. 1258).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces phénomènes que nous avons constatés seulement avec le plomb ont donné lieu à de grands efforts $P'_1$ (fig. 1259), par suite, à des valeurs élevées de $R_1$.

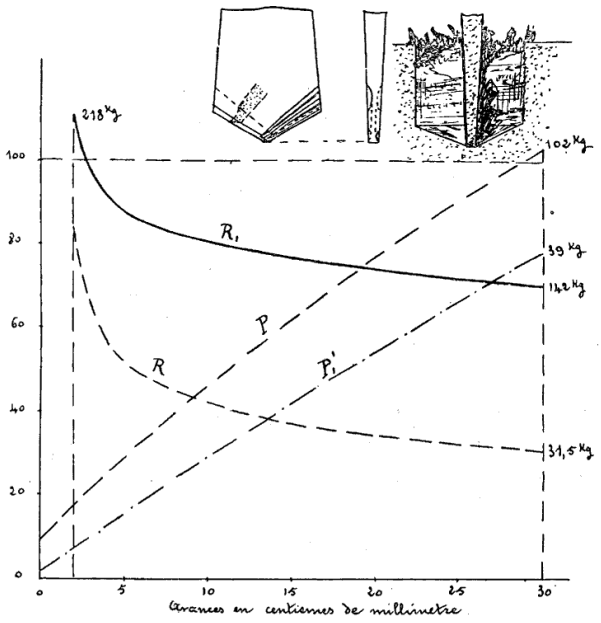



Fig. 1256 à 1259. — Forage de plomb sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe à gorges, diamètre 25 mm. $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 millimètres |
| P = | 18 | 28 | 46 | 77 | 102 kilogrammes |
| R = | 83 | 52 | 42,5 | 35,5 | 31,5 |
| $P_1'$ = | 4 | 8 | 14,5 | 27 | 39 |
| $R_1$ = | 218 | 174 | 160 | 148 | 142 |
| $\tau_1$ = | 19,2 | 15,3 | 14,1 | 13 | 12,5 kilogrammètres |

En considérant les valeurs de R et de $R_1$ relatives aux avances $0^m,02$ et $0^m,30$, on déduit :

$$R = 28 + \frac{1,1}{a}, \qquad \text{soit} \qquad 30 + \frac{1}{a},$$

$$R_1 = 137 + \frac{1,62}{a}, \qquad \text{soit} \qquad 140 + \frac{1,6}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forages de plomb sous pressions constantes prolongées.*
*Foret droit* (fig. 1260-1262).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

Le foret droit s'est mieux comporté que le précédent, en accusant toutefois des pressions plus fortes, mais les efforts tangentiels $P'_1$ sont beaucoup plus faibles parce que le trou ne bourrait pas. Pour prévenir le bourrage, nous avons

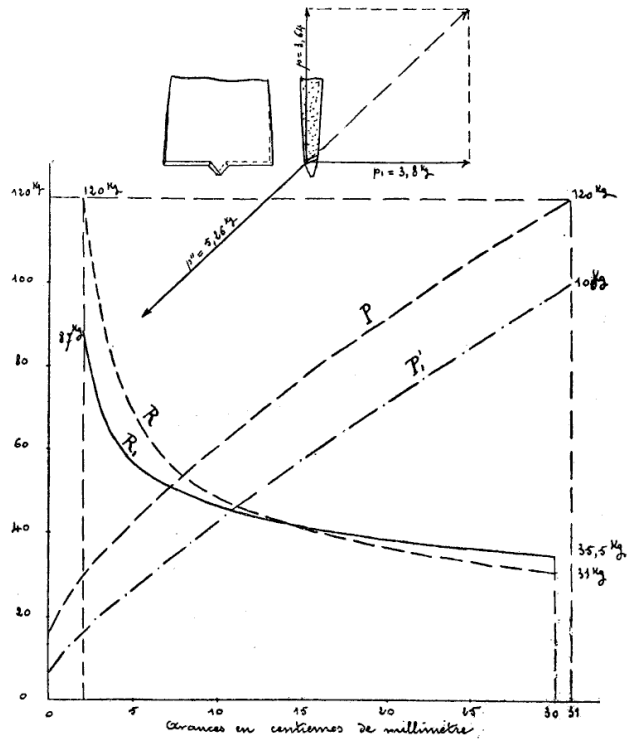



Fig. 1260 à 1262. — Forage de plomb sous pressions cons tantes prolongées.
Foret droit, diamètre 25 mm. $n = 80$.

opéré en répétant les trous davantage, en évitant ainsi de grandes profondeurs relatives, ce qui facilite le dégagement des copeaux. Le métal étant très mou, le foret ne se guide pas bien et l'on ne saurait percer des trous profonds.

Les courbes des R et des $R_1$ (fig. 1262) sont assez voisines pour les fortes avances.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le foret droit, rappelons que les valeurs de R sont déduites de :

$$R = \frac{2p}{a} = \frac{2P}{a\,d} = \frac{2}{25}\frac{P}{a} = 0{,}08\frac{P}{a}.$$

celles de $R_1$ sont encore calculées par la formule :

$$R_1 = 1{,}09\frac{P_1'}{a}.$$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Pour | $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 mm. |
| | P = | 30 | 43 | 60 | 91 | 118 kil. |
| | R = | 120 | 69 | 48 | 36,4 | 31 |
| | $P_1'$ = | 1,6 | 2,6 | 4,2 | 7 | 9,8 |
| | $R_1$ = | 87 | 57 | 46 | 38 | 35,5 |
| | $\tau_1$ = | 7,6 | 5 | 4 | 3,3 | 3,1 kilogrammètres. |

$$R = 25 + \frac{2 \times 0{,}95}{a} = 25 + \frac{1{,}90}{a},$$

$$R_1 = 32 + \frac{1{,}10}{a}.$$

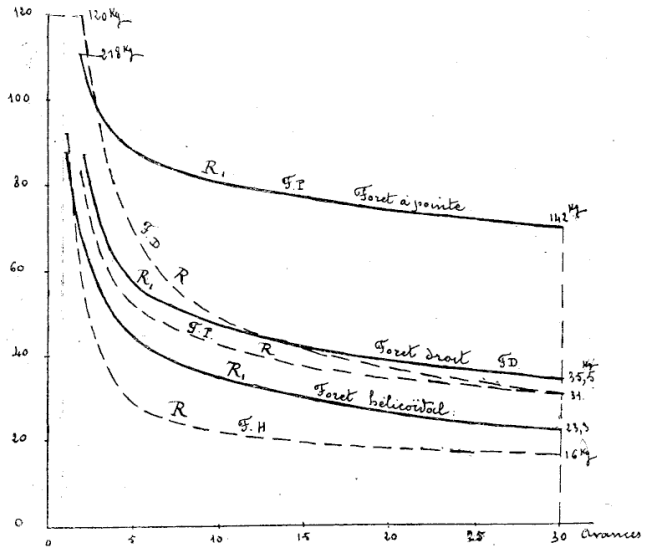



Fig. 1263. — Forage de plomb sous pressions constantes prolongées.

Pour l'avance $a = 0,20$, on déduit :

$$p = \frac{a\,R}{2} = \frac{0{,}20 \times 36{,}4}{2} = 3{,}64,$$

et :

$$p_1 = \frac{a\,R_1}{2} = \frac{0{,}20 \times 38}{2} = 3{,}8.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces valeurs portées en fig. 1261 déterminent la direction de

$$p'' = \sqrt{\overline{3,64^2} \times \overline{3,8^2}} = 5,26.$$

Si l'on compare les éléments des trois derniers forets de 25 millimètres de diamètre, on voit que pour le plomb, métal très mou et très ductile, le foret hélicoïdal est de beaucoup supérieur au foret droit, et celui-ci au foret à pointe même dégorgé qui a donné des résultats tout à fait anormaux qu'il faudrait même écarter.

La figure 1263 facilite la comparaison des valeurs de R et de $R_1$.

Pour le foret à pointe, les ordonnées de la courbe des $R_1$ sont à échelle moitié de celle des autres.

Comme moyennes générales, on peut adopter, pour le plomb :

$$R = 25 + \frac{1}{a} \qquad R_1 = 30 + \frac{1}{a}.$$

**Forage de métal antifriction** *sous pressions constantes prolongées.*
*Foret hélicoïdal* (fig. 1264-1265).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 80$

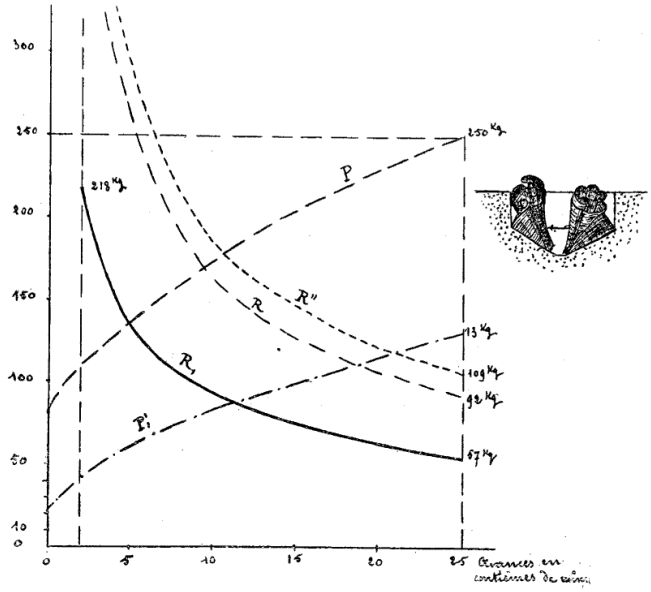



Fig. 1264 et 1265. — Forage de métal antifriction sous pressions croissantes prolongées. Foret hélicoïdal, diamètre 25 mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Le métal antifriction essayé présentait une densité de 8, accusait une cassure à grains moyens ; il était peu ductile, de faible résistanee, et cependant le foret

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hélicoïdal avait une assez grande difficulté à l'attaquer puisque la pression de prise de copeau s'est élevée à 80 kg. A partir de 50 kg. jusqu'à 80 kg. le foret chantonnait, indice d'un frottement bien caractérisé dénotant un métal gras qui se polit au contact de l'outil, se dérobe à la coupe.

Pour des pressions croissantes, il ne s'est pas produit d'avance anormale, c'est-à-dire une coupe épaisse qui suit de près une coupe mince.

Les copeaux, moins refoulés que ceux du plomb, ne collaient pas sur l'outil ; ils se contournaient bien en cornets enchevêtrés (fig. 1264).

Les valeurs de $P_1'$ croissent sensiblement comme les pressions P (fig. 1265).

L'éprouvette n'ayant que 15 millimètres d'épaisseur, nous avons répété les trous, ce que permettaient les autres dimensions de la plaque.

Les valeurs des éléments de résistance sont pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| P = | 110 | 140 | 175 | 230 | 250 kil. |
| R = | 520 | 260 | 160 | 106 | 92 |
| $P_1'$ = | 4 | 6 | 8,5 | 11,5 | 13 |
| $R_1$ = | 218 | 131 | 93 | 62,5 | 57 |
| $R''$ = | 564 | 291 | 185 | 123 | 109 |
| $\tau_1$ = | 27,2 | 16,4 | 11,6 | 7,8 | 7,1 kilogrammètres. |

On déduit :

$$R = 63 + \frac{7,90}{0,867\,a} = 63 + \frac{9,12}{a},$$

$$R_1 = 46 + \frac{2,96}{0,867\,a} = 46 + \frac{3,44}{a}.$$

*Forage de métal antifriction sous pressions constantes prolongées.*
*Foret à pointe à gorges* (fig. 1266 et 1267).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^\circ \qquad n = 80$$

Ce foret s'est beaucoup mieux comporté avec le métal antifriction qu'avec le plomb. Les pressions P sont moins élevées qu'avec le foret hélicoïdal, particulièrement la pression de prise : 30 kg. au lieu de 80 kg.

A l'avance de $0^{mm},25$ les valeurs sont : foret hélicoïdal 250 kg. ; foret à pointe 180 kg.

Les trous étant peu profonds les copeaux se dégageaient aisément. Les efforts $P_1'$ diffèrent peu de ceux du foret hélicoïdal.

Les éléments sont pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 | 0,30 mm. |
| P = | 50 | 75 | 110 | 160 | 180 | 200 kil. |
| R = | 230 | 139 | 102 | 74 | 67 | 62 |
| $P_1'$ = | 4 | 6 | 9 | 12 | 13,5 | 15 |
| $R_1$ = | 218 | 130 | 98 | 65 | 59 | 54 |
| $R''$ = | 317 | 190 | 141 | 98 | 90 | 82 |
| $\tau_1$ = | 27,2 | 16,2 | 12,2 | 8,1 | 7,4 | 6,8 kilogrammètres. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces valeurs sont graphiquées fig. 1267.

On trouve :

$$R = 56 + \frac{3,45}{a},$$

$$R_1 = 49 + \frac{3,37}{a}.$$

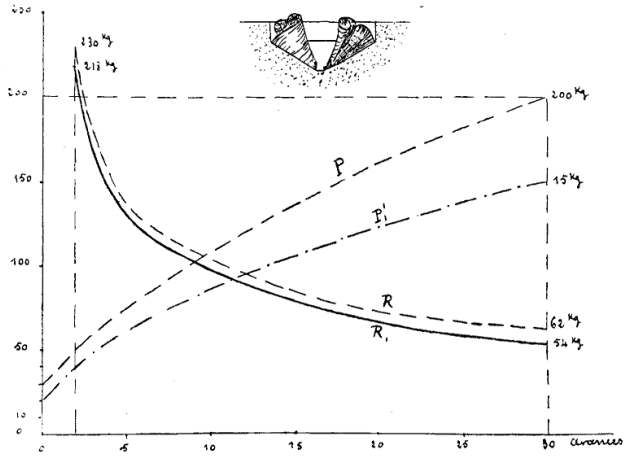



Fig. 1266 et 1267. — Forage de métal antifriction sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe à gorges, diamètre 25 mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

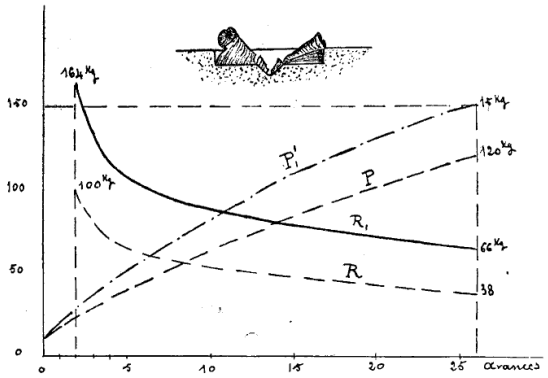



Fig. 1268 et 1269. — Forage de métal antifriction sous pressions constantes prolongées. Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

*Forage de métal antifriction sous pressions constantes prolongées.*

*Foret droit* (fig. 1268-1270).

$d = 25^{mm}$ $n = 80$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les pressions P ont été inférieures à celles du foret à pointe à gorges parce que l'angle β de celui-ci était en moyenne de 10° tandis que celui du foret droit était de 20°. Les efforts de coupe $P_1'$ diffèrent peu de celui du foret à pointe. Les

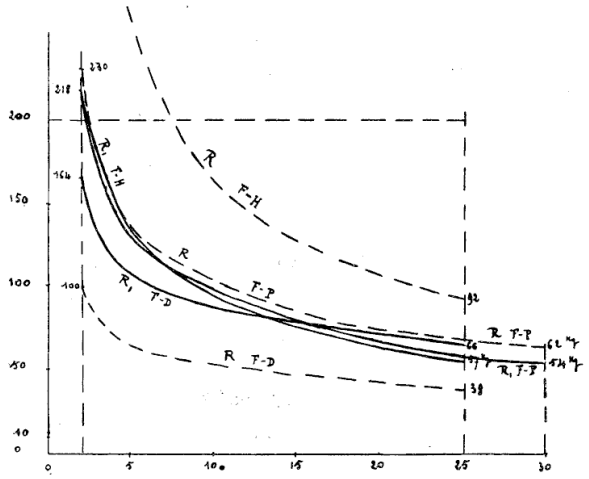



Fig. 1270. — Forage de métal antifriction sous pressions croissantes prolongées, valeurs de R et de $R_1$, pour le foret hélicoïdal, le foret à pointe, le foret droit.

copeaux se dégageaient tout en se brisant. Ici, encore, nous avons répété les trous dans le même échantillon afin de ne pas déterminer de bourrage.

Nous avons déduit pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| P = | 25 | 40 | 63 | 102 | 118 kil. |
| R = | 100 | 64 | 51 | 41 | 38 |
| $P_1'$ = | 3 | 5 | 8 | 13 | 15 |
| $R_1$ = | 164 | 109 | 87 | 71 | 66 |
| $R''$ = | 192 | 126 | 101 | 82 | 76 |
| $\tau_1$ = | 20,2 | 13,6 | 19,9 | 8,9 | 8,2 kilogrammètres. |

$$R = 34{,}45 + \frac{1{,}31}{a},$$

$$R_1 = 61 + \frac{2{,}06}{a}.$$

La figure 1270 facilite les comparaisons de R et de $R_1$ pour les trois modèles de forets. On constate que l'élément principal $R_1$ ne présente en moyenne que de faibles écarts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les moyennes générales de R et de $R_1$ ressortiraient à

$$R = 50 + \frac{3}{a}.$$

$$R_1 = 50 + \frac{2,5}{a}.$$

**Forage du zinc** *sous pressions constantes prolongées.*
*Foret hélicoïdal* (fig. 1271).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Possédant une barre de zinc laminé de 20 millimètres d'épaisseur dont nous nous étions pourvu pour divers essais, nous l'avons forée sans graissage avec le foret hélicoïdal et avec le foret droit.

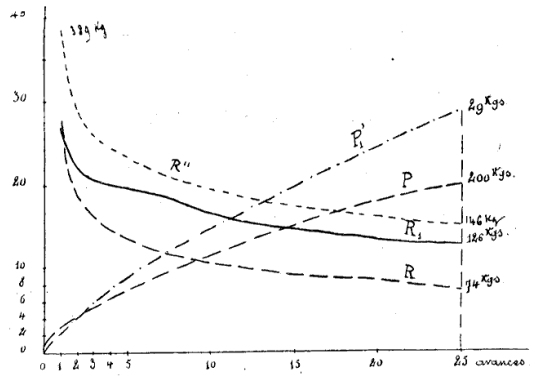



Fig. 1271. — Forage de zinc sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

Le zinc se laisse très bien couper par le foret hélicoïdal, les copeaux sont réguliers, se contournent ; la surface du trou est lisse.

Nous avons constaté pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| P = | 30 | 40 | 75 | 115 | 180 | 200 kil. |
| R = | 278 | 185 | 139 | 106 | 83 | 74 |
| $P_1'$ = | 2,5 | 4 | 9 | 15 | 24,5 | 29 |
| $R_1$ = | 272 | 218 | 196 | 164 | 134 | 126 |
| $R'''$ = | 389 | 286 | 240 | 195 | 158 | 146 |
| $\tau_1$ = | 38 | 30 | 27 | 23 | 18,5 | 17,5 kilogrammètres. |

$$R = 72 + \frac{2,26}{a} \qquad R_1 = 124 + \frac{1,87}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de zinc sous pressions constantes prolongées.*
*Foret droit* (fig. 1272).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

Le foret droit donne aussi une bonne coupe du zinc, le métal grenu, sec est

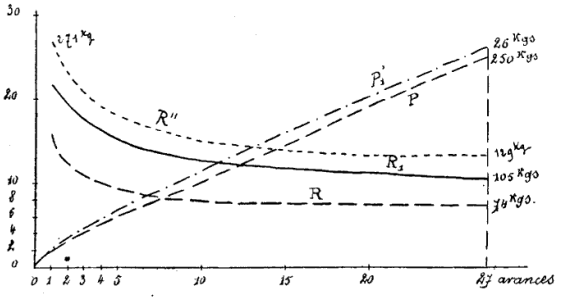



Fig. 1272. — Forage de zinc sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ $n = 80$.

assez liant pour que les éléments des copeaux se tiennent bien, se développent sans rupture. C'est le métal qui se coupe le mieux avec les forets.

Nous avons obtenu pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,27 mm. |
| P = | 20 | 30 | 60 | 100 | 190 | 250 kil. |
| R = | 160 | 120 | 96 | 80 | 76 | 74 |
| P′ = | 2 | 3,5 | 7 | 11,5 | 20 | 26 |
| $R_1$ = | 218 | 192 | 152 | 125 | 109 | 105 |
| R = | 271 | 227 | 180 | 148 | 133 | 129 |
| $\tau$ = | 30 | 27 | 21 | 17,5 | 15 | 14,5 kilogrammètres. |

$$R = 71 + \frac{0,98}{a},$$

$$R_1 = 100 + \frac{1,84}{a}.$$

Les valeurs de $R_1$ pour le foret droit sont notablement moins élevées que celles du foret hélicoïdal dans les limites des avances considérées.

Les formules générales moyennes seraient :

$$R = 70 + \frac{1,5}{a},$$

$$R_1 = 110 + \frac{1,8}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Forage d'aluminium** *sous pressions constantes prolongées.*
*Foret hélicoïdal* (fig. 1273).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 80$

Avec l'aluminium, métal assez malléable et assez tenace, nous avons fait deux séries d'essais pour chaque foret, l'une sans graissage, l'autre avec graissage, de manière à pouvoir les comparer et juger de l'influence de la lubrification.

(Sans graissage.)

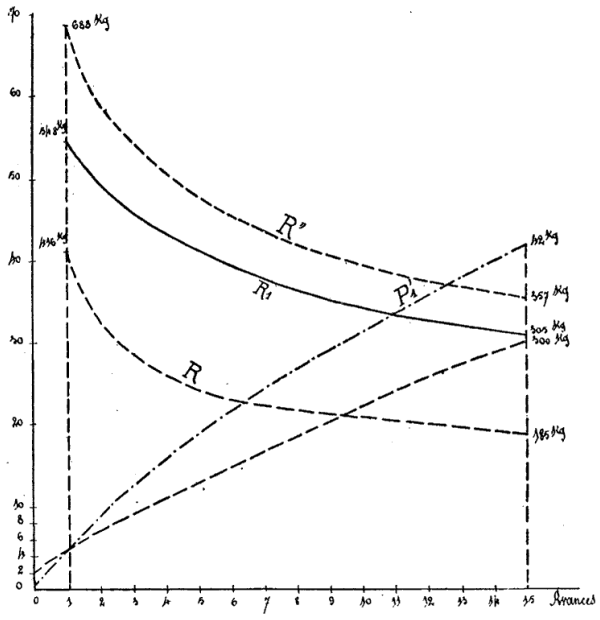



Fig. 1273. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$.

Sans huile, le métal s'arrache davantage qu'avec de l'huile pour une même avance, les pressions P et les efforts $P_1'$ sont de beaucoup plus élevés dans le premier cas que dans le second. Ainsi, pour une avance de 0,10 on a respectivement : $P = 220$ kg. et $P = 70$ kg. ; $P_1' = 31$ kg. et $P_1' = 10$ kg,

Il suffit de comparer les courbes des R et des $R_1$ (fig. 1274) pour mieux juger de l'importance de la lubrification avec ce métal dont la coupe exige une grande vitesse et des petites avances.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sans graissage nous avons trouvé pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 mm. |
| P = | 45 | 70 | 130 | 220 | 300 kil. |
| R = | 416 | 324 | 240 | 204 | 185 |
| $P_1'$ = | 5 | 9 | 19 | 31 | 42 |
| $R_1$ = | 548 | 490 | 415 | 340 | 305 |
| R'' = | 688 | 588 | 479 | 396 | 357 |
| $\tau_1$ = | 218 | 196 | 166 | 136 | 122 kilogrammètres. |

$$R = 163 + \frac{3,2}{a}.$$

$$R_1 = 276 + \frac{4,25}{a}.$$

(Avec graissage.)

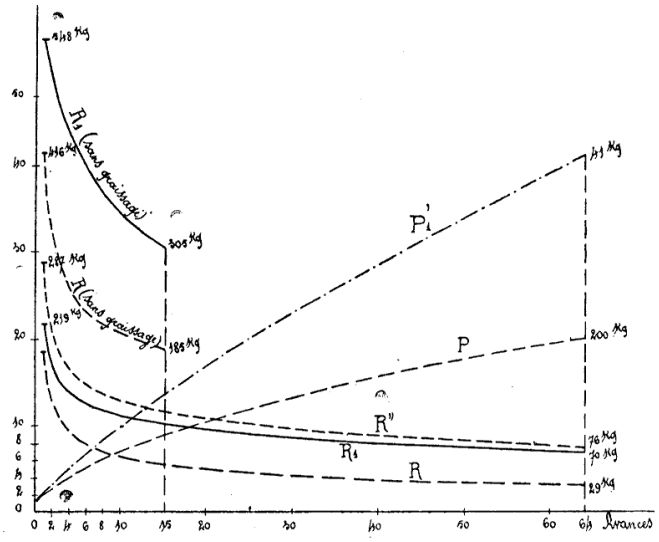



Fig. 1274. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Avec graissage et pour :

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,64 mm. |
| P = | 20 | 28 | 44 | 70 | 105 | 130 | 158 | 180 | 198 | 200 kil. |
| R = | 185 | 129 | 81 | 65 | 48,5 | 40 | 36,5 | 33,2 | 30 | 29 |
| $P_1'$ = | 2 | 3 | 6 | 10 | 17 | 23 | 28,5 | 35 | 39,5 | 41 |
| $R_1$ = | 219 | 164 | 131 | 109 | 93 | 83,5 | 78 | 71 | 72 | 71 |
| R'' = | 287 | 209 | 154 | 127 | 105 | 92,5 | 86 | 81 | 78 | 76 |
| $\tau_1$ = | 87 | 66 | 52,5 | 43,5 | 37 | 33,5 | 31 | 29,5 | 29 | 28 kilogrammètres. |

$$R = 26 + \frac{2}{a},$$

$$R_1 = 69 + \frac{1,87}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La comparaison des deux séries de nombres montre combien il importe de graisser les forets opérant dans de l'aluminium et, en général, dans les divers métaux ductiles.

(Sans graissage.)

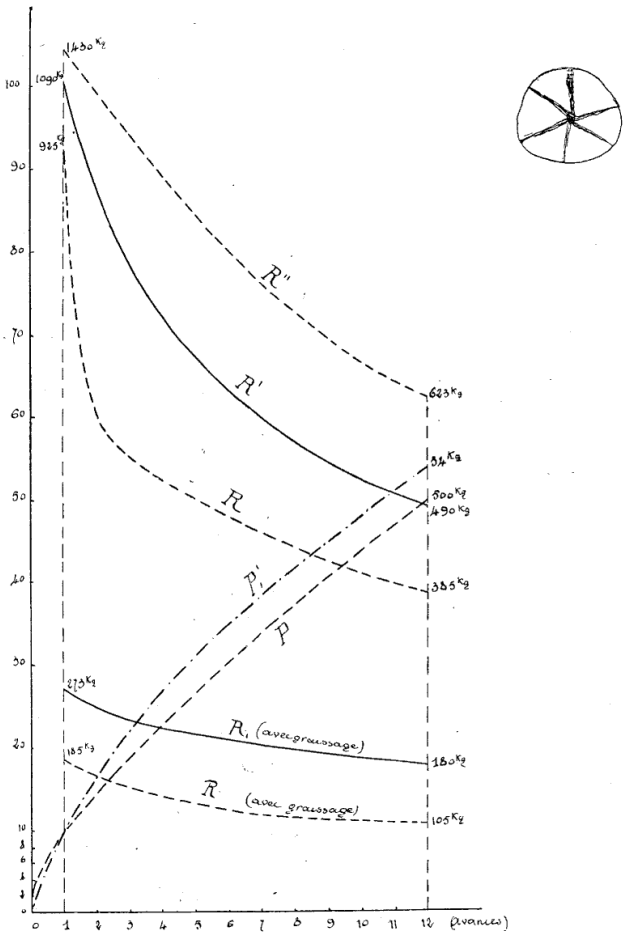



Fig. 1275 et 1276. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120$ $n = 80$.

On voit que, sous la pression P = 200 kg. avec graissage, on a obtenu une avance de $0^{mm},64$, tandis qu'avec P = 300 kg., sans graissage, l'avance n'était que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$0^{mm},15$. Les valeurs relativement grandes des énergies $\tau_1$ par gramme de métal sont dues à la faible densité ($\delta = 2,5$) de l'aluminium.

*Forages d'aluminium sous pressions constantes prolongées.*
*Foret à pointe* (fig. 1275-1277).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Ce foret s'amorçait en donnant lieu à des déviations marquées par la forme du trou (fig. 1275) due au va-et-vient de la pointe qui ne trouvait pas un appui suffisant, le métal étant trop mou.

En pleine prise, le guidage étant assuré par l'emboîtement de l'outil, l'opération se faisait mieux, tout en constatant que parfois le métal se dérobait, se refoulait dans la masse, ce qui augmente beaucoup les efforts.

Sans graissage pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,12 mm. |
| P = | 100 | 130 | 270 | 440 | 500 kil. |
| R = | 925 | 600 | 500 | 406 | 385 |
| $P_1'$ = | 10 | 16 | 31 | 48 | 54 |
| $R_1$ = | 1090 | 870 | 675 | 525 | 490 |
| $R''$ = | 1430 | 1060 | 840 | 664 | 623 |
| $\tau_1$ = | 437 | 348 | 336 | 210 | 196 kilogrammètres. |

$$R = 360 + \frac{4,8}{a},$$

$$R_1 = 440 + \frac{8,6}{a}.$$

Avec graissage pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,27 mm. |
| P = | 20 | 35 | 70 | 120 | 200 | 250 kil. |
| R = | 185 | 162 | 129 | 110 | 92,5 | 86 |
| $P_1'$ = | 2,5 | 4,5 | 10 | 17 | 29 | 35 |
| $R_1$ = | 273 | 246 | 218 | 185 | 158 | 142 |
| $R''$ = | 329 | 294 | 253 | 216 | 183 | 166 |
| $\tau_1$ = | 109 | 99 | 87 | 74 | 63 | 57 kilogrammètres. |

$$R = 84 + \frac{1,56}{a},$$

$$R_1 = 149 = \frac{1,94}{a}.$$

Ici encore, la figure 1276 permet de comparer aisément les résultats de ces deux séries d'essais en considérant les valeurs de R et celles de $R_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1278-1279).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

Le foret droit s'est moins bien comporté que les deux qui précèdent; il eût fallu adopter une plus grande vitesse de rotation.

Les courbes des R et des $R_1$ ont des allures qui s'éloignent de celles des autres essais; on ne saurait établir les relations en fonction de l'avance $a$, que

(Avec graissage.)

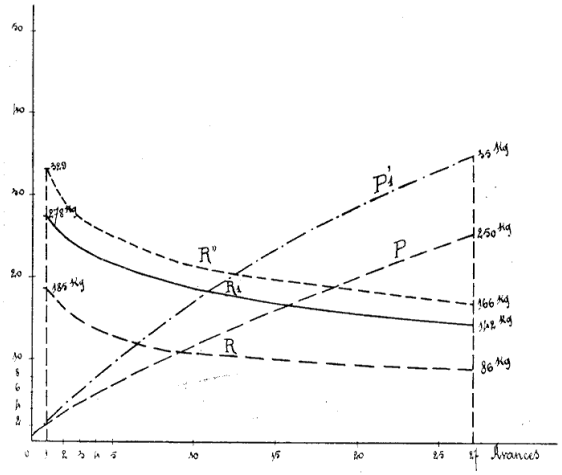



Fig. 1277. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

pour la série sans graissage; pour l'autre, il faut se contenter d'une simple moyenne.

Sans graissage, pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 mm. |
| P = | 50 | 90 | 210 | 380 | 500 kil. |
| R = | 400 | 360 | 335 | 305 | 267 |
| $P_1'$ = | 12 | 21 | 43 | 71 | 91 |
| $R_1$ = | 1310 | 1120 | 938 | 775 | 660 |
| R'' = | 1370 | 1260 | 996 | 833 | 712 |
| $\tau_1$ = | 525 | 450 | 374 | 310 | 264 kilogrammètres. |

$$R + 252 + \frac{2,16}{a},$$

$$R_1 = 590 = \frac{10,64}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(Sans graissage.)

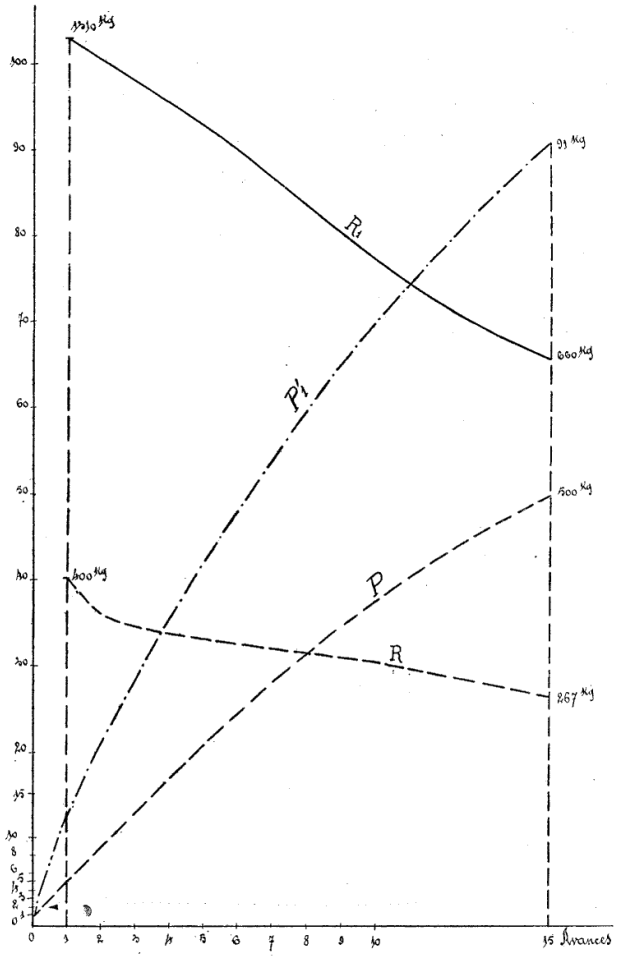



Fig. 1278. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

Avec graissage pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,23 mm. |
| P = | 20 | 40 | 100 | 200 | 360 | 400 kil. |
| R = | 160 | 160 | 160 | 160 | 144 | 140 |
| $P_1'$ = | 3 | 6 | 14 | 27 | 58 | 69 |
| $R_1$ = | 327 | 327 | 305 | 294 | 316 | 327 |
| $R''$ = | 365 | 364 | 364 | 335 | 347 | 356 |
| $\tau_1$ = | 130 | 130 | 122 | 118 | 127 | 130 kilogrammètres. |

$R = 150$ en moyenne, $R_1 = 300$, soit le double de R.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avec l'aluminium, il existerait une avance, soit $0^{mm},10$, pour laquelle la valeur de $R_1$ serait minimum, sinon il faut attribuer le relèvement de la courbe des $R_1$ au bourrage du trou, ce qui est plus logique, et au refoulement plus prononcé dans la masse lorsque les avances s'accentuent. Nous retrouverons une loi analogue dans les essais de forage à outrance.

(Avec graissage.)

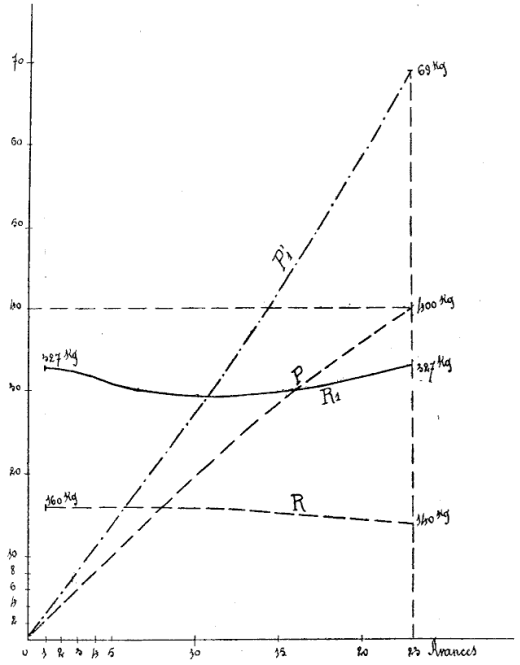



Fig. 1279. — Forage d'aluminium sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

En considérant les formules des deux forets à pointe, l'opération se faisant avec graissage, on peut adopter comme moyenne générale

$$R = 50 + \frac{1,8}{a} \qquad R_1 = 100 + \frac{1,8}{a}.$$

**Forage de laiton** *sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1280).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0,48$$

Les éprouvettes de laiton de cette première série d'essais provenaient d'un jet de 40 millimètres de diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Première phase.* — Au début de la rotation jusqu'à 40 tours, la pénétration est très petite, les efforts P croissent rapidement, tandis que ceux $P_1'$ restent très petits. Puis, le foret attaque davantage; à 60 tours, la tête est complètement engagée; elle correspond à une profondeur de 6 millimètres, fin de la première phase. Les efforts P s'accroissent toujours suivant une ligne à peu près droite; les efforts $P_1'$ s'accentuent rapidement. Les avances ne sont pas restées constantes malgré que le foret présentait une petite pointe.

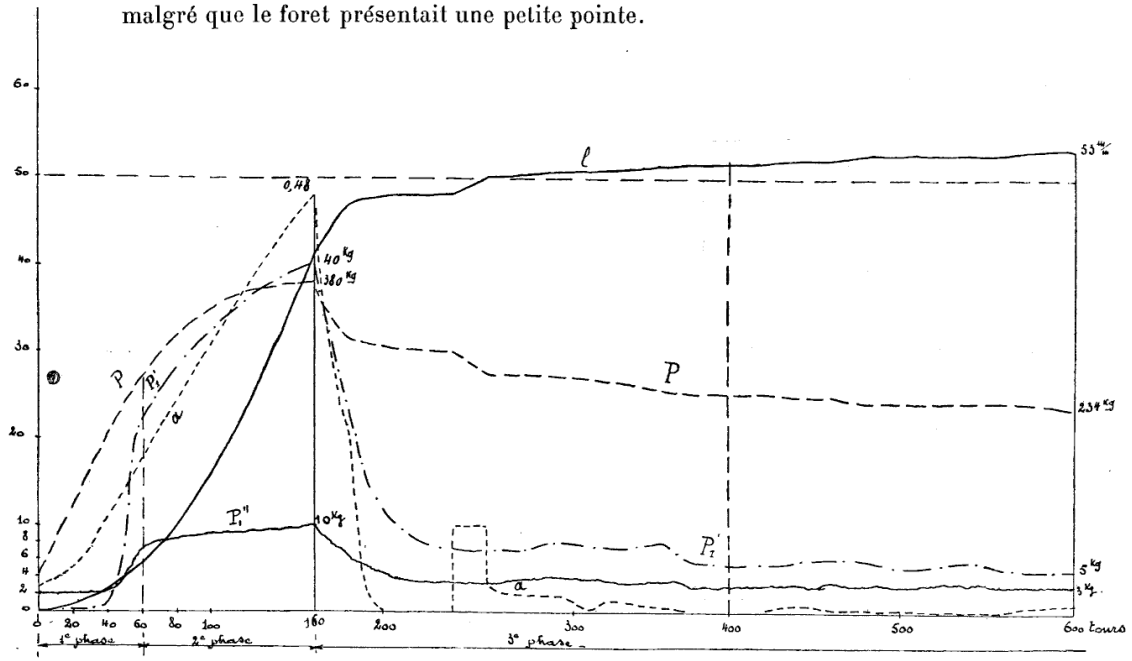



Fig. 1280. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}48$.

*Deuxième phase.* — Dans la deuxième phase, les efforts P s'accroissent moins; vers la fin, ils tendent à devenir constants, soit au moment où l'avance atteint 0,48 qui est celle $a_1$ du chariot porte-pièce. Les copeaux sont cornettés, ils se dégagent bien, glissent dans le trou et dans les cannelures du foret. Les efforts $P_1'$ suivent une progression rationnelle avec de légères oscillations (3 à 5 kilogrammes).

*Troisième phase.* — A partir du débrayage du chariot à 160 tours commence la troisième phase : les pressions P diminuent d'une façon peu régulière; le foret n'attaque pas entre 200 et 250 tours, l'avance reste nulle; la courbe des $l$ est parallèle à l'axe des abscisses; puis une nouvelle attaque se produit corres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pondant à un relèvement de la courbe des pénétrations entre 250 et 270 tours. A la fin, le foret ne prend pour ainsi dire plus et par à-coups, sous très petite avance. L'opération se poursuit sous chute de P à 234 kilogrammes pour 600 tours; la pénétration totale était de 53 millimètres. Les efforts $P_1'$ se réduisent à 5 kilogrammes, valeur élevée parce que le foret frottait latéralement et en bout, ce qu'accusait aussi l'échauffement de la pièce.

La marche capricieuse du foret pendant la troisième phase ne permet pas de

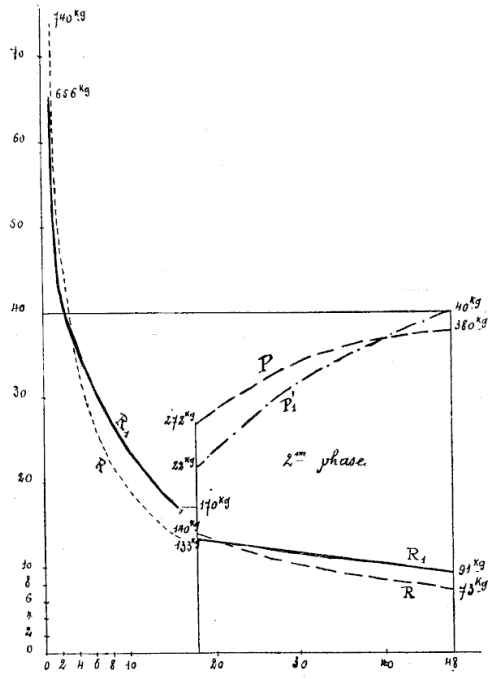



Fig. 1281. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal : $d = 25$ $\Phi = 120°$ $t = 36$ $a$, $= 0{,}25$.

la considérer pour le calcul des coefficients de résistance R et $R_1$; il faut s'en tenir à la deuxième phase; soit pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,18 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,48 mm. |
| P = | 272 | 285 | 320 | 340 | 370 | 380 kil. |
| R = | 140 | 132 | 118 | 105 | 86 | 73 |
| $P_1'$ = | 22 | 24 | 28 | 32 | 37 | 40 |
| $R_1$ = | 133 | 131 | 122 | 117 | 101 | 91 |
| R'' = | 193 | 186 | 170 | 157 | 133 | 117 |
| $\tau_1$ = | 15,6 | 15,4 | 14,4 | 13,8 | 12 | 10,7 kilogrammètres. |



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les valeurs de R et de $R_1$ sont portées sur la figure 1281 qui comprend aussi celles de la troisième phase de l'essai qui suit, fait avec une avance $a_1$ du chariot égale à 0,25.

*Forage de laiton sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1282).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a = 0,25$

Cet essai s'est fait très régulièrement pendant les trois phases, ainsi que l'indiquent les diverses courbes (fig. 1282). Nous l'avons poursuivi jusqu'à 1 000 tours. A ce moment la profondeur du trou était de 31 millimètres.

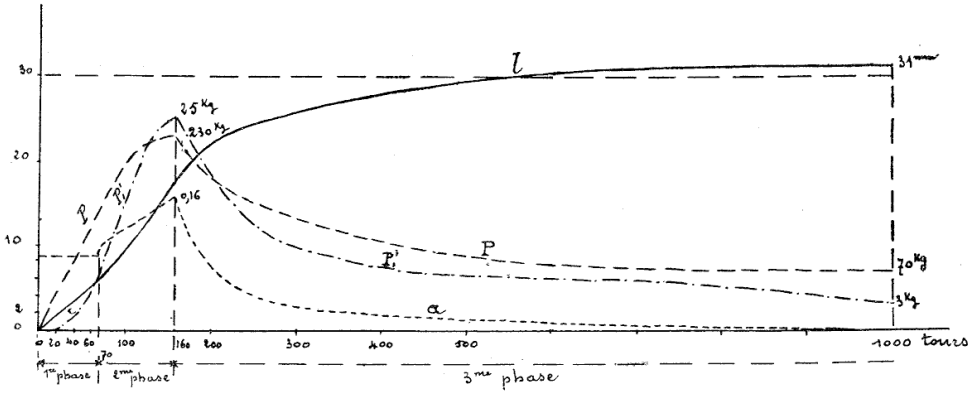



Fig. 1282. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = a, = 0,25$.

La troisième phase s'est développée de 160 à 1 000 tours; l'avance a varié de 0,16 à 0. La pression finale P était de 70 kilogrammes avec effort $P_1' = 3$ kilogrammes.

Les valeurs de R et de $R_1$ relatives aux avances de $0^{mm},16$ à $0^{mm},01$ pour la troisième phase, complètent celles trouvées dans l'essai qui précède (fig. 1281).

Les courbes ne s'écartent pas trop de l'allure générale commune.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,16 mm. |
| P = | 80 | 115 | 160 | 205 | 230 kil. |
| R = | 740 | 484 | 297 | 190 | 133 |
| $P_1'$ = | 6 | 8 | 15 | 22 | 25 |
| $R_1$ = | 656 | 436 | 328 | 240 | 170 |
| $R''$ = | 989 | 651 | 437 | 306 | 216 |
| $\tau_1$ = | 116 | 77 | 51 | 36 | 25 kilogrammètres. |

On peut admettre dans le calcul des relations générales pour

$a = 0,01$ et $0,48^{mm}$ $R = 740$ et $70^{kg}$ $R_1 = 650$ et $90^{kg}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

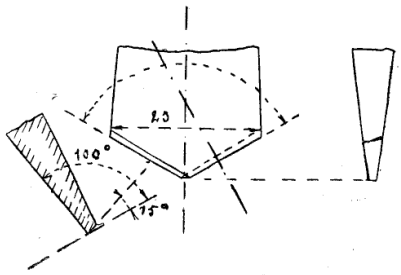



Fig. 1283.

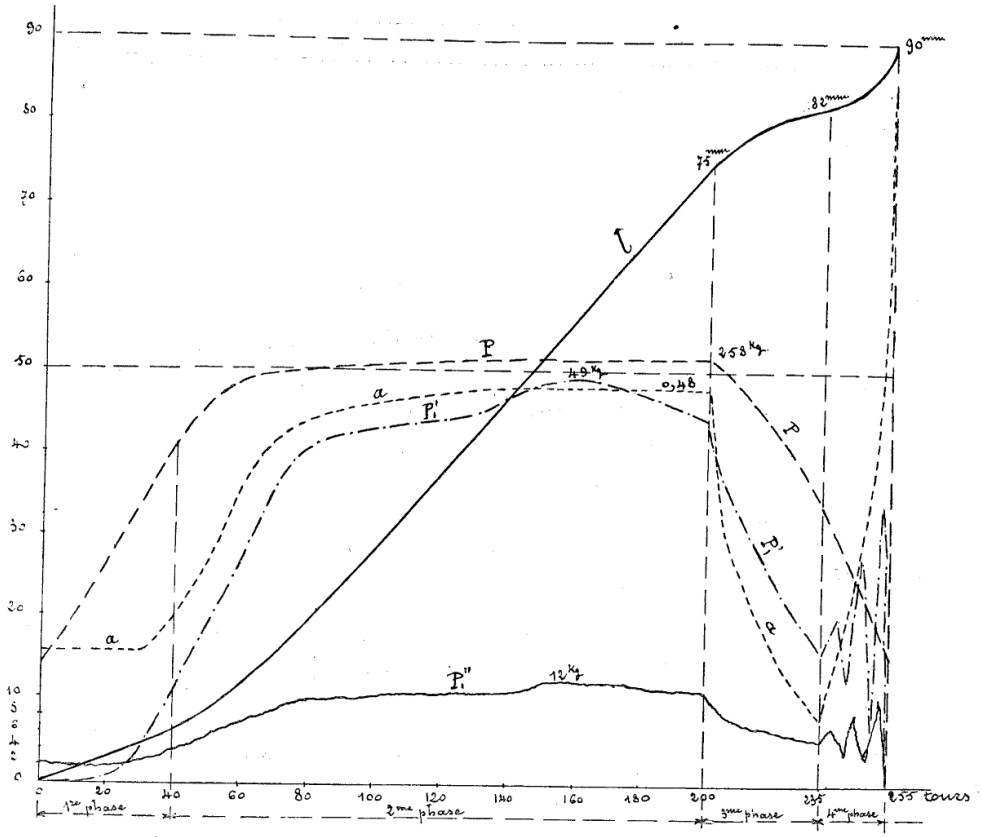



Fig. 1284. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$, $n = 36$ $a$, $= 0{,}48$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il vient :

$$R = 56 + \frac{6,85}{a},$$

$$R_1 = 78 + \frac{5,72}{a}.$$

*Forage de laiton sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1283-1285).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,48$

Dans cet essai, nous avons prolongé la deuxième phase en vue d'obtenir la quatrième à coup sûr.

A partir de 100 tours jusqu'à 200, l'avance a peu varié de même que la pres-

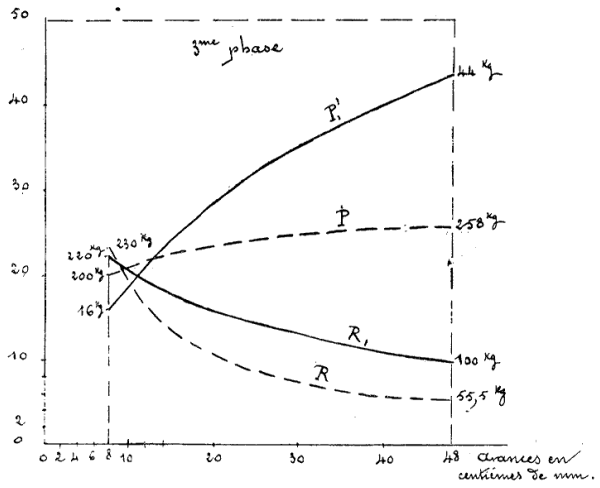



Fig. 1285. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,48$.

sion P; mais les efforts $P_1'$ se sont relevés entre 140 et 160 tours pour ensuite retomber à une valeur en rapport avec l'avance 0,48.

Cette perturbation provenait de ce que les copeaux ne se dégageaient pas aisément. Les oscillations courantes des efforts $P_1'$ n'étaient guère que de quelques kilogrammes. Après le débrayage, la régularité s'est maintenue; à 235 tours, commence la quatrième phase, que nous avons prolongée jusqu'à 255 tours, c'est-à-dire que le foret a traversé d'outre en outre la pièce. L'avance commence à s'accroître avant que le foret traverse; elle s'accentue rapidement jusqu'à ce que le foret débouche brusquement en totalité. Les efforts P décroissent régulièrement, tandis que les efforts $P_1'$ croissent et décroissent par suite des à-coups

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui se produisent vers la fin, alors que le foret n'est plus guidé par la pointe et engage ou attaque d'une façon irrégulière. Les efforts P″, du dynamomètre de rotation, indiquées en fig. 1284, marquent bien les variations finales.

La troisième phase a donné pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,08 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,48 mm. |
| P = | 200 | 210 | 235 | 250 | 255 | 258 kil. |
| R = | 230 | 194 | 109 | 76 | 59 | 55,5 |
| $P_1'$ = | 16 | 19 | 29 | 35 | 39,5 | 44 |
| $R_1$ = | 220 | 208 | 158 | 128 | 108 | 100 |
| R″ = | 318 | 284 | 192 | 149 | 123 | 115 |
| $\tau_1$ = | 25,8 | 24,5 | 19,7 | 15 | 12,7 | 11,8 kilogrammètres. |

$$R = 19,4 + \frac{17,4}{a},$$

$$R_1 = 70 + \frac{13,6}{a}.$$

*Forage de laiton sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1286-1291).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0,48.$$

La pression initiale de 30 kilogrammes a donné lieu, pour la pénétration de la pointe, à une avance décroissante puis constante sous pression P progressive.

De 100 à 200 tours, l'avance passe de 0,04 à 0,48 mm. La troisième phase qui est toujours la plus régulière a été maintenue jusqu'à 800 tours, les avances étant à 200 tours de 0,48, à 800 tours de 0,02; les pressions P de 630 et 260 kilogrammes sont beaucoup plus élevées que celles du foret à pointe (258 et 200 kg.). Les efforts de coupe ont varié de 44 à 7 kilogrammes, valeurs qui concordent de très près avec celles relatives au foret à pointe.

La figure 1288 montre que, pour des avances égales pendant la période des pressions croissantes et pendant la période des pressions décroissantes, les efforts P varient peu. Il en est de même de $P_1'$ ce qui dénote un essai des plus réguliers.

On trouve pour les divers éléments :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,48 mm. |
| P = | 300 | 410 | 490 | 550 | 585 | 595 | 630 kil. |
| R = | 1200 | 655 | 391 | 220 | 156 | 119 | 105 |
| $P_1'$ = | 6 | 12 | 19 | 30 | 37 | 41,5 | 44 |
| $R_1$ = | 382 | 260 | 207 | 163 | 135 | 113 | 100 |
| R″ = | 1260 | 705 | 442 | 274 | 206 | 165 | 145 |
| $\tau_1$ = | 45 | 31,5 | 24,4 | 19,2 | 15,8 | 13,3 | 11,7 kilogrammètres. |

$$R = 63 + \frac{24,8}{a},$$

$$R_1 = 98,5 + \frac{5,64}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 1291 permet de comparer les essais de cette première série ; on voit que, si le foret droit a exigé des pressions plus fortes que celles des deux autres

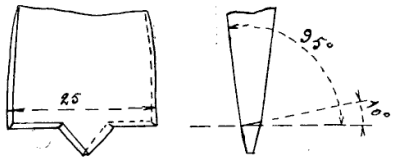



Fig. 1286.

forets, on peut admettre cependant que l'élément principal $R_1$ varie peu pour une même avance. Le foret à pointe et le foret droit sont pratiquement équivalents.

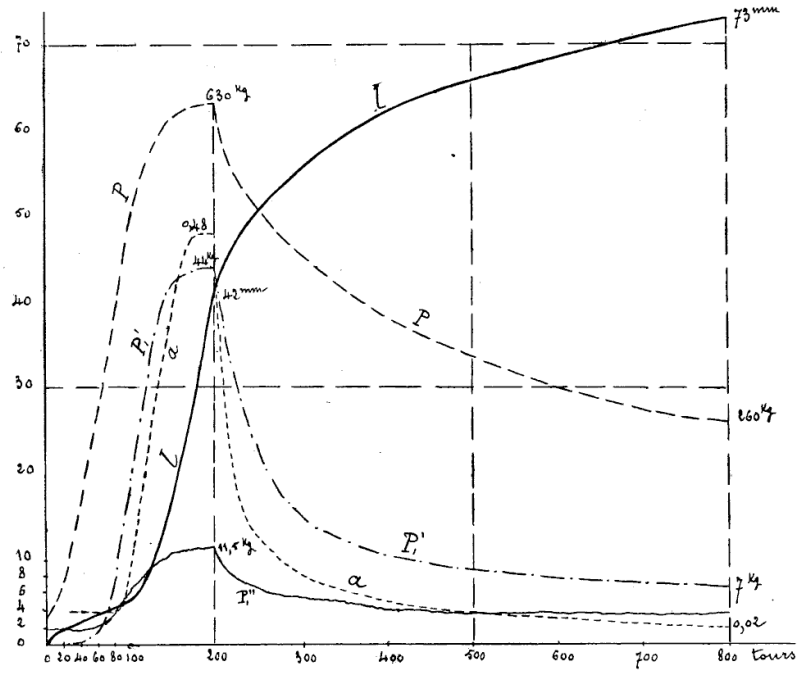



Fig. 1287. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 36$ $a$, $= 0{,}48$.

Le foret hélicoïdal, s'il exige, pour les faibles avances, plus de pression et plus d'énergie, devient, en revanche, supérieur aux autres pour les fortes avances.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les expressions générales à adopter pour le calcul de R et de $R_1$ avec ce laiton ordinaire seraient de

$$R = 40 + \frac{16}{a},$$

$$R_1 = 80 + \frac{8}{a}.$$

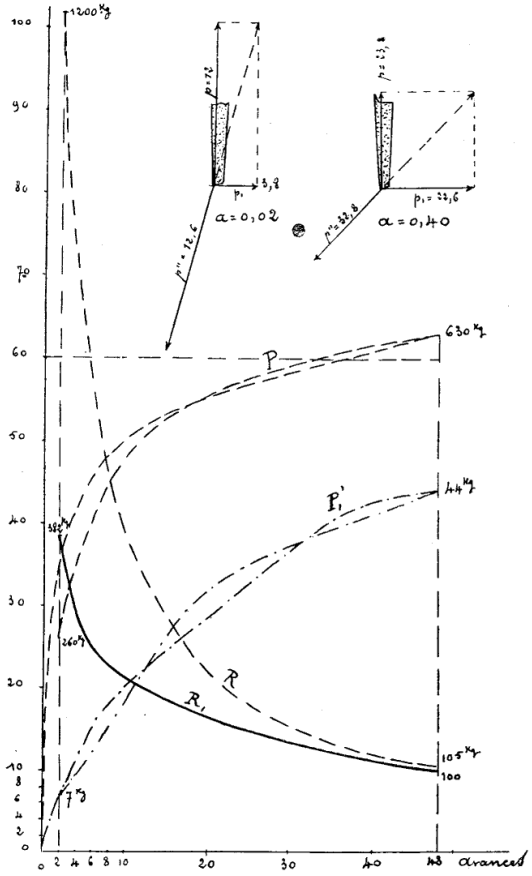



Fig. 1288 à 1290. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ $n = 36$ $a, = 0{,}48$.

*Forage de laiton sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1292-1293).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

La série d'essais sous pressions constantes a été faite à la foreuse avec des éprouvettes provenant d'un autre jet de 40 millimètres de diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons opéré avec le foret à pointe ordinaire, le foret à pointe courbe à gorges, le foret à langue de vipère et le foret droit.

Dans ces essais sous pressions constantes prolongées, mais différentes entre elles et faciles à répéter, nous faisions d'abord croître les pressions, puis ensuite nous les faisions décroître afin de tenir compte des différences qui proviennent

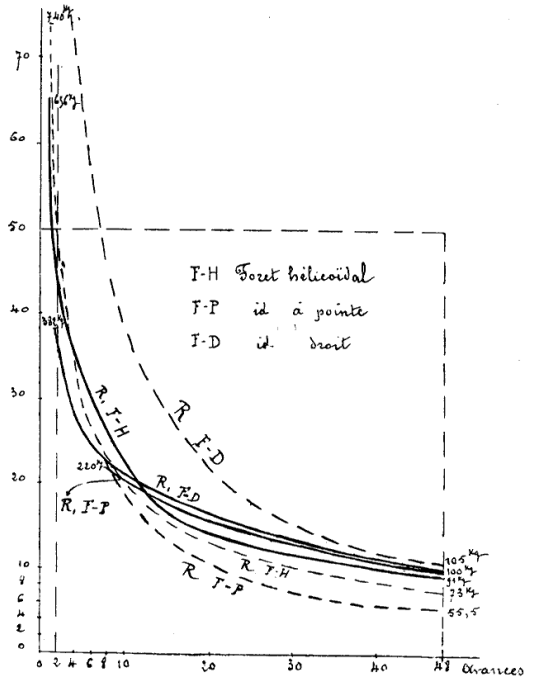



Fig. 1291. — Forage de laiton sous pressions croissantes puis décroissantes. Valeurs de R et de $R_1$, pour le foret hélicoïdal, le foret à pointe, le foret droit.

de la profondeur des trous. Ces essais sont longs et exigent de nombreuses éprouvettes afin de ne pas opérer dans des profondeurs supérieures à 60 millimètres, et de prévenir les chances de perturbations. On avait soin de débourrer le trou après chaque essai successif dans la même pièce.

En prenant pour abscisses les pressions P, que nous avons fait varier de 20 en 20 kilogrammes jusqu'à 300 kilogrammes, on voit (fig. 1292) que, pour le foret à pointe, les avances $a$ donnent une courbe qui se raccorde à 20 kilogrammes avec l'axe des abscisses.

Les avances croissent d'abord très peu avec les pressions, puis l'accroissement tend à devenir constant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A 300 kilogrammes, l'avance était de 0,64, valeur que n'adopte guère la pra-

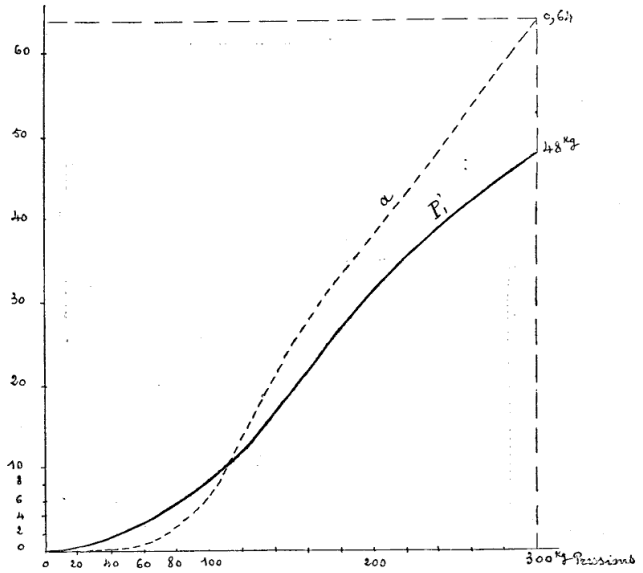



Fig. 1292. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

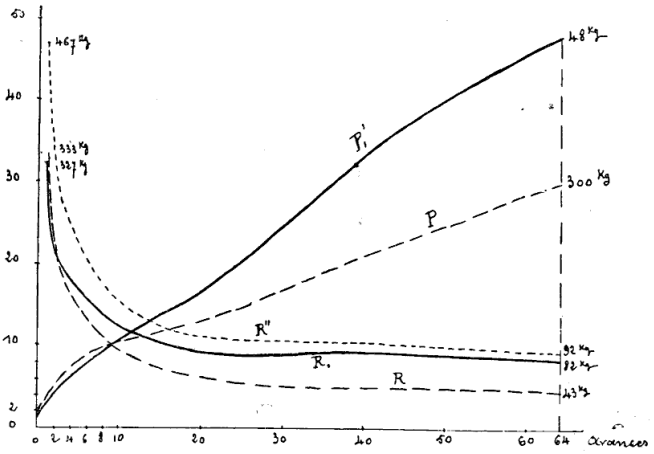



Fig. 1293. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

tique, mais que nous avons poursuivie pour mener l'essai aussi loin que possible sans crainte de briser le foret.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les efforts $P_1'$ donnent une courbe en rapport avec celle des avances $a$, mais les accroissements au delà de 150 tours sont moindres qu'en deçà.

La figure 1293 est établie en prenant les avances pour abscisses. Les courbes des P et des $P_1'$ ne s'écartent pas trop d'une droite moyenne, ce qui justifie l'hypothèse générale admise pour les valeurs de P et de $P_1$ en fonction de R et de $R_1$.

Ces essais ont donné :

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,64 mm. |
| P = | 36 | 50 | 80 | 105 | 130 | 170 | 210 | 245 | 285 | 300 kil. |
| R = | 333 | 231 | 148 | 97 | 60 | 52 | 48 | 45 | 44 | 43 |
| $P_1'$ = | 3 | 4 | 7,5 | 11 | 16,5 | 24,5 | 34 | 40 | 46 | 48 |
| $R_1$ = | 327 | 218 | 164 | 120 | 90 | 89 | 93 | 87 | 84 | 82 |
| R'' = | 467 | 317 | 221 | 153 | 108 | 103 | 104 | 98 | 95 | 92 |
| $\tau_1$ = | 38,5 | 25,7 | 19,4 | 14,2 | 10,6 | 10,5 | 11 | 10,2 | 9,9 | 9,7 Kgmètres |

$$R = 38 + \frac{3,85}{a},$$

$$R_1 = 80 + \frac{2,77}{a}.$$

*Forage de laiton sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe arrondie avec gorges* (fig. 1294-1299).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

La courbe des avances (fig. 1295) accuse une allure parabolique ; de même celle des $P_1'$. Pour une même avance, les efforts P et $P_1'$ sont moindres avec ce foret qu'avec le précédent; ainsi pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $a$ = | 0,10 | 0,40 | 0,60 mm. |
| Foret à pointe ordinaire. . . | P = | 105 | 210 | 285 kil. |
| | $P_1'$ = | 11 | 34 | 40 |
| Foret à pointe arrondie . . . | P = | 80 | 120 | 148 |
| | $P_1'$ = | 10 | 24 | 35 |

Ce foret serait à préconiser en ayant soin de ne pas le forcer, parce qu'il est plus fragile que le foret ordinaire et parce que son affûtage ne peut se faire à la meule. Il a tendance à s'excentrer et, lorsque l'avance s'accentue, il se forme un cône prononcé (fig. 1296-1297) qui fait dévier le foret, ce qui agrandit le trou et détermine sa rupture. La ligne $a\ b\ c$ est la trace du tranchant. Dans ce laiton, la rupture de l'outil s'est produite sous une avance de $0^{mm},70$, valeur de beaucoup supérieure à celle que la pratique adopte. Le fond du trou (fig. 1298) présentait de nombreuses stries, qui se rapportent probablement aux lignes de rupture des copeaux; ceux-ci ne se roulaient pas; on obtenait des gerbes en éventail avec les fortes épaisseurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

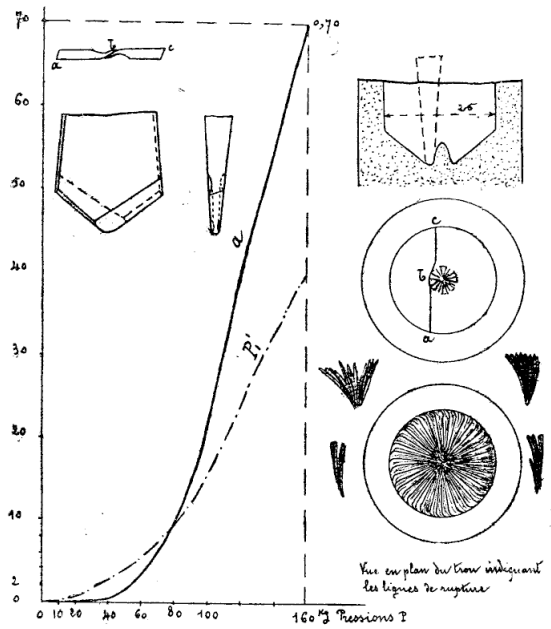



Fig. 1294 à 1298. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe courbe avec gorges $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

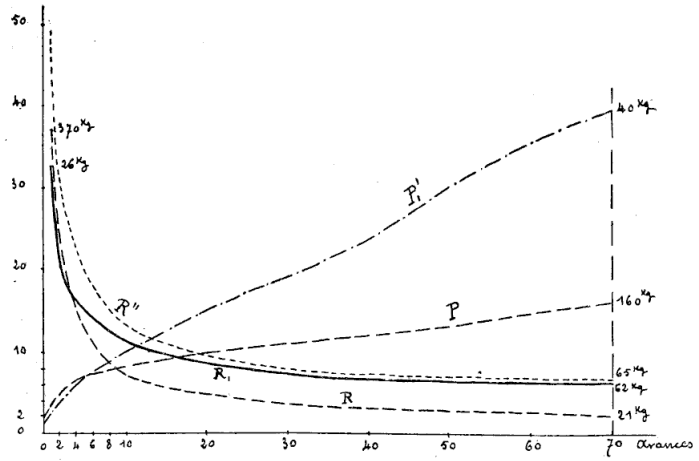



Fig. 1299. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe courbe avec gorges $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 mm. |
| P = | 40 | 52 | 66 | 80 | 100 | 110 | 120 | 132 | 148 | 160 kil. |
| R = | 370 | 241 | 122 | 74 | 46 | 34 | 28 | 24,5 | 22,8 | 21 |
| $P_1'$ = | 3 | 4 | 7 | 10 | 15 | 19 | 24 | 30 | 35 | 40 |
| $R_1$ = | 326 | 218 | 152 | 109 | 82 | 69 | 66 | 64 | 63 | 62 |
| $R''$ = | 499 | 325 | 195 | 132 | 94 | 77 | 72 | 68 | 67 | 65 |
| $\tau_1$ = | 38,5 | 25,7 | 18 | 12,8 | 9,5 | 8,1 | 7,8 | 7,5 | 7,4 | 7,3 Kgmètres |

$$R = 15{,}4 + \frac{4{,}52}{a} \qquad R_1 = 58{,}2 + \frac{3}{a}.$$

*Forage de laiton sous pressions constantes prolongées. Foret à double biseau dit langue de vipère* (fig. 1300-1302).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Nous avons essayé ce foret à titre de curiosité pour le comparer au foret ordinaire. La prise de copeau s'est faite sous très petite pression: 8 kilogrammes,

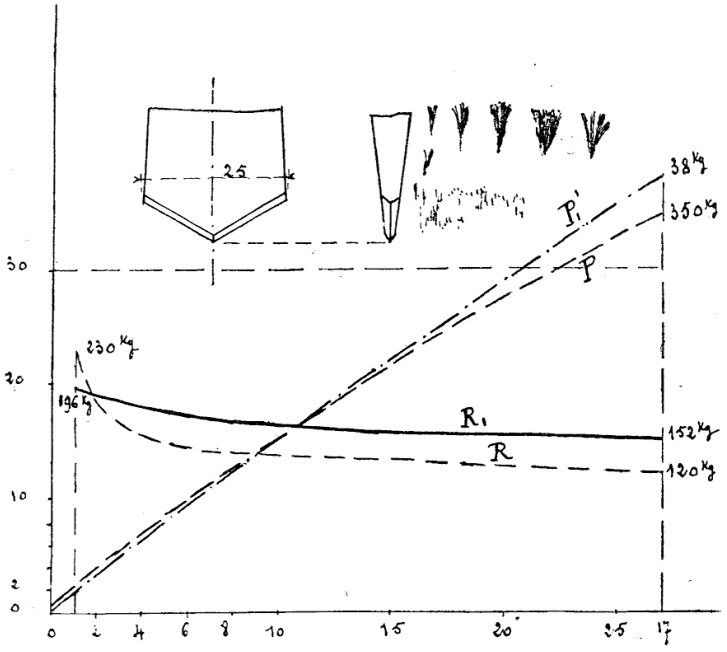



Fig. 1300 et 1301. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret à double biseau $d = 25$ mm. $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

et cela en raison de la grande valeur de $\beta$. Nous avons poursuivi l'opération jusqu'à 350 kilogrammes, l'avance était alors de $0^{mm},27$. Le foret broutte, fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chauffer la pièce, car le métal est refoulé, arraché; les divers éléments de copeau sont distincts : nous avons remarqué que les copeaux conservaient l'aspect jaunâtre du métal lorsque les avances étaient petites : moins de $0^{mm},05$; mais lorsque les avances étaient supérieures, les copeaux sont de couleur beaucoup plus pâle.

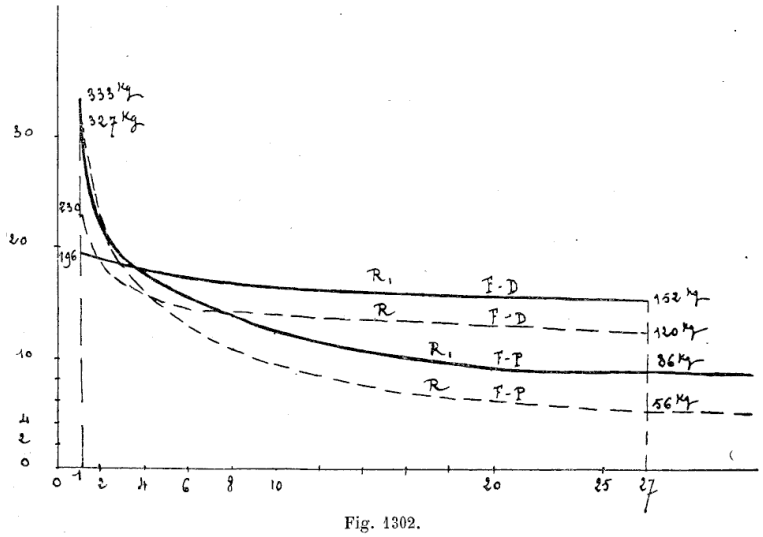



Fig. 1302.

C'est sans doute la chaleur développée qui modifiait ainsi leur aspect; il en était de même avec les autres forets.

On obtient pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0.27 mm. |
| P = | 25 | 40 | 80 | 150 | 275 | 350 kil. |
| R = | 230 | 185 | 148 | 139 | 128 | 120 |
| $P_1'$ = | 1,8 | 3,5 | 8 | 15 | 29 | 38 |
| $R_1$ = | 196 | 190 | 174 | 164 | 158 | 152 |

Si les valeurs de R et de $R_1$ sont plus petites que celles du foret ordinaire, lorsque l'avance est inférieure à $0^{mm},02$; elles restent plus élevées de beaucoup pour des avances supérieures. Le foret à double biseau est donc bien approprié pour le forage des petits trous sous faibles avances; il ne saurait être appliqué au forage courant, ce que l'on concevait d'ailleurs avant l'essai.

La figure 1302 permet de comparer les valeurs de R et de $R_1$ pour le foret à double biseau et le foret à pointe ordinaire.

(*A suivre.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

MESURE DE LA LIMITE ÉLASTIQUE DES MÉTAUX, PAR **M. Ch. Frémont.**

Une première question se présente, dit M. Lebasteur (1), quand on parle de limite élastique : « Existe-t-il, en réalité, une période pendant laquelle la déformation est momentanée? »

C'est une question controversée; les physiciens, par des mesures précises, ont montré que les déformations permanentes pouvaient se produire sous les plus faibles charges.

Je donnerai, à titre d'exemple, l'essai de flexion d'un bâti d'une machine destinée à supporter en pratique un effort maximum de 5 tonnes.

Dans cet essai, les efforts de flexion sont produits à l'aide du levier d'une romaine sur le plateau de laquelle sont placés les poids destinés à opérer les charges successives (fig. 1).

Un appareil enregistreur amplifiant 50 fois l'écartement du bâti sous l'effet des charges, permet de tracer exactement la déformation ainsi multipliée.

Le poids du levier seul, sans le plateau, produit un effort de 273 kilogrammes.

Si après avoir eu soin de tracer sur le papier de l'enregistreur la position initiale de la plume, on place le levier de la romaine, la plume indique, par son déplacement, l'écartement amplifié, que l'effort des 273 kilogrammes a produit sur le bâti.

Si, retirant le levier, on fait cesser cet effort, la plume revient vers sa position primitive, mais ne l'atteint pas exactement; il reste un petit écart, preuve d'une déformation permanente.

La limite d'élasticité, considérée d'après sa définition mathématique, serait donc dépassée.

Si à l'extrémité du levier on ajoute le plateau, ce qui augmente l'effort, la plume marque la déformation correspondante; retirant plateau et levier, on constate que la plume ne revient pas à la position initiale, et qu'un écart plus

(1) Commission des Méthodes d'essai, 1895, t. II, p. 391.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sensible que le précédent subsiste, témoignant une déformation permanente.

En continuant à charger puis à décharger, mais en augmentant successivement jusqu'à ce que l'effort atteigne 5 000 kilogrammes, l'écart entre la position finale et la position primitive reste très sensible et correspond à la flexion du bâti sous une charge de 300 kilogrammes.

Si on fait supporter successivement un certain nombre de fois la charge maximum, le bâti arrive à trouver un zéro pratiquement permanent, c'est-à-

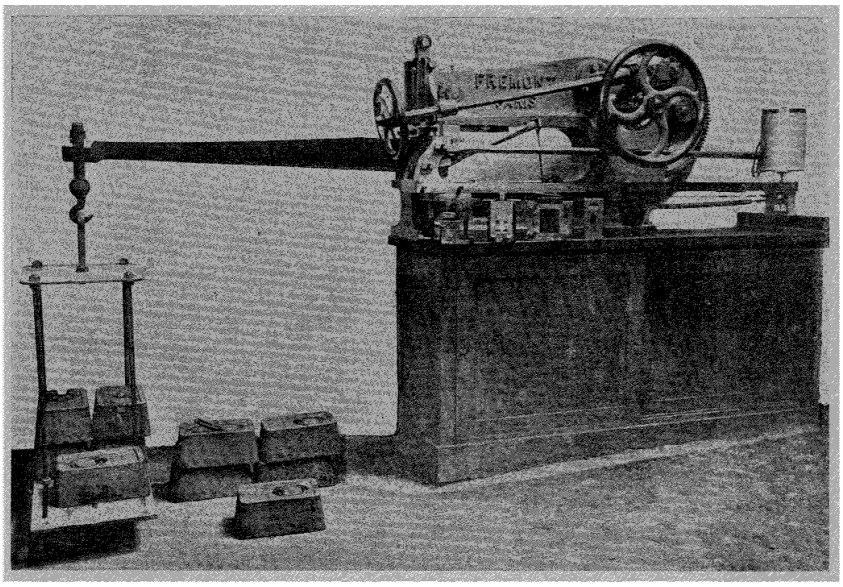



Fig. 1. — Essai de flexion d'un bâti de machine.

dire qu'à chaque charge complète, la plume monte au même point et à chaque déchargement la plume revient à fort peu près au même point.

Il faut donc négliger dans la pratique ces phénomènes très intéressants dus à des causes inconnues et qui n'interviennent pas dans la stabilité des constructions. Comme le fait remarquer M. Lebasteur, le bon sens empêche de nier l'existence d'une limite d'élasticité, « puisque la permanence absolue des formes des ouvrages métalliques, convenablement calculés, démontre quotidiennement le caractère momentané de certaines déformations, par exemple, les diminutions des flèches des arcs métalliques pendant le passage des trains de chemins de fer ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La commission française des méthodes d'essai a établi les trois définitions suivantes (1) :

1° La *limite d'élasticité théorique*, qui est la charge maximum rapportée au millimètre carré de la section primitive, ne produisant pas d'allongement permanent (point E de la courbe des efforts fig. 2), est mesurée avec l'approximation suivante : si l'on supprime l'action de cette charge, l'éprouvette revient en moins d'un quart d'heure, à ses dimensions primitives à un millième de millimètre près sur 200 millimètres.

2° La *limite d'élasticité proportionnelle* ou limite des déformations proportionnelles, qui est la charge rapportée au millimètre carré de la section primitive en deçà de laquelle les allongements sont sensiblement proportionnels aux charges (point P), est définie avec l'approximation suivante : les allongements sont mesurés à un millième de millimètre près sur 200 millimètres pour une variation de charge de 1 kilogramme par millimètre carré de la section de l'éprouvette.

3° La *limite apparente d'élasticité* ou origine des déformations sous charge constante, qui est la charge rapportée au millimètre carré de la section primitive, à partir de laquelle les allongements commencent à croître sensiblement sans augmentation de l'effort (point F), est définie directement par l'arrêt ou la chute des colonnes manométriques ou des leviers dans les machines à essayer.

En fait, personne ne sait exactement ce qui distingue au juste la limite d'élasticité proportionnelle de la limite d'élasticité théorique.

M. Flament, les rapporteurs généraux MM. Debray et Baclé, semblent placer la limite proportionnelle au-dessus de la limite théorique, alors que M. Lebasteur la suppose implicitement au-dessous.

Soit OM la courbe dans le cas le plus complexe. Soit E la limite théorique, P la limite proportionnelle, F la limite apparente. Examinons toutes les positions respectives possibles de E et de P (fig. 2).

1° E est le point terminus de la partie droite OE de la courbe. P ne peut pas être au-dessus de E puisque la limite proportionnelle est alors dépassée, par construction (fig. 2 *a*). P ne peut pas être au-dessous de E sur la ligne droite, puisque, à partir de P, par définition, les allongements ne sont plus proportionnels aux charges (fig. 2 *b*). Il faut donc que E et P coïncident et il n'y aurait pas lieu à deux limites.

2° C'est P qui est le point terminus de la partie droite de la courbe, conformément à la définition de la limite proportionnelle. E ne peut pas être au-dessous de P, puisque, à partir de la limite théorique, l'allongement total est

(1) Commission des méthodes d'essai, 1894, t. Ier, p. 110.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

formé, par définition, d'une partie élastique proportionnelle à la charge et d'une partie permanente, de sorte que la courbe cesse d'être une ligne droite (fig. 2 *c*). E ne peut pas être au-dessus de P, car, dans la région PE (fig. 2 *d*), les allongements élastiques cesseraient d'être proportionnels aux charges.

Il faut donc encore que E coïncide avec P, et, si on a établi une distinction, à la vérité provisoire, on ne peut guère l'attribuer qu'aux causes d'erreur des méthodes, ou au fait que les choses ne se passent pas comme on l'admet.

Aussi M. Lebasteur a-t-il émis, avec raison, le vœu que de nouveaux essais soient faits pour élucider ces difficultés.

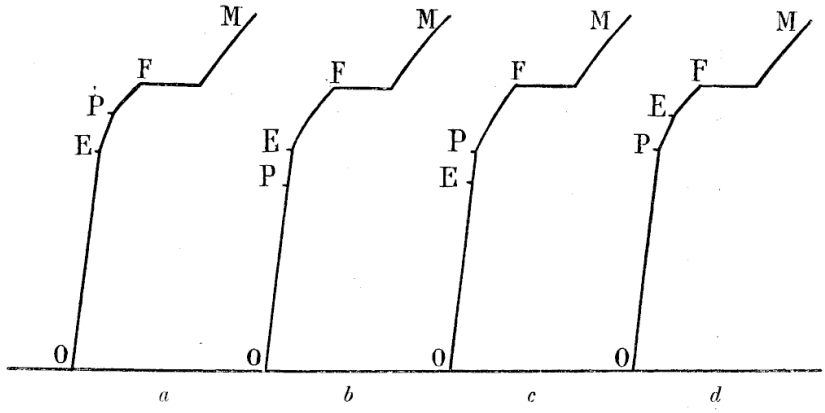



Fig. 2. — Diagrammes schématiques d'essais de traction, montrant les diverses positions possibles des limites d'élasticité, théorique, proportionnelle et apparente.

La commission n'a d'ailleurs maintenu les deux termes que pour réserver l'avenir en présence d'appréciations différentes.

Le fait même de la proportionnalité a donné lieu à des contestations.

Ainsi si on répète l'essai de flexion sur le bâti de ma machine (fig. 1) après qu'un premier essai a permis d'obtenir un zéro relativement fixe, on constate que les déformations sous les charges inférieures à celle que supportera couramment la machine, ne sont pas absolument proportionnelles aux efforts qui les ont fait naître; on a en effet les divisions *a*, *b*, *c*..., *k*, *l*, pour les charges croissantes (fig. 3) et $a_r$, $b_r$, $c_r$,... $k_r$, $l_r$, pour les mêmes charges décroissantes, la divergence est surtout sensible vers le milieu de l'opération.

Si l'opération de chargement et de déchargement est recommencée plusieurs fois de suite, on constate le même phénomène; mais les écarts constatés sous un même effort entre l'aller et le retour au premier essai, vont toujours en diminuant quand on répète la même opération de chargement et de déchargement



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre zéro et l'effort maximum; après un nombre suffisant de ces opérations successives, les écarts deviennent presque nuls.

Ces divergences sont donc le fait d'une *irrégularité*, le métal n'obéit pas à

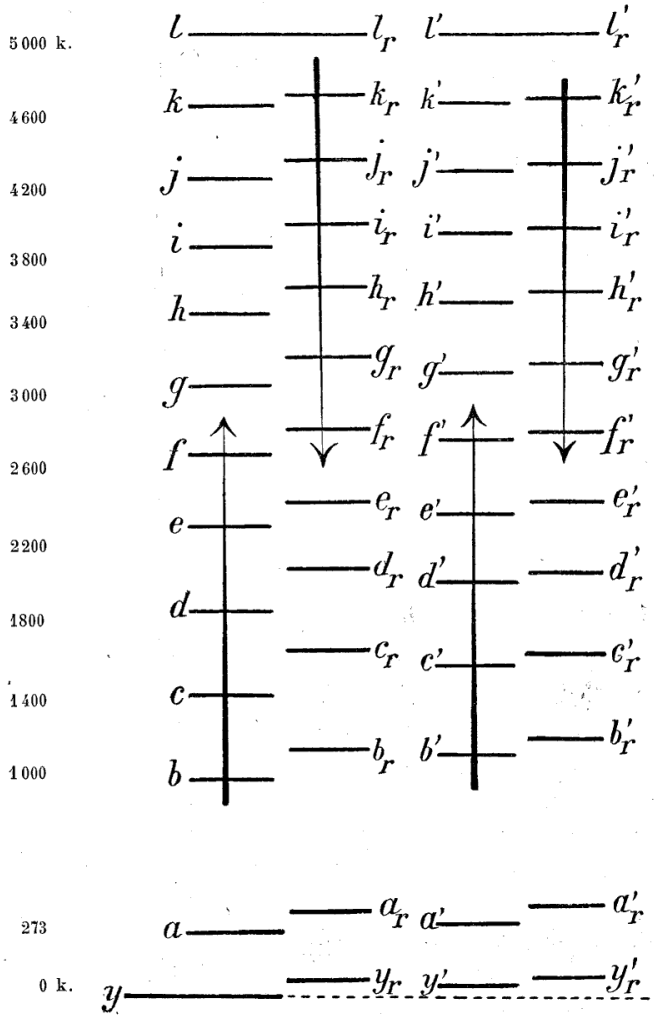



Fig. 3. — Diagramme des déformations dites proportionnelles d'un bâti de machine essayé à la flexion.

une loi mathématique d'élasticité dans toute la période élastique, soit à cause de tensions intérieures, de défaut d'homogénéité, de distribution irrégulière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'efforts, etc., mais cette irrégularité n'influence en rien la limite d'élasticité qui intéresse le constructeur.

En effet, si un pont bien calculé et bien construit fléchit sous une charge prévue, peu importe qu'il ait ou non fléchi proportionnellement à l'effort, et peu importe qu'il ne revienne pas exactement à la position première, l'important est que les écarts possibles ne dépassent pas une quantité donnée correspondant aux irrégularités de l'élasticité.

Cette irrégularité est même assez petite pour permettre d'utiliser les déformations élastiques comme moyen de mesure; ainsi les indicateurs de pression de Watt dont les ressorts subissent des irrégularités, n'en servent pas moins à effectuer des mesures suffisamment exactes pour les besoins industriels; il suffit de ne pas leur attribuer une précision exagérée.

La grandeur correspondant à la limite d'élasticité est généralement spécifiée dans les cahiers des charges; mais dans la pratique des essais de recette on n'en tient ordinairement pas compte; et dans les essais de traction qui sont habituellement considérés comme ayant une importance primordiale, on ne relève souvent que la mesure de la charge maximum rapportée au millimètre carré de la section primitive de l'éprouvette, grandeur qu'on appelle la résistance à la rupture.

En fait, l'effort auquel on soumet un métal est considéré comme une fraction de la limite élastique, d'autant plus basse que l'on veut se réserver une marge plus grande pour l'usure, les fatigues locales, les chocs, les vibrations, etc. Et quand on se fonde sur la résistance à la rupture, on suppose implicitement que la limite élastique est une fraction constante de cette résistance. Mais les exigences industrielles allant en croissant, on a une tendance à serrer de plus près la limite élastique, et la détermination directe et précise de cette limite prend en même temps une importance croissante. En présence des divergences et des obscurités signalées, je me suis proposé de chercher s'il existe une limite d'élasticité unique et que j'appelle pour cette raison *limite d'élasticité vraie*.

La limite d'élasticité vraie ne pouvant être déterminée comme limite supérieure des déformations élastiques, elle doit l'être comme limite inférieure des déformations permanentes. En fait, la limite supérieure des déformations élastiques et la limite inférieure des déformations permanentes sont une seule et même chose, mais pour les raisons qui ont été données, le point de départ n'est pas indifférent.

J'abandonne donc le procédé de détermination fondé sur la forme du diagramme.

Je crois qu'on doit s'inspirer de l'ancienne définition que les savants employaient quelquefois au commencement du XIX$^{e}$ siècle.

A cette époque, vers 1830, on disait volontiers qu'un métal avait dépassé sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

limite d'élasticité lorsqu'*il avait cessé de conserver sa contexture*. Cette idée de changement de contexture étant probablement liée à l'apparition des grands allongements. Mais l'expression « conserver ou changer une contexture » peut aujourd'hui être reprise et appliquée parce que l'emploi du microscope permet d'examiner la contexture d'un métal soigneusement poli et parce qu'il y a réellement un changement de contexture à la limite d'élasticité vraie. En résumé, nous assimilons la limite d'élasticité vraie en un point à l'apparition des premières déformations en ce point.

Quand un corps n'est pas homogène, quand il est formé de plusieurs constituants, chaque constituant a forcément sa limite d'élasticité propre; même dans les corps chimiquement homogènes, il peut exister des réseaux de divers ordres ayant chacun sa limite d'élasticité. Nous ne nous occupons que de la limite d'élasticité minimum, se traduisant par les premières déformations apparentes.

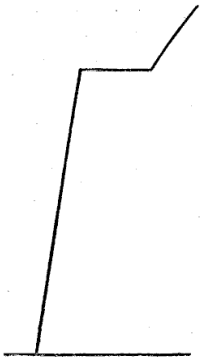


Fig. 4. — Diagramme schématique d'une opération mécanique effectuée sur un métal à déformation brusque.

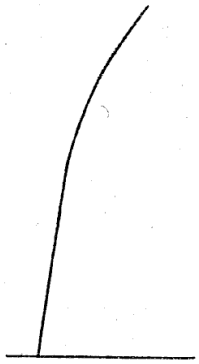


Fig. 5. — Diagramme schématique d'une opération mécanique effectuée sur un métal à déformation graduée.

Lorsqu'on considère les diagrammes obtenus dans les essais mécaniques, traction, compression, flexion, torsion, etc., on constate deux types différents :

Certains métaux, comme les aciers doux, se déforment *brusquement* à partir d'une certaine charge et le diagramme (fig. 4) indique à ce point, par un palier, une déformation importante.

D'autres métaux se déforment *graduellement* et le diagramme (fig. 5) indique une très faible déformation progressive.

Si les éprouvettes qui ont subi ces essais mécaniques ont été préalablement polies suffisamment pour montrer au microscope les changements de contex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ture du métal, on verra, avec un grossissement de 50 diamètres par exemple (fig. 6), que, à partir d'une certaine charge, tous les grains sans exception sont nettement déformés pour le premier type de métal, tandis que dans le second type le métal s'est déformé (fig. 7), faiblement d'abord dans certains grains espacés les uns des autres, et que, l'effort augmentant, les déformations ont gagné à la fois en surface, par suite de la déformation de nouveaux grains, et en intensité, par accentuation des déformations antérieures.

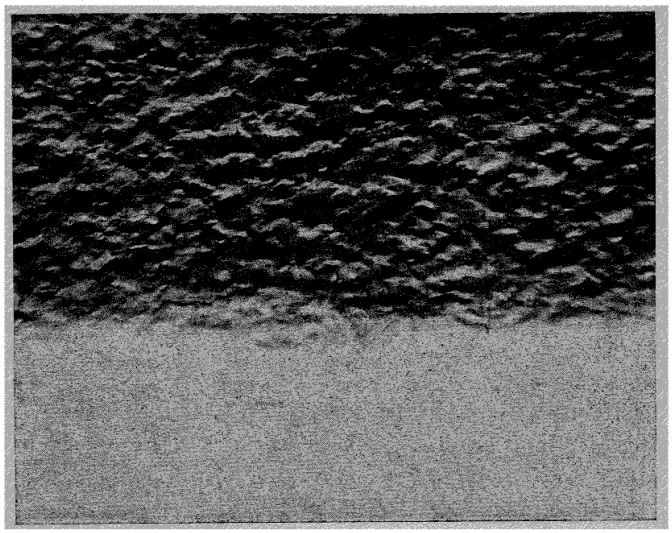


Fig. 6. — Métal à déformation brusque, à la limite de la nappe continue.

Cet examen microscopique de la contexture fait comprendre la différence constatée sur les diagrammes (fig. 4 et 5).

En effet, si un prisme ou un solide de forme géométrique, comme le sont les éprouvettes d'essai, en métal du premier type, est soumis également dans toutes ses parties à un effort de traction ou de compression, il se déformera *brusquement* dans toutes ses parties dès que la limite d'élasticité *vraie* sera atteinte, il y aura par suite une déformation permanente importante, il y aura un palier.

Si le métal est du deuxième type, en supposant toujours que l'effort soit également réparti, la déformation générale sera *graduée*, et si peu importante à son début que, sur le diagramme, il sera difficile de délimiter la démarcation parce que si une partie des grains a été déformée légèrement, les autres grains

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entourant les premiers seront restés dans leur contexture primitive et seulement déformés élastiquement.

Cela explique aussi pourquoi la déformation du premier type, très nettement délimitée, est visible à l'œil nu; tandis que dans le second type le poli de l'éprouvette n'est pas visiblement terni par la première déformation au début du changement de la contexture; mais ce n'est qu'en continuant à élever l'effort que les grains se déformeront suffisamment et en nombre suffisant pour montrer une apparence granulée se détachant de la partie polie du métal par degrés insensibles.

En sorte que si une éprouvette préalablement polie est déformée dans une partie seulement, la déformation apparaîtra à l'œil par une démarcation franchement limitée séparant la partie polie non déformée de la partie dépolie déformée s'il s'agit du premier type de métal et, au contraire pour le second type la démarcation entre le poli et le granulé sera fondue et douteuse.

La correspondance existant entre le changement de contexture constaté au microscope et le commencement de l'incurvation de la courbe des diagrammes semble indiquer qu'on peut mesurer la limite élastique vraie d'un métal comme on le fait actuellement et que la démarcation sur le diagramme doit être d'autant plus facile à déterminer que l'éprouvette est plus longue et que l'amplification de la déformation est plus grande sur l'appareil enregistreur.

Malheureusement les choses ne sont pas aussi simples en pratique, et il est



Fig. 7. — Métal à déformation graduée, à la limite de la déformation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

facile de s'en convaincre en opérant sur des éprouvettes polies permettant de voir les déformations par changement de contexture du métal.

On a constaté en effet que, dans la pratique des essais, les premières déformations sont toutes locales; cette inégalité de répartition des déformations est due à une inégalité dans la répartition des efforts, et cette dernière elle-même est due à l'impossibilité matérielle d'obtenir en pratique tant un ajustage parfait des éprouvettes qu'une direction d'effort mathématiquement rectiligne et coïncidant rigoureusement avec l'axe de l'éprouvette; celle-ci est en effet toujours tirée ou comprimée plus ou moins obliquement.

Ce fait est connu depuis le début des essais de certains matériaux, car les éprouvettes en fonte ou en métaux durs et peu ductiles se rompent souvent dans les têtes sur une section plus grande que le corps de l'éprouvette; pour éviter ce défaut, on a pris certaines précautions : ainsi on a monté les mordaches sur des axes, sur des rotules, pour leur permettre de s'orienter dès le début de l'effort.

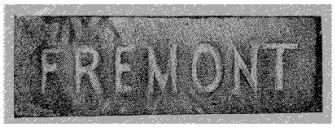


Fig. 8. — Réapparition d'une image d'abord imprimée puis effacée.

Dans l'espérance d'obtenir une plus grande exactitude pour la mesure de la limite d'élasticité, on a construit des élasticimètres mesurant l'allongement sur deux et même sur quatre génératrices opposées, pensant qu'on mesurait ainsi exactement l'allongement de la fibre moyenne.

Mais il est certain que dans les raisonnements qui ont conduit à ces modifications, on n'a pas tenu compte de l'effet de l'écrouissage; on sait que lorsque le métal s'écrouit, il devient plus dur. On peut faire constater ce changement sensible de résistance par une petite expérience très simple, mais très frappante.

On marque sur une face d'une éprouvette prismatique un dessin, un nom, à l'aide d'un poinçon ou d'un outil percuteur, puis on lime la surface marquée pour enlever l'excès de métal jusqu'à ce qu'on obtienne une nouvelle surface plane qu'on polit.

On comprime le prisme par les deux bouts, sous une presse, et aussitôt que l'effort a dépassé la limite d'élasticité d'une quantité suffisante, le nom marqué préalablement, puis complètement effacé, apparaît à nouveau (fig. 8).

Les parties comprimées par la marque sont écrouies, ce qui leur permet de résister plus que les parties voisines non écrouies qui s'écrasent et se dépolissent sous une pression moindre.

Le même phénomène peut se réaliser intempestivement sur des éprouvettes essayées à la traction, à la flexion, etc., sur lesquelles on voit soudainement apparaître les traces des stries, en dents de lime, des mâchoires de l'étau entre lesquelles l'éprouvette a été serrée pendant son ajustage; l'em-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

preinte dans le métal, quoique effacée à la fin de l'ajustage, réapparaît à l'essai mécanique.

Or, si une éprouvette est soumise à un essai mécanique dans lequel l'effort ne soit pas également réparti sur toute la section, la partie qui reçoit le plus grand effort sera déformée aussitôt que celui-ci aura dépassé la limite d'élasticité vraie, et la partie *locale* déformée sera devenue plus dure par écrouissage que la partie non déformée.

Ainsi, dès le début de la plus petite déformation locale, le changement de contexture a produit dans le métal des parties sensiblement plus dures que leurs voisines; on ne peut donc pas espérer que l'opération puisse se continue régulièrement, comme on serait tenté de le faire, en se fondant sur ce fait que le premier tassement du métal a régularisé, pour ainsi dire, les surfaces de contact; *à l'irrégularité du contact des surfaces qui s'est atténuée a succédé une irrégularité de résistance ou hétérogénéité et cette irrégularité de résistance se continuera jusqu'à la fin de l'essai*, à moins qu'un procédé particulier, que j'indiquerai plus loin, permette par un tassement local de régulariser la déformation dès son début.

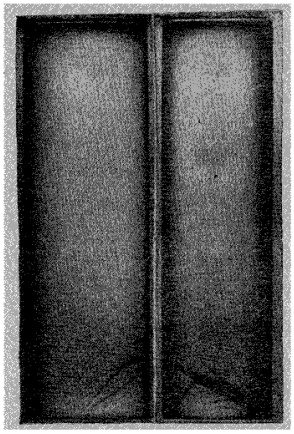


Fig. 9. — Premières déformations locales d'un prisme comprimé en bout.

Voici les diverses expériences que j'ai effectuées à ce sujet :

J'ai choisi, pour être essayé à la compression, un acier doux de chaudière, bien recuit et constaté suffisamment homogène par de nombreux essais de choc sur barrettes entaillées.

Les éprouvettes à section rectangulaire de 10 × 8 millimètres et de 30 millimètres de hauteur, furent ajustées avec le plus grand soin, leurs bases dressées au lapidaire pour obtenir des surfaces aussi planes et parallèles que possible; puis deux de leurs surfaces contiguës furent polies pour permettre de constater le changement de contexture; comme cet acier doux est à déformation brusque, le moindre changement de contexture est visible à l'œil et l'éprouvette déformée peut être photographiée pour permettre de conserver la trace de ses déformations.

Les essais de compression ont été effectués sous la presse (fig. 1).

La première éprouvette d'une hauteur initiale de 29,64 millimètres a été comprimée sous le piston de la machine entre deux plaques d'acier.

Sous une pression de 684 kilogr., ce qui correspond à une pression de 8,55 kilogr. par millimètre carré de la section *totale*, une première déformation est apparue à l'angle d'une des bases (fig. 9).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La hauteur de l'éprouvette, mesurée au palmer, après l'opération, a été trouvée de 29,62 millim., l'écrasement a donc été de 0,02 millimètre.

Comme je ne pouvais espérer un ajustage plus précis de l'éprouvette, je me suis attaché à opérer une meilleure distribution de l'effort; j'ai construit un appareil de précision composé d'un piston et d'une enclume pour remplacer les deux plaques d'acier employées dans l'essai précédent, le piston fut guidé sur une grande longueur avec un jeu aussi faible que possible, et les surfaces du piston et de l'enclume furent ajustées aussi parallèles que possible.

J'ai comprimé à l'aide de cet appareil placé sous la même presse, une nouvelle éprouvette et cette fois la pression nécessaire pour obtenir la première déformation a été plus élevée, elle correspondit à 15 kil., 70 par millim. carré de la section totale; mais la déformation fut encore toute locale, ainsi qu'en témoignaient les lignes discontinues apparues à la surface polie; la section totale n'était donc pas entièrement déformée, de sorte que le calcul habituel qui consiste à diviser l'effort de la pression par la surface de la section totale de l'éprouvette, donne un résultat inexact; on n'a pas le chiffre de la limite d'élasticité vraie; pour l'avoir, il faudrait diviser l'effort par la surface de la partie de la section réellement déformée.

Il est évident que la limite d'élasticité n'a été dépassée que dans les régions déformées, c'est-à-dire localement; le diagramme n'a donc donné que la limite élastique de l'éprouvette avec ses imperfections, dans les conditions également imparfaites de l'essai, et nullement la limite élastique vraie du métal.

La surface interne déformée et écrouie, résultat des irrégularités initiales, les perpétue jusqu'à la fin de l'essai et se traduit par une suite de déformations locales généralement obliques.

Aucune indication ne précise, sur le diagramme, le passage à la limite élastique vraie du métal considéré, et dans certains cas, une éprouvette soumise à un effort croissant ne présente pas, au passage à la limite élastique du métal, la déformation caractéristique de la courbe, car lorsque l'effort correspondant à cette limite est atteint, il n'est pas réparti uniformément sur une section droite; dans certaines régions de l'éprouvette, le métal est au-dessus et, dans d'autres, est au-dessous de la limite élastique vraie (1).

J'ai été ainsi conduit à l'obligation de déformer uniformément et comme je ne pouvais pas espérer ajuster l'éprouvette avec plus de précision ni distribuer plus régulièrement l'effort par la machine, il m'a fallu trouver un procédé pour agir sur l'éprouvette et en régulariser la déformation.

(1) Il est à remarquer que, puisque l'enregistrement superficiel des premières déformations accuse une irrégularité dans la distribution des efforts sur une section droite, cette irrégularité de distribution préexistait; et l'on est amené à concevoir des doutes sur l'exactitude de la valeur du coefficient d'élasticité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'avais remarqué dans certains essais que, lorsque la distribution de l'effort tendait à se régulariser dans certaines parties, les lignes discontinues commençaient par s'élargir, se rapprocher, et, finalement, la déformation se continuait en nappe; quand, au contraire, l'irrégularité de distribution persévérait, il s'échappait de nouvelles lignes rendant la déformation de plus en plus discontinue; j'en conclus qu'il me serait possible de régulariser dans une certaine mesure, la distribution de l'effort en obligeant les lignes de déformations à se rapprocher au lieu de s'écarter.

J'obtins ce résultat en changeant la forme de l'éprouvette et en remplaçant la section constante par une section croissante.

Par ce moyen, la déformation initiale se fait dans la section la plus faible de l'éprouvette; cette déformation est encore irrégulière, puisque les défauts de l'ajustage et de la machine subsistent; mais il se fait un tassement local, les lignes discontinues tendent à se coucher, à se rapprocher et, finalement, la déformation se poursuit en une nappe à marche continue.

Pour obtenir cette section croissante dans l'éprouvette de compression, il m'a suffi de diminuer une des extrémités de l'éprouvette prismatique et de faire une pyramide tronquée dans la partie supérieure.

Les figures 10 à 14 montrent les déformations successives sur les quatre faces préalablement polies d'une éprouvette à section croissante soumise à des efforts de plus en plus grands pour permettre d'effectuer et de réitérer la mesure de la limite d'élasticité vraie. La figure 10 montre les premières déformations sur les quatre faces de la pyramide tronquée, la partie supérieure en contact avec le piston se déforme peu et la déformation est plus sensible à une petite distance du sommet; mais les lignes tendent à se rapprocher de la surface normale à l'axe de l'éprouvette parce que l'effort est réparti sur une surface de résistance croissante par suite de l'augmentation graduelle de section.

La pression est continuée et portée à 1 015 kilogs ; pendant l'augmentation de pression, les anciennes lignes s'élargissent, de nouvelles apparaissent et s'élargissent aussi; la figure 11 montre l'état des déformations à la fin de cette seconde compression.

Après avoir pris cette photographie, la compression est continuée, les lignes discontinues s'élargissent, se couchent, la déformation se régularise et avance cette fois en nappe à marche continue; la limite extrême de la déformation n'est pas une ligne droite parce que le polissage à la main laisse les surfaces courbes, mais il est facile d'évaluer la grandeur moyenne de la déformation, et si cette grandeur n'a pas une précision mathématique à cause du manque de régularité, elle est suffisamment exacte pour les besoins industriels.

Lors de cette troisième compression, la pression est arrêtée à 1 155 kilogs pour permettre la photographie, figure 12.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je trouve que sous cette pression de 1 155 kilogs la section maximum de la partie déformée est de 46,8 millimètres carrés, ce qui donne pour la limite d'élasticité vraie, mesurée à ce moment : $24^{kgr},60$ par millimètre carré.

Sous une quatrième pression portée à 1 295 kilogs, figure 13, la déformation en nappe à marche continue a une section maximum de 52,10 millimètres carrés, soit $24^{kgr},80$ par millimètre carré.

Sous une cinquième pression portée à 1 435 kilogs, figure 14, la déformation en nappe à marche continue a une section maximum de 58,6 millimètres carrés, soit $24^{kgr},65$ par millimètre carré. Mesurée par mon nouveau procédé, la limite élastique vraie à la compression de cet acier est donc d'environ $24^{kgr},70$ par millimètre carré. Je n'avais trouvé antérieurement pour la mesure de la limite d'élasticité par le procédé habituel basé sur le diagramme, que 8 à 16 kilogs.

Il est à remarquer que l'emploi d'une éprouvette à section croissante permet d'effectuer plusieurs fois de suite la mesure de la limite d'élasticité vraie, ce qui augmente l'exactitude et facilite le contrôle.

L'irrégularité de distribution de l'effort se retrouve dans l'essai de traction avec la même importance que dans l'essai de compression.

J'ai vu une série d'éprouvettes polies, provenant d'une même barre d'acier et essayées à la traction chacune avec une charge différente.

Sur l'éprouvette ayant subi une traction de 5 kilogs par millim. carré, il n'y avait pas trace de lignes de déformation.

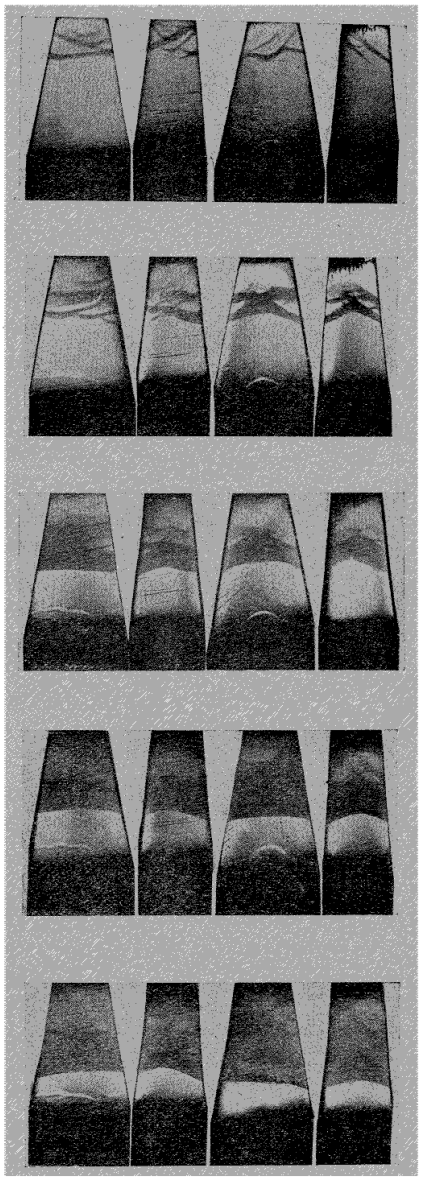


Fig. 10 à 14. — Déformations successives des quatre faces polies d'une éprouvette à section croissante soumise à la compression.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur l'éprouvette tirée à $8^{kgr},500$, il y avait déjà beaucoup de lignes, ce qui indique que la première déformation locale était apparue sur cette éprouvette sous un effort moindre de 8,5 kilogs par millimètre carré.

Sur l'éprouvette ayant subi un effort de $21^{kgr},5$, les lignes sont très nombreuses, mais ne couvrent pas encore toute la surface par des nappes, la limite d'élasticité à la traction de cet acier est donc supérieure à 21,5 kilogs.

En résumé, les premières déformations sont apparues sous un effort de traction inférieur à 8,5 kilogs, quoique la limite d'élasticité vraie de cet acier soit certainement supérieure à 21,5 kilogs.

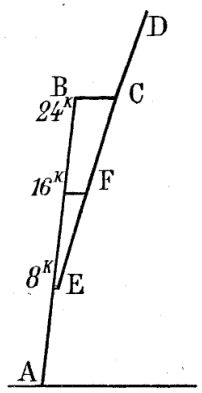



Fig. 15. — Diagrammes différents donnés par un même acier à déformation brusque, suivant que l'effort est également ou inégalement réparti sur toute la section.

Cette divergence est donc de l'ordre de grandeur de celle que j'ai constatée dans les essais de compression, et elle est surtout attribuable à l'inégale distribution de l'effort; en effet, les éprouvettes sont toutes plus ou moins fléchies et les traces des griffes des mordaches sont inclinées par rapport à l'axe des éprouvettes.

Dans ces deux séries d'expériences à la traction et à la compression effectuées sur des éprouvettes à section constante, l'acier à déformation brusque essayé dans de bonnes conditions doit donner un diagramme de la forme A, B, C, D, avec un grand palier BC (fig. 15). Mais si les premières déformations *locales* apparaissent vers 8 kilogs, par le fait d'un léger changement permanent de longueur de l'éprouvette, la limite élastique lue sur le diagramme est au point E, et le phénomène se poursuivant, un acier à déformation brusque a pu donner un diagramme sans palier bien sensible, le diagramme a alors la forme AECD.

Ces déformations locales changent donc la forme générale des diagrammes, et cela montre que les limites élastiques basées sur la forme du diagramme peuvent être fortement erronées.

J'ai appliqué à l'essai de traction le même principe que précédemment, consistant à localiser les premières déformations pour opérer d'abord le tassement, puis la régularisation de la déformation afin de l'amener à former une nappe à marche continue, en donnant à l'éprouvette de traction une section croissante.

La fig. 16 montre les déformations successives d'une éprouvette à section croissante soumise à l'essai de traction dont le diagramme de l'opération est donné fig. 17.

Comme dans l'essai de compression, il apparaît d'abord des lignes de déformation initiale qui forment ensuite une nappe à marche continue.

Par suite de la disposition spéciale d'éclairage pour la photographie, on ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut à volonté faire venir en clair ou en noir toutes les parties déformées ou non déformées; on accuse la différence des parties respectivement polies ou dépolies par une différence d'éclairage tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre.

Pour obtenir une traction aussi régulière que possible, j'ai dû construire un appareil spécial guidant les mordaches.

L'ajustage de l'éprouvette doit être fait avec le plus grand soin, car une irrégularité de section entraîne toujours une irrégularité de distribution de l'effort, et la nappe, si elle est formée, laisse échapper les lignes discontinues.

La fig. 18 montre la photographie de la déformation d'une éprouvette de traction d'un ajustage défectueux; une petite bosse latérale a entraîné la discontinuité dans la déformation; celle-ci d'abord en nappe à marche continue, a laissé échapper des lignes lorsqu'elle est arrivée à l'endroit de cette petite bosse, par suite d'augmentation irrégulière de résistance.

Inversement on peut quelquefois, dans une certaine limite, pour les éprouvettes habituelles de traction à section parallèle, faire naître les premières déformations d'un côté ou d'un autre, ou faire changer l'angle d'avancement de la nappe, et même, s'il n'est pas normal à l'axe de l'éprouvette, faire tourner et changer de sens son inclinaison. Fig. 19, le bord de la nappe peut ainsi prendre les changements d'inclinaison *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Il suffit pour obtenir ce résultat de placer autour de la broche d'attache, dans le trou de la tête de l'éprouvette, un excentrique dont la rotation dans un sens convenable permet de déplacer l'axe de traction en déplaçant le centre des points d'attache.

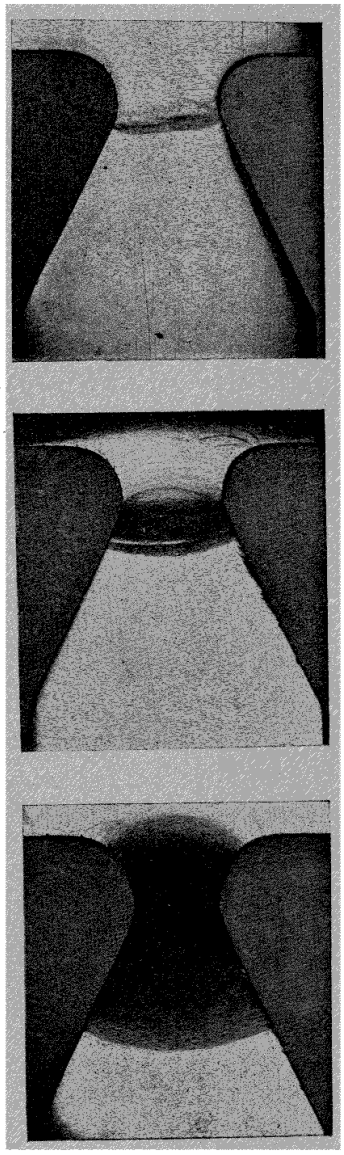


Fig. 16. — Photographies des déformations successives d'une éprouvette à section croissante, soumise à l'essai de traction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai dû étudier pour l'essai de traction une forme définitive d'éprouvette basée sur le principe de section croissante, et remplissant certaines conditions

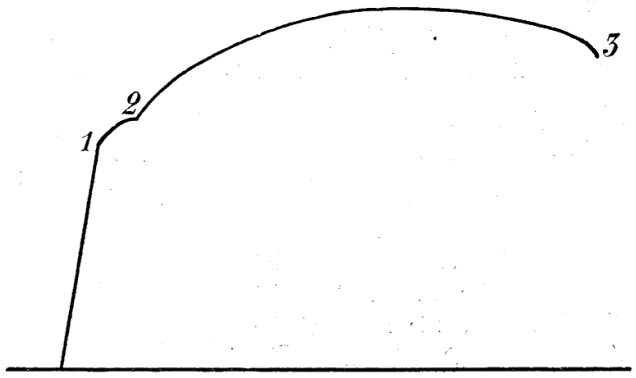



Fig. 17. — Diagramme de l'essai de traction, montrant à quels points de l'essai ont été prises les photographies précédentes.

avantageuses pour la pratique; je me suis d'abord arrêté à la forme indiquée

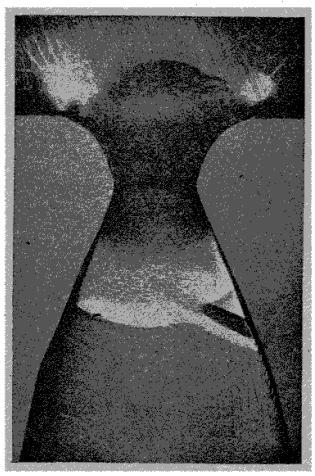


Fig. 18. — Éprouvette de traction dans laquelle la limite de déformation, d'abord continue, devient discontinue par suite d'un défaut local d'ajustage.

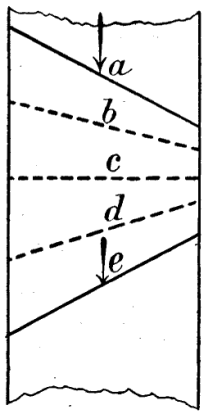



Fig. 19. — Changement d'inclinaison de la nappe de déformation dans une éprouvette de traction à section constante.

par le dessin coté fig. 20; l'éprouvette est tournée dans toutes ses parties et terminée par deux têtes filetées. Un cylindre de métal de 16 millimètres de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre et de 60 millimètres de longueur suffit pour confectionner l'éprouvette, la portion destinée à la rupture a 8 millimètres de diamètre ce qui fait pour la section droite une surface de 50 millimètres carrés.

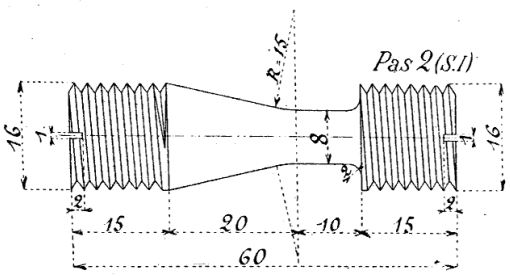



Fig. 20. — Dessin coté de l'éprouvette de traction à section circulaire croissante.

Sur une petite machine de la force de 5 tonnes, on peut essayer des aciers allant jusqu'à 100 kilogs de résistance par millimètre carré.

Pour des aciers plus durs, on réduit cette section de façon à rester au-dessous de la force maximum de la machine.

Une éprouvette construite sur ce principe permet d'obtenir tous les renseignements habituellement demandés à l'essai de traction; en outre de la limite d'élasticité vraie qui reste gravée sur l'éprouvette même après rupture, on a la résistance maximum en divisant l'effort maximum, indiqué sur le diagramme, par la section initiale et la ductilité du métal par le rapport entre cette section initiale et la section de striction.

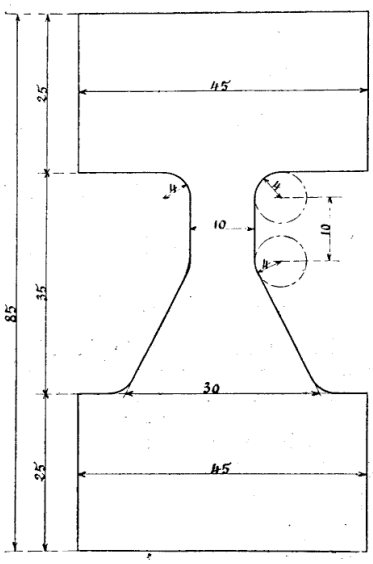



Fig. 21. — Dessin coté de l'éprouvette plate à section croissante.

Mais le polissage d'une éprouvette cylindrique ou conique est très difficile. Quand on a affaire à un métal à déformation brusque donnant une nappe visible à l'œil, le polissage même médiocre peut être suffisant; mais lorsque la déformation est graduée, la détermination de la limite au microscope exige le polissage parfait; avec l'éprouvette tronconique, il faut généralement se contenter de polir assez bien toute la surface et avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soin au moins une génératrice; mais si la traction n'est pas opérée bien régulièrement, la déformation se fait suivant une ellipse et la partie observée sur la génératrice bien polie ne sera pas forcément la moyenne de la déformation.

Dans la pratique, je ne conserve cette forme tronconique que pour les morceaux de métal dont les dimensions ne me permettent pas d'en extraire une éprouvette de 45 millimètres de largeur aux dimensions et à la forme indiquées sur le dessin coté fig. 21.

Cette éprouvette plate se polit facilement et comme l'épaisseur est relativement faible, il suffit de polir une face.

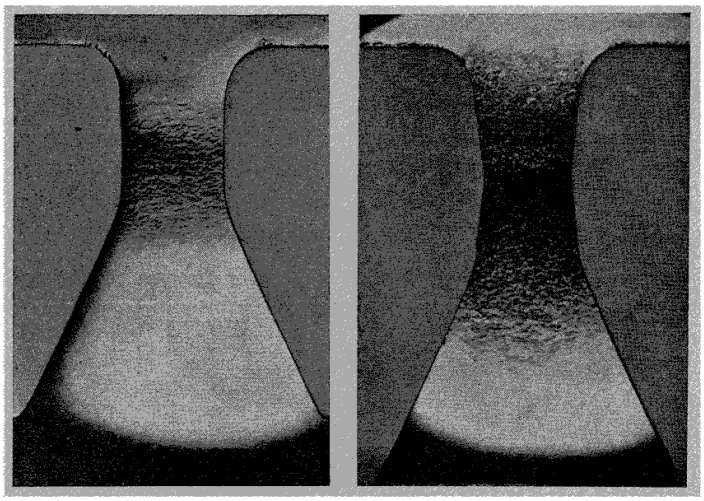


Fig. 22. — Photographies d'un acier à déformation graduée, essayé à la traction.

Dans cette éprouvette plate, la partie rectangulaire destinée à la rupture a une longueur de 10 millimètres afin d'éviter l'influence des têtes.

La partie utile la plus large est de 30 millimètres, ce qui permet de conserver la trace de la limite élastique, même après rupture de l'éprouvette, dans la plupart des métaux, notamment des aciers; pour des métaux ayant une limite élastique très basse par rapport à la résistance à la rupture, comme le cuivre, il faut effectuer la mesure de la limite élastique vraie dès que les premières déformations se sont tassées et réitérer cette mesure sous des charges rapprochées, parce que la déformation se perd vite dans les têtes ; et, pour conserver la trace de la limite élastique vraie après rupture de ces métaux, il faudrait augmenter sensiblement la partie la plus large du corps de l'éprouvette.

Quand le métal est à déformation graduée, il faut déterminer la limite de la nappe au microscope; la fig. 22 montre une éprouvette d'un acier à déforma-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion graduée; la fig. 23 est le diagramme de l'essai de traction de cette éprouvette.

La première photographie de la fig. 22 montre l'état macrographique de la déformation, l'essai ayant été arrêté au point 1 du diagramme. L'examen au microscope de la déformation indique que la limite d'élasticité a été dépassée depuis longtemps; elle est sensiblement plus basse que ne le laisse penser l'aspect du diagramme, parce que, comme il a été dit, les premières déformations d'un acier à déformation graduée sont locales et entourées de parties non déformées; l'allongement total à ce moment est très faible. La seconde photographie montre l'éprouvette non rompue, au point 2 du diagramme; la striction est déjà assez

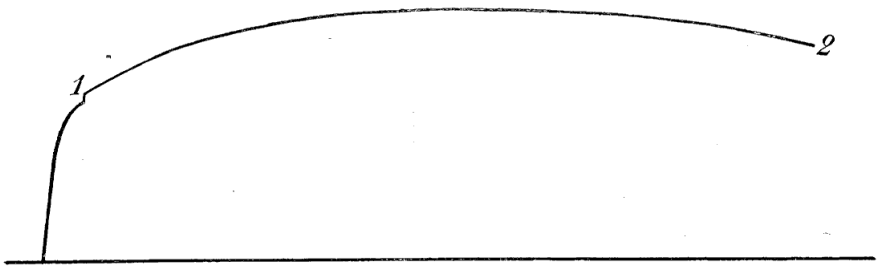



Fig. 23. — Diagramme de l'essai de traction, montrant à quels points de l'essai ont été prises les photographies précédentes.

avancée. La limite extrême de la déformation, déterminée au microscope, est marquée sur l'éprouvette par un trait d'encre.

La fig. 24 montre les 5 étapes successives de l'essai de traction d'une éprouvette semblable à la précédente, prise dans le même acier, mais cette fois après trempe à 900° et recuit à 600°; la déformation est brusque et visible à l'œil.

La fig. 25 est le diagramme de cet essai de traction, les points 1 à 5 marquent les arrêts de l'opération, nécessités pour la photographie.

L'examen de la fig. 24 permet de constater plusieurs faits intéressants.

Dès le début de l'opération, sous un effort inférieur à celui qui était nécessaire pour obtenir la première déformation de l'éprouvette, un point de la tête de l'éprouvette s'est affaissé et, par son tassement, a permis de tirer l'éprouvette bien régulièrement, l'effort s'est trouvé accidentellement bien réparti et la première déformation a été faite suivant une ligne *bien normale* à l'axe de l'éprouvette.

Pour la même raison de bonne direction, la déformation obtenue à la reprise de l'opération de la traction s'est faite parallèlement à la première déformation, mais à une faible distance; ce petit écart tient probablement à ce que



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

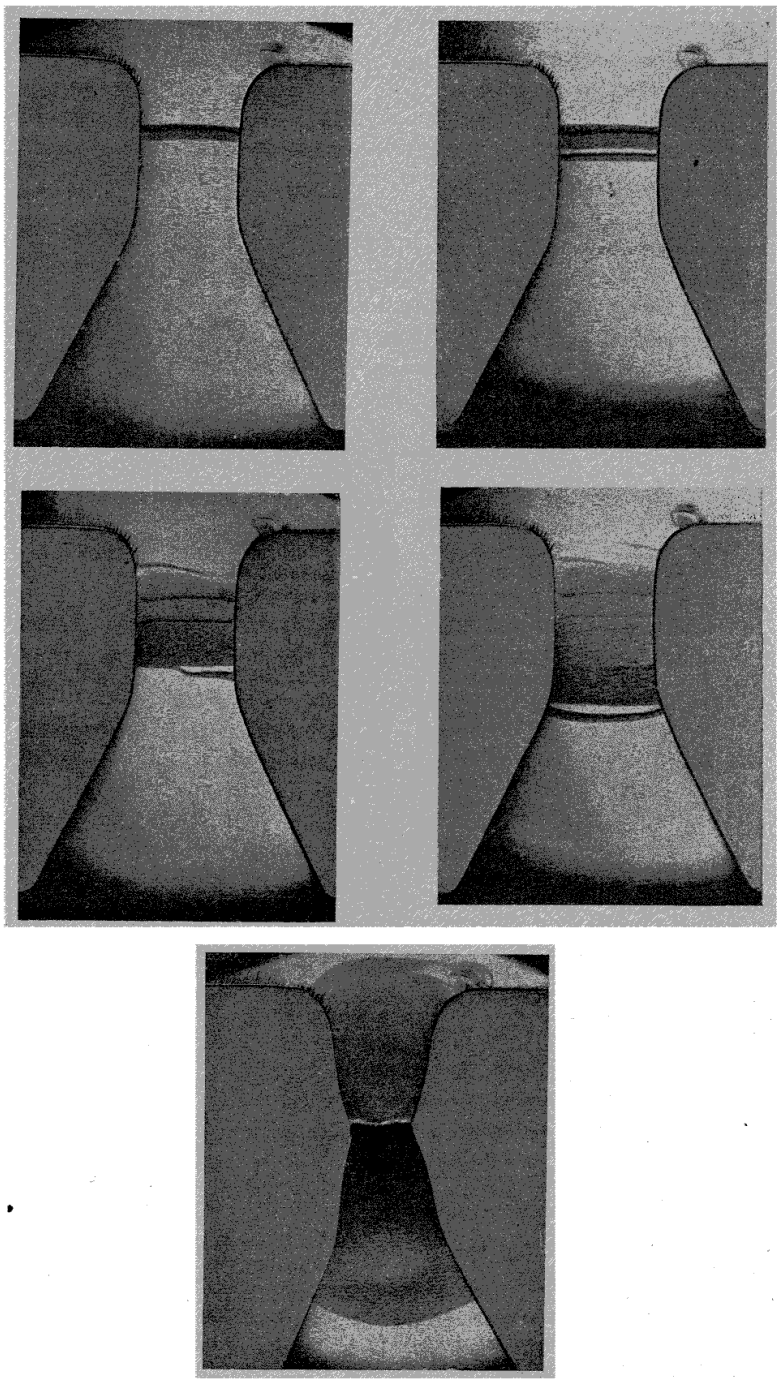


Fig. 24. — Photographies d'un acier à déformation brusque, essayé à la traction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'écrouissage s'est continué dans la partie déformée après l'arrêt du 1er essai, arrêt nécessité pour la photographie de l'éprouvette.

Ce phénomène se retrouve dans toutes les éprouvettes qui subissent un ou

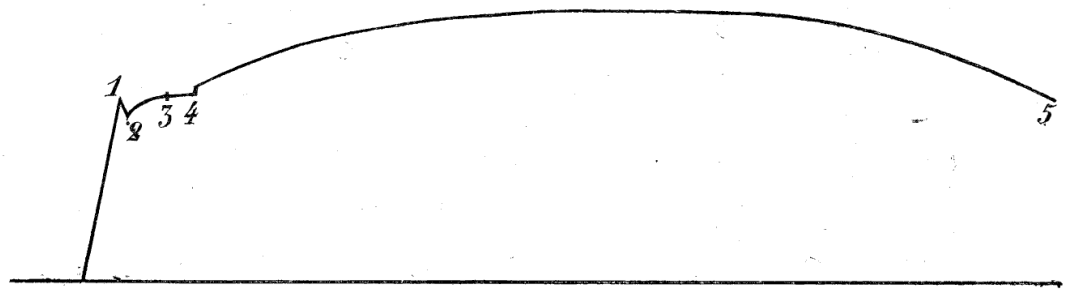



Fig. 25. — Diagramme de l'essai de traction, montrant à quels points de l'essai ont été prises les photographies précédentes.

plusieurs arrêts pendant l'opération mécanique; on constate en effet sur les éprouvettes dont la déformation a été poussée assez loin après plusieurs arrêts successifs, la limite de la déformation correspondant à chacun de ces arrêts.

Cet essai montre incidemment qu'on pourrait dans certains cas obtenir une répartition régulière de l'effort en faisant poser les têtes des éprouvettes sur des coussins d'un métal plus mou que celui de l'éprouvette essayée.

Je ne me suis cependant pas arrêté à ce procédé parce que le moindre défaut d'ajustage où d'homogénéité, un grain par exemple, ferait naître des lignes dissidentes, ce qui est moins à craindre avec des éprouvettes à section croissante.

On constate ensuite, dans ce même essai, que, lorsque l'effort est également réparti sur toute la section de l'éprouvette, la déformation s'effectue perpendiculairement à l'axe de l'éprouvette suivant une nappe à marche continue. On peut se demander si les déformations du métal suivent les mêmes lois, que le métal soit à déformation brusque ou graduée.

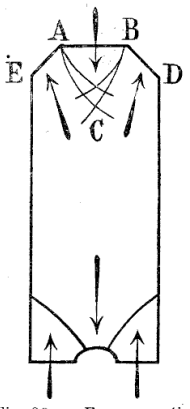



Fig. 26. — Forme particulière d'éprouvette de compression, permettant d'obtenir des premières déformations prévues.

Pour résoudre cette question, j'ai déformé à la compression un acier doux en prenant soin de donner une forme déterminée à l'éprouvette pour obliger la déformation à s'effectuer dans une direction prévue; ainsi j'ai ajusté les deux bases de manière à faire porter la base inférieure sur deux côtés opposés en évidant le milieu et à faire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appuyer au contraire sur le milieu de la base supérieure par le poinçon, en abattant les deux arêtes (fig. 26).

Sous l'effet de la pression du poinçon, la partie supérieure ABC de l'éprouvette est poussée vers l'intérieur, tandis que les deux arêtes libres EA et BD, reçoivent la pression par réaction et se trouvent maintenues par le corps de l'éprouvette.

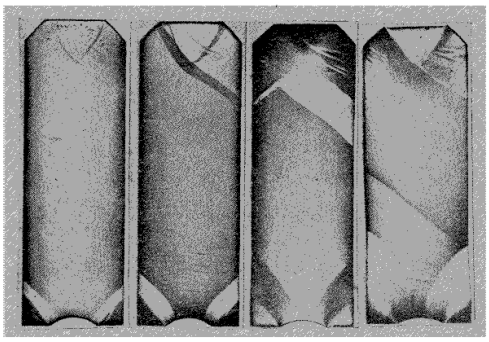


Fig. 27. — Photographies des déformations successives de l'éprouvette à forme particulière.

Pour la base, c'est le contraire; les flèches indiquent le sens de l'effort.

La figure 27 montre la photographie des déformations successives d'une éprouvette ainsi préparée, ces déformations sont conformes aux prévisions. On remarque que les déformations de la base inférieure sont en nappes à marche continue parce que la section de résistance est croissante; on constate qu'à la fin de la déformation générale de l'ensemble de l'éprouvette, une partie, comprise entre les deux arêtes écrouies de la même base, est restée intacte; l'écrouissage du métal a suffisamment augmenté sa résistance pour qu'une section d'une surface moindre que celle du corps de l'éprouvette résiste autant que la section droite entière. La figure 28 montre le même phénomène réalisé dans plusieurs éprouvettes placées dans les mêmes conditions de forme et d'essai.

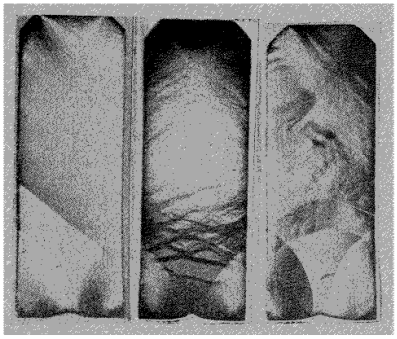


Fig. 28. — Photographies d'éprouvettes comprimées, ayant conservé une partie intacte même après déformation générale.

J'ai préparé d'autres éprouvettes de formes semblables aux précédentes, mais prises dans des métaux à déformation graduée, et j'ai constaté que les déformations s'effectuaient de la même manière; les mêmes causes ont produit les mêmes effets, mais les déformations n'étant pas franchement délimitées comme dans les aciers à déformation brusque, elles n'apparaissent pas à l'œil et ne peuvent être photographiées macroscopiquement; et la similitude des déformations ne peut être constatée qu'avec le secours du microscope.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour étudier les premières déformations dans les métaux, il est donc nécessaire de choisir un métal à déformation brusque donnant des lignes ou des nappes franchement délimitées visibles à l'œil nu et susceptibles d'être photographiées; on peut admettre que pour les métaux à déformation graduée, les résultats des opérations mécaniques seront semblables.

Si on opérait sur des métaux à déformation graduée jusqu'à ce qu'on obtînt une déformation visible à l'œil nu, la déformation granulée serait une déformation très avancée et souvent plus voisine des déformations finales de la striction que des premières déformations.

Il est de même inexact de considérer comme première déformation du métal les déformations d'une couche d'un corps adhérent à la surface du métal, telle qu'une couche de vernis, d'oxyde, etc., la résistance de ce corps et sa ductilité étant différentes de celles du métal considéré.

Ainsi M. Hermann Wedding (1) admet que « sur les éprouvettes à surface non travaillée, principalement sur le fer brut de laminage, le commencement de la déformation provoque un détachement de l'oxyde, qui se manifeste suivant des formes très variées ». L'oxyde moins ductile commence en effet à se détacher pendant la déformation élastique du métal, avant que la limite d'élasticité de celui-ci soit atteinte.

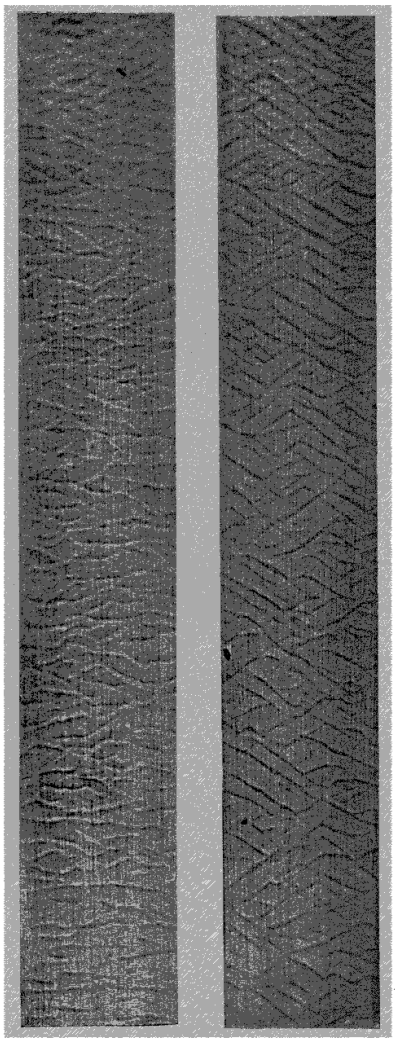


Fig. 29. — Photographies des déformations discontinues sur une éprouvette fléchie sous moment constant.

J'ai montré que, dans les essais de traction et de compression, les lignes qui apparaissent et qui furent signalées pour la première fois en 1854 par Lüders, mais qui sont restées inexpliquées jusqu'ici, sont la conséquence d'une répartition iné-

(1) *Handbuch der eisenhutten kunde*, 1894.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gale de l'effort sur la section de l'éprouvette, résultant d'une précision insuffisante dans l'ajustage et le guidage; et que ces lignes n'existent plus et sont remplacées par une nappe à marche continue quand la déformation s'effectue régulièrement sous un effort bien également réparti.

Il en est de même pour les essais de flexion, torsion, emboutissage, etc.

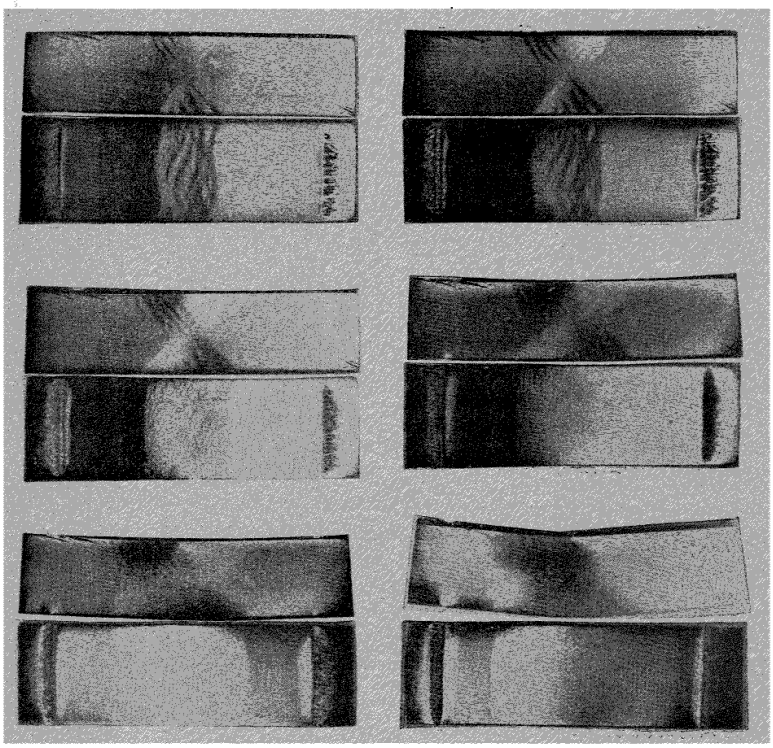


Fig. 30. — Photographies des déformations successives d'un prisme fléchi sur deux appuis.

Je me bornerai à le prouver par une expérience de flexion.

Une éprouvette d'acier doux de section rectangulaire de $30 \times 15$ millimètres et d'une longueur utile de 30 centimètres, soumise à un essai de flexion sous moment constant, a donné sur ses deux faces des lignes de Lüders, fig. 29.

Cette expérience a été effectuée dans le laboratoire national des Ponts et Chaussées, par M. Mesnager à qui je dois l'obligeante communication du spécimen.

Le procédé mécanique employé pour obtenir cette flexion a été choisi pour sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

propriété de répartir l'effort à la fois sur toute la longueur de l'éprouvette, c'est juste l'opposé du principe que je préconise pour obtenir la déformation régulière, car au lieu d'opérer d'abord la flexion sur une partie plus faible pour obtenir un tassement des premières déformations irrégulières, la flexion sous moment constant répartit l'effort sur toute la longueur utile de l'éprouvette, la répartition est irrégulière et donne lieu à une suite de déformations locales distribuées également sur toute la longueur; cette irrégularité de distribution de

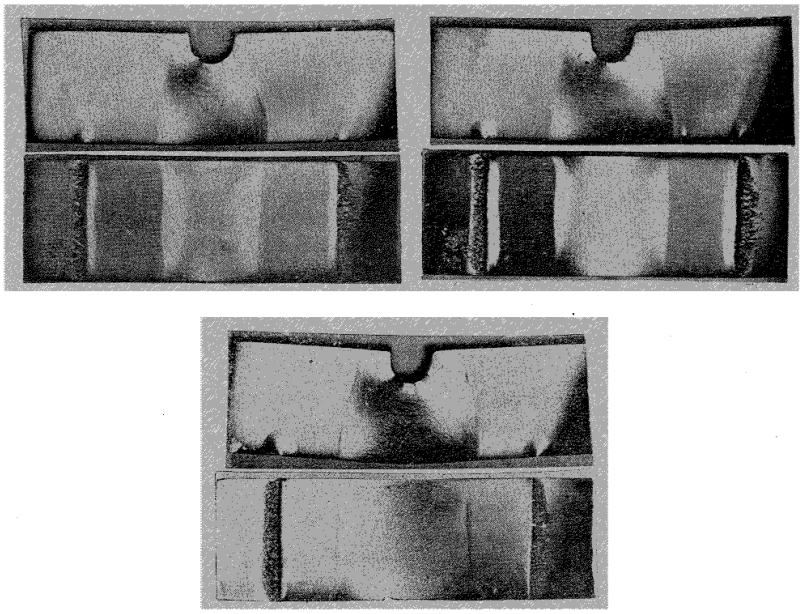


Fig. 31. — Photographies des déformations successives d'un prisme entaillé et fléchi sur deux appuis.

l'effort est d'ailleurs vérifiée par des déformations permanentes autres que celles dues à la flexion; on constate entre autres, par exemple, des déformations permanentes de torsion.

En opérant la flexion par le procédé basé sur le principe opposé consistant à déformer d'abord localement dans une partie plus faible, on obtient une déformation en nappe à marche continue.

Pour le prouver, j'ai pris dans la tête non déformée de cette grande éprouvette un prisme à section rectangulaire de $10 \times 8$ millimètres et de 30 millimètres de long; j'ai poli deux faces contiguës et j'ai effectué la flexion sur deux points d'appui. La figure 30 montre les photographies des déformations succes-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sives. Au début de l'opération, des lignes sont apparues, puis elles se sont élargies, tassées et la déformation s'est alors effectuée en nappe à marche continue, parce que, dans le procédé de flexion sur deux points d'appui, le prisme offre une résistance inégale et croissante.

J'ai augmenté encore l'inégalité de la résistance, et dans le même sens, en opérant sur un autre prisme d'une section carrée de 12 millimètres de côté, mais affaibli au milieu par une entaille dans laquelle s'appuyait le poinçon; les lignes ont été de moindre importance que dans l'expérience précédente et la nappe est apparue plus tôt avec sa marche continue.

La figure 31 montre les photographies des déformations successives obtenues dans cette dernière expérience.

## CONCLUSIONS

La limite élastique théorique est la charge moyenne par unité de section sous laquelle la limite élastique vraie est localement atteinte en un point de la pièce essayée. Sa valeur dépend donc, non seulement des conventions fixant le minimum d'allongement ou de raccourcissement à considérer, mais encore de l'ajustage de l'éprouvette, et de la précision de l'essai. Ce n'est pas la limite élastique du métal : c'est la limite élastique de la pièce dans les conditions particulières de l'essai.

La limite proportionnelle, par rapport à la limite théorique, est, comme nous l'avons vu, très mal définie. Il est vraisemblable, ainsi qu'il a été dit, que pendant une certaine période de l'essai, quand l'expérience est mal instituée et que les déformations discontinues apparaissent prématurément, l'importance des déformations permanentes croît à peu près proportionnellement à celle de l'effort; comme il s'agit de déformations très petites en valeur absolue et que, surtout, des déformations par compression peuvent compenser les déformations par traction, la ligne droite du diagramme peut se continuer avec une approximation suffisante pour l'œil au-dessus de la limite théorique.

La limite apparente d'élasticité est la charge moyenne par unité de section sous laquelle la limite élastique vraie est atteinte dans toutes les régions où elle ne l'avait pas été antérieurement. Elle se rapproche de la limite vraie plus que la limite théorique, mais ne se confond généralement pas avec elle, parce que la charge n'est pas, comme on l'admettait, uniformément répartie sur la section mais inégalement entre les parties antérieurement écrouies de cette section et celles qui ne l'ont pas encore été.

Dans un essai idéal, la limite théorique et la limite apparente se confondraient entre elles et avec la limite vraie et il en sera effectivement ainsi quand

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'apparition des lignes ne précédera que de très peu celle des nappes. Mais, lorsque les lignes précèdent les nappes et, comme nous l'avons vu, il peut arriver que ce soit de beaucoup, la limite d'élasticité apparente ne coïncidera plus avec la limite vraie, parce que, nous le répétons, sur une section droite donnée, on a un mélange de parties écrouies et non écrouies à résistances différentes dans lequel les parties non encore écrouies subissent seules la déformation continue.

La nature du métal a peut-être aussi une influence. Les expériences qui ont été effectuées par la Commission des méthodes d'essai montrent que, toutes choses égales d'ailleurs, les deux limites considérées, théorique (ou proportionnelle) et apparente, sont beaucoup plus voisines dans les aciers recuits que dans les aciers trempés et revenus.

Ce qui précède s'applique spécialement aux aciers à palier qui sont d'ailleurs, de beaucoup, les plus communs en pratique. Pour les métaux à déformation graduée, on est obligé de déterminer la limite d'élasticité vraie au microscope, et la précision de la mesure dépend du soin que l'on apporte à l'opération, de la pureté du polissage préalable, etc.

En somme, il n'y a pour un métal donné qu'une limite élastique : je l'ai appelée limite élastique vraie et j'ai montré comment on pouvait la déterminer; elle seule a les caractères d'une constante physique. Les diverses limites d'élasticité qu'on a l'habitude de mesurer dépendent des circonstances dans lesquelles on les a obtenues et peuvent être entachées des erreurs les plus graves. Elles sont subordonnées à l'apparition des déformations discontinues dont la présence est à peu près inévitable en pratique, mais dont la cause est purement accidentelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

## CONCOURS DE MOULINS A VENT DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE D'ANGLETERRE, d'après *MM. Shaw et Courtney* (1).

Nous avons souvent attiré l'attention de nos lecteurs sur la question, encore imparfaitement connue, des moulins à vent; nous sommes heureux de pouvoir compléter ces renseignements par une analyse détaillée de l'important travail qui vient d'être présenté, par M. Shaw, et M. F. S. Courtney, ingénieur conseil, sur le concours institué, en mars 1903, par la Société royale d'agriculture d'Angleterre, sur les moulins à vent.

Le règlement de ce concours était le suivant :

La puissance des moulins ne devra pas dépasser 4 chevaux au frein avec un vent à la vitesse de 10 miles (16 kilomètres) à l'heure; les tours devront avoir une hauteur telle que le centre de la roue soit à 40 pieds ($12^m,20$) au-dessus du sol;

Chaque moulin aura sa pompe avec réservoirs d'aspiration et de refoulement; le tuyau de refoulement devra être disposé de manière à pouvoir recevoir une valve, fournie par la société, chargée à une pression de 200 pieds (60 mètres) et que l'eau traversera avant d'arriver au réservoir de refoulement;

La vitesse du vent sera enregistrée par un tube de Dines fixé à une hauteur de 40 pieds ($12^m,20$) ;

Les moulins marcheront en observation pendant dix heures chaque jour, en y notant d'une façon continue la puissance et la vitesse du vent ;

Chaque concurrent pourra faire graisser le moulin par son représentant au départ; mais, après la mise en train, chaque jour, on notera toute interférence quelconque avec la machine ;

Les concurrents sont libres du choix du diamètre des roues et de leur vitesse de rotation ;

Les points sur lesquels on attire spécialement l'attention sont les suivants :

1° Stabilité de la tour et prix des fondations ;

2° Réglage automatique ou non ;

3° Facilité du montage et de l'entretien ;

(1) Une brochure in-18, 65 p., Londres. J. Murray; *Engineering*, 17 et 24 avril; *The Engineer*, 1er mai et 10 juillet 1903

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Dimensions par rapport à la puissance ;
5° Prix.
Les concurrents monteront leurs machines et en installeront les fondations.

On a choisi, pour l'époque du concours, les mois de mars et d'avril, en raison du régime très variable des vents pendant ces mois.

La charge de refoulement de 200 pieds a été choisie pour maintenir les pompes dans des dimensions suffisamment réduites, soit à un débit de 50 litres par minute et par cheval-heure en eau montée. Ce débit était mesuré au retour au réservoir d'aspiration, par un compteur Parkinson à basse pression.

On tint tout particulièrement compte de la sûreté du fonctionnement avec le minimum de surveillance.

Les moulins furent installés, au nombre de 22, dans une plaine bien nivelée et permettant de les espacer largement à l'écart les uns des autres, sans possibilité de s'influencer mutuellement.

### DESCRIPTION DES MOULINS

N° 1. Moulin de M. *Bamford,* à Bedford. La roue a (fig. 1) $3^{m},66$ de diamètre, avec 24 ailes montées sur fers d'angles reliés par des tirants au moyeu de la roue ; aire des ailes : $0^{m2},85$, avec $1^{m2},36$ pour les vides entre les ailes et $0^{m2},975$ pour le trou, au centre de la roue. L'arbre de la roue tourne sur un palier à billes et sa manivelle coudée attaque immédiatement la bielle de la pompe. Le gouvernail pivote (fig. 2) autour d'un axe *e*, à pignon fixe *a*, en prise avec celui *b* du système de contrepoids *cd*, qui rappelle le gouvernail à sa position moyenne et cède aux coups de vent. La tour est en tubes emmanchés et entretoisés par des diagonales. L'échelle d'accès au moulin est insuffisante ; cette tour est lourde et encombrante. La pompe de $100 \times 200$ millimètres de course est commandée directement.

Ce moulin n'a jamais bien marché : prix 1 500 francs, dont 225 pour la pompe et 740 pour la tour et les fondations.

N° 2. E. et H. *Roberts,* de Deanshanger. Ce moulin (fig. 4), désigné sous le nom d'Hercule, a une roue de $3^{m},66$ avec 24 ailes groupées en 6 sections d'une surface de $7^{m2},65$ avec $2^{m2},55$ de vide entre les ailes et $1^{m2},60$ au centre de la roue ; les bras sont en cornières d'acier de $38 \times 38 \times 6$ millimètres, renforcés par trois cercles d'attache en acier et des tirants au moyeu. L'arbre de la roue tourne dans deux coussinets en bronze très longs (fig. 6) et à graissage automatique par chaînes G ; il commande par pignon la roue C (fig. 5), à trois bossages, pouvant recevoir chacun le galet D E, qui commande par coulisses le levier de la pompe pivoté en P, avec une course que l'on peut ainsi régler suivant la vitesse du vent.

La pompe, du type à siphon, de $75 \times 266$ de course, présente l'avantage d'être toujours en charge.

Le beffroi de la roue tourne sur un roulement de galets. Le réglage se fait par un gouvernail perpendiculaire à la roue quand elle fait face au vent, avec ressort N, qui ramène la roue contre le vent quand il s'abaisse. Dans les grands vents, quand le gouvernail devient presque parallèle à la roue, le bras M vient (fig. 6) au contact du levier L, qui serre le frein K de la roue. Pour arrêter la roue, on la tourne hors du vent et on serre le frein d'en bas par une chaîne à rochet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La tour est (fig. 4) en cornières, au nombre de quatre, tenant à la base un carré de $2^{m},45$ de côté, et variant de $75 \times 75 \times 6$ millimètres à la base, à $38 \times 38 \times 6$ au sommet; ces cornières sont contreventées par des tirants croisés sur anneaux. Ce moulin fonctionne bien avec un bon vent; il traîne dans les vents légers; sa machinerie est

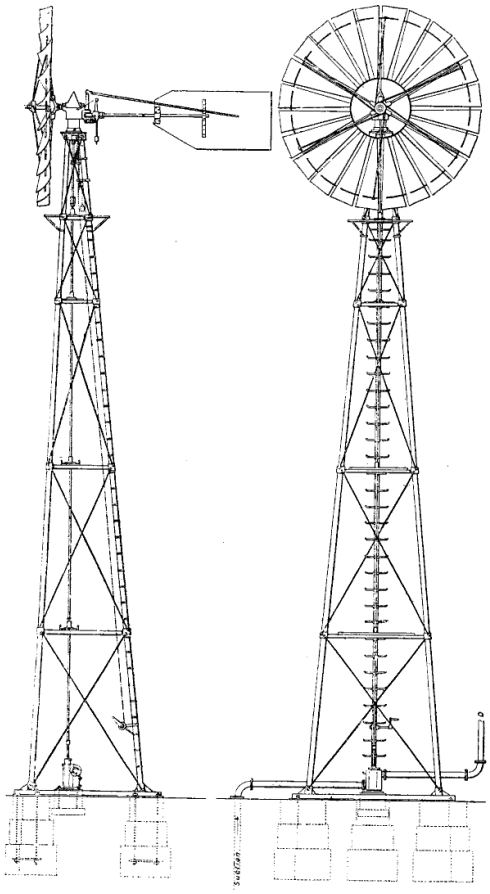


Fig. 1. — Moulin *Bamford* de $3^{m},60$.

bonne et aurait mieux rendu avec une pompe plus petite. Prix 1 325 francs, dont 150 pour la pompe et 585 pour la tour.

N° 3. *Goold Shapley et Muir*, Brabtford, Canada. La roue, de $4^{m},88$ de diamètre (fig. 8) avec 18 ailes groupées en 6 sections, a une surface de $14^{m2},18$, dont $6^{m2},30$ pour les vides entre les ailes et $2^{m2},85$ au trou de la roue. Les ailes sont rivées au cercle inférieur de la roue et fixées au cercle supérieur par des attaches en acier; ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

système de fixation, solide et léger, présente l'inconvénient d'exiger la coupure des attaches des ailes adjacentes en cas de remplacement d'une aile médiane de l'une des sections de 3 ailes. L'arbre tourne sur deux paliers à galets de 158 millimètres de long. Le moyeu *v* (fig. 9) de la roue, en fonte et très solide, recouvre en partie le

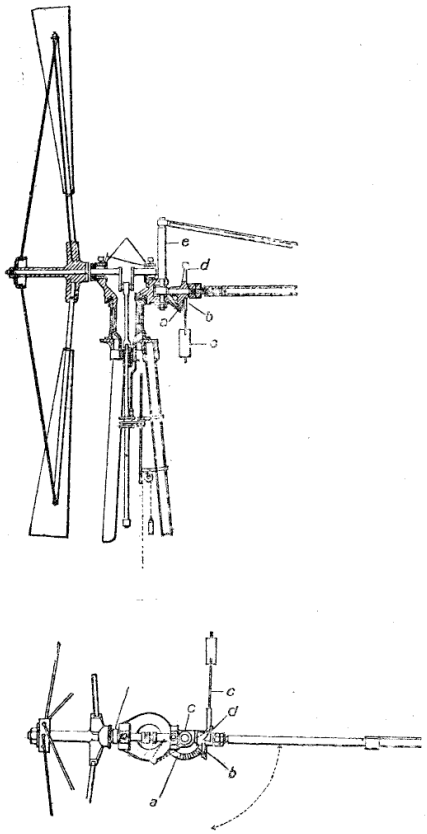



Fig. 2 et 3. — Réglage du moulin *Bamford*.

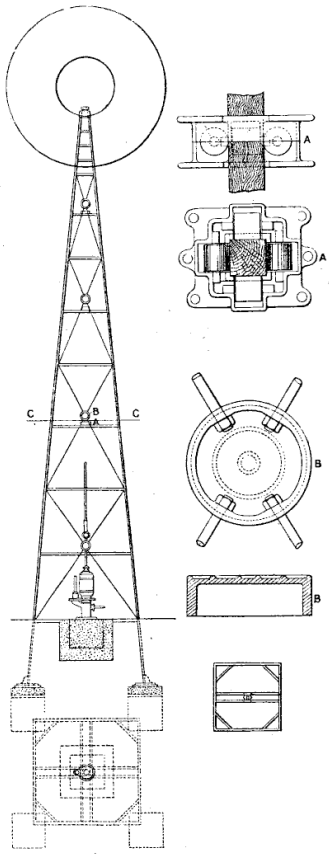



Fig. 4. — Tour *Roberts*.

premier palier et se prête à une attache robuste des bras en forme d'A; le beffroi tourne sur un roulement de galets.

La pompe est commandée (fig. 9) par un pignon entre deux crémaillères montées sur un châssis S, attelé à la tige de la pompe et guidé par le passage de son prolongement D alternativement à droite puis à gauche du galet J, de diamètre égal au diamètre primitif du pignon, dont les galets K facilitent le passage aux extrémités des crémaillères; aux fonds de courses, ces galets K viennent en prise avec les cames déviatrices de l'arbre de la roue, qui assurent la translation du châssis S comme on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le voit en D. Cette translation ne désaxe le châssis que de 38 millimètres. Ce mécanisme permet de donner à la pompe une longue course avec un mouvement très sensiblement uniforme pendant toute la course.

La tige de la pompe, en bois de 75 millimètres d'équarrissage, est reliée au châssis par un tube de fer de 45 millimètres de diamètre, guidé dans le beffroi et attaché à la tige par un joint qui en permet la rotation en W.

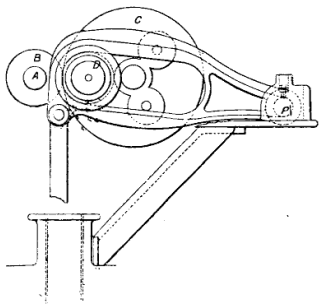


Fig. 5. — Commande *Roberts*.

La pompe à double effet et en siphon (fig. 10) de 100 × 560 de course; les clapets sont en caoutchouc vulcanisé.

Le réglage se fait (fig. 9) par un gouvernail sur lequel est pivoté un levier ou balancier relié d'un côté à un ressort G et, de l'autre, à une chaîne H, descendant au centre de la tour, et tirée en opposition au ressort de manière à rappeler la roue dans le vent. Si on lâche cette chaîne, ou si elle se brise, le ressort ramène la roue parallèlement au gouvernail et au vent en même temps que le frein se serre et l'arrête.

La tour est constituée (fig. 11) par 4 cornières en acier, avec ancres enfoncées à $1^{m},50$, contreventées par des diagonales et par cinq cadres.

La construction de ce moulin laisse peu à désirer; il a fonctionné d'une façon très satisfaisante et a obtenu le premier prix; il coûte, en tout, 1 750 francs.

N° 4. *John Mac Bain* Chirnside. Roue de $3^{m},66$, avec 24 ailes; sur face $8^{m2},10$, avec un

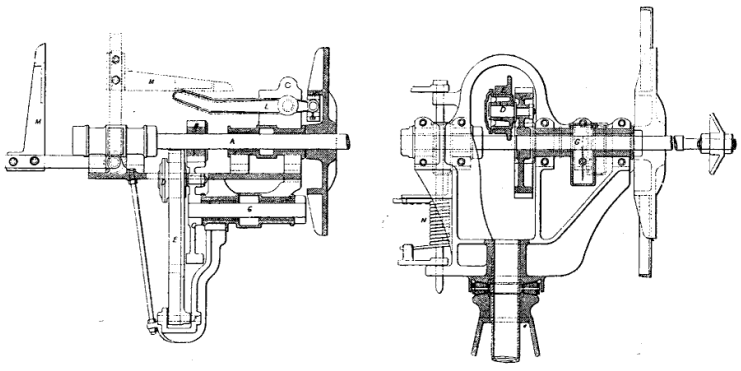


Fig. 6 et 7. — Commande et réglage *Roberts*.

vide de $3^{m2},87$ entre les ailes et de $1^{m2},48$ au centre; les ailes sont orientées de manière à tourner de droite à gauche. La tige de la pompe est (fig. 12), commandée par des engrenages elliptiques de manière à accélérer la course descendante ou aspirante de la pompe. La pompe est à simple effet de 75×133 de course et marche à la même vitesse que la roue. Le réglage se fait par gouvernail à contrepoids d'équilibre; ce réglage, très imparfait, ne se prête pas à l'utilisation des vents faibles. Prix total : 800 francs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N° 5. H. P. *Saunderson*, Bedford. Ce moulin n'est pas étudié spécialement pour le pompage; l'arbre de la roue commande (fig. 13) par engrenages un arbre vertical qu actionne, par un renvoi de pignons au bas de la tour, une paire pompes. Roue de $4^{m2},88$ de diamètre, avec 24 ailes; surface 20 mètres carrés, vide entre les ailes $4^{m2},18$, au centre $1^{m2},16$. Les ailes, de $1^{m},83$ de long, ont la même largeur aux deux bouts, de

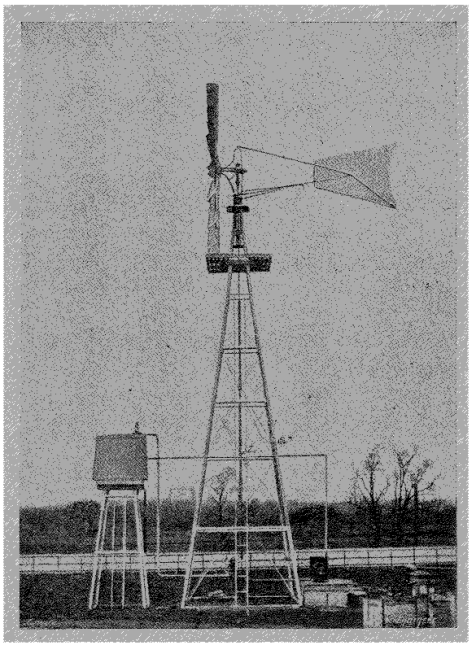


Fig. 8. — Moulin *Goold Shapley et Muir*.

sorte qu'elles doivent être plus inclinées au centre que celles des autres roues, condition qui ne s'est pas signalée comme avantageuse.

Fonctionnement défectueux, mal réglé et difficile avec les vents faibles. Prix total: 2 125 francs dont 900 pour le mécanisme.

N° 6. *Capell*, Northampton. Moulin américain type « Maud. S ». Roue de $2^{m2},43$, avec 18 ailes; surface $3^{m2},15$; vide entre les ailes $1^{m2},57$, au centre $0^{m2},65$. La pompe donne une course pour 2 tours 1/2 de la roue et pouvant être actionnée à la main; cette pompe était trop faible pour marcher sous la charge de 60 mètres; la tour était extrêmement légère et vibrait sous le vent. Prix total : 750 francs, dont 525 pour le mécanisme.

N° 7. *Thomas and Sons*, 64 Broad St., Worcester. Roue de $4^{m},87$ (fig. 14); surface de $13^{m2},10$, vide entre les ailes $5^{m2},15$, au centre de la roue $2^{m2},14$; 22 ailes fixées aux cercles par des attaches qui en facilitent l'enlèvement séparé, et renforcées au sommet par deux cannelures; les cercles de la roue sont reliés au moyeu par six tirants inclinés. Derrière la roue, se trouve un frein à bande automatique commandé par un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toc du gouvernail quand le gouvernail est replié par un grand vent ou quand la roue est défilée du vent par son treuil.

L'arbre de la roue est porté par deux grands paliers à galets et sa butée supportée

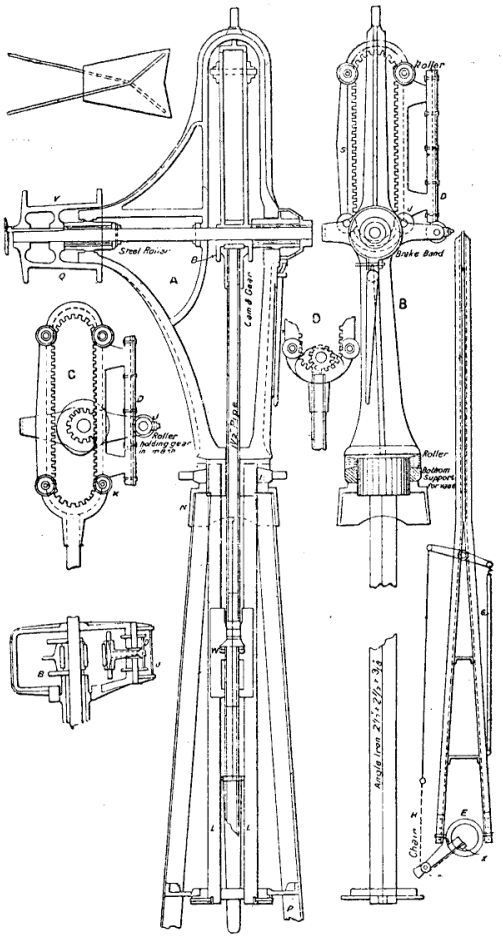



Fig. 9. — Machine *Goold*.

par une butée sur billes. Le gouvernail est aussi monté sur billes. La commande de la pompe se fait par pignons avec une réduction de 2,5, de sorte qu'elle donne un coup par 2 tours 1/2 de la roue. Le beffroi roule sur billes et se prolonge par un tube de 216 millimètres de diamètre, guidé par des galets, et donnant au beffroi une grande stabilité. La tige de la pompe, équilibrée par un contrepoids, est un tube de fer de 25 millimètres. Le réglage est facilité parce que l'arbre de la roue est écarté de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6 millimètres de l'axe de la tour, de sorte que la roue tend constamment à se défiler du vent malgré les deux ressorts de rappel du gouvernail.

La tour est constituée par quatre montants en acier cornières, de 63×63×8, avec

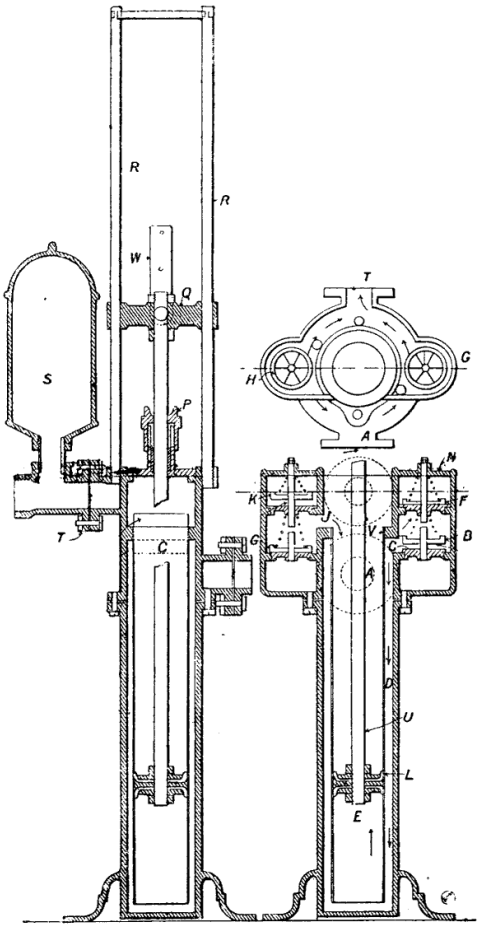



Fig. 10. — Pompe *Goold*.

croisillons horizontaux tous les 1m,50 et diagonales de 13 millimètres; inclinaison des montants 1/5. La pompe est à simple effet, de 100×200 de course, avec corps en bronze et soupapes à ailettes en hélice, qui les font tourner à chaque levée et assurent l'usure uniforme des sièges.

Les entretoisements horizontaux de la tour en facilitent le montage, la tour consti-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

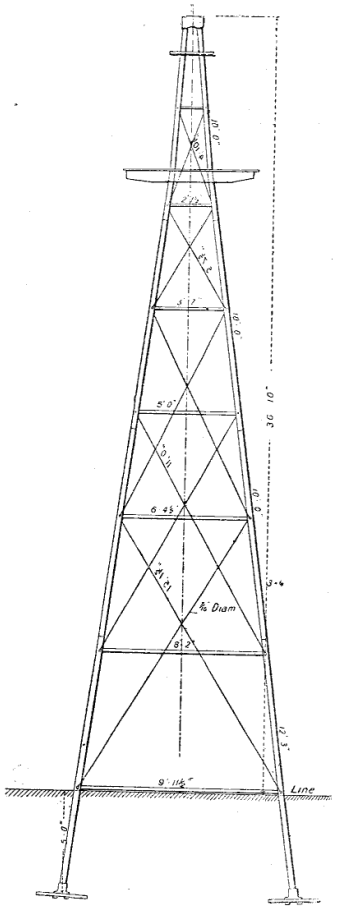



Fig. 11. — Tour du moulin *Goold et Shapley Muir*.

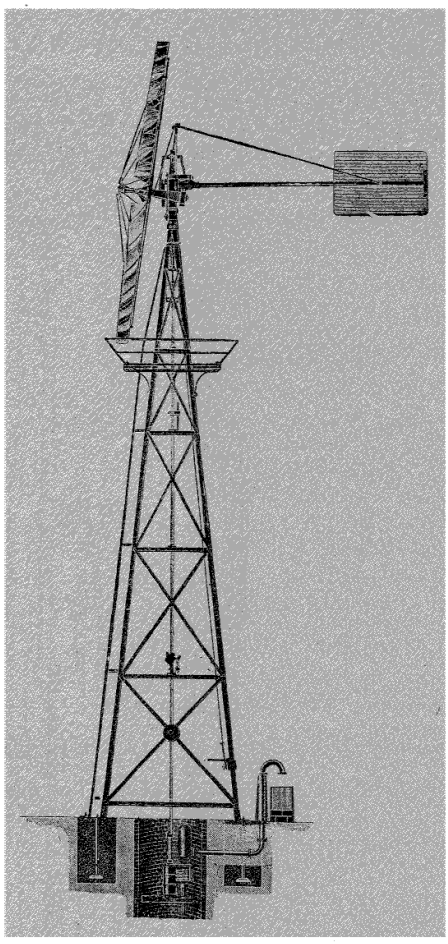


Fig. 13. — Moulin *Saunderson*.

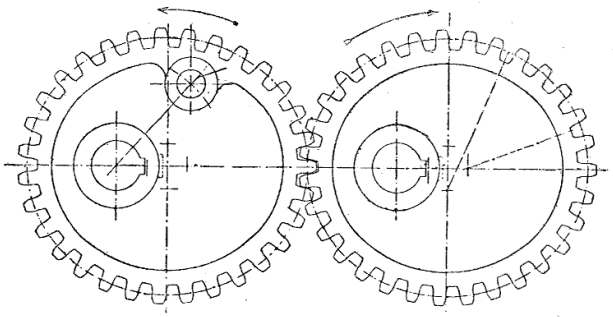


Fig. 12. — Moulin *Mac Bain*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tuant son propre échafaudage. Prix total : 1 925 francs, dont 1 500 pour le mécanisme.

N° 8. J. *Wallis Titt*, Warminster. Roue de 4m,87; surface 10m²,64, vide entre les

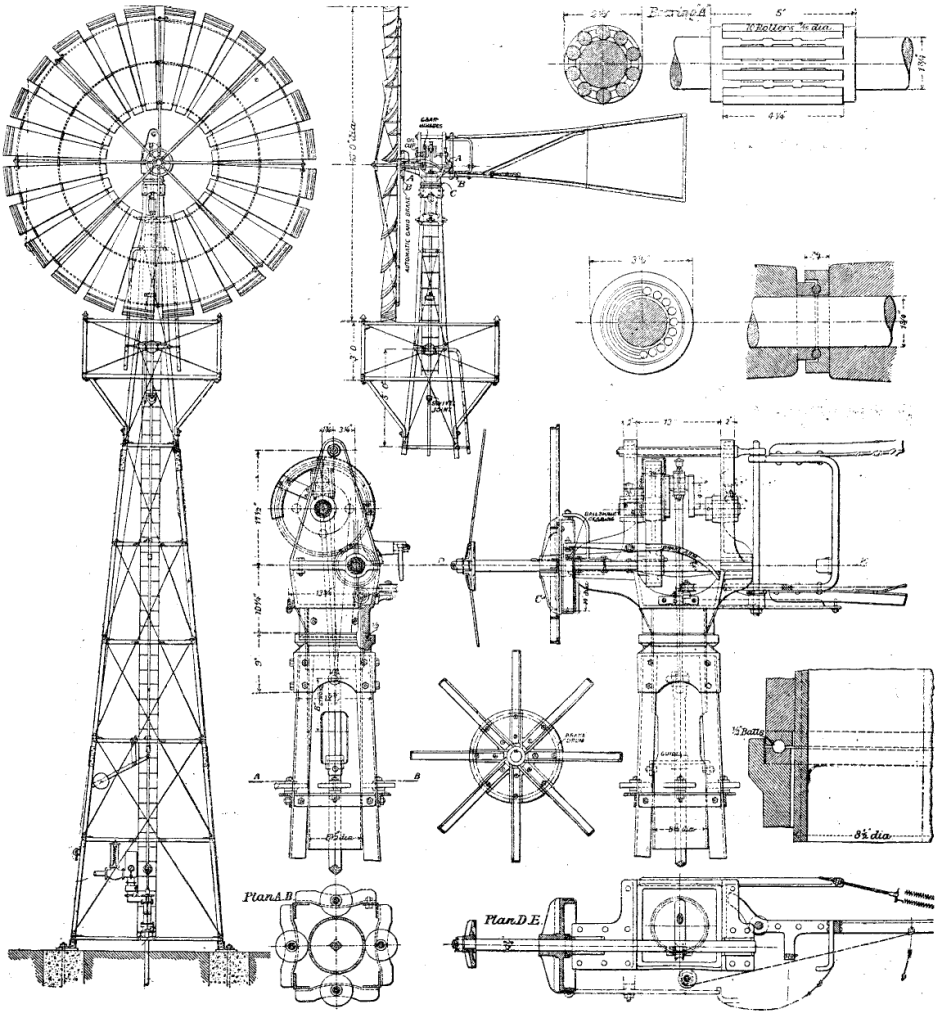



Fig. 14. — Moulin *Thomas*.

ailes 6m²,80, au centre 3m²,53. La manivelle de l'arbre commande la pompe par un levier amplificateur de la course; il est monté sur billes. Le beffroi est en tôle au lieu de fonte et roule sur billes, avec une échelle permettant de graisser en marche sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

danger. Le réglage se fait par gouvernail à contrepoids de rappel manœuvrable du bas par une corde de mise en train. Cette corde manqua pendant les essais et le fonctionnement se ressentit de l'absence de freins. La pompe de 82×155 de course, commandée directement, a bien fonctionné, mais en exigeant un graissage attentif, que l'on évite avec les pompes à marche plus lente, avec mécanisme de réduction absorbant un peu de puissance, qui ne coûte rien. La tour en cornières est solidement établie. Prix total : 1 535 francs, dont 700 pour le mécanisme.

N° 9. *R. Warner*, Londres. Roue de 6m,10, avec trou de 3 mètres au centre, sur arbre incliné avec portées à galets en bronze; bras en bois (fig. 15). Le réglage se fait par quatre masses centrifuges, avec ressort antagoniste réglable du bas de la tour et

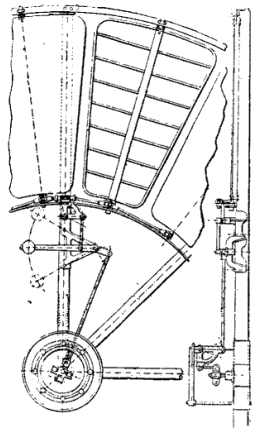


Fig. 15. — Règlage du moulin *Warner* de 6 mètres.

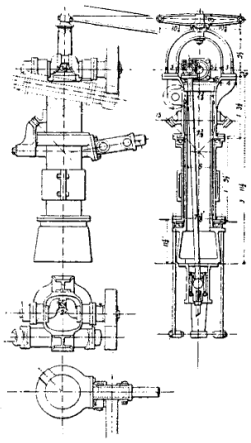


Fig. 16. — Commande du moulin *Warner* de 6 mètres.

agissant par les renvois indiqués en figure 15, sur 16 vantaux en acier et toile à voile, pivotés sur leur rayon central et défilés quand le vent augmente. La roue est maintenue dans le vent par un gouvernail constitué par une roue auxiliaire (fig. 16, 17 et 18) commandant par transmission à vis sans fin une crémaillère en prise avec la denture fixe du beffroi.

La tige de la pompe, en tube de 47 millimètres, est commandée par un large excentrique (fig. 17) et un raccord à joint sphérique; la pompe est à double effet, de 90×150 de course (fig. 16).

Le réglage ne fonctionna pas bien; les vantaux s'ouvraient au moindre vent et ne se refermaient que très lentement; le mécanisme est paresseux aux faibles vents. Prix total : 4 475 francs.

N° 10. *J. Miller*, Annan. Connu sous le nom d' « Idéal ». Roue du type américain de 3m,66, avec 21 ailes; surface 6m²,96, vide entre les ailes 2m²,17, au centre 2m²,05. L'arbre de la roue, sur un seul palier (fig. 19) commande la pompe avec réduction de 2,5 par pignon annulaire. Le gouvernail, monté sur quatre bras, est à ressort ramenant la roue dans le vent et à frein automatique serrant la roue en grand vent. La pompe à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simple effet à 90 × 230 de course. La tour est en trépied, en longueurs de 3 mètres, et très légère. La roue fut en partie voilée par un vent moyen de 20 milles à l'heure atteignant parfois 45 milles (72 kilomètres). Prix : 1 270 francs, dont 1 080 pour le mécanisme et la tour.

N° 11. *Maclellan*, Glasgow, type américain. Roue de $5^{m},18$, avec 18 ailes; surface $15^{m2},4$, vide entre les ailes $6^{m2},7$, au centre $3^{m2},95$. Mécanisme très simple, commandant la pompe par engrenages; beffroi équilibré sur l'axe de la tour; gouvernail à frein limitant la vitesse à 40 tours par minute. Tour en quatre cornières. Pompe à simple effet en siphon, avec réduction de 2,5. Cette pompe fonctionna très mal avec le réser-

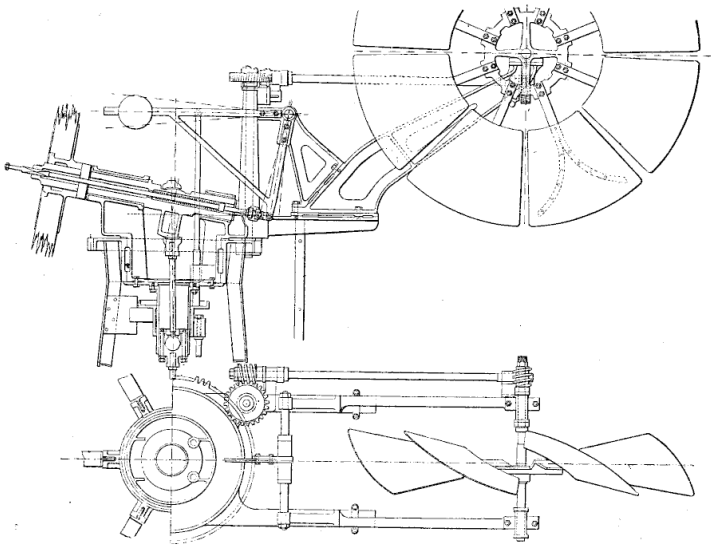


Fig. 17. — Commande du moulin *Warner* de 6 mètres.

voir d'air se remplissant continuellement d'eau. Le mécanisme du moulin est, d'autre part, excellent. Prix total : 3 000 francs.

N° 12. *Russell*, 42 Berwick St, Oxford St, Londres. Roue normalement verticale, équilibrée par un contrepoids et s'inclinant, comme sur la figure 20 quand le vent augmente; cette roue s'est voilée et n'a donné aucun résultat aux essais.

N° 13. *J. S. Millar*, Annan. Du type « Samson », analogue à l' « Idéal » (fig. 21) commandant la tige de la pompe par une bielle articulée entre les deux grands pignons du train réducteur de 1/2, et attaquant un levier central. Ce moulin donna les mêmes résultats défectueux que l' « Idéal ». Prix : 1 280 francs, dont 1 060 pour le mécanisme et la tour.

N° 14. *Warner*, Londres. Roue de $4^{m},80$ avec 32 ailes; aire des ailes, $12^{m2},35$; vides entre les ailes, $3^{m2},75$, au centre, $3^{m2},60$; les ailes sont fixées comme l'indique la figure 23 et reliées en avant du moyeu par des tirants inclinés. La roue, considérablement excentrée, est maintenue dans le vent par un gouvernail de forme circu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

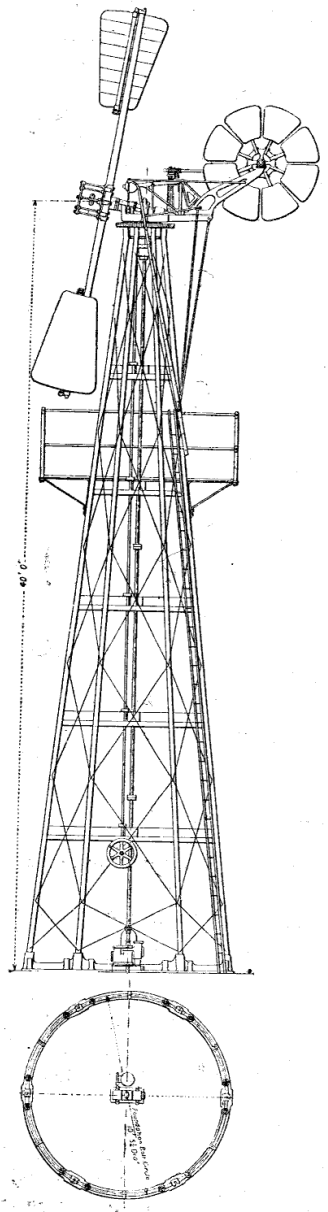


Fig. 18. — Moulin *Warner* de 6 mètres.

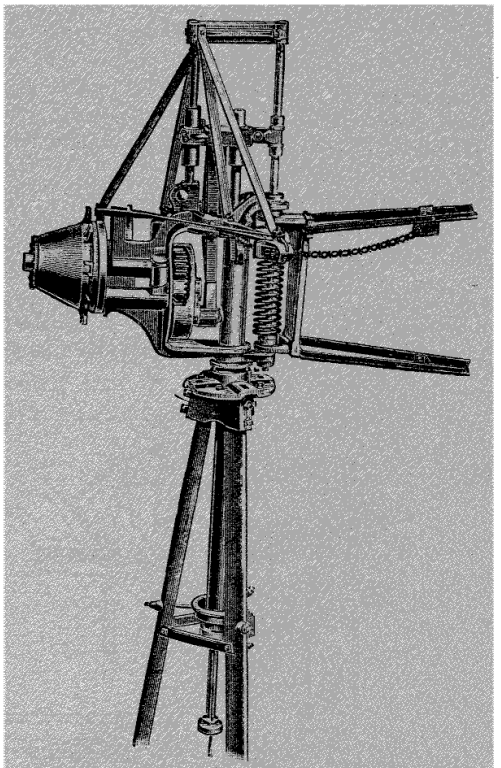


Fig. 19. — Moulin *Idéal*.

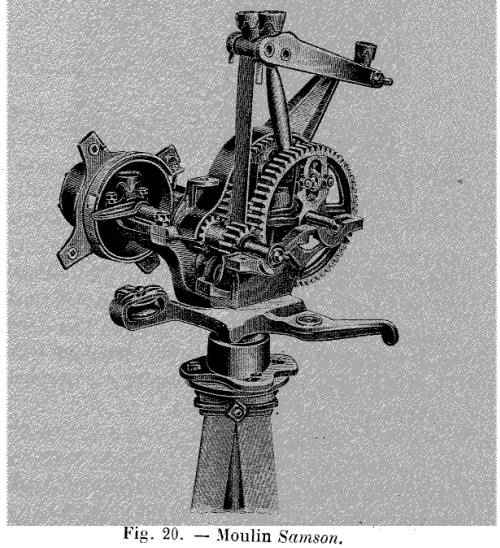


Fig. 20. — Moulin *Samson*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laire (fig 24) et rappelée par un ressort en hélice. La pompe, commandée par une réduction de 2, est (fig. 25) à double effet, de 90 de diamètre et de course variable par une coulisse réglable à vis entre 73 et 165 millimètres. Pendant les essais, cette course resta fixée à 130 millimètres. La tour est en quatre cornières entretoisées. La

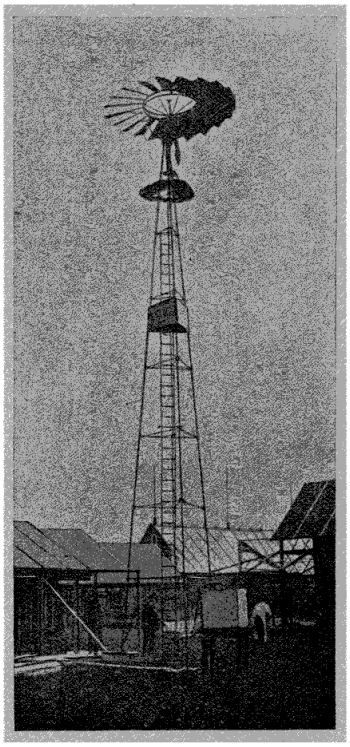


Fig. 21. — Moulin *Russell*.

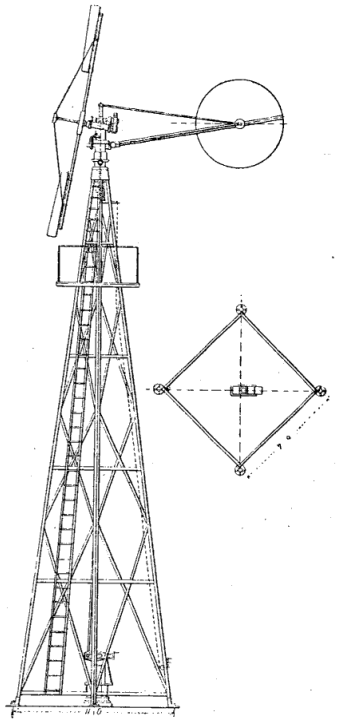


Fig. 22. — Moulin *Warner* de 4m,80.

construction est soignée, mais l'action du gouvernail laissait à désirer. Prix total : 2 175 francs.

N° 16. *Wallis Titt*, Warminster. Même type que le n° 8, mais avec commande de la pompe par une réduction de 2,5 et le diamètre de la pompe porté à 215 millimètres. Le rendement en fut légèrement diminué, défaut largement compensé par la réduction de la vitesse de la pompe. Comme avec le n° 8, la corde de réglage se rompit pendant les essais et le moulin s'emballa faute de frein; c'est un accident qui peut devenir grave dans le cas d'un moulin isolé, sans personne pour y remédier aussitôt. Prix : 1 860 francs, dont 915 pour le mécanisme.

N° 17. *Hery Sykes*, 66, Banside, Londres. Roue de 4m,80, avec 42 ailes de 1m,40 de long × 230 millimètres à la périphérie et 150 au bas; surface des ailes, 13m²,20; vide

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entre les ailes, 5 mètres carrés, au centre $3^{m2},6$. On a adopté des ailes étroites et nombreuses d'après l'hypothèse que le vent travaille surtout par l'extrémité des ailes ainsi

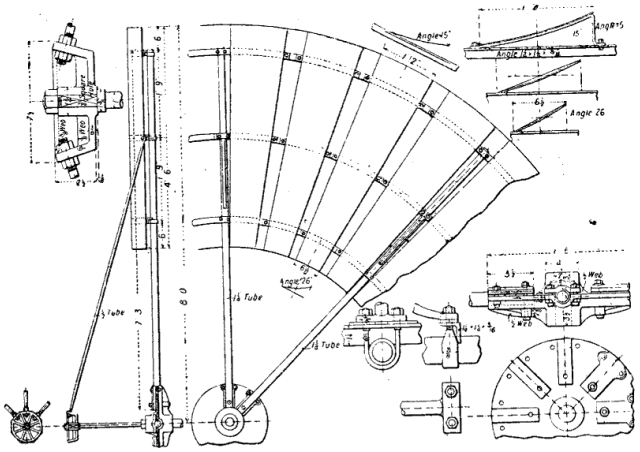


Fig. 23. — Roue du moulin *Warner* de $4^{m},80$.

multipliées; ces extrémités extérieures sont fixées sur un cercle enveloppe très solide. L'arbre tourne sur paliers à billes et attaque directement la tige de la pompe.

Le gouvernail est (fig. 28) en deux pièces A et C, articulées entre elles sur l'axe

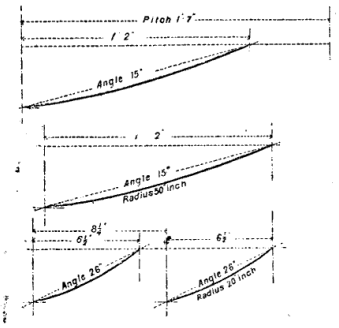



Fig. 24. — Combine des moulins *Warner*.

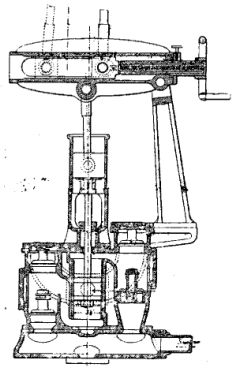


Fig. 25. — Pompe *Warner*.

incliné F, et pourvu d'un gouvernail auxiliaire B, parallèle à la roue et pivoté, comme elle et C, en E, sur le beffroi. En vent modéré, le gouvernail occupe la position indiquée au diagramme (1) (fig. 28); en (2) la force du vent a augmenté et défilé en partie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la roue D, en faisant pivoter sur C le plan A, que son poids tend à ramener dans le prolongement de C; en (3) la roue est amenée à la main parallèle au vent et A se range parallèle à cette roue. Ce dispositif dispense de tout contrepoids et ressort; mais, aux essais, son fonctionnement laissa à désirer.

La tour est en trois montants de fers creux lourds et d'un montage difficile. La

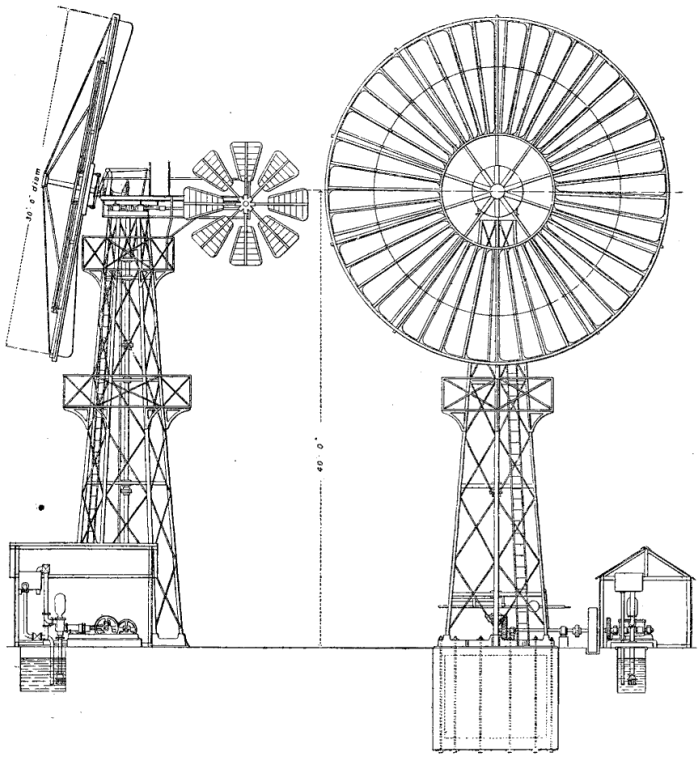


Fig. 26 et 27. — Moulin *Wallis Titt*.

pompe à double effet et de 63 de diamètre, est à course variable, fixée à 200 millimètres pendant les essais. Prix total : 2 650 francs.

N° 18. T. C. *Williams*, Reading. Du type Rollason à tambour et ailettes verticales (fig. 30), courbes et au nombre de 5, avec, à l'extérieur, un garde-vent en toile pouvant masquer deux des volets et orienté par un gouvernail vers le vent de manière à abriter du vent les côtés convexes des volets en laissant le vent agir en pleine force sur les côtés concaves; pas de frein. Pompes doubles de 63 × 200 de course; ne développait qu'un très faible travail. Prix : 2 125 francs.

N° 19. *J. W. Titt*, Warminster. Roue de $9^{m},4$ avec 40 ailes en toile pivotées et disposées en 10 groupes de 4, entre deux bras chacun; quand ces ailes sont ouvertes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il n'y a pas de vide entre elles ; cette ouverture peut se régler du bas de la tour par un renvoi de tige indiqué sur la figure 27. La roue est maintenue dans le vent par

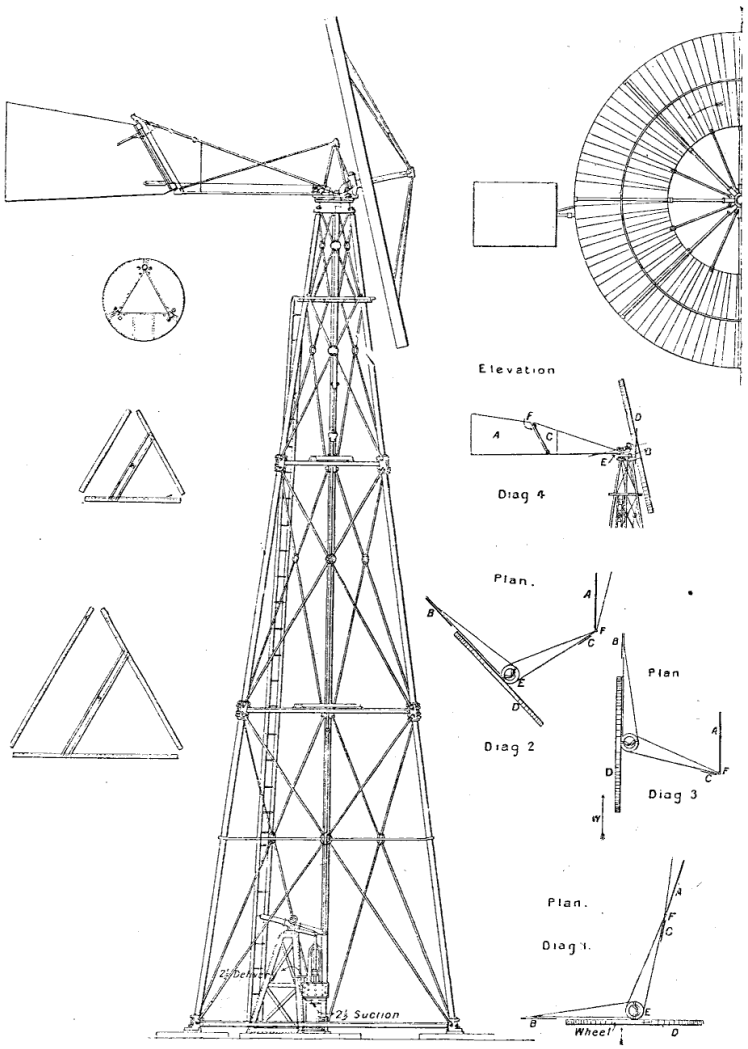



Fig. 28. — Moulin *Sykes* de 4m,80.

un gouvernail à deux roues agissant sur un pignon fixe du beffroi par engrenages et vis sans fin (fig 29). L'arbre de la roue commande la pompe par un renvoi de pignons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coniques et un arbre vertical; la pompe est à trois corps de 127 × 200 de course. Ce mécanisme, lourd et massif, n'a produit, avec un vent de 16 kilomètres à l'heure, que

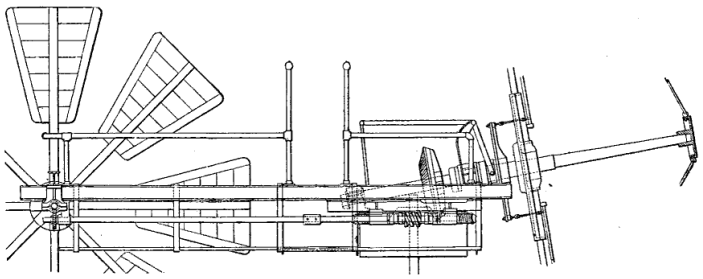


Fig. 29. — Moulin *Wallis Titt*, détail du gouvernail.



Fig. 30. — Moulin *Rollason*.

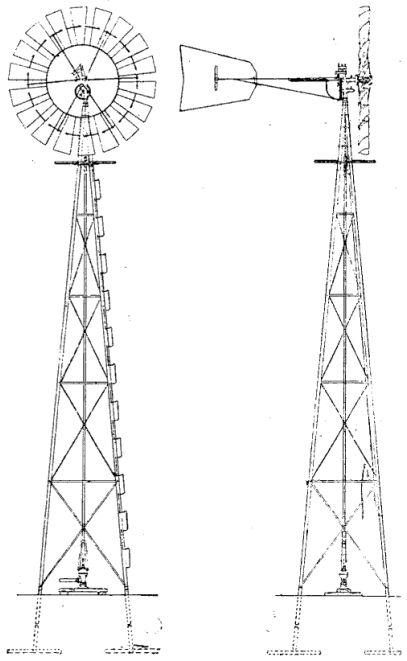
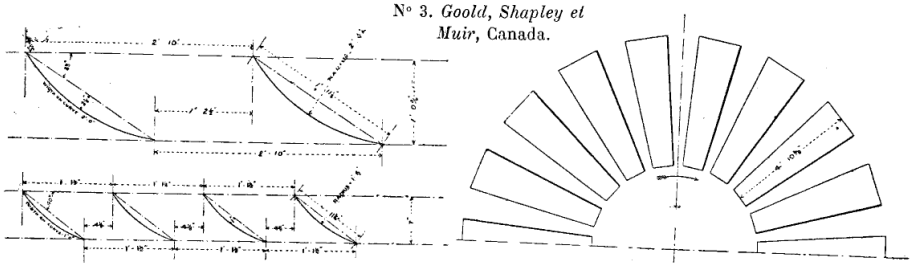


Fig. 31. — Moulin *Cudle*.

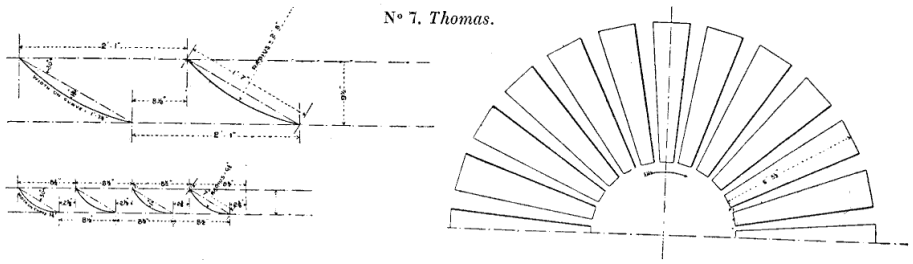
1 ch. 93 en eau montée. Prix : 9 135 francs, dont 4 675 pour la roue et 2 250 pour la pompe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

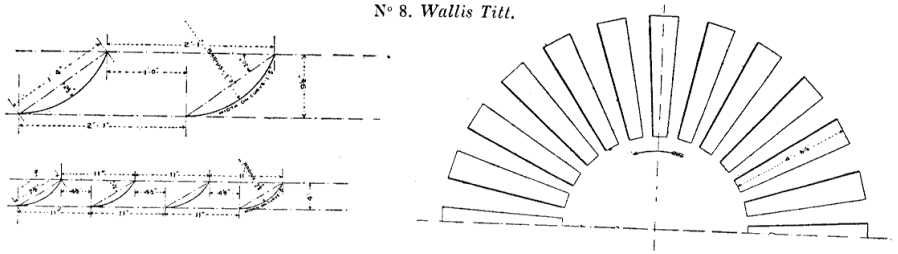
N° 3. *Goold, Shapley et Muir*, Canada.



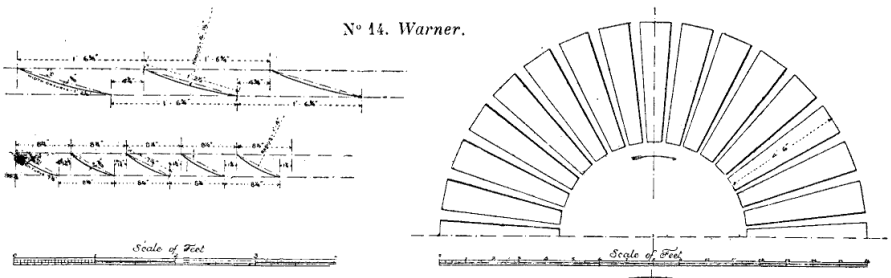
N° 7. *Thomas.*



N° 8. *Wallis Titt.*



N° 14. *Warner.*




N° 17. *Sysek.*

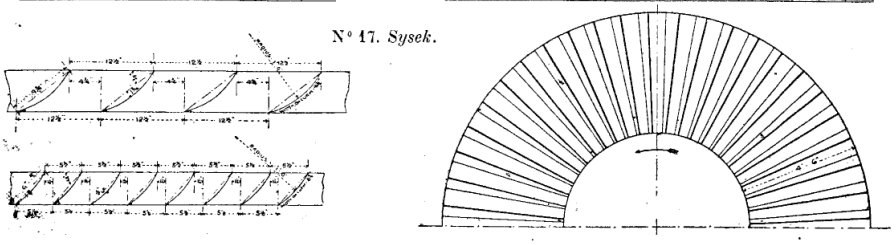


Fig. 32.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N° 20. C. *Cadle*, Wellington Quay, Dublin. Du type américain Aermotor (fig. 31). Roue de 3m,66 avec 18 ailes; aire des ailettes, 7m²,15; vide entre les ailes, 3m²,16, au centre, 1m²,58. L'arbre commande la pompe par deux pignons dont le grand porte trois boutons de manivelles permettant de varier la course. La tour est en 4 cornières. Pompe à simple effet de 63 × 300 de course. Construction trop légère, incapable de résister aux grands vents. Prix total : 850 francs.

N° 21. *Dike et Ockenden*, Londres et Litlehampton, type américain. Roue de 3m,66,

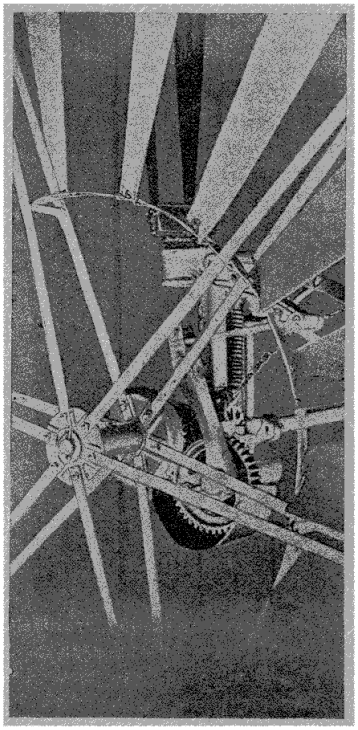


Fig. 33. — Moulin *Duke Ockenden*.

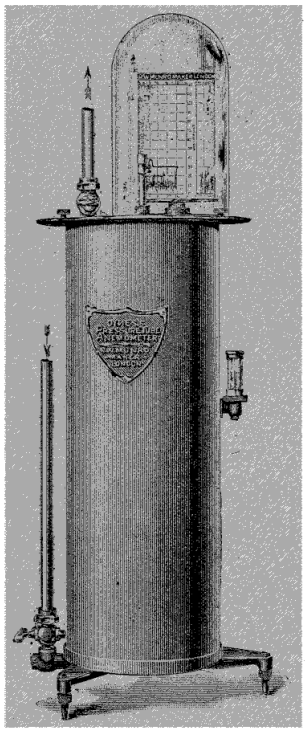


Fig. 34. Anémomètres *Dines*.

avec 18 ailes concaves, 6 bras et 2 cercles (fig. 33), très bien construite; aire des ailes, 6m²,79; vide entre les ailes, 3m²,43, au centre, 1m²,40. L'arbre commande la tige de la pompe par bielle et levier avec réduction de 2,5 et course réglable en déplaçant le bouton de manivelle dans la coulisse du pignon; on obtient ainsi des courses de 180, 150 et 230 millimètres. La pompe, à simple effet et de 63 millimètres de diamètre, marchait avec 150 millimètres de course. La tour est bien construite et entretoisée par des tirants réglables. Bien que fonctionnant convenablement en vents modérés, ce moulin n'a donné qu'une puissance relativement faible en eau montée. Prix : 1 275 francs, dont 1 175 pour le mécanisme et le reste pour la pompe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N° 22. *Sauderson* et C°, Bedford. Semblable au type n° 5, avec roue de $9^{m},14$, à 30 ailes de 25 mètres carrés de surface; vide entre les ailes, $4^{m2}65$, au centre, $2^{m2},78$; commande par engrenages une pompe à double effet de $130 \times 330$. Mécanisme très lourd, incapable de marcher avec les vents faibles. Prix : 2 975 fr. dont 1 625 pour le mécanisme.

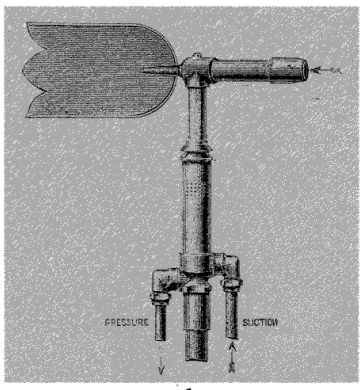


Fig. 35. — Anémomètre *Dines*, détail.

On voit que le rapport de l'aire des ailes au vide entre ces ailes est très variable; cette divergence subsiste même pour les six moulins réservés, après les essais généraux, pour les essais finaux du concours, comme on le voit d'après les diagrammes de la figure 32. La roue pour laquelle ce rapport est le plus grand est celle à Sykes pour laquelle le rapport de la surface totale de la roue aux ailes est de 202/143; le rapport le plus bas a été de 201/114.

Le principe des anémomètres de Dines, avec lesquels on a mesuré la vitesse du vent consiste (fig. 34 et 35) à recevoir le vent dans un tube placé à la hauteur voulue : 12 mètres, au cas actuel, orienté par une girouette et aboutissant, par le branchement de gauche, à un flotteur d'air placé dans le récipient de l'enregistreur et que la pression du vent soulève plus ou moins; le haut de ce réservoir communique avec le tube de droite (fig. 35) qui communique avec l'atmosphère par des séries de trous percés dans le tube enveloppe du tube à vent.

Pendant les deux mois des essais, la vitesse moyenne du vent a été de 10 milles,8

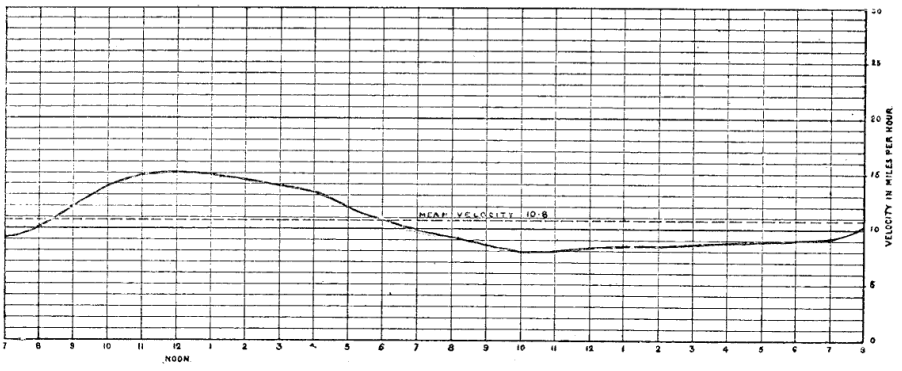


Fig. 36.

à l'heure ($17^{kil},4$) jour et nuit, avec les variations indiquées par le diagramme (fig. 36) et une vitesse moyenne toujours plus élevée le jour que la nuit. Les variations diurnes étaient très considérables : de 3 milles à 22 ($35^{kil},4$) pendant les essais généraux et de 1 mille à 16,5 ($26^{kil},5$) dans les six essais finaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les essais généraux ont donné les résultats suivants :

Les moulins nos 1 et 12 n'étaient pas en bon ordre de fonctionnement pour les essais ; la roue n° 10 s'est voilée en grand vent et sa tour oscillait dangereusement ; la roue du n° 13 s'est aussi voilée ; les fondations du n° 20 cédèrent en grand vent et le fonctionnement devint dangereux ; le montage de la pompe du grand moulin n° 19 ne lui était pas bien adapté pour un usage courant ; le n° 6 était trop faible. Les nos 2, 4, 5, 9, 11, 18, 21, 22 furent écartés du concours final comme ayant : le n° 11, une mauvaise pompe ; les nos 4 et 9, un mauvais réglage ; les autres, des prix trop élevés ou de faibles rendements.

Le diagramme (fig. 37) donne les résultats des six machines réservées pendant le second mois du concours.

Les essais ont tous démontré l'importance d'un frein, si possible automatique, empêchant les emballements. Des six machines des essais finaux, les nos 8, 16 et 17 n'avaient pas de frein, le n° 7 avait un bon frein, mais qui n'entre en jeu que par l'action de son toc et manque en cas d'accident à ce toc. Il se produisit trois ruptures du mécanisme d'arrêt : au moulin n° 3, qui s'arrêta de lui-même, et aux nos 8 et 16 que l'on dut faire arrêter à la main par des hommes qui durent replacer le mécanisme pendant la rotation de la roue ; opération dangereuse pour des inexpérimentés. Le frein du n° 3 est donc tout particulièrement recommandable, mais il serait mieux appliqué directement sur la roue qu'au bout de l'arbre, ainsi exposé à une torsion fatigante.

La régularité de marche fut observée avec soin, en mesurant, comme sur le diagramme (fig. 38), les variations de vitesse pendant 10 minutes ; les six moulins furent satisfaisants sous ce rapport, à l'exception du n° 14, dont le gouvernail était insuffisant. Le n° 17, avec son gouvernail auxiliaire, ne répondait pas suffisamment vite aux variations rapides du vent.

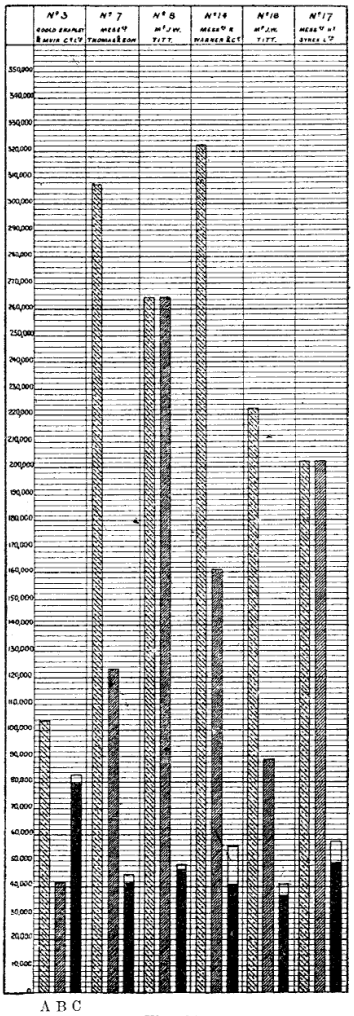



Fig. 37.

A. Nombre de tours. B. Nombre de courses de la pompe. C. Débit en gallons. D, Perte.

Comme rendement, le n° 3 tient de beaucoup la tête ; la longue course de sa pompe est également utilisée sur toute sa longueur, parcourue d'un mouvement presque uniforme. Les pompes des six moulins étaient, à l'exception de celle du n° 7, à double effet, et les essais ont démontré la supériorité de ce double effet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour évaluer le coût de l'entretien des moulins, on a tenu compte non seulement de la bonté de la construction, mais aussi de l'usure et de la fatigue probables, évaluées notamment par le nombre de tours de la roue et de courses de la pompe par

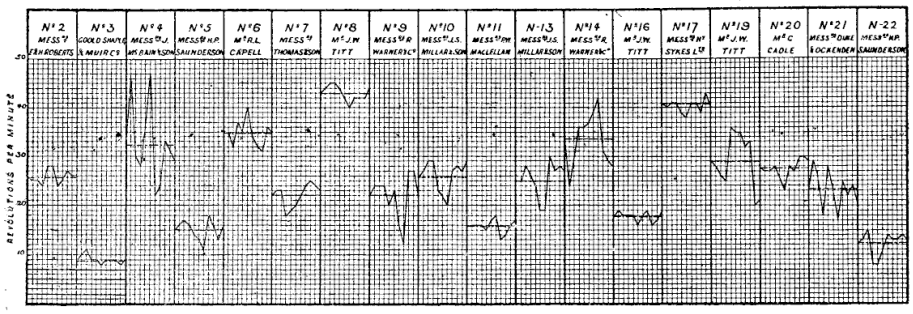



Fig. 38.

mètre cube d'eau montée; et, sous ce rapport, c'est encore le n° 3 qui l'emporte de beaucoup; le n° 7 se distingue aussi par l'excellence de sa construction.

Au point de vue de la facilité du montage, le n° 7 mérite une mention spéciale et le n° 17 est plutôt désavantageux.

Le n° 3 a eu le premier prix et le n° 7 le second.

### ROUES EN ACIER FORGÉ *Ehrardt* (1).

Ces roues à rais d'une seule pièce d'acier sont tirées d'une masse *b* (fig. 1) laminée sur une matrice tournante *d* (fig. 1) avec nervures *c*, ébauchant dans la tôle *e*,

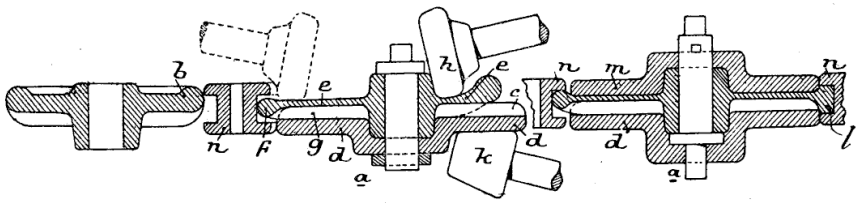



Fig. 1 et 2. — Roues *Ehrardt*.

provenant de l'étirage-laminage de *a*, les futures rais de la roue; cet étirage-laminage se fait par des galets *h*, tournant dans le même sens que *d'* et animés, en même temps, d'un mouvement radial sur *d*, la matrice *d* étant, d'autre part, appuyée sur des galets *k*. La jante reçoit ensuite sa forme définitive au moyen des matrices cylindriques *n*, avec ou sans plaques de serrage *m* (fig. 2).

Pour faciliter la formation des rais on poinçonne dans la tôle *e* des trous *aa* (fig. 3) qui se transforment en *b* (fig. 4) avec rais de la section (fig. 5), et ce avec une facilité qui compense largement la perte de métal des trous *a*.

(1) Brevets anglais 19096 et 20837 de 1902. Français 325684, 29 septembre 1902.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces roues sont à la fois légères et très solides, comme l'indiquent les épreuves des figures 6 et 7. Elles ont été admises sur les chemins de fer de l'État prussien ; elles sont

Fig. 3.

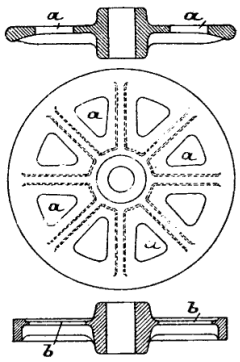



Fig. 4.

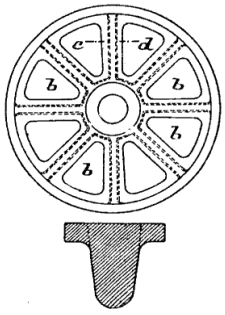



Fig. 5.

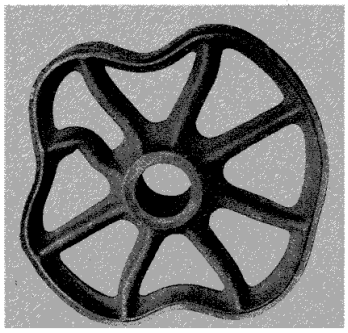


Fig. 6.

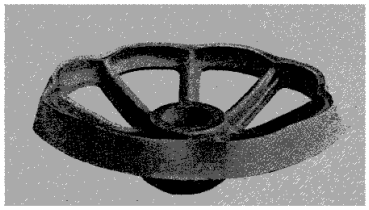


Fig. 7.

construites, en Allemagne, par la Société Daelen à Dusseldorf et, en Angleterre par la Patent Axletree C°, de Wednesbury.

## TOUR VERTICAL DES ATELIERS *Niles* (1).

Ce tour, construit par les ateliers Niles allemands, à Schoneweide-Berlin, est (fig. 1 et 2) remarquable par ses grandes dimensions et sa spécialisation au travail rapide et précis des grandes armatures de dynamos en les attaquant par autant de machines séparées que possible, avec un travail de centrage réduit au minimum sans danger de déformation de la pièce.

La multiplicité des attaques est réalisée par l'emploi de quatre colonnes montées chacune sur une glissière horizontale de la plaque annulaire qui entoure la table ou du plateau même du tour, et disposée en paires orthogonales ; chacune de ces colonnes porte, sur sa glissière verticale, un chariot porte-outils avec avances auto-

(1) *Engineering*, 14 août, p. 217.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

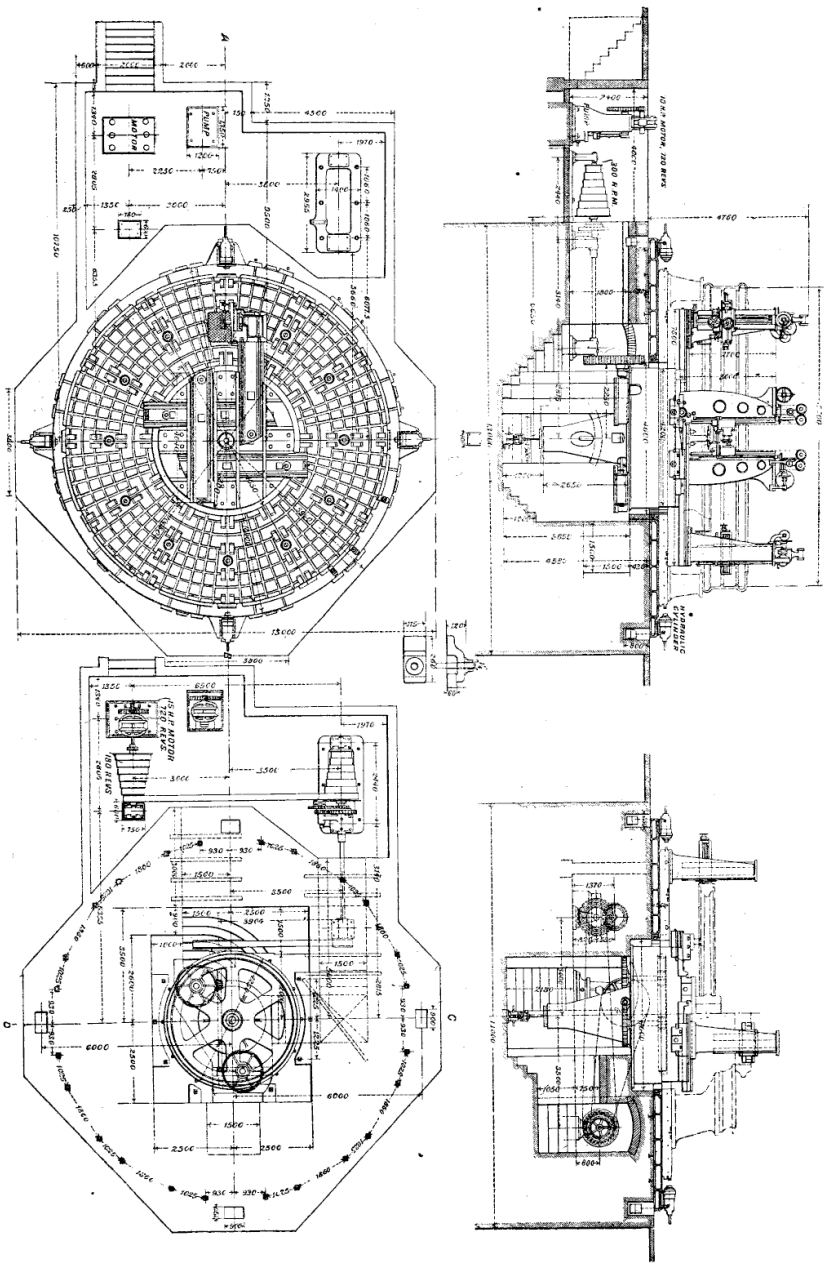


Fig. 2. — Tour vertical *Niles*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matiques horizontales et verticales. commandées par une dynamo à chaque colonne, et permettant l'exécution simultanée de travaux horizontaux et verticaux.

Le plateau du tour est commandé, d'une dynamo de 15 chevaux à 750 tours, par une transmission à cônes de poulies qui actionne, par courroie, un arbre horizontal à deux vis sans fin en prise avec deux pignons dont les arbres verticaux portent chacun une roue engrenant avec le pignon du plateau en des points presque diamé-

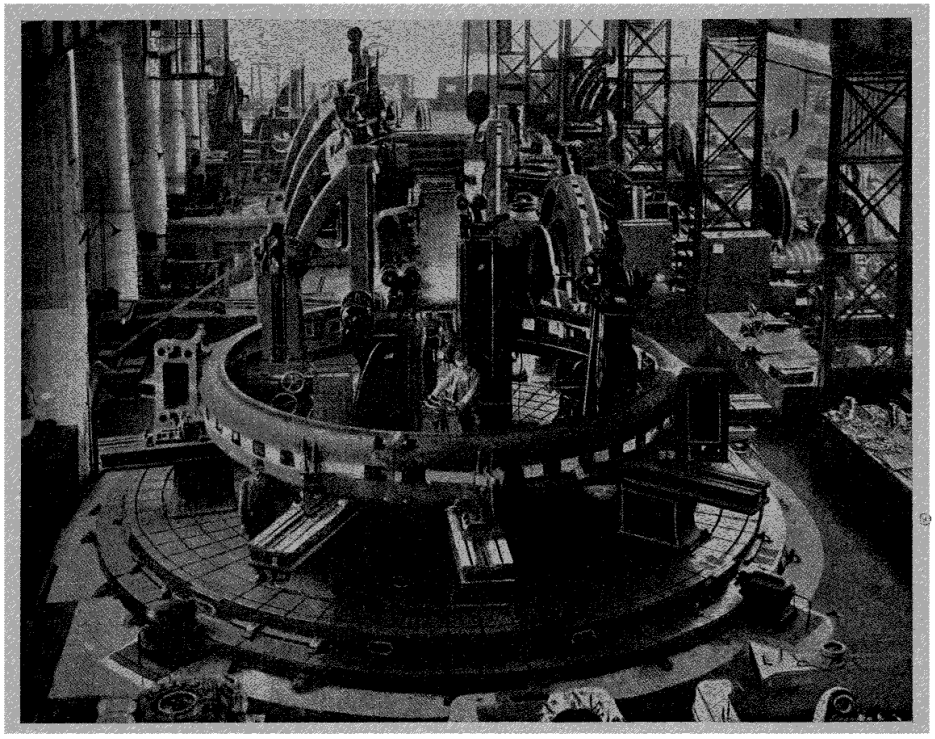


Fig. 1. — Tour vertical *Niles*.

tralement opposés. Ce plateau repose, en très grande partie, sur un chemin de glissement annulaire puis sur une crapaudine avec collet pour les poussées latérales; le palier supérieur de l'axe du plateau est à cône fendu permettant de rattraper les jeux latéraux. Le poids de ce plateau et la longueur de son axe empêchent tout soulèvement du plateau sous une pression unilatérale excessive.

Le stator en travail est monté sur la plaque annulaire qui entoure le plateau; le rotor est, au contraire, monté sur ce plateau avec les colonnes d'outils montées sur la plaque annulaire, tandis qu'elles étaient, auparavant, fixées au plateau, et cette transposition est rendue facile par l'indépendance des commandes de ces colonnes.

L'absence de toute traverse et autre obstruction au-dessus du plateau rend très

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faciles la manipulation, le montage et le retrait des pièces sur le plateau et la table annulaire; cette plaque est en deux parties, dont la supérieure, sur laquelle on monte le stator en travail, peut se déplacer sur la première de manière à permettre d'achever facilement le centrage de la pièce, sans exercer de pressions sur cette pièce, et très vite, par quatre pousseurs hydrauliques commandés du centre du plateau. Le centre du stator étant indiqué par le croisement de deux fils de fer diamétraux, il suffit d'amener ce croisement au-dessus du centre du plateau.

Les principales dimensions de ce tour sont les suivantes : diamètre du plateau $4^m$, 200, de la plaque annulaire $10^m$; longueur des glissières des colonnes $7^m$,800; poids total 157 tonnes.

---

## ERRATUM

### UNIFICATION DES FILETAGES, OUVERTURES DES CLEFS

Dans le tableau de la série normale des diamètres, des pas et des ouvertures de clefs correspondantes du SYSTÈME INTERNATIONNAL DE FILETAGE, *Bulletin* de juillet 1903, p. 34) l'ouverture de clef, pour le diamètre de 30 mm. est indiquée à tort comme de 45 mm., *cette ouverture est de 46 mm.*

---

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

**Du 15 Août au 15 Septembre 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP.* . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . . Engineering.
*E'.* . . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . . Industrie électrique.
*Im* . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*La* . . . . La Locomotion automobile.
*Ln* . . . . La Nature.
*Lo.* . . . . Locomotion.
*Ms.* . . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . . Nature (anglais).
*PC* . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . . Revue technique.
*Ru.* . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Assurances mutuelles agricoles* en France (de Rocquigny). *Musée social. Août.*

**Bétail.** Rôle des aliments dans sa nutrition (Grandeau). *Ap.* 20 *Août*, 240.

— Falsification des aliments. *Ap.* 10 *Sept.*, 339.

— Mélasses sulfitées. *Ag.* 22 *Août*, 291.

— Race bovine ferrandaise. *Ap.* 27 *Août*, 281.

— Élevage en Normandie. *Ag.* 5 *Sept.*, 369.

*Betterave* (Altise de la). *SNA. Juin*, 437.

*Beurres.* Variation de composition. *Ag.* 12 *Sept.*, 427.

*Blés* résistant à la gelée. *Ap.* 10 *Sept.*, 340.

*Bouilleurs de cru.* Règlements administratifs nouveaux. *Ap.* 27 *Août*, 276.

— *Chevaux* de l'Ain. *Ag.* 5 *Sept.*, 385.

*Cidre.* Fabrication par macération dans les ménages. *Ap.* 3 *Sept.*, 310.

*Constructions agricoles. Ag.* 29 *Août*, 329.

*Électroculture.* État actuel (Guarani). *Rs.* 22 *Août*, 233.

— *Fruits* (Emballage des). *Ap.* 10 *Sept.*, 353.

**Engrais.** Analyse mécanique des sols (Schlœsing). *CR.* 17 *Août*, 411.

— Nitrate de soude dans les cultures maraîchères. *Ag.* 12. *Sept.*, 412.

— Microchimie agricole (*Cosmos*). 12 *Sept.*, 342.

*Grêle.* Tir des fusées et pétards paragrêles. *SNA. Juin*, 430, 488 (Violle); *CR.* 17 *Août*, 397.

*Irrigations* (Projet d'). (Crevat). *Ap.* 20 *Août*, 249.

*Indemnité au fermier sortant. Ap.* 3 *Sept.*, 305.

*Labourage électrique.* État actuel. *Gc.* 22 *Août*, 257.

*Oie de Toulouse. Ap.* 3 *Sept.*, 316.

*Pyrèthre insecticide.* Culture dans le midi de la France. *Ap.* 10 *Sept.*, 343.

*Récoltes mouillées* (Traitement des). *Ap.* 3 *Sept.*, 308.

*Thé du Tonkin. SNA. Juin*, 413.

*Truffiiculture.* Progrès récents. *Ap.* 3 *Sept.*, 321.

**Vignes.** Celliers mécaniques. *Ag.* 22 *Août*, 300.

— Préparation de la bouillie soufrée. *Ag.* 29 *Août*, 334; 5 *Sept.*, 372.

## CHEMINS DE FER

**Chemins de fer** de l'Inde (Administration des). *E.* 21 *Août*, 253.

— État français en 1902. *Rgc. Sept.*, 205.

— Anglais. *E.* 29 *Août*, 287; 11 *Sept.*, 355.

— de la Faucille. *Gc.* 29 *Août*, 275; 5 *Sept.*, 295.

— Transsibérien. *IL. Août*, 236.

— Russes en 1902. (*id.*), 248.

— *Électriques. E.* 11 *Sept.*, 262.

— Aux États-Unis. *E.* 29 *Août*, 301.

— — Tunnel de la Mersay. *Ic.* 22 *Août*, 377.

— — Funiculaire Chiaia-Naples. *EE.* 5 *Sept.*, 373.

*Éclairage* des voitures par incandescence au gaz. *Gc.* 22 *Août*, 205.

— Électrique Bliss. *Elé.* 12 *Sept.*, 169.

*Freins.* Lipkowski. *Rt.* 25 *Août*, 541.

— à air : indicateur de course. *Rgc. Sept.*, 216.

**Locomotives** anglaises en 1902. *Rgc. Sept.*, 217.

— Express du Caledonian Ry. *E'.* 21 *Août*, 182.

— — du Great Northern. *E.* 5 *Sept.*, 315.

— — à 4 Cylindres compound Jura-Simplon. *E.* 29 *Août*, 281.

— — à 12 roues couplées des chemins départementaux. *Rgc. Sept.*, 196.

— à voies étroites. *Gc.* 12 *Sept.*, 311.

— Chaudière à tubes d'eau Brotan. *ZOI.* 21-28 *Août*, 437, 451.

*Signaux.* Électro-pneumatiques Westinghouse. *Dp.* 29 *Août*, 545; 5 *Sept.*, 566.

— Embranchements à distance par désengageurs et safety-locks (Cuny). *Rgc. Sept.*, 157.

*Voie* (Ballast de). *E'.* 29 *Août*, 204.

*Wagon* de 50 tonnes. Chemin de fer du Nord. *Ri.* 5 *Sept.*, 354.

— à pétrole de 40 tonnes. *E.* 11 *Sept.*, 343.

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles.** Carrosserie automobile en 1903. *Lo.* 22 *Août*, 537; 5-12 *Sept.*, 573, 587.

— *à pétrole* Peugeot. *Lo.* 22 *Août*, 533. — Tony Hubber de 11 chevaux. *La.* 27 *Août*, 550.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Automobiles à pétrole.* Clément. *La.* 20 *Août*, 534.
— *à vapeur.* Réglage automatique. *E'.* 21 *Août*, 180.
**Tramways** *électriques.* Réseau de Milan à courants alternatifs simples. *Ie.* 25 *Août*, 373.
— — du Mont-Blanc. *Rgc. Sept.*, 211.
— — Trains à unités multiples Westinghouse. *EE.* 12 *Sept.*, 401.
— — (Moteurs de). *EE.* 12 *Sept.*, 426.
*Vélocipèdes* nouveaux. *Dp.* 12 *Sept.*, 586.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

*Alcool.* L'alcooline. *Ri.* 29 *Août*, 342.
**Brasserie.** Chimie de la levure (Sedlmagz). *Ms. Sept.*, 692.
— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 959.
*Carbure de calcium* (Industrie du). *Ri.* 12 *Sept.*, 305.
*Chaleur de combustion* de l'hydrogène (Mixter). *American journal of science Sept.*, 214.
**Chaux et ciments.** Décomposition à la mer. (Le Chatelier). *Le Ciment. Août*, 124.
— Solidification des mortiers hydrauliques, théorie. (Zutkowsky). *Ms. Sept.*, 663.
— Fours tournants pour la fabrication du ciment. (Valeur). (*id.*), 685.
— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 951.
— Résistance électrique des mortiers hydrauliques (Lindeck). *Elé.* 5 *Sept.*, 152.
*Condiments* des colonies françaises (Balland). *Pc.* 15 *Sept.*, 248.
*Constantes thermiques* (Loi des) et chaleur de formation des composés du baryum (Tommasi). *ScP.* 5 *Sept.*, 858.
*Cyanure commercial.* Fabrication et impuretés (Allen). *Eam.* 15 *Août*, 239.
*Diffusion* dans les sels dissous (Détermination de la). (Graham). *RSL.* 31 *Août*, 212.
*Distillerie.* Explosion d'un vaporisateur de vinasse. *AM. Juin*, 610.
*Encres à écrire* et à imprimer (Fairleg). *Ms.* 1er *Sept.*, 260.
*Essences et parfums.* Huiles essentielles et chimie des terpènes (Gerber). *Ms. Sept.*, 625. *Cs.* 31 *Août*, 951.
*Essences.* Essence de térébenthine des Landes. (Essai de). (Vezes). *ScP.* 5 *Sept.*, 896.
*Explosifs.* Poudre sans fumée, histoire (Wilde). *Ms. Sept.*, 655.
— Essai de nitrocellulose par la méthode Will. (Robertson). *id.* 685.
*Industries chimiques* et la science (Meldola). *N.* 27 *Août*, 398.
**Laboratoire.** Bains liquides pour la détermination des points de fusion (Seudder). *CN.* 18 *Août*, 104.
— Arsenic. Détermination dans les combustibles et dans les matières de brasserie (Thorpe). *Cs.* 31 *Août*, 964.
— — Dosage des traces et dans les eaux de mer (Grantier). *ScP.* 5 *Sept.*, 859, 863. Purification de l'hydrogène sulfuré pour la recherche de l'arsenic. (*id.*), 867.
*Lampes à pétrole.* Augmentation du rendement lumineux (Henry). *Gc.* 29 *Août*, 284.
*Papier* (Fabrication du) (Hubner). *SA.* 11 *Sept.*, 819; *Dp.* 12 *Sept.*, 577.
*Pyrométrie.* Application des lois du rayonnement. (Fery). *Rgds.* 15 *Sept.*, 911.
*Résines et vernis.* Valeur des couleurs blanches pour métaux. *E'.* 5 *Sept.*, 226.
— Peintures pour métaux. *E'.* 11 *Sept.*, 264.
*Radio-activité* (la). (Curie). *CN.* 21-28 *Août*, 85, 97; *ACP. Sept.*, 99.
— et phénomènes lumineux (Armstrong et Lowry). *CN.* 21 *Août*, 89.
— et production de l'hélium par le radium (Ramsay et Soddy). *CN.* 29 *Août*, 100.
— Le radium. *E.* 29 *Août*, 288.
*Surfaces métalliques* minces. Action de la chaleur et dissolutions (Beilby). *RSL.* 31 *Août*, 226.
*Sulfate de baryte.* Fabrication (Rancon). *Bam. Août*, 972.
**Sucrerie** de Ketzin. *Gc.* 22 *Août*, 264.
— Sucre de canne et de betterave en Extrême-Orient. *Ef.* 29 *Août*, 303.
— Formation bactérienne d'ammoniaque dans les eaux résiduelles de sucraterie (Andrlik). *Ms. Sept.*, 691.
— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 957.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Tannerie.* Divers. *Cs.* 31 *Août*, 936.
**Teinture.** Blanchiment continu des tissus au large, procédé Rovira. *MC.* 1er *Sept.*, 257.
— Communications au congrès de chimie (*id.*), 262.
— Matières colorantes nouvelles (Reverdin). *Ms. Sept.*, 640.
— Mordants métalliques pour couleurs nuances solides à l'alizarine artificielle. (Beltzer). *Ms. Sept.*, 647.
— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 945, 946.
*Théories chimiques* au XIXe siècle (*Cosmos*). 5 *Sept.*, 306.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

*Allemagne.* Caisse d'épargne de l'Empire en 1900. *SL. Août*, 210.
— Production et consommation de l'alcool de 1888 à 1902. *Id.*, 202.
*Algérie.* Situation depuis l'autonomie financière. *Ef.* 12 *Sept.*, 361.
*Brevets.* Arrêté relatif aux demandes de — en France. *Ri.* 29 *Août*, 349.
— allemands. *E.* 5 *Sept.*, 124,
*Colonies fermières de l'Armée du Salut. DoL. Sept.*, 983.
*Coopératives de production* et accidents du travail. *Ef.* 5 *Sep.*, 332.
*Éducation* populaire et supérieure. Loi anglaise du 18 décembre 1902. *Rso.* 1er *Sept.* 257.
*États-Unis.* Emploi des capitaux industriels et leur rémunération. Trust. *Ef.* 22 *Août*, 265; 5 *Sept.*, 329.
— Nègres de Xenia (Ohio). *DoL. Sept.*, 1006.
**France.** Régime des terres et son influence sur l'établissement des familles françaises aux colonies (Lepelletier). *Rso.* 1er *Sept.*, 328.
— Revenus de l'État. *SL. Août*, 163.
— Caisse nationale des retraites pour la vieillesse en 1902. *Id.*, 189.
— Commerce extérieur. *SL. Août*, 170.
— Caisse d'assurance en cas de décès et d'accidents en 1902. *Id.*, 197.
— Situation financière des départements en 1990. *SL. Août*, 172.
*Habeas Corpus français* et le droit d'arrestation spontanée. *Rso.* 1er Sept., 271.
*Hygiène et sécurité* dans les établissements industriels. Loi du 22 Juillet 1903. *Ef.* 22 *Août*, 267.
*Impôts directs* en Prusse. *Ef.* 5 *Sept.*, 327.
*Inde.* Travaux contre la famine. *E'.* 29 *Août*, 203.
*Loteries d'État. Ef.* 12 *Sept.*, 365.
*Or et argent.* Production minérale depuis la découverte de l'Amérique. *SL. Août*, 208.
*Ouvriers anglais et américains. E.* 21 *Août*, 242.
— Salaires dans les ateliers allemands. *AMa.* 12 *Sept.* 1220.
*Population du globe. Ef.* 29 *Août*, 295.
*Sociétés par actions.* Réforme de la loi française. *Ef. Août*, 293; 5 *Sept.*, 325.
*Suisse.* Monopole de l'alcool en 1902. *SL. Août*, 225.
*Venezuela.* Ressources du —. *E.* 21 *Août*, 256.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Balayeuse* arroseuse. *Gc.* 29 *Août*, 283.
**Ciment armé.** Calcul des poutres. *Le Ciment*, *Août*, 113.
— Essais de prismes à la compression. *Id.*, 118.
— Planchers en — (Résistance des) (Lerosey). *Gm. Août*, 97.
— Passerelle en béton armé sur le canal du Midi. *Gc.* 5 *Sept.*, 297.
*Constructions aux États-Unis* (Frutag). *VDI.* 29 *Août*, 1255.
**Ponts** américains sur le chemin de fer de l'Uganda. *E.* 21 *Août*, 249.
— de Vanahall. *E'.* 5 *Sept.*, 228.
— de Connel Ferry. *E'.* 11 *Sept.*, 257.
*Tunnels* de Gênes. *F'.* 29 *Août*, 218.
— du Simplon. *E'.* 11 *Sept.*, 254.
— Consolidation des carrières sous le Métropolitain de Paris (Wickersheimer et Weiss). *AM. Juin*, 587.

## ÉLECTRICITÉ

**Accumulateurs.** Marche en tampon aux bornes des commutatrices (Pagliano). *EE.* 29 *Août*, 321.
— Tommasi. *ScP.* 5 *Sept.*, 903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Bobines métalliques*. Rôle des noyaux (Eginitis). *CR.* 24 *Août*, 438.

*Conductibilité* électrique des flammes (Moreau). *ACP. Sept.*, 5.

*Distributions*. Représentation mécanique de la distribution de la force électro-motrice et du courant le long d'une ligne monophasée (Franklin). *EE.* 22 *Août*, 320.

— Détermination des canalisations par statique graphique. *Ie.* 25 *Août*, 575.

**Dynamos**. Chute ohmique aux balais des dynamos continues (Latour). *EE.* 22 *Août*, 295.

— Réglementation des essais (Kummerer). *EE.* 29 *Août*, 347.

— Battements dans les alternateurs (Hopkinson). *RSL.* 25 *Août*, 235.

— Bobineuse Robinson. *AMa.* 5 *Sept.*, 1196.

*Moteurs* polyphasés asynchrones. Diagramme rigoureux (Lehmann). *EE.* 22-29 *Août*, 281, 351.

— Latour. Essai. *EE.* 22 *Août*, 317.

— Contrôleur Thomson-Houston. *Elé.* 29 *Août*, 139.

— Courant à vide des moteurs asynchrones (Rosenberg). *EE.* 12 *Sept.*, 422.

**Éclairage**. Incandescence. Suppression du platine. *Elé.* 22 *Août*, 114.

— Lampes Nerst. *EE.* 5 *Sept.*, 382, 392.

**Électrochimie**. Appareil électrolytique Perkin. *CN.* 28 *Août*, 102.

— Théorie de l'électrolyse (Whetham). *CN.* 31 *Août*, 86.

— Fusion des chlorures par électrolyse (Swinburn). *Cs.* 31 *Août*, 952.

— Divers. *Cs.* 31 *Août*, 954.

— Four électrique à résistance Frolich. *EE.* 5 *Sept.*, 399.

— Emploi de l'électrolyse dans l'industrie des produits inorganiquss (Foerster. Brandeis). *EE.* 5 *Sept.*, 400.

— Décomposition électrolytique de l'eau, système Schoop. *Elé.* 5 *Sept.*, 151.

**Mesures**. Électro-dynamomètre Siemens et Halske pour courants de faible intensité. *Elè.* 22 *Août*, 113.

— Voltmètre enregistreur Carpentier. *EE.* 22 *Août*, 313.

— Oscillographes, théorie (Blondel). *EE.* 29 *Août*, 326.

**Mesures**. Fonctionnement des compteurs. *EE.* 29 *Août*, 356.

— Essai des métaux magnétiques, Nouvelle méthode (Fraichet). *EE.* 5 *Sept.*, 161.

*Piles* à plusieurs liquides (Berthelot). *CR.* 24 *Août*, 1903.

*Stations centrales* aux États-Unis. *Ri.* 5 *Sept.*, 357.

— d'Italie. *EM. Sept.*, 815.

**Télégraphie** sans fil (La) (Blochmann). *Rgds.* 15 *Août*, 808.

— Fassenden. *EE.* 22 *Août*, 299.

— Blochmann. *EE.* 12 *Sept.*, 438.

— Propriétés électriques et oscillations propres des bobines avec appendices (Durr). *EE.* 29 *Août.*, 35.

— Résistance des contacts imparfaits, expériences avec cohéreurs (Robinson). *EE.* 5 *Sept.*, 375.

*Téléphone de Glasgow*. *E.* 11 *Sept.*, 357.

*Thermo-électricité des fers et des aciers* (Belloc). *ACP. Sept.*, 42.

## HYDRAULIQUE

**Pompes** pour égouts de Melbourne. *E'.* 21 *Août*, 185.

— Centrifuges, théorie (Harris). *RM. Août*, 163.

— Orvo sans soupapes. *Ri.* 22 *Août*, 333.

— à incendie chimiques Merryweather. *E.* 5 *Sept.*, 305.

**Turbines** de Rossie Priory. *E.* 29 *Août*, 279.

— à Avignonet. *E'.* 29 *Août*, 210.

— Chutes de Victoria. *E'. Sept.*, 263.

## MARINE, NAVIGATION

*Docks*. Protection contre l'incendie (Hunter). *E.* 21 *Août*, 205.

*Dragues* Smulders pour Tunis. *Gc.* 29 *Août*, 273.

*Hélices*. Enveloppes Westgarth. *E.* 21 *Août*, 260.

*Instructions océanographiqnes* (Thoulet). *Rgds.* 30 *Août*, 872.

**Machines marines** (Essais des) Donegal. *E'.* 29 *Août*, 222.

— du Cumberland. *E.* 11 *Sept.* 364.

— Bateau. Lurbini Brighton. *E'.* 5 *Sept.* 202.

**Marines de guerre** russe. Navire école. *E'.* 29 *Août*, 220.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Paquebots* Kaiser Wilhelm II. *E.* 21-29 *Août* 244, 276; 5-11 *Sept.*, 329, 341.
— allemands nouveaux. *E'.* 21 *Août*, 188.
*Travaux de force* (Aide-mémoire des) (Millot). *Rmc. Juillet*, 1584.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

*Aérostation.* Santos Dumont, n° 10. *Cosmos.* 12 *Sept.*, 324.
*Air comprimé.* Compresseur portatif Paxman. *E'.* 21 *Août*, 193.
*Accouplements* (Dimensions des). *AMa.* 12 *Sept.*, 1223.
*Ballon.* Cerf-volant allemand. *Cosmos.* 5 *Sept.*, 299.
*Bascule* pour pesage des trains en marche Avery. *E.* 11 *Sept.*, 351.
*Broyeur* Cléro. *IC. Juillet*, 18.
**Chaudières** modernes (Les). *Dp.* 22-29 *Août*, 533, 551.
— à l'exposition de Dusseldorf. *Rt.* 25 *Août*, 548.
— Épuration des eaux d'alimentation aux États-Unis. *RM. Août*, 178.
— Essayeurs de manomètres Bailey. *E'.* 21 *Août*, 196.
— Foyers au pétrole. Essais de la marine américaine. *Rmc. Juillet*, 1675.
— Grilles et manutention mécanique (Ellics). *SuE.* 1er *Sept.*, 971.
— — Automatic hot. air. *E'.* 11 *Sept.*, 263.
— Surchauffe (La). *E'.* 5 *Sept.*, 237.
— Tuyauterie à l'exposition de Dusseldorf. *VDI.* 22 *Août*, 1223.
*Drague* de la Gironde. *Ri.* 5 *Sept.*, 353.
*Dynamomètre* hydraulique à courroies Sheldon. *AMa.* 29 *Août*, 1145.
— électrique Weston et Benneke. *Ri.* 12 *Sept.*, 365.
*Engrenages.* Obliquité de la ligne d'engrènement (Dubosc). *RM. Août*, 149.
*Essoreuses* (Puissance nécessaire pour les). *E.* 21 *Août*, 248.
— (Les) Viala. *E.* 29 *Août*, 298.
*Froid.* Surchauffe de compression des machines frigorifiques. *E'* 11 *Sept.*, 251.
*Frottement entre bois et fer. E.* 21 *Août*, 255.
*Galet enrouleur* Leneveu. *Ri.* 12 *Sept.*, 361.
*Laboratoire d'essais* du Conservatoire des Arts et Métiers. *Gc.* 5-12 *Sept.*, 289, 305.
**Levage.** Conveyeurs à courroies. *Eam.* 15 *Août*, 235.
— Hélices (Tracé des). *AMa.* 5 *Sept.*, 1188.
— Manutention des cokes et scories. *SuE.* 15 *Sept.*, 1039.
— Appareils électriques. *VDI.* 5 *Sept.*, 1290.
— Freins de grues. *AMa.* 5 *Sept.*, 1177.
— Grue de quai de Fore River. *E.* 11 *Sept.*, 347.
**Machines-outils.** Ateliers de la machinenfabrik de Nuremberg. *VDI.* 22-29 *Août* 1901, 1247; 12 *Sept.*, 1333.
— — de Darlington. *E'.* 11 *Sept.*, 253.
— — de Winterthur. *EM. Sept.*, 841.
— — Humber pour automobiles. *E'.* 5 *Sept.*, 234.
— — commandés par l'électricité (Day). *Élé.*, 5 *Sept.*, 158.
— — (Chauffage et ventilation des). *AMa.* 12 *Sept.*, 1216.
— — Organisation de la modèlerie. *AMa.* 29 *Août*, 1160.
— — Le premium system. *VDI.* 22 *Août*, 1207.
— Affûteuses Hanson. *RM. Août*, 207-210.
— Boîtes à outils sur murailles. *AMa.* 22 *Août*, 1108.
— Coupe-gougeons Whitlock. *E'.* 21 *Août*, 189.
— Cisaille Johns. *E'.* 29 *Août*, 209.
— Chucks à ressort (Fabrication des). *AMa.* 12 *Sept.*, 1227.
— Fraiseuse raboteuse Hers. *AMa.* 22 *Août*, 1105.
— — Universelle Leblond. *RM. Août*, 185.
— — Smith pour tuyaux sur place. *E.* 21 *Août*, 261.
— — Krupp pour pignons. *RM. Aout*, 188.
— Matricage artistique. *AMa.* 12 *Sept.*, 1230.
— Mortaiseuse Newton. *E.* 11 *Sept.*, 362.
— — pour longerons de locomotives Fairbairn. *AMa.* 12 *Sept.*, 674.
— Meulage (Le) (Horner). *E.* 21 *Août*, 240; 5 *Sept.*, 309; *RM. Août*, 190-207.
— — Résistance des meules (Benjamin). *E.* 29 *Août*, 284.
— — Meule Tucker. *RM. Août*, 210.
— Outils rapides. *E.* 21 *Août*, 255; *RM. Août*, 211.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Machines-outils.** Petit outillage américain (Moller). *VDI.* 22 *Août*, 1216.
— Perceuses Mueller. *AMa.* 21 *Août*, 1140.
— — Fosdeck. *Id.* 29 *Août*, 1173.
— — Radiale Asquith. *AMa.* 5 *Sept.*, 653.
— Pressage (Jeu des). *AMa.* 21 *Août*, 1136.
— Raboteuse Hulse. *E'.* 11 *Sept.*, 264.
— Scie à métaux Perkin. *E.* 5 *Août*, 329.
— Taille des pignons (Coombs). *AMa.* 29 *Août*, 1150; 512 *Sept.*, 1181, 1211.
— Tour pour dynamos Haggas. *E.* 21 *Août*, 237.
— — vertical Bullard. *E.* 29 *Août*, 295.
— — à essieux coudés Spencer. *AMa.* 12 *Sept.*, 675.
— — à cuivre Selig Sonnenthal. *Id.*, 294.
— *à bois.* Scie portative électrique Ransome. *E.* 21 *Août*, 261.
— — Toupie horizontale double Pessort. *Bam. Août*, 1004.

**Moteurs à vapeur.** Théorie nouvelle (Smith). *E'.* 21 *Août*, 179.
— l'Entropie (Swinburne). *E.* 28 *Août*, 271; 4-11 *Sept.*, 305, 337.
— Machine compound à surchauffe Van den Kerchove de 250 chevaux. *VDI.* 5 *Sept.*, 1281.
— Turbines (Les). *Rt.* 25 *Août*, 535.
— — (Thermodynamique des). *E'.* 29 *Août*, 217.
— Condenseur central à Longton. *E.* 5 *Sept.*, 314.
— Régulateurs (Les) (Lecornu). *RM. Août*, 109.
— Volants (Poids et énergie des). *AMa.* 5 *Sept.*, 1187.
— **à gaz** Fielding et Platt. *E'.* 29 *Août*, 204.
— — de hauts fourneaux. *Bam. Août.* 907.
— — Allumage (L'). *Ri.* 29 *Août*, 348; 5-12 *Sept.*, 355, 365. Delahaye. *Lo.* 5 *Sept.*, 565.
— *à alcool.* Carburateurs (Longridge). *E'.* 29 *Août*, 206.
— — (Sorel). *RM. Août*, 122.

**Résistance des matériaux.** Déformation moléculaire d'un barreau d'acier soumis à la traction (Fraichet). *EE.* 12 *Août*, 413.

## MÉTALLURGIE

*Alliages.* Influences de la température de coulée (Longmuir). *E.* 21 *Août*, 263.
*Aluminothermie* (Wild). *ScM. Juin*, 217; *Ge.* 12 *Sept.*, 317.
*Bronzes* poreux. *AMa.* 21 *Août*, 1107.
*Coke* (Fours à) à Dusseldorf en 1902. *VDI.* 5 *Sept.*, 1298.
*Cubilots* à fonds mobiles Mather. *E.* 21 *Août*, 208.
*Cuivre.* Électrométallurgie en France (Vattier). *IC. Juillet*, 19.

**Fer et acier.** Transformations allotropiques du fer. *Elé.* 12 *Sept.*, 165.
— Microstructure des aciers. *E'.* 11 *Sept.*, 263.
— Production aux États-Unis. *E.* 11 *Sept.*, 357.
— Acier au nickel. Théorie (Dumas). *Rgds.* 15 *Août*, 810.
— — (Osmond). *Rgds.* 30 *Août*, 864.
— — au manganèse (Guillet). *Gc.* 22-29 *Août*, 261, 280. (Lloyd). *E.* 11 *Sept.*, 364.
— — au tungstène (Hadfield). *E.* 5-11 *Sept.*, 330, 366.
— — rails en acier sorbitique (Stead et Richards). *D.* 5 *Sept.*, 325.
— — recuit des aciers fragiles (Stead et Richards). *Id.* 334.
— Métallographie du fer et de l'acier (Howe). *EM. Sept.*, 801.
— Cubilot. Conveyeur de scories West. *E.* 29 *Août*, 302.
— Fabrication des moulages d'acier (Couroux). *Bam. Août*, 924.
— Sous pression dans les moules de fonderie (Haller). *Bam. Août*, 946.
— Laminage (Travail du). *SuE.* 1er *Sept.*, 976. Laminoir électrique. *Id.* 983.

*Métallurgie microscopique* et son utilisation comme métode d'essais (Guillet). *IC. Juillet*, 31.
**Or.** Traitement à Kalgoorlie. *Eam.* 15-29 *Août*, 228, 315.
*Plomb.* Désulfuration des slimes par grillage à Broken Hill. *Eam.* 22 *Août*, 270.
*Zinc.* Électro-métallurgie (Salgués). *IC. Juillet*, 64.
*Volatilisation des métaux comme chlorures* (Croasdale). *Eam.* 29 *Août*, 312.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## MINES

*Colombie britannique.* District frontière. *Eam.* 22 *Août*, 272.

*Cuivres.* Mines de la Cananea (Arizona). *Eam.* 29 *Août*, 310.

*Diamant* à Kimberley. *Eam.* 15 *Août*, 236.

*Électricité.* Application dans les mines d'Europe. *EM. Sept.*, 856.

*États-Unis.* District de Saint-Jean. Colorado. *Eam.* 15-22-29 *Août*, 230, 269, 307.

*Estimation d'un gisement* par la méthode des moindres carrés (Stevens). *Eam.* 22-29 *Août*, 266, 309.

*Fer.* Mines de l'estuaire du Duddon. *E.* 11 *Sept.*, 363.

*Houille.* Gisements du monde. *Ef.* 12 *Sept.*, 363.

*Lampe de mineur* à acétylène. *Gc.* 5 *Sept.*, 301.

*Limonites* d'Oriskang (Origine des) (Johnson). *Eam.* 15 *Août*, 231.

*Nouvelle-Galles du Sud.* Richesses minérales. *E.* 13 *Sept.*, 358.

**Or.** Mines de l'Équateur (Mercer). *Eam.* 15 *Août*, 233.

— Problème des placers. *Eam.* 29 *Août*, 314.

*Mercure* en Californie. *Eam.* 29 *Août*, 328.

— au Texas (Hill). *American Journal of Science. Sept.*, 251.

*Préparation mécanique.* Séparation magnétique des minerais. *EE.* 5 *Sept.*, 369.

---

*Le Gérant :* GUSTAVE RICHARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

102e ANNÉE. OCTOBRE 1903.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

## ARTS MÉCANIQUES

UNIFICATION DU NUMÉROTAGE DES FILS. — LA SOIE. — TITRAGE ET NUMÉROTAGE

PAR **M. E. Simon**, *membre du Conseil.*

M. Ch.-Ed. Guillaume a fourni au *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour l'industrie nationale une série d'études des plus intéressantes sur la métrologie, la convention du mètre et le Bureau international des poids et mesures. Dans le dernier article (*Bulletin* de juin 1903, p. 850) l'auteur a bien voulu rappeler, au sujet des unifications poursuivies sur le terrain industriel, que la dernière Conférence réunie au Pavillon de Breteuil avait pris connaissance des décisions des Congrès internationaux relatifs au *filetage des vis mécaniques* et au *numérotage des fils textiles* (1).

Avant de signaler un progrès accompli depuis lors, il convient de reproduire le passage où M. Ch.-Ed. Guillaume résumait notre communication à la Conférence :

« Pour ces derniers produits (le coton, la laine, la schappe et la ramie), — écrivait M. Guillaume — le numéro d'un fil indique le *nombre de kilomètres contenus dans un kilogramme* (2). Pour la soie, le numéro représente la *masse, en grammes, de dix kilomètres de fil.*

« On remarquera que, d'après ces dispositions, le numéro d'un fil de soie

(1) La délégation du Comité permanent du « Congrès pour l'unification du numérotage des fils » reçue par la Conférence, se composait de : MM. Émile Widmer, président d'honneur, Ferdinand Roy, président; Paul Fleury, secrétaire général; Edouard Simon, secrétaire et délégué de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

(2) Le coton n'est pas encore numéroté, en France, au kilogramme, mais au demi-kilogramme.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

augmente en même temps que son diamètre, tandis que pour les autres textiles, la progression est renversée. Cette anomalie apparente est justifiée par le fait que la filature de la soie utilise des procédés inverses de ceux qui sont usités pour les autres fils. La valeur des unités adoptées est imposée, d'autre part, par le diamètre moyen des fils, très différent pour la soie et pour les textiles soumis au premier numérotage. »

Pour la soie, en effet, — Michel Alcan le faisait remarquer, en 1874, dans son rapport adressé au ministre du Commerce à la suite du Congrès de Bruxelles, — on obtient les fils de titres divers en partant de l'élément le plus fin et en réunissant un plus ou moins grand nombre de ces éléments, tandis que, pour toutes les autres matières, la filature prend une masse fibreuse qu'elle affine progressivement (1).

La *filature* de la soie consiste donc à dévider et à juxtaposer un nombre variable de fils élémentaires tels qu'ils sont sécrétés par les vers. Le *cocon* est une sorte de pelote, constituée par la double *bave* que fournissent les deux filières du ver et que ce dernier soude sous forme de 8 entrelacés, à l'aide d'une gomme liquide dite *grès*. La coque, où s'enferme le ver à soie, durcit à l'air; il faut, après l'étouffage de la chrysalide, ramollir le cocon dans l'eau chaude de la bassine placée en avant du dévidoir, pour permettre le tirage du brin. Le titre de la *grège* ainsi formée serait néanmoins irrégulier, si la fileuse ne procédait, en temps utile, aux rattaches des brins qui cassent assez fréquemment et au remplacement des cocons usés dont la soie s'amincit du commencement à la fin. Cette manutention est délicate et l'habileté, le soin de l'ouvrière influent grandement sur la valeur du produit. D'où la nécessité de contrôler pratiquement le titre de la soie et de multiplier les *essais* afin d'obtenir des moyennes aussi exactes que possible.

Pendant longtemps les échevettes d'essai furent comptées à 400 aunes et pesées en *grains* ou *deniers*. Mais les aunes variant avec les pays, voire avec les centres séricicoles d'une même région, ce mode d'évaluation laissait fort à désirer. Par une loi en date du 13 juin 1866, le législateur tenta vainement, en France, de baser le titre sur le poids moyen (exprimé en grammes) d'une échevette de 500 mètres, l'essai étant effectué sur 20 échevettes de même longueur. Il fallut, bon gré, mal gré, pour donner satisfaction aux intéressés, que les établissements publics de conditionnement fissent figurer sur leurs bulletins, en regard du *titre officiel*, c'est-à-dire des poids des 20 échevettes de 500 mètres en grammes et fractions, la conversion de ces poids en deniers (le denier français évalué à $0^{gr},05313$), puis, à la suite du titre moyen en deniers de l'échevette

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1874, p. 650.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 500 mètres, le titre ancien correspondant à l'échevette de 476 mètres (1).

Cependant l'Italie adoptait pour titre légal l'échevette de 450 mètres et le poids de 0gr,05. Si l'on remarque que le rapport $\frac{450\text{ m.}}{50\text{ mgr.}}$ équivaut très approximativement au rapport $\frac{476\text{ m.}}{53\text{ mgr.}}$ de l'ancien titre lyonnais, on voit que le titre légal italien offre le double avantage d'emprunter ses poids et mesures au système métrique et de ne point troubler les usages commerciaux. Pour le vendeur comme pour l'acheteur, que la soie se trouve titrée à 10/12 deniers, par exemple, ou à 10/12 1/2 décigrammes, c'est, dans le langage commercial, du 10/12 tout simplement, avec la tolérance habituelle de 1/2 décigramme en plus ou en moins du titre moyen, et suivant un mode d'évaluation rationnel, comme on le verra plus loin.

Au Congrès de 1900, la Section de la Soie eut le mérite d'accepter pour base d'unification le système légal italien et d'en faire adopter le principe en Assemblée plénière. Les Directeurs des établissements de conditionnement, à la suite de cette résolution, se concertèrent pour libeller les bulletins d'essai, sous une forme entièrement comparable, sans contrevenir à la législation particulière de chaque pays. Le même Congrès avait adopté sous la dénomination de *numéro*, le poids en grammes de 10 000 mètres (ce qui n'était qu'une amplification du *titre* déjà porté sur le bulletin, soit du poids des 450 mètres en 1/2 décigrammes). Depuis lors, le Bureau du Comité permanent, après s'être mis d'accord avec tous les membres de ce Comité international, a décidé que, pour la soie comme pour les autres textiles, le numéro indiquerait le nombre de mille mètres au kilogramme.

D'après cela, tandis que pour les divers textiles, à l'exception de la soie, on désigne indifféremment par titre ou numéro le nombre de kilomètres de fil contenus dans un kilogramme, *titre et numéro*, en ce qui concerne les soies grèges et ouvrées, signifient deux choses distinctes : le *titre* donne le poids en demi-décigrammes d'une longueur fixe de 450 mètres; le *numéro*, comme avec les autres textiles, représente le nombre de kilomètres de fil au kilogramme. Le *titrage* consiste dans la pesée successive des 20 échevettes d'essai, et dans le calcul de la moyenne; le *numérotage* se borne ici à convertir le titre en numéro kilogrammétrique, de manière à faciliter les calculs des *montages* et des *prix de revient* des étoffes tissées avec des fils de natures et de provenances quelconques.

La reproduction ci-après d'un bulletin à souche de la Condition de Paris montre, par exemple, que le numéro kilogrammétrique d'une soie titrée à 15,4 demi-décigrammes est du 584 mille mètres.

(1) Voir J. Persoz. *Essai des matières textiles*. Paris, Gauthier-Villars. Masson et Cie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS

**CONDITION PUBLIQUE DES SOIES ET LAINES**

**BOURSE DE COMMERCE, Rue de Viarmes**

Décret du 2 Mai 1853 & Loi du 13 Juin 1866

Titrage N° ..... *Paris, le* ..... *190*

Déposé par M .....

5 flottes grège .....

| OBSERVATIONS. | POIDS DES 450 MÈTRES en grammes. | POIDS DES 450 MÈT. en 1/2 décig. |
|---|---|---|
| | 650 | 13 » |
| | 670 | 13 4 |
| | 710 | 14 2 |
| *Souche du bulletin ci-contre.* | 710 | 14 2 |
| | 710 | 14 2 |
| | 710 | 14 2 |
| | 730 | 14 6 |
| | 750 | 15 » |
| Numéro | 760 | 15 2 |
| (Nombre de 1000 mèt. au kilog.) 584 | 770 | 15 4 |
| Poids des 500 mèt. en grammes 0 gr. 855 | 790 | 15 8 |
| | 790 | 15 8 |
| | 800 | 16 » |
| | 810 | 16 2 |
| | 810 | 16 2 |
| | 820 | 16 4 |
| | 830 | 16 6 |
| | 830 | 16 6 |
| Pesée d'ensemble 308 (en 1/2 décigrammes) | 850 | 17 » |
| | 880 | 17 6 |
| Addition des 20 pesées . . . . | 15 380 | 307 6 |
| Titre moyen. . . | Calculé sur la peséed'ensemble | 15 4 |
| | | Droit. . |

CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS

**CONDITION PUBLIQUE DES SOIES ET LAINES**

**BOURSE DE COMMERCE, Rue de Viarmes**

Décret du 2 Mai 1853 & Loi du 13 Juin 1866

Titrage N° ..... *Paris, le* ..... *190*

Déposé par M .....

5 flottes grège .....

| Expériences sur 50 centimètres | TORSION | FILAGE | TÉNACITÉ | ÉLASTICITÉ |
|---|---|---|---|---|
| Moyenne sur 1 mèt. | | | | |

| TITRE POIDS DES ÉCHEVETTES de 450 mètres en 1/2 décigrammes. | |
|---|---|
| 1 | 13 » |
| | 13 4 |
| | 14 2 |
| | 14 2 |
| 5 | 14 2 |
| | 14 2 |
| | 14 6 |
| | 15 » |
| | 15 2 |
| 10 | 15 4 |
| | 15 8 |
| | 15 8 |
| | 16 » |
| | 16 2 |
| 15 | 16 2 |
| | 16 4 |
| | 16 6 |
| | 16 6 |
| | 17 » |
| 20 | 17 6 |
| Addition des pesées. . . . | 307 6 |
| Titre moyen Calculé sur poids d'ensemble | 15 4 |

Numéro (Nombre de 1000 mèt. au kilog.) 584

Poids des 500 mèt. en grammes : 0 gr. 855

Poids d'ensemble : 308 (en 1/2 décigrammes)

Droit .....

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce bulletin est dressé conformément à un *ordre de service* dont nous devons la communication à l'éminent et très obligeant Directeur de la Condition, M. Jules Persoz. Chaque paragraphe de cette instruction, transcrite plus bas, est complété par les explications nécessaires à l'intelligence de l'opération.

INSTRUCTIONS POUR LA RÉDACTION DES BULLETINS DE TITRAGE DES SOIES

I. — Prendre le poids d'ensemble en grammes des 20 échevettes, et l'inscrire comme titre moyen. Exemple : 15,40.

En effet, pour trouver le titre moyen, il faudrait additionner les poids respectifs des 20 échevettes, en prendre le 1/20, et multiplier le résultat par 20, ce qui ferait retomber sur le même nombre. D'un commun accord, les Directeurs des Conditions ont décidé d'adopter de préférence, comme titre, le poids d'ensemble direct, qui est plus exact que le total d'une série de pesées nécessairement sujettes à de légères erreurs.

II. — Peser isolément en grammes les 20 échevettes, en inscrire sur la souche les poids respectifs et en faire l'addition.

III. — Convertir en 1/2 décigrammes chacun des poids partiels, en multipliant ces poids par 20, et inscrire les résultats dans la colonne des titres. En faire l'addition.

IV. — Convertir en 1/2 décigrammes le poids d'ensemble en grammes représentant le titre moyen et inscrire le résultat à la place réservée à cet effet. Dans l'exemple choisi

$$15{,}40 \times 20 = 308.$$

V. — Calculer le *numéro du fil* (nombre de mille mètres au kilogramme ou de mètres au gramme), en divisant 9 000 par le titre moyen.

Ce titre est, en effet, comme on l'a vu plus haut, le poids $p$ en grammes de 20 échevettes de 450 mètres, ou 9 000 mètres.

On a donc le rapport :

$$\frac{9\,000^{m}}{p} = \frac{x}{1 \text{ kil.}}$$

d'où

$$x = \frac{9\,000}{p} \text{ et, dans l'exemple,}$$

$$x = \frac{9\,000}{15{,}4} = 584$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VI. — Pour calculer le poids des 500 mètres en grammes, qui est encore le titre légal en France (1), il faut multiplier le titre moyen par 5, et le diviser par 90, ou le diviser directement par 18.

On peut, en effet, poser la proportion

$$\frac{9\,000}{p} = \frac{500^{m}}{y},$$

d'où

$$y = p \times \frac{500}{9\,000} = p \times \frac{5}{90}.$$

Dans l'exemple choisi

$$y = 15^{gr},4 \times \frac{5}{90} = 0^{gr},855.$$

Après ce qui vient d'être dit de l'inscription sur le bulletin du numéro kilogrammétrique, on se demandera peut-être pourquoi ce numéro ne sert pas de base aux transactions commerciales aussi bien qu'aux calculs de fabrication; pourquoi il semble utile d'indiquer à la fois le titre d'une soie en 1/2 décigrammes et son numéro kilogrammétrique. Indépendamment de la facilité des comparaisons entre des nombres réduits pour les titres des soies les plus fines, les écarts de ces titres sont beaucoup plus sensibles que ceux des numéros kilogrammétriques. M. Persoz fils en a donné l'explication mathématique. Cette élégante démonstration, reproduite dans l'annexe ci-après, nous a paru de nature à faire bien saisir les avantages d'une méthode d'appréciation particulièrement appropriée à la finesse et à la valeur de la soie.

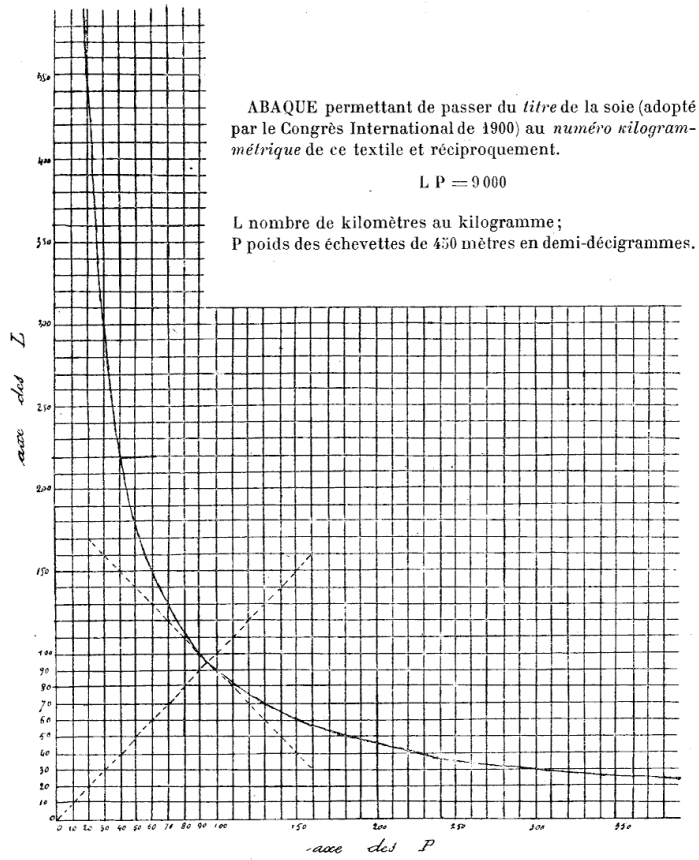
(1) En attendant que la loi ait pu être modifiée, le ministre du Commerce et de l'Industrie a autorisé les établissements de conditionnement à ne porter que pour mémoire ce titre légal, soit le poids des 500 m. en grammes.

Édouard Simon.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE A LA NOTE SUR LE TITRAGE ET LE NUMÉROTAGE DE LA SOIE

*Explication* des anomalies apparentes que présente une même soie, suivant que sa finesse est indiquée par le *titre* (poids en 1/2 décigrammes d'une échevette de 450 mètres) ou par le *numéro* (nombre de kilomètres au kilogramme).




D'une manière générale, en désignant par $p$, le poids de l'unité de longueur d'un fil donné, la longueur $l$ de l'unité de poids de ce fil sera :

$$l = \frac{1}{p}$$

d'où :

$$lp = 1$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Établissons maintenant, pour le cas particulier à examiner, la relation qui relie le titre du Congrès au numéro kilogrammétrique :

Soit P le titre d'un fil de soie;

450 mètres pesant P demi-décigrammes, ou : $P \times 0^{k},000.05$.

1 kilomètre pèsera :

$$P \times 0,000,05 \times \frac{1\,000}{450}.$$

Le numéro kilogrammétrique L du fil, c'est-à-dire le nombre de kilomètres contenus dans un kilogramme, ressortira du rapport :

$$\frac{1 \text{ kilom.}}{P \times 0,000,05 \times \frac{1\,000}{4\,50}} = \frac{L}{1^{k}}.$$

d'où l'on tire : $L\,P = 9\,000$.

Cette équation est celle d'une hyperbole équilatère, dont la branche positive est le lieu géométrique des points représentatifs des soies titrées selon les deux manières.

Portons les P en abscisses et les L en ordonnées, en prenant le côté quadrillé pour 10 unités de chaque sorte.

Dans le titrage en poids, le fil est caractérisé par l'abscisse de son point figuratif. Les irrégularités ressortent des différences des abscisses.

Dans l'autre système, le numéro est représenté par les ordonnées et les résultats obtenus sont inverses des précédents.

La courbe ci-jointe a été tracée d'après les données ci-dessus. Si on la suppose suffisamment étendue, elle fournit immédiatement le numéro kilogrammétrique d'une soie quelconque d'après son titre en poids et réciproquement.

Or, à la simple inspection de cette courbe, aussi bien que sur l'équation elle-même, on voit que, pour des valeurs très petites de P (ce qui est le cas des soies fines), à des variations même très faibles correspondent des écarts de longueur au kilogramme énormes, parce que l'on se trouve près de l'axe des L qui est *asymptote*.

Cela justifie le maintien du titrage en poids pour la soie, contrairement à l'usage suivi pour les autres textiles.

Aux environs du sommet de la courbe, le titrage et le numérotage donnent des résultats numériquement voisins. Par exemple à l'écart de 90 à 100 pour P correspond pour L un écart de 100 à 90.

Remarquons enfin que pour des valeurs élevées de P (soies très grosses), à des variations même importantes de poids ne correspondent que des variations insignifiantes de L, parce que l'on s'avance sur la branche asymptotique des P.

Léon Persoz,
Ancien élève de l'École Polytechnique de Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

## ACIERS AU MANGANÈSE

PAR **M. L. Guillet**, *docteur ès sciences, ingénieur des arts et manufactures.*

### AVANT-PROPOS

L'étude que nous nous sommes proposé de faire sur les aciers spéciaux et qui a commencé par les aciers au nickel s'est poursuivie par les aciers au manganèse et au chrome.

Le résultat auquel nous désirons arriver est l'établissement de deux séries d'albums : l'un donnant les propriétés mécaniques et les points de transformation, l'autre, la micrographie de ces aciers.

Nous exposerons aujourd'hui les résultats obtenus pour les aciers au manganèse.

Nous étudierons d'abord la micrographie, puis les propriétés mécaniques de ces aciers. Il manque évidemment à cette étude un chapitre de la plus grande importance : je veux parler de la détermination des points critiques. Ces expériences seront faites dans quelque temps, lorsque nous aurons monté la méthode décrite dernièrement par M. Salladin. Nous reprendrons d'ailleurs, à ce moment-là, la détermination des points critiques des aciers au nickel que nous avons étudiés.

Les aciers au manganèse ont donné lieu à des études fort détaillées au point de vue des propriétés mécaniques. Nous en parlerons ultérieurement.

Le seul point qui ait été signalé sur la micrographie des aciers au manganèse est que les aciers non magnétiques, c'est-à-dire contenant le fer à l'état $\gamma$ présentent la forme polyédrique. (M. Osmond, *Annales des Mines*, 1900.) Il faut encore signaler une note de M. Stead, parue en 1894, sur laquelle je reviendrai.

Les aciers dont nous nous sommes servis dans notre travail peuvent être divisés en deux séries :

1° Les aciers dont la teneur en carbone varie de 0,050 à 0,300;

2° Les aciers dont la teneur en carbone est comprise entre 0,700 et 1 p. 100.

Tous ces aciers ont été faits par la Société Commentry-Fourchambault, à son usine d'Imphy. Les analyses ont été faites au laboratoire de cette même usine. Le tableau suivant donne la composition des aciers utilisés :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ANALYSES DES ACIERS AU MANGANÈSE

**1re Série. — Aciers peu carburés**

| N° | Carbone | Manganèse | Silicium | Soufre | Phosphore |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 0,163 | 0,012 | 0,015 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 0,320 | 0,009 | 0,011 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 0,457 | 0,008 | 0,032 |
| 4 | 0,237 | 2,150 | 0,781 | 0,010 | 0,032 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 0,304 | 0,025 | 0,020 |
| 6 | 0,276 | 5,600 | 1,100 | Traces | 0,015 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 1,328 | 0,005 | 0,011 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 1,362 | Traces | 0,010 |
| 9 | 0,156 | 12,920 | 0,292 | 0,010 | 0,016 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 0,911 | Traces | 0,024 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 0,421 | 0,004 | 0,010 |
| 12 | 0,396 | 33,480 | 0,505 | 0,005 | 0,018 |

**2e Série. — Aciers voisins de l'acier eutectique**

| N° | Carbone | Manganèse | Silicium | Soufre | Phosphore |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 1,351 | 0,024 | 0,020 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 0,573 | 0,015 | 0,024 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 1,028 | 1,011 | 0,018 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 1,446 | 0,010 | 0,015 |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 1,111 | 0,011 | 0,013 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 0,745 | 0,021 | 0,010 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 0,721 | 0,016 | 0,013 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 0,876 | 0,013 | 0,011 |

# PREMIÈRE PARTIE

## MICROGRAPHIE DES ACIERS AU MANGANÈSE

Pour exposer la micrographie des aciers au manganèse, nous suivrons le même ordre que pour les aciers au nickel. Nous parlerons tout d'abord des aciers bruts de forge, des aciers trempés, des aciers recuits, des aciers écrouis et des aciers refroidis.

Disons de suite que cette étude des aciers au manganèse est, en de nombreux points, semblable à celle des aciers au nickel.

Je m'empresse toutefois d'ajouter que la micrographie des aciers au manganèse présente des difficultés bien plus grandes que celle des aciers au nickel. D'une part, les attaques sont beaucoup plus délicates, la surface se colore très rapidement, s'oxyde très aisément quelles que soient les précautions que l'on prenne. On voit donc apparaître des zones d'un brun noirâtre qui voilent une partie de la préparation. D'autre part, les images obtenues sont toujours moins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nettes qu'avec les acier au nickel, elles nécessitent de plus forts grossissements.

Ces difficultés ne sont pas insurmontables, mais elles causent des hésitations bien compréhensibles.

### I. A. — ACIERS BRUTS DE FORGE. SÉRIE I

Les aciers contenant de 0 à 4,200 de manganèse ont même constitution que les aciers au carbone (fig. 1).

Les aciers contenant de 5,650 de manganèse à 12,7 sont formés de martensite (fig. 2). Il y a évidemment pour ces aciers des zones de transition. C'est ainsi que l'acier contenant 0,172 de carbone et 10.5 de manganèse est formé de fer $\gamma$ + martensite (fig. 3). Il y a même dans l'échantillon dont nous disposons ce fait assez bizarre et probablement accidentel que la martensite et le fer $\gamma$ forment des zones parallèles n'empiétant pas l'une sur l'autre.

L'acier qui contient 0,137 de carbone et 12,77 de manganèse est le premier acier polyédrique de la série (fig. 4).

Au delà de 12,77 p. 100 de manganèse, les aciers sont polyédriques du moins jusqu'aux teneurs que nous avons étudiées, c'est-à-dire 35,5 p. 100 environ (fig. 5). Ces polyèdres présentent comme ceux d'aciers au nickel de nombreux plans de clivage; mais tandis que dans ceux-ci ces plans apparaissent toujours par attaque, il nous a été impossible de trouver un moyen certain de les faire naître dans les aciers au manganèse.

De plus, ces polyèdres sont beaucoup moins développés que dans les aciers au nickel; à l'acide picrique, l'acide azotique, etc., les bords apparaissent moins nettement que pour ces aciers et cela à un point tel, que, lorsqu'on regarde ces aciers à un grossissement de 200 diamètres environ, on les prendrait de par les plans de clivage pour des aciers martensitiques, alors que vus à un grossissement de 400 environ, ils montrent nettement les lignes de démarcation des polyèdres (fig. 6).

Tout au début de cette étude, nous avons commis cette erreur sur l'acier de la 1re Série contenant 20,8 p. 100 de manganèse.

En résumé, les aciers au manganèse de la première série doivent être divisés en trois classes au point de vue micrographique.

1re *Classe :* Aciers ayant même constitution que les aciers au carbone contenant de 0 à 5 p. 100 environ de manganèse.

2e *Classe :* Aciers à structure martensitique contenant de 5 à 12 p. 100 de manganèse.

3e *Classe :* Aciers à structure polyédrique contenant plus de 12 p. 100 de manganèse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les aciers de la deuxième classe doivent subir une subdivision suivant qu'ils seront formés de fer $\alpha$ et de martensite, de martensite pure ou de fer $\gamma$ et de martensite.

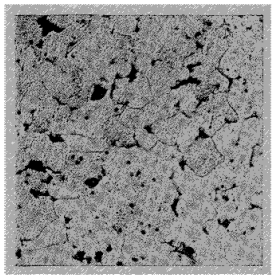


Fig. 1. — C. = 0,058 Mn. = 4,2
Gr. 200 d.

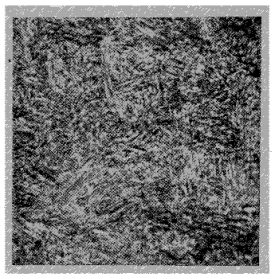


Fig. 2. — C. = 0,034 Mn. = 6,1.
Gr. 200 d.

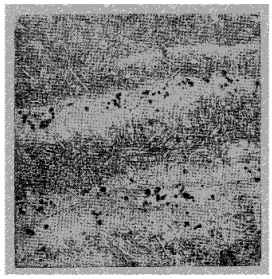


Fig. 3. — C. = 0,172 Mn. = 10,5
Gr. 200 d.

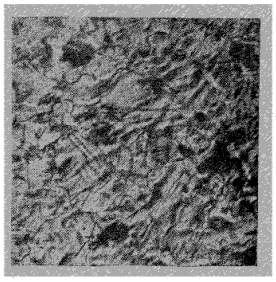


Fig. 4. — C. = 0,156 Mn. = 12,9
Gr. 200 d.

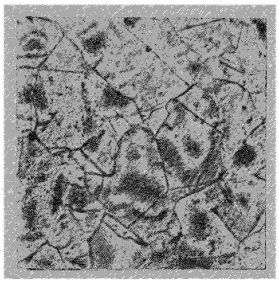


Fig. 5. — C. = 0,396 Mn. = 33,5
Gr. 200 d.



Fig. 6. — C. = 0,224 Mn. = 14,4
Gr. 200 d.

Nous n'avons pas remarqué que la perlite des aciers au manganèse à faible teneur en carbone, présentât un caractère spécial.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## I. B. — ACIERS BRUTS DE FORGE. SÉRIE II

Les aciers contenant de 0 à 3 p. 100 de manganèse ont même constitution que les aciers au carbone; ils présentent de la perlite et de la ferrite ou de la perlite et de la cémentite. Mais la perlite présente des caractères spéciaux que l'on ne rencontre pas dans les aciers au carbone. Elle est plus compacte et elle se colore beaucoup plus facilement que la perlite ordinaire. Elle se rapproche de la sorbite (fig. 7).

Lorsqu'on examine les aciers contenant de 3 à 5,1 de manganèse, on rencontre une microstructure que nous n'avions jamais obtenue (fig. 8).

Cet acier s'attaque avec une facilité surprenante, aussi faut-il utiliser un

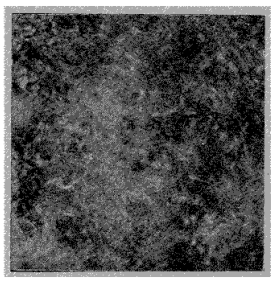


Fig. 7. — C. = 0,840 Mn. = 1
Gr. 200 d.

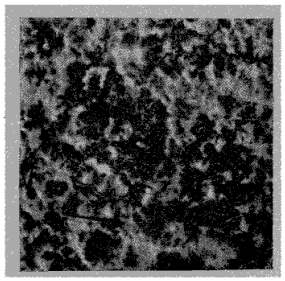


Fig. 8. — C. = 0,762 Mn = 5,1
Gr. 200 d.

réactif extrêmement dilué pour avoir un résultat quelconque. Dans ces conditions, on obtient des polyèdres aux contours plus ou moins nets et bordés d'un produit qui apparait en noir foncé sous l'action de l'acide picrique ou de l'acide azotique (fig. 9).

Nous verrons plus loin ce que peut être ce constituant.

Il y a donc pour cette série une hésitation; toutefois, nous pouvons d'ores et déjà donner la subdivision suivante :

1re *Classe* : Aciers formés de ferrite et de perlite ou de perlite et de cémentite contenant de 0 à 3 p. 100 de manganèse, mais la perlite de ces aciers affecte une texture spéciale.

2e *Classe :* Aciers formés du constituant spécial renfermant de 3 à 5 p. 100 de manganèse.

3e *Classe :* Aciers formés de fer $\gamma$, renfermant plus de 5 p. 100 de manganèse (fig. 10 et 11).

On voit que nous avons bien ici les mêmes phénomènes que pour les aciers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au nickel; nous remarquons notamment que c'est la somme C+Mn qui intervient pour effectuer les transformations et que, par conséquent, plus le pourcentage de carbone est élevé, moins il faut de manganèse pour produire le même effet.

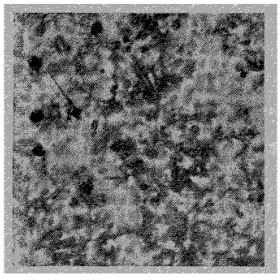


Fig. 9. — C. = 0,762 Mn. 5,1
Gr. 200 d. (Attaque légère.)



Fig. 10. — C. = 0,700 Mn. = 7,2
Gr. 200 d.

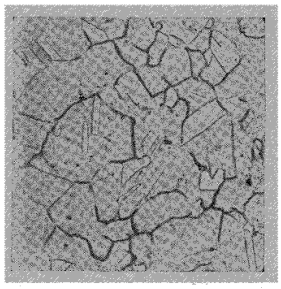


Fig. 11. — C. = 0,922 Mn. = 10
Gr. 200 d.

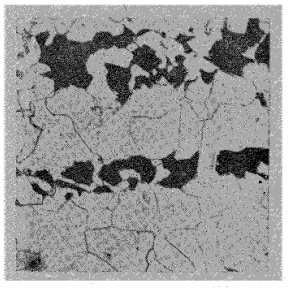


Fig. 12. — C. = 0,104 Mn. = 1,7
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

Mais la question se complique ici de la formation d'un constituant spécial.

## II. — ACIERS RECUITS

L'influence du recuit est la même sur les aciers du premier groupe que sur les aciers au carbone.

Nous avons observé deux phénomènes assez bizarres que nous ne croyons pas spéciaux aux aciers au manganèse.

En recuisant à 900° de l'acier à 0,293 p. 100 de carbone et 1,7 p. 100 de manganèse, nous avons obtenu la perlite en bandes parallèles et ne formant plus le contour des grains de ferrite (12). — De plus, en recuisant l'acier qui contient 0,840 de carbone et 1,031 de manganèse dans la magnésie à 900°,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons noté une décarburation notable sur les bords (ceci est normal), mais aussi une décarburation au centre. Ce phénomène méritait d'être signalé, il est représenté dans une photographie (fig. 13).

Le recuit n'agit pas sur les aciers du deuxième groupe, si ce n'est pour créer une tendance plus ou moins accentuée à la forme polyédrique.

Sur les aciers du dernier groupe, il y a deux points à distinguer : si l'acier

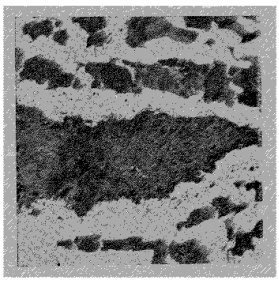


Fig. 13. — C. = 0,840 Mn. = 1
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

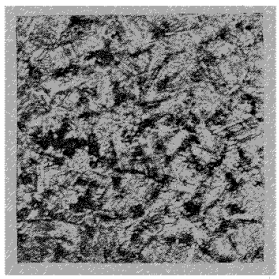


Fig. 14. — C. = 0,156 Mn. = 12,9
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

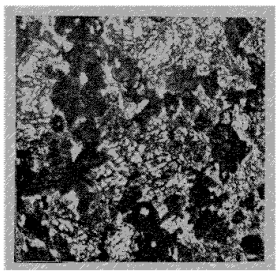


Fig. 15. — C. = 0,762 Mn. = 5,1
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

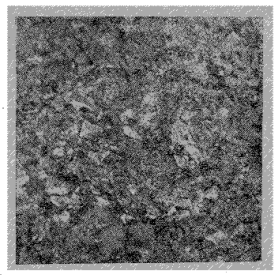


Fig. 16. — C. = 0,700 Mn. = 7,2
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

est sur la limite du second et du troisième groupe, il pourra être atteint par le recuit et donner de la martensite. C'est le cas de l'acier qui contient 12,9 de manganèse ; mais la martensite est extrêmement fine et la photographie ne donne qu'une idée imparfaite de la transformation (fig. 14). L'acier de la 2e série qui renferme 5,112 p. 100 de manganèse, lequel brut de forge ne montre que des polyèdres environnés du constituant spécial, présente après un recuit de deux heures à 750° des fers de lance très nombreux qui remplissent les polyèdres, le constituant spécial n'a pas changé (fig. 15); l'acier à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

0,700 de carbone et 7,200 de manganèse est également transformé par un recuit et présente de très nombreuses aiguilles de martensite (fig. 16).

Si nous considérons des aciers du 3e groupe, plus riches en Ni que ceux dont nous venons de parler, nous remarquerons que la seule différence du recuit est d'accentuer et les polyèdres et les plans de clivage, ainsi que le prouvent les photographies fig. 17 et 18.

Avant d'abandonner la question du recuit, je voudrais traiter en quelques mots un point délicat qui a son importance. Il s'agit de l'apparition du magnétisme chez certains aciers non magnétiques après certains traitements. Ce fait étudié par M. Dumas pour les aciers au nickel et pour les aciers au manganèse mériterait, croyons-nous, une étude extrêmement détaillée, notamment des mesures très précises. Nous pensons l'aborder dans quelque temps. Aujourd'hui

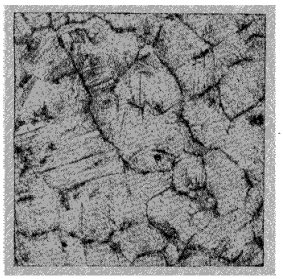


Fig. 17. — C. = 0,396 Mn. = 33,3
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.



Fig. 18. — C. = 0,960 Mn. = 12,0
Recuit à 900° pendant 4 heures
Gr. 200 d.

nous nous contenterons d'analyser une partie des phénomènes que nous avons d'ailleurs décrits au sujet des aciers au nickel.

Nous savons que pour ces aciers l'apparition du magnétisme (ou tout au moins son augmentation dans les aciers qui sont peu magnétiques) coïncide avec l'apparition de fers de lance qui ne sont qu'une forme de la martensite. Ce point, nous l'avons retrouvé identique dans les aciers au manganèse.

Nous avons vu de plus que ces fers de lance semblaient prendre naissance de deux façons : d'une part, par suite de la jonction de plans de clivage, de deux polyèdres voisins, lesquels se sont accentués dans l'opération qui a occasionné le changement; d'autre part, par scission des plans de clivage même dans chaque polyèdre.

Ceci, nous le retrouvons dans les aciers au manganèse; mais il y a un point particulier que nous avons observé sur ces produits : lorsqu'on recuit certains de ces aciers, les polyèdres s'agrandissent et les plans de clivage s'accentuent. En faisant une attaque progressive sur ces aciers, on voit les plans de clivage

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien avant les lignes de démarcation des polyèdres, de telle sorte que, comme nous l'avons déjà indiqué, on pourrait croire être en présence d'une structure martensitique, alors que l'acier est polyédrique. Mais un tel acier est un peu magnétique.

Est-ce que dans l'accentuation de ces plans de clivage, il n'y aurait pas la première phase de la transformation qui doit conduire à la martensite? Autrement dit, quand y a-t-il martensite et par conséquent magnétisme? quand n'y a-t-il que du fer $\gamma$?

Le point est extrêmement délicat et nous nous proposons de l'étudier plus complètement; mais d'ores et déjà, nous tenions à signaler ce résultat, à savoir qu'un acier à 15 p. 100 de manganèse, ainsi que d'autres aciers avoisinant cette teneur et tous peu carburés (de 0,120 à 0,300 p. 100 de carbone) ne présentant aucun magnétisme sensible à la boussole, sont devenus, après un recuit de quatre heures, attirables à l'aimant et que leur structure dénote simplement des plans de clivage très accentués qui peuvent être pris pour de la martensite.

## III. — ACIERS TREMPÉS

Les aciers du premier groupe se transforment par la trempe comme les aciers au carbone.

Les aciers à structure martensitique ne sont pas atteints par la trempe; nous devons toutefois noter qu'il y a parfois une tendance à la structure polyédrique, mais la martensite domine toujours.

A noter cependant que l'acier de la série 1 à 10, 5 p. 100 de manganèse, qui présente, brut de forge, des bandes où l'attaque se localise, tend à prendre une structure plus uniforme après la trempe.

La trempe agit sur le troisième groupe comme le recuit; avec beaucoup moins d'intensité, il n'atteint que les aciers qui sont exactement à la limite du troisième et du quatrième groupe (fig. 19).

L'acier à 0,700 de carbone et 7,2 p. 100 de manganèse qui est transformé par le recuit ne montre, après trempe, que des plans de clivage plus accentués. Il semble bien que les résultats auxquels nous sommes arrivés viennent appuyer la conclusion que nous avons donnée à notre étude de la trempe des aciers au nickel : à savoir que la trempe n'a d'influence sur les aciers à fer $\gamma$ que par le recuit qui la précède. Les effets de la trempe nous ont paru particulièrement intéressants à étudier en détails sur les aciers contenant le constituant spécial aux aciers au manganèse.

A cet effet, nous avons fait des trempes à des températures variant de 25° en 25°, depuis 700° jusqu'à 950°, sur l'acier de la deuxième série à 5,1 de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manganèse. Le résultat auquel nous sommes arrivés est le suivant (fig. 20 et 21) :

Le constituant spécial ne disparaît qu'à une température voisine de 900°. Quand on trempe l'acier en question à une température comprise entre 750° et 900°, on obtient des polyèdres contenant quelques fers de lance provenant

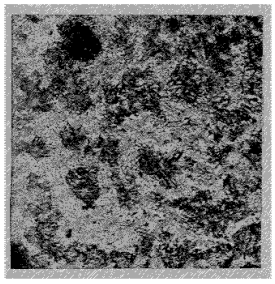


Fig. 19. — C. = 0,156 Mn. = 12,9. Trempé à 900° dans l'eau froide Gr. 200 d.

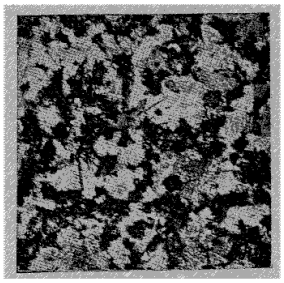


Fig. 20. — C. = 0,762 Mn. = 5,1 Trempé à 800° dans l'eau froide Gr. 200 d.



Fig. 21. — C. = 0,762 Mn. = 5,1. Trempé à 900° dans l'eau froide Gr. 200 d.

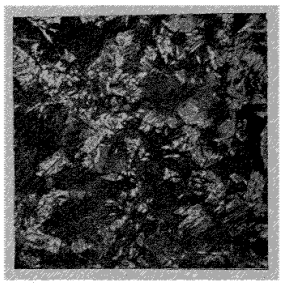


Fig. 22. — C. = 0,762 Mn. = 5,1 Ecroui Gr. 200 d.

de la transformation subie par l'acier ; mais ces polyèdres sont toujours bordés du liséré noir, caractéristique de la présence du constituant spécial.

Lorsqu'on trempe au-dessus de 900°, on ne voit plus traces de ce produit.

Tout l'acier n'est formé que de polyèdres renfermant des fers de lance.

## IV. — ACIERS ÉCROUIS

Nous avons vu que pour les aciers au nickel l'écrouissage était un point particulièrement intéressant, et nous avait permis, ainsi que nous l'avons rappelé, d'étudier la genèse de la martensite.

Certains aciers au manganèse qui se trouvent à la séparation du deuxième et du troisième groupe, subissent des transformations par écrouissage. C'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que l'acier à 0,156 de C et 12,9 p. 100 Mn est nettement martensitique après écrouissage. Mais cette martensite est si fine, qu'elle est presque impossible à photographier. C'est, d'ailleurs, le propre de la martensite qui se produit dans la transformation d'un acier peu carburé.

Grâce à l'obligeance de M. Dumas, nous avons pu examiner un acier qu'il avait étudié et qu'il avait reconnu magnétique après écrouissage. Cet acier contenant 0,137 C et 12,77 p. 100 Mn était nettement polyédrique avant l'opération, et présentait après de la martensite très fine.

L'acier qui contient 5,1 p. 100 Mn et 0,762 C présente des fers de lance après écrouissage (fig. 22) ; il est à noter que les polyèdres, bien qu'aplatis, restent entourés du constituant noir comme avant l'opération.

## V. — ACIERS REFROIDIS

Nous avons fait intervenir deux sources de froid :

1° La neige carbonique en solution alcoolique qui donne — 78°.

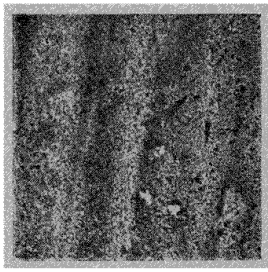


Fig. 23. — C. = 0,156 Mn. = 12,9
Refroidi à — 80° Gr. 200 d.

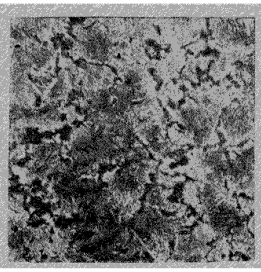


Fig. 24. — C. = 0,762 Mn. = 5,1
Refroidi à — 80° Gr. 200 d.



Fig. 25. C. = 0,762 Mn. = 5,1
Refroidi à — 180° Gr. 200 d.

2° L'air liquide qui fournit une température de — 180°.

Nous avons noté à nouveau le phénomène du gonflement de la martensite; nous n'avons pas à y revenir.

Les aciers que nous avons examinés et qui se transforment par refroidissement, sont les suivants :

1° L'acier contenant 0,156 C et 12,9 Mn. Cet acier, après refroidissement à — 80°, n'est plus formé que de martensite très fine (fig. 23).

2° L'acier renfermant 0,762 C et 5,112 Mn. Refroidi à — 80°, cet acier montre de nombreux fers de lance dans l'intérieur des polyèdres; mais ces fers de lance sont très fins (fig. 24). Le constituant spécial n'est pas altéré. Refroidi à — 180°, cet acier présente de très grands fers de lance; mais le composé spécial n'a toujours subi aucune altération (fig. 25).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## VI. — ACIERS CÉMENTÉS

*Cémentation des aciers contenant* 0,5; 1 *et* 2 *p.* 100 *de manganèse :*

La cémentation de ces aciers donne sensiblement les mêmes résultats que la cémentation de l'acier au carbone; les bords sont riches en cristaux de cémentite qui se présentent comme toujours en longues aiguilles fines. Mais avant d'arriver à cette zone, la plus riche en carbone, on aperçoit la partie qui n'est formée que de perlite, laquelle présente cet aspect spécial à la perlite des aciers au manganèse, riches en carbone. Elle est beaucoup plus compacte que la perlite des aciers ordinaires.

*Cémentation de l'acier contenant* 5,6 *p.* 100 *de manganèse :*

Au centre, on a la zone martensitique, ayant par conséquent la même structure que l'acier initial, avec toutefois une tendance très nette à la formation de polyèdres. La martensite, très fine, au centre, prend des dimensions de plus en plus importantes.

On arrive ensuite à la portion de l'acier qui se trouve la plus intéressante : ce sont des polyèdres entourés du constituant spécial aux aciers au manganèse. Ce constituant est d'autant plus abondant que l'on se rapproche des bords et par conséquent de la partie la plus carburée.

*Cémentation de l'acidé contenant* 6,1 *p.* 100 *de manganèse :*

Cet acier se comporte en tous points comme l'acier à 5, 6 p. 100 de Mn.

*Cémentation de l'acier contenant* 10,5 *p.* 100 *de manganèse :*

Le centre reste martensitique, mais il y a une tendance très accusée aux polyèdres. Le reste de l'acier est polyédrique. Il n'y a pas trace du constituant spécial.

*Cémentation de l'acier à* 12,9 *p.* 100 *de manganèse :*

Cet acier est entièrement polyédrique, sauf dans la partie centrale qui est altérée par le recuit et présente, non pas de la martensite à proprement parler, mais des plans de clivage très accentués.

*Cémentation de l'acier à* 15,20 *et* 33 *p.* 100 *de manganèse :*

Ces aciers restent entièrement polyédriques.

### RÉSUMÉ

Les aciers au manganèse peuvent être partagés en trois classes :

1re *Classe.* — Aciers ayant même constitution que les aciers au carbone. Ces aciers sont donc formés ou de perlite et de ferrite, ou de perlite et de cémentite. Mais la perlite semble, dans les aciers suffisamment carburés, affecter une forme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spéciale; elle est beaucoup plus attaquable par les acides picrique et azotique, que la perlite ordinaire; elle est bien plus compacte.

Cette série comprend :

1° Pour 0,120 C environ, les aciers contenant de 0 à 5 p. 100 Mn :

2° Pour 0,800 C environ, les aciers contenant de 0 à 3 p. 100 Mn.

2e *Classe.* — Aciers formés de martensite. Cette série comprend :

1° Pour 0,120 C environ, les aciers renferment de 5 à 12 p. 100 Mn;

2° Pour 0,800 C environ, les aciers renferment de 3 à 5 p. 100 Mn. Mais pour ces aciers on n'aperçoit que des traces de martensite; on est surtout en présence du constituant spécial.

3e *Classe.* — Aciers formés de fer $\gamma$ renfermant plus de 12 p. 100 Mn pour les aciers peu carburés; plus de 5 p. 100 pour les aciers très carburés.

En somme, la constitution des aciers au manganèse ne présente qu'un seul point douteux, c'est celui du constituant spécial. — Quelques-unes des expérences que j'ai décrites permettent cependant de préciser certains points.

Ce constituant n'existe seulement que dans les aciers fortement carburés et ne contenant pas de manganèse en quantités trop importantes.

Il semble n'exister que pour les aciers qui forment dans la série la plus carburée la jonction entre les aciers perlitiques et les aciers polyédriques.

Nous savons aussi que la trempe ne fait disparaître ce carbure qu'à une température de 900°.

Mais, d'ores et déjà, nous ne voyons que deux hypothèses possibles :

La première est celle d'un carbure double de fer et de manganèse ou peut-être d'un carbure simple de manganèse autre que le $Mn^3C$ de MM. Troost et Hautefeuille, qui soit dissociable entre 850 et 900°.

La deuxième est celle d'une troostite peut-être spéciale provenant de ce que la cémentite ne serait pas dissoute. Ce constituant spécial présente en effet de nombreux points de ressemblance avec la troostite de M. Osmond.

Sa forme, sa facile coloration par des réactifs, les propriétés de trempe relativement douce qu'ils donnent aux aciers doivent y faire penser. Sur les conseils de M. Osmond, je poursuis des expériences dans ce sens.

MM. Carnot et Goutal ont bien signalé des carbures doubles de fer et de manganèse, mais dans des produits métallurgiques beaucoup plus riches en manganèse, au moins 30 p. 100; nous ne pouvons songer à l'un de ces composés.

Enfin, M. Stead a publié en 1894, à l'*Iron and Steel Institute*, une note, dans la discussion qui a suivi un mémoire de M. Arnold, sur l'influence des éléments sur le fer. M. Stead dit que dans un acier non magnétique cémenté, et qui de ce fait est devenu magnétique, il a remarqué de grandes aiguilles qu'il a pu isoler et qui seraient constituées par un carbure double de fer et de manganèse. — Ces aiguilles, nous les avons bien retrouvées dans notre étude, mais nous pensons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que ce n'est qu'une forme de la martensite, laquelle doit d'ailleurs contenir du manganèse. Il n'y a, à notre avis, aucune ressemblance entre le produit signalé par M. Stead et celui dont nous parlons. Ce constituant demande à être défini d'une façon plus précise, nous espérons le faire bientôt.

## DEUXIÈME PARTIE.

## PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Les propriétés mécaniques des aciers au manganèse ont déjà donné lieu à quelques mémoires d'un intérêt exceptionnel.

Je rappellerai l'étude de M. Hadfield, publiée en 1888, qui fit tant de bruit. C'était en effet la première fois que l'on signalait les propriétés si curieuses de certains aciers à haute teneur en manganèse. Je tiens d'ailleurs à citer ici quelques passages du mémoire de M. Hadfield :

« On a reconnu que dans l'acier ordinaire, dit M. Hadfield, dès que le manganèse dépasse les limites ordinaires de 0,2 à 0,5 p. 100 pour l'acier doux, la résistance augmente très rapidement, tandis que l'allongement ne diminue pas en proportion, comme il arrive d'ordinaire avec l'acier au carbone. Ceci a été définitivement prouvé par la série d'expériences faites par la Compagnie de Terre-Noire et dont les résultats ont été publiés à l'occasion de l'Exposition de Paris de 1878. »

Les expériences de Terre-Noire avaient porté sur des pourcentages de manganèse allant seulement jusqu'à 2,5 p. 100.

Aux usines de Sheffield on a étudié, comme je le rappellerai rapidement, des aciers à teneurs beaucoup plus élevées. Le premier point signalé par M. Hadfield est que, au contraire de ce que l'on avait trouvé à Terre-Noire, les aciers contenant de 2 à 7 p. 100 de manganèse se forgeaient avec une aisance toute spéciale, mieux que l'acier doux.

J'insiste sur l'un des points les plus importants du mémoire de M. Hadfield :

« On croirait, jusqu'à présent, dit ce savant métallurgiste, que l'acier devient fragile et perd relativement toute valeur quand le manganèse dépasse à peu près 2,75 p. 100. Il a été démontré cependant qu'en ajoutant un peu plus du même métal, en quantités suffisantes pour obtenir dans la matière à traiter tout au moins 7 p. 100 environ de manganèse, il en résulte un métal dont les caractères sont tout à fait différents des produits déjà connus.

« On est en présence d'un métal nouveau et nous voyons ce paradoxe apparent que, tandis que le manganèse allié au fer et figurant dans les proportions de 2,75 au moins jusqu'à 7 p. 100 environ, donne un produit très fragile si l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

augmente cette proportion de façon à avoir un produit contenant de 7 à 20 p. 100 Mn, le résultat est une substance douée d'une non-fragilité remarquable. »

D'ores et déjà, il y a à retenir, dans cette partie de l'étude de M. Hadfield, deux points qui nous intéressent spécialement.

1° L'existence des aciers au manganèse ayant des propriétés spéciales et notamment ne présentant aucune fragilité;

2° L'affirmation de la fragilité des aciers contenant de 2,7 à 7 p. 100 de Mn.

Revenant plus loin sur ce dernier point, M. Hadfield ajoute : « On ne saurait trop fortement insister sur la fragilité de cette matière (aciers contenant de 2,7 à 7,5 p. 100 Mn). En somme, elle semble se rapprocher plus de la nature du verre ou autre substance semblable que de l'acier. »

M. Hadfield cite comme exemple de ces aciers un métal contenant 0,370 p. 100 C et 4,45 p. 100 Mn. En faisant tomber d'une hauteur de 1 mètre environ sur un pavé de fer fondu un morceau d'acier à 4,73 p. 100 Mn (le pourcentage de C n'est pas indiqué) on a obtenu une rupture en deux ou trois points. Un échantillon contenant 0,480 p. 100 C et 4,9 p. 100 Mn a pu être réduit en fine poussière au marteau.

Et M. Hadfield ajoute :

« Une autre particularité à retenir c'est que dans ces échantillons si fragiles, le carbone ne figure pas pour plus de 0,300 à 0,500 p. 100, soit à peine un peu plus que dans l'acier doux. *En fait, on a constaté que plus l'alliage est purement constitué de fer et de manganèse, plus le produit est fragile.*

« De plus, un tel acier est aussi dur que l'acier trempé à fond et aucune espèce d'acier ne peut le travailler. »

Plus loin, j'indiquerai quelques autres points du mémoire de M. Hadfield. Dès maintenant, je tenais à insister sur la fragilité trouvée par ce savant métallurgiste pour les aciers au manganèse et, sur ce point nettement indiqué, que ces aciers sont d'autant plus fragiles qu'ils contiennent moins de carbone.

Ce point est le seul sur lequel je me trouve en désaccord avec M. Hadfield. Je tâcherai d'en trouver la raison ultérieurement. Les essais mécaniques que nous avons pratiqués sur les aciers au manganèse, sont :

1° Des essais à la traction sur barreaux de 200 millimètres, entre coups de pointeaux et de 13,6 de diamètre;

2° Des essais au choc sur barrettes entaillées par la méthode de M. Frémont;

3° Des essais à la dureté par la méthode de M. Brinell.

Ces essais ont été pratiqués, d'une part, sur un métal brut de forge; d'autre part, sur un métal trempé à 900° dans l'eau froide.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## 1° ESSAIS SUR ACIERS BRUTS DE FORGE

### 1° Essais à la traction

**Série des aciers contenant peu de carbone.**

| N° | Teneur °/₀ Carbone | Manganèse | R | E | A°/₀ | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 37,6 | 27,8 | 22 | 76,5 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 42,5 | 28,2 | 24,5 | 73,4 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 49,7 | 28,6 | 17,5 | 58,2 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 55,7 | 40,7 | 15,5 | 57,2 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 43,7 | 30,8 | 21,5 | 76,5 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 71,9 | 71,9 | 0,2 | 2,9 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 118,3 | 84,3 | 0,2 | 0 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 96,4 | 48,9 | 4 | 0 |
| 9 | 0,156 | 12,920 | 65,5 | 30,0 | 3,5 | 6,0 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 79,1 | 23,3 | 10 | 14,7 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 91,9 | 35,4 | 20,5 | 17,5 |
| 12 | 0,296 | 33,480 | 61,4 | 34,2 | 45 | 74,6 |

Cette première série d'essais indique pour ces aciers la division suivante (fig. 26) :

1° Aciers contenant de 1 à 5 p. 100 Mn pour lesquels la résistance à la rup-

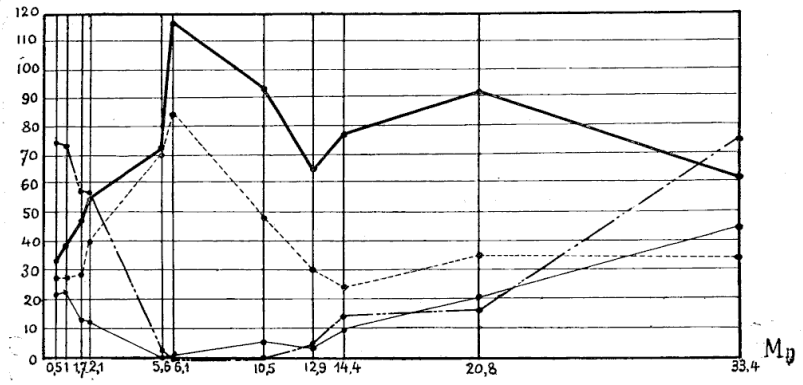



Fig. 26. — Essais à la traction sur les aciers de la première série bruts de forge.

ture croît lentement avec la dose de Mn ainsi que la limite élastique, tandis que la striction et les allongements diminuent un peu, mais cependant d'une façon faible. Il faut bien remarquer que dans cette série l'acier qui contient 4,2 p. 100 Mn et qui paraît faire exception à cette règle est un acier extraordinairement peu carburé. D'ailleurs, dans les diagrammes nous l'avons supprimé, car il aurait donné, en effet, une indication fausse sur la marche des courbes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Aciers contenant de 5 à 12 p. 100 Mn, ce sont des aciers ayant une charge de rupture et une limite élastique élevées, des allongements et des strictions extrêmement faibles, même nuls.

Un point intéressant est à remarquer, c'est que pour ceux de ces aciers qui contiennent le plus de manganèse, la limite élastique tombe rapidement. C'est ainsi que l'acier contenant 10,5 p. 100 Mn a pour limite élastique 48,9. Rappelons de suite que cet acier est formé de martensite et de fer $\gamma$ et non de martensite pure.

3° Aciers contenant plus de 12 p. 100 Mn. Ces aciers sont caractérisés par une faible limite élastique et de grands allongements ; il est à noter que ces allongements se produisent dans toute la longueur de l'éprouvette. Quant à la charge de rupture, elle est assez élevée au début puis semble s'abaisser lorsque le pourcentage de manganèse continue à augmenter. C'est ainsi que l'acier contenant 33 p. 100 Mn et 0,396 p. 100 C a une charge de rupture bien moins élevée (61,4) que l'acier contenant 21 p. 100 Mn et seulement 0,114 C (91,9).

Dans cette classe, l'acier le plus intéressant est celui qui contient le moins de manganèse. On sait qu'il forme la limite entre les deux séries et qu'il est susceptible de se transformer aisément. Il présente une faible résistance et une très faible limite élastique, ce qui le rapproche des aciers du 3e groupe, et d'autre part, il possède des allongements très faibles et une striction très peu élevée, ce qui le fait classer dans le 2e groupe.

Les propriétés de l'acier à 33,48 de Mn sont particulièrement intéressantes, ils possèdent 74,5 de striction et 45 p. 100 d'allongement. Ce sont les propriétés signalées pour la première fois par M. Hadfield pour les aciers riches en manganèse.

**Série des aciers contenant de 0,700 à 0,900 C p. 100.**

| N° | Teneur °/₀ Carbone | Manganèse | R | E | A °/₀ | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 114,9 | 59,5 | 6 | 9,0 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 118,3 | 68,5 | 5 | 9,0 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 105,4 | 79,1 | 1 | 3,0 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 100,9 | 82,8 | 1/2 | 0 |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 86,6 | 60,2 | 2 | 3 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 56,5 | 41,4 | 6,0 | 7,5 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 97,8 | 48,2 | 29,0 | 14,7 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 89,6 | 61,8 | 15,0 | 14,7 |

Ces essais montrent que ces aciers peuvent être divisés comme suit (fig. 27) :

1° Les aciers à haute résistance, à allongement et striction très faibles, comprenant les produits qui renferment de 0 à 5 p. 100 Mn.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° L'acier à 5 p. 100 Mn forme le terme de passage, il est à limite élastique plus basse que les précédents quoique ayant de très faibles allongements.

3° Les aciers à résistance assez élevée, à limite élastique plutôt basse, et à

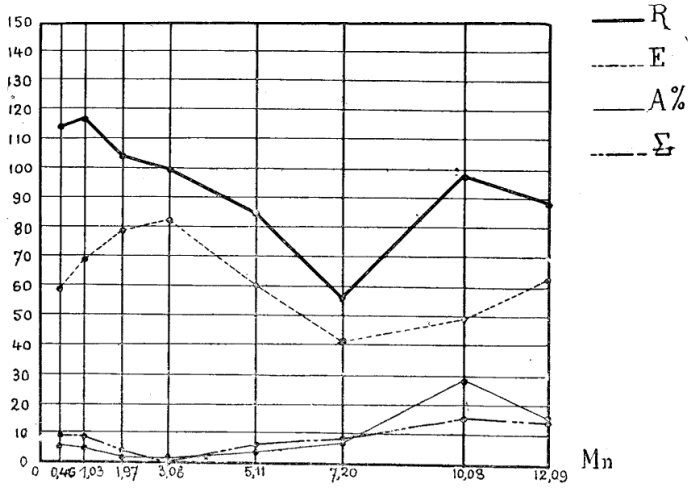



Fig. 27. — Essais à la traction sur les aciers de la deuxième série bruts de forge.

allongements assez élevés. Ce sont les produits qui contiennent plus de 5 p. 100 Mn.

**2° Essais à la fragilité.**

**Série des aciers contenant peu de carbone.**

| N° | Teneurs en Carbone | Teneurs en Manganèse | Nombre de Kilogrammètres |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 38 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 39 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 36 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 28 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 34 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 3 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 3 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 4 |
| 9 | 0,155 | 12,920 | 12 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 27 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 25 |
| 12 | 0,396 | 33,480 | 28 |

Ces essais nous montrent que les aciers au manganèse contenant peu de carbone doivent être divisés en trois groupes (fig. 28) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Aciers présentant une non-fragilité remarquable contenant de 0 à 5 p. 100 Mn;

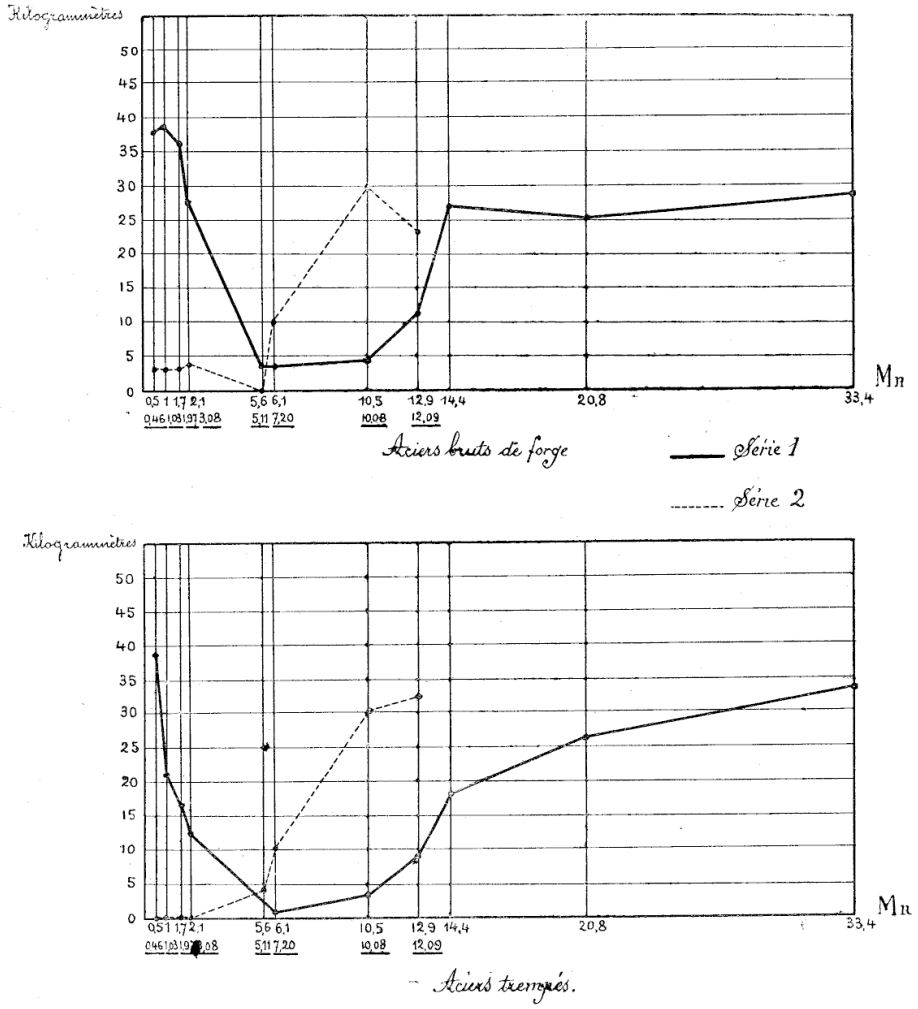



Fig. 28 et 32. — Essais au choc.

2° Aciers extrêmement fragiles contenant de 5 à 12 p. 100 Mn;

3° Aciers non fragiles renfermant des pourcentages de manganèse supérieurs à 12 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'insisterai particulièrement sur la non-fragilité des aciers contenant de 0 à 5 p. 100 de Mn. Étant donnée la contradiction absolue qui existe entre les deux résultats que j'ai trouvés et ceux donnés par M. Hadfield, les expériences faites à ce sujet ont été très nombreuses. Elles ont permis de constater non seulement la non-fragilité de ces aciers, mais aussi leur homogénéité absolue.

Je donnerai quelques résultats de séries d'essais de ces aciers :

1° L'acier à 0,432 de Mn nous a donné : 36-36-38-38-40-36-35-35-35-30-35-33-30-35-33-33;

2° L'acier à 1,296 p. 100 Mn a donné : 35-28-35-33-38-36-36-31-34-40-38-38-38-40-39;

3° L'acier à 1,728 p. 100 Mn a donné : 38-37-32-36-33-30-38-30-28-28-35-33;

4° L'acier à 4,200 p. 100 Mn a donné : 34-32-37-34-34-32-30-32-38-28-35-33-35-34.

J'ajouterai que, dans ces essais, la plupart de ces éprouvettes n'ont pu être cassées; en revanche, nous avons brisé deux douzaines de couteaux.

Je ne crois pas qu'il puisse subsister le moindre doute sur la non-fragilité des aciers au manganèse à très faible teneur en carbone, mais alors on peut se demander d'où vient l'erreur répandue dans le monde métallurgique que les aciers au manganèse sont fragiles. J'aurais voulu étudier les aciers fragiles de M. Hadfield. Mais celui-ci se trouvait absent d'Angleterre lorsque je lui ai écrit; l'un des ingénieurs de Sheffield a bien voulu, en son absence, me dire que la plupart des aciers qui avaient servi à M. Hadfield n'existaient plus et qu'il ne pouvait mettre à ma disposition qu'un acier renfermant 0,370 C et 4,45 p. 100 Mn. J'ai examiné cet acier avec grands soins, il est complètement martensitique, il était donc tout naturel qu'il fût fragile; j'ai fait prélever six éprouvettes pour essais au choc, elles m'ont donné au mouton Frémont : 0,1,0,0,0,0.

Je regrette de n'avoir pas eu d'aciers moins carburés provenant des usines de Sheffield, car je ne peux m'expliquer ce qui a fait dire à M. Hadfield qu'un acier au manganèse est d'autant plus fragile qu'il contient moins de carbone. Peut-être, comme a bien voulu me le faire remarquer M. Le Chatelier, le mode de fabrication intervient-il notamment en ce qui est de l'addition finale. En tous les cas, je crois pouvoir déclarer d'une façon formelle que les aciers au manganèse dont je viens de parler et qui ont été coulés, sur ma demande, par la Société Commentry-Fourchambault, à ses usines d'Imphy, ne présentent aucune fragilité. J'irai même plus loin, en ajoutant que ces aciers présentent une résistance au choc remarquable et surtout une homogénéité que l'on ne rencontre qu'exceptionnellement dans les aciers au carbone.

Enfin, je ferai remarquer qu'il suffit relativement de peu de carbone et de manganèse pour que l'acier soit martensitique. C'est ainsi qu'à 0,370 C et 4,45 p. 100 Mn, ou 0,500 C et 4 p. 100 Mn, ou encore 0,600 C et 3,7 p. 100 Mn,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on a des aciers fragiles ; mais cette fragilité n'est pas due à la présence seule du manganèse, mais bien à la transformation même causée par la présence de ce métal qui abaisse les points de transformation.

**Série des aciers contenant de 0,700 à 0,900 C p. 100.**

| N° | Carbone | Manganèse | Nombre de Kilogrammètres |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 3 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 3 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 3 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 3 |
| 5 | 0,763 | 5,112 | 0 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 10 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 30 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 23 |

Ces essais divisent la série des aciers riches en manganèse en deux groupes seulement : un groupe d'aciers fragiles qui va de 0 à 5 p. 100 Mn et un groupe d'aciers non fragiles qui comprend tous les aciers contenant plus de 5 p. 100 Mn (fig. 28).

**3° Essais à la dureté (P = 3 000 kilos).**

**Série des aciers contenant peu de carbone.**

| | Teneur p. 100 | | Chiffre de |
|---|---|---|---|
| N°s | Carbone | Manganèse | Brinel |
| 1 | 0,082 | 0,432 | 87 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 89 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 107 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 107 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 97 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 418 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 444 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 293 |
| 9 | 0,156 | 12,920 | 248 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 212 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 192 |
| 12 | 0,396 | 33,480 | 134 |

On voit que ces expériences nous conduisent au même groupement que les essais précédents (fig. 29) :

1° De 0 à 5 p. 100, aciers dont la dureté est très faible et sur lesquels le pourcentage plus ou moins élevé de manganèse n'a pas une influence très sensible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° De 5 à 12 p. 100 aciers extrêmement durs ; toutefois les aciers de cette série qui contiennent du fer (γ) ont déjà une dureté relativement atténuée.

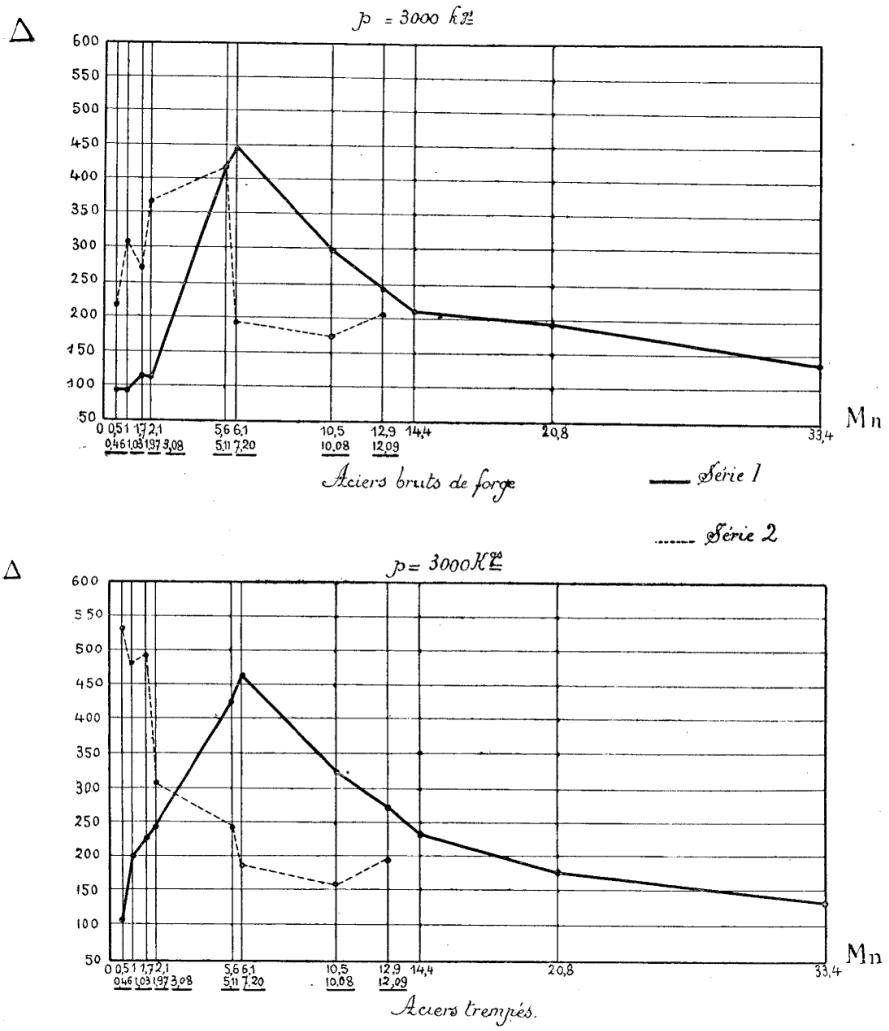



Fig. 29 et 33. — Essais à la dureté.

3° Pour une teneur de manganèse supérieure à 12 p. 100, les duretés sont faibles. L'acier à 12,9 p. 100 de Mn forme le terme de passage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Série des aciers contenant de 0,700 à 0,900 C p. 100.**

| Nos | Teneur p. 100 Carbone | Manganèse | Chiffre de Brinel |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 217 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 302 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 269 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 364 |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 418 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 196 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 183 |
| 8 | 0,960 | 12,196 | 202 |

Ces essais comme ceux au choc conduisent à grouper les aciers en deux classes (fig. 29) :

1° Les aciers contenant de 0 à 5 p. 100 de nickel qui sont extrêmement durs ;

2° Les aciers renfermant plus de 5 p. 100 de nickel dont la dureté est peu élevée.

Au sujet des indications données par les chiffres de Brinel sur la façon dont le métal se travaille, nous devons admettre les mêmes conclusions que pour les aciers de la première série.

## 2° ESSAIS DES ACIERS TREMPÉS

### 1° Essais à la traction.

**Série des aciers contenant peu de carbone.**

| Nos | Carbone | Manganèse | R | E | A p. 100 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 44,4 | 26,3 | 17 | 74,2 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 64,0 | 58,8 | 9 | 62,1 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 63,5 | 44,4 | 3,5 | 39,6 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 106,9 | 106,9 | 1 | 5 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 54,3 | 33,1 | 10 | 73,4 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 67,5 | 67,5 | 1 | 0 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 79,0 | 79,0 | 0,5 | 0 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 79,1 | 33,9 | 2,5 | 8,2 |
| 9 | 0,156 | 12,920 | 76,8 | 30,0 | 6 | 5,8 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 67,7 | 48,9 | 5,25 | 12,5 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 88,9 | 39,5 | 15 | 14,7 |
| 12 | 0,396 | 32,480 | 63,3 | 33,9 | 47 | 73,5 |

Ces résultats montrent que les aciers du premier groupe, c'est-à-dire ceux qui contiennent de 0 à 5 p. 100 Mn, subissent plus ou moins les effets de la trempe, suivant qu'ils contiennent très peu de C (Nos 1 et 5) ou qu'ils en contiennent quelque peu (N° 4) (fig. 30).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La trempe adoucit les aciers du deuxième groupe, c'est-à-dire ceux qui renferment de 5 à 12 p. 100 Mn, la charge de rupture est beaucoup moins élevée, malgré cela les allongements et les strictions sont extrêmement faibles. La modification apportée à la charge de rupture est certainement due à ce que, par trempe, une partie du fer passe à l'état $\gamma$.

Enfin, la trempe n'a que très peu d'influence sur les aciers du troisième groupe, cependant elle semble diminuer légèrement la striction.

Pour ce qui est de l'acier qui se trouve sur la limite du second et du troisième

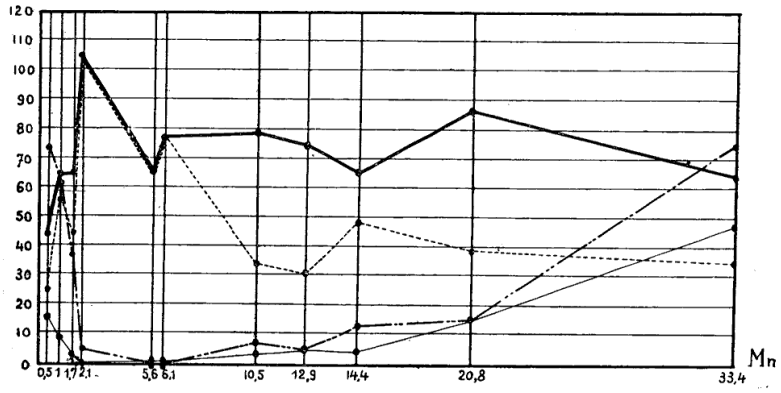



Fig. 30. — Essais à la traction sur les aciers de la première série trempés.

groupe, c'est-à-dire celui qui contient 12,92 p. 100 Mn, il possède après trempe une charge de rupture un peu plus élevée.

**Série des aciers contenant de 0,700 à 0,900 C.**

| Nos | Carbone | Manganèse | R | E | A p. 100 | Σ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | | | | |
| 2 | 0,840 | 1,031 | Ces quatre aciers ont tapé à la trempe | | | |
| 3 | 0,930 | 1,972 | et n'ont pu être essayés. | | | |
| 4 | 0,934 | 3,084 | | | | |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 54,3 | 42,7 | 1 | 0 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 60,2 | 41,4 | 6,2 | 7,5 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 84,3 | 52,7 | 16,5 | 14,7 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 79,1 | 41,4 | 12 | 13,5 |

Cette série d'expériences montre que la trempe abaisse la charge de rupture des aciers à fer $\gamma$ (fig. 31).

Sur l'acier contenant 5,1 de manganèse, la trempe a un effet très accentué dans le même sens, mais les allongements et la striction sont très faibles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**2° Essais au choc.**

**Méthode de M. Frémont.**

**Série des aciers peu carburés.**

| N°s | Teneurs p. 100 en Carbone | Manganèse | Nombre de Kilogrammètres |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 39 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 22 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 16 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 13 |
| 5 | 0,058 | 4,200 | 26 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 2 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 0 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 3 |
| 9 | 0,156 | 12,920 | 8 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 18 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 26 |
| 12 | 0,396 | 32,480 | 33 |

Ces essais montrent (fig. 32) que les aciers du premier groupe ne prennent de la fragilité par trempe que s'ils contiennent quelque quantité de carbone, il faut

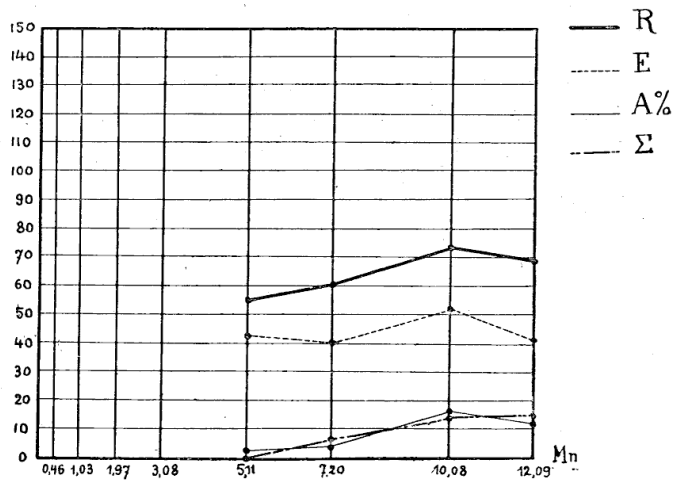



Fig. 31. — Essais à la traction sur les aciers de la deuxième série trempés.

noter cependant que l'acier qui renferme 4,2 Mn et seulement 0,058 C donne avant trempe 34 kilogrammètres et après trempe 26, ceci viendrait démontrer un fait analogue à celui que j'ai avancé pour les aciers au nickel, à savoir : que la martensite de ces aciers est une martensite spéciale dans la constitution et les propriétés desquelles intervient le métal étranger. — On aurait pu penser



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la trempe enlevait de la fragilité aux aciers du second groupe, puisque par suite de cette opération une partie du fer passe à l'état γ, il n'en semble rien être.

D'ailleurs, la micrographie montre bien que ces aciers sont encore martensitiques, mais qu'il y a simplement une tendance à la forme polyédrique.

Enfin pour les aciers du troisième groupe, la trempe est en quelque sorte sans influence, elle améliorerait plutôt l'acier, à l'exception cependant des aciers qui sont suceptibles de subir par la trempe une transformation de la forme polyédrique à la forme martensitique.

**Série des aciers contenant 0,700 à 0,900 C p. 100.**

| Nos | Teneur p. 100 en Carbone | Manganèse | Nombre de Kilogrammètres |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 0 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 0 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 0 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 0 |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 4 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 10 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 32 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 32 |

La trempe rend extrêmement fragiles les aciers contenant de 0 à 3 p. 100 de manganèse. Elle rend moins fragile l'acier contenant 5, 112 p. 100 de manganèse dans lequel, après trempe convenable, il n'y plus trace de carbure double.

Enfin, sur les aciers du troisième groupe, elle a plutôt un effet améliorant, bien qu'elle n'influe nullement sur leur constitution (fig. 32).

**3° Essais à la dureté.**

**Méthode de M. Brinell P = 3,000 K.**

**Série des aciers très peu carburés.**

| Nos | Teneur p. 100 en Carbone | Manganèse | Chiffre de Brinel |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,082 | 0,432 | 105 |
| 2 | 0,273 | 1,296 | 196 |
| 3 | 0,104 | 1,728 | 234 |
| 4 | 0,236 | 2,150 | 248 |
| 5 | 0,038 | 4,200 | 126 |
| 6 | 0,276 | 5,6 | 418 |
| 7 | 0,034 | 6,139 | 444 |
| 8 | 0,172 | 10,512 | 300 |
| 9 | 0,136 | 12,920 | 269 |
| 10 | 0,224 | 14,400 | 235 |
| 11 | 0,114 | 20,880 | 179 |
| 12 | 0,396 | 33,480 | 114 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La trempe durcit d'autant plus les aciers de la première série que ces aciers contiennent plus de carbone (fig. 33). Le durcissement est d'ailleurs plus accusé que pour des aciers simplement au carbone à même teneur; ceci vient encore à l'appui du fait d'une martensite spéciale.

Elle est sans influence sur les aciers de la deuxième et de la troisième classe. Sur ces derniers, il y aurait plutôt une tendance à produire de l'adoucissement; elle durcit un peu les aciers du troisième groupe qui se modifient par trempe.

**Série des aciers contenant de 0,700 à 0,900 C.**

| Nos | Carbone | Manganèse | Chiffre de Brinel |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,873 | 0,461 | 532 |
| 2 | 0,840 | 1,031 | 477 |
| 3 | 0,930 | 1,972 | 495 |
| 4 | 0,934 | 3,084 | 302 |
| 5 | 0,762 | 5,112 | 248 |
| 6 | 0,700 | 7,200 | 179 |
| 7 | 0,922 | 10,080 | 159 |
| 8 | 0,960 | 12,096 | 196 |

La trempe durcit les aciers qui contiennent de 0 à 3 p. 100 Mn; mais il est à remarquer que les aciers les plus durs de cette série sont devenus les plus doux après trempe.

Elle adoucit plutôt les aciers du troisième groupe. Elle a une tendance marquée sur l'acier contenant 5,1 de manganèse qu'elle adoucit d'une façon considérable, puisque avant trempe le chiffre de Brinel est 418 et après trempe 248 (fig. 33).

La trempe adoucit donc les aciers renfermant le constituant spécial.

RÉSUMÉ

Les aciers ayant même constitution que les aciers au carbone sont améliorés par une addition de manganèse. Ils ont une charge de rupture plus élevée, ils présentent surtout une homogénéité remarquable et une non-fragilité que l'on ne rencontre que dans les aciers spéciaux.

Les aciers à structure martensitique sont à charge de rupture plus élevée, ils présentent une fragilité très grande.

Les aciers à structure polyédrique ont des propriétés analogues à celles des aciers au nickel à même structure; mais, d'une façon générale, ils sont beaucoup plus durs au sens minéralogique du mot et par conséquent beaucoup plus difficiles à travailler.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CONCLUSIONS

Les conclusions que nous pouvons tirer de ces recherches sur les caractéristiques micrographiques et les propriétés mécaniques des aciers au manganèse ont trait à la concordance absolue et entière entre la métallographie et les essais mécaniques.

Ce sont là conclusions identiques à celles auxquelles nous avons été conduits dans l'étude des aciers au nickel.

D'ores et déjà on peut déclarer que dans la plupart des aciers spéciaux le nickel peut être remplacé par le manganèse en quantité beaucoup moindre, même dans les aciers à structure perlitique dans lesquels le manganèse n'amène aucune fragilité.

Nous espérons pouvoir, dans quelque temps, résumer toutes ces recherches dans un diagramme aussi simple que celui que nous avons donné pour les aciers au nickel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

## DÉTERMINATION DES POINTS DE TRANSFORMATIONS ALLOTROPIQUES DU FER ET DE SES ALLIAGES PAR LA MESURE DES VARIATIONS DE LA RÉSISTANCE ÉLECTRIQUE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE (1), PAR **M. O. Boudouard**, *docteur ès sciences, préparateur au Collège de France.*

### I. — HISTORIQUE

Parmi les propriétés physiques des fers et des aciers dont la variation permette de caractériser les points de transformation de ces métaux, la dilatation et la résistance électrique sont parmi celles dont l'étude peut être la plus fructueuse. Leur mesure peut en effet être effectuée à température constante, ce qui permet d'atténuer les retards aux transformations dont la présence jette une si grande complication dans l'interprétation des résultats fournis par l'observation de la loi d'échauffement et de refroidissement des aciers. La difficulté des expériences est peut-être plus grande, mais la certitude des conséquences à en tirer compense largement cet inconvénient.

Les mesures de dilatation ont déjà fait l'objet de mesures nombreuses de la part de MM. Svedelius, Le Chatelier, Charpy et Grenet. Mais l'étude des résistances électriques aux températures élevées n'a pas été faite d'une façon aussi complète.

M. Hopkinson donne les résultats suivants : pour le fil de fer doux, la température de transformation est 855°, et pour une corde à piano tenant 0,724 p. 100 de carbone, la température est 812° ; pour l'acier manganèse, le coefficient de température reste constant jusqu'à 1000°. Pour l'acier à 25 p. 100 de nickel, la transformation qui s'y produit pendant le chauffage au rouge n'est réversible qu'à une température inférieure à 0° ; ce métal peut donc exister, pendant un large intervalle de températures, à deux états différents : l'un magnétique, l'autre non magnétique.

(1) Ce travail, entrepris sur les conseils de M. le professeur Le Chatelier, à qui je suis heureux d'exprimer ici mes sentiments de vive reconnaissance, a été présenté à la séance annuelle de mai 1903 de l'*Iron and Steel Institute*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Le Chatelier est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Pour le fer, la transformation de 850°, difficilement visible par la méthode colorimétrique, est au contraire très nettement accusée par la méthode électrique ; cette transformation existerait dans l'acier comme dans le fer doux. Au contraire, la transformation de 750° et celle de la récalescence se font à peine sentir sur la résistance électrique.

2° Dans les aciers au nickel, le déplacement des points de transformation varie d'une façon continue avec la composition de l'alliage et ne se dédouble pas ; les alliages fer-nickel ne sont pas constitués par une combinaison de ces métaux juxtaposés à un excès de l'un ou l'autre d'entre eux, mais forment un mélange chimiquement homogène, un mélange isomorphe.

3° L'acier manganèse, découvert par M. Hadfield, présente deux variétés, l'une magnétique, l'autre non magnétique, caractérisées par des résistances électriques différentes.

4° L'étude des résistances électriques a permis de caractériser certaines transformations allotropiques non encore connues, particulièrement celles de 730° dans le laiton, de 500° dans le bronze d'aluminium, de 350° dans le zinc, de 690° dans un alliage cuivre-fer-nickel.

Sur les conseils de M. Le Chatelier, j'ai donc repris, d'une façon systématique, l'étude des variations de résistance électrique des fers et aciers en fonction de la température. J'ai utilisé dans ce but les échantillons qui ont servi à Mme Sklodowska Curie pour ses recherches sur les propriétés magnétiques des aciers, et à M. Le Chatelier lui-même pour des recherches sur la résistance électrique des aciers. Ces échantillons d'acier ont la forme de barreaux carrés de 1 centimètre de côté et de 20 centimètres de long ; quelques-uns sont cylindriques et ont 1 centimètre de diamètre ; leur composition chimique a été déterminée, au laboratoire de l'École des Mines, par MM. Moutonnet et Goutal. L'emploi d'échantillons à grande section est préférable à l'emploi de simples fils : on peut espérer ainsi que l'homogénéité du métal restera constante pendant une série d'expériences, ce qui n'a pas lieu avec des fils d'un demi ou d'un millimètre de diamètre. Si nous supposons, par exemple, dans le cas d'un acier, qu'une décarburation puisse être possible, cette modification de la composition chimique du métal qui, dans un fil de petit diamètre, se répartira sur toute la masse, deviendra au contraire négligeable dans un barreau à large section parce qu'elle ne se produira sur le périmètre du barreau que sous une épaisseur très faible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## II. — DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX.

Lors de ses premières expériences fondées sur l'apparition ou la disparition des phénomènes thermiques résultant des transformations allotropiques du fer, M. Osmond avait étudié l'influence du milieu gazeux sur la production de ces transformations. Pour l'acier à 0,16 de carbone, il avait obtenu dans l'hydrogène les mêmes perturbations que dans l'azote. Dans l'acier à 1,25 de carbone, l'hydrogène, dans un refroidissement à partir de 800°, avait assez fortement atténué la récalescence; d'après M. Osmond, ce gaz, dont M. Forquignon avait démontré l'affinité pour le carbone des aciers, devait diminuer la proportion du carbone restant libre de se combiner au fer. Enfin le refroidissement du fer fondu dans les gaz de combustion n'avait pas présenté non plus de particularités notables.

Les expériences de M. Le Chatelier relatives à la mesure des résistances électriques ont été faites dans un courant d'hydrogène sec et pur.

Pour éviter toute action chimique possible du milieu gazeux dans lequel sont les barreaux expérimentés, j'ai supprimé ce milieu gazeux, et j'ai dû installer un appareil me permettant de faire les mesures dans le vide.

### MESURE DES RÉSISTANCES

*Principe de la méthode.* — Un courant électrique d'une intensité donnée traversant un barreau, si deux points de ce barreau sont mis en communication avec un galvanomètre, la différence de potentiel que l'on mesure est proportionnelle à la résistance présentée au passage du courant entre ces deux points.

Les différents appareils sont reliés entre eux, comme l'indique le schéma ci-contre (fig. 1).

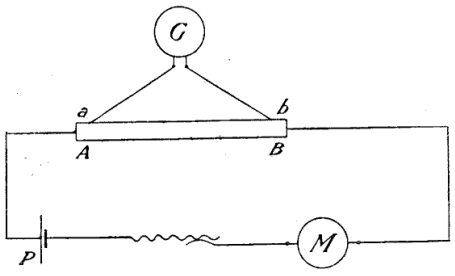


Fig. 1.

La source d'énergie électrique est constituée par une batterie d'accumulateurs P qui permet d'obtenir, pendant toute la durée d'une expérience, un courant d'une intensité constante, ce que l'on vérifie à l'aide d'un ampèremètre M. Une résistance R est intercalée dans le circuit afin de pouvoir régler l'intensité du courant.

Les points *a* et *b* du barreau A B, situés à une distance de 10 centimètres, sont reliés aux bornes d'un galvanomètre à cadre mobile; on mesure les dévia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions de cet appareil par la méthode de Poggendorf (la distance de la règle transparente au miroir du galvanomètre est de 150 centimètres).

Le courant est amené au barreau à l'aide de fil de fer de $1^{mm},6$ de diamètre dont les extrémités sont matées aux points A et B. Les fils issus des points *a* et *b* sont également matés; ils sont en platine afin d'éviter, aux endroits de soudures, la production possible de courants thermo-électriques; la force électromotrice de ces courants et celle que l'on se propose de mesurer sont du même ordre de grandeur. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

*Sensibilité de la méthode.* — Je me suis rendu compte de la sensibilité de la méthode en opérant par comparaison. J'ai déterminé la déviation de l'aiguille du galvanomètre correspondant à la différence de potentiel développée entre les deux extrémités des barreaux dont la résistance avait été préalablement déterminée, en faisant passer dans ces barreaux un courant d'une intensité donnée.

Les expériences ont été faites à la température ordinaire sur quatre barreaux d'acier, deux d'acier doux (C = 0.135, Mn = 0.40, S = 0.033, P = 0.004, Si = 0.030), deux d'acier dur (C = 0.57, Mn = 0.80, S = 0.070, P = 0.050, Si = 0.050) (1). Voici les résultats obtenus :

| | | RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES. | INTENSITÉ. | DIFFÉRENCE DE POTENTIEL. | DÉVIATION LUE. | I DIVISION = |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | microhm. | ampères. | volt. | divisions. | microvolts. |
| Acier doux. | 1 | 0,00049 | 2,30 | 0,001162 | 84,0 | 13,91 |
| | 2 | 0,000467 | 2,27 | 0,001060 | 76,6 | 13,93 |
| Acier dur.. | 1 | 0,000587 | 2,25 | 0,001321 | 95,0 | 13,90 |
| | 2 | 0,00063 | 2,25 | 0,001417 | 103,5 | 13,70 |

Ce qui donne une moyenne de 13,8 microvolts pour 1 division. Pouvant apprécier le quart de chacune des divisions, les lectures seront donc faites avec une approximation de 3,45 microvolts. L'intensité du courant généralement employée dans toutes mes expériences varie de 2 ampères à 2,20 ampères; les résistances seront donc mesurées avec une approximation d'environ 1,5 microhm, ce qui correspond pour les aciers les moins résistants que j'ai expérimentés à une erreur inférieure à 1 p. 100.

Les échantillons 1 et 2 de chacun des aciers précédents ont été pris dans la même coulée : la mesure de la résistance électrique permet donc de se rendre compte de l'homogénéité de ces métaux.

(1) Ces échantillons d'acier ont été gracieusement mis à ma disposition par M. Mahler, ingénieur fondé de pouvoirs de la Société des Aciéries et Forges de Trignac. Ce sont des aciers pour rails destinés au Métropolitain de Paris, l'acier doux devant servir à la confection des rails conducteurs du courant électrique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DESCRIPTION DE L'APPAREIL

Les expériences devaient être faites dans le vide et poussées jusqu'à la température de 1 200°, je me suis servi d'un tube en porcelaine vernissée extérieurement et intérieurement, de 400 millimètres de longueur, 30 millimètres de diamètre extérieur et 24 millimètres de diamètre intérieur; ce tube est continué par un autre tube capillaire, également en porcelaine vernissée sur les deux faces, de 200 millimètres de longueur, 9 millimètres de diamètre extérieur et 1 millimètre de diamètre intérieur.

L'extrémité de ce tube capillaire est relié, à l'aide d'un joint au mastic Golaz, à un tube capillaire en cuivre qui met tout le système en communication avec la pompe à mercure; sur le parcours, est intercalé un tube à ponce sulfurique.

La partie large du tube de porcelaine, qui doit contenir le barreau, les fils d'arrivée et de sortie du courant, les deux fils de platine allant au galvanomètre, le couple thermo-électrique, est fermée avec une garniture métallique, pouvant être également mastiquée au Golaz, munie de trois tubulures de 8 millimètres de diamètre chacune. Pour éviter tout contact entre les parties métalliques situées à l'intérieur du tube en porcelaine, les fils de fer et de platine traversent des tubes en terre de pipe préalablement calcinés. Les fils du couple peuvent être plus simplement isolés à l'aide d'une tresse de fil d'amiante.

Une des tubulures livre passage aux deux fils du couple thermo-électrique, une autre aux deux fils de platine allant au galvanomètre. Dans chacune de ces tubulures, les fils sont isolés convenablement, soit avec un tube en verre, soit avec un tube en terre de pipe. La troisième tubulure est utilisée pour l'entrée et la sortie du courant; on dispose concentriquement, à partir du centre un fil de cuivre, un premier tube de verre, un tube de cuivre, un deuxième tube de verre; les différentes parties du système glissent l'une sur l'autre à frottement doux, le système lui-même rentrant également à frottement doux dans la tubulure. Ce dispositif a été pris pour éviter un échauffement trop grand des conducteurs au passage du courant, ce qui aurait présenté le grave inconvénient de fondre la cire, et par suite de détruire l'étanchéité de l'appareil.

Pour assurer cette étanchéité nécessaire à la conservation du vide dans l'appareil, toutes les parties susceptibles de glisser l'une sur l'autre sont enduites de mastic Golaz, les trois tubulures elles-mêmes étant noyées dans un bloc de mastic.

L'appareil étant ainsi monté, on l'introduit dans le four à résistance électrique dont on trouvera la description plus bas. Afin d'éviter la fusion du mastic dans les endroits susceptibles d'être soumis à une température assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

élevée, notamment au point de jonction de la garniture métallique et du tube de porcelaine, on entoure cette partie d'un tube de plomb traversé par un courant d'eau rapide.

### MODE DE CHAUFFAGE

J'ai employé un four à résistance électrique afin de pouvoir obtenir un chauffage très régulier et arriver progressivement à des températures élevées. J'ai construit ce four d'après les indications données par M. Güntz (1), qui a reconnu qu'on pouvait, sans inconvénient, porter le platine à haute température au contact d'aluminate de magnésie ou de chaux; il suffit alors d'enrober le platine dans une brasque de l'un ou l'autre de ces mélanges pour le protéger contre toute altération.

La brasque d'aluminate de chaux se prépare suivant les indications de Sainte-Claire Deville en mélangeant une partie d'alumine fortement calcinée, une partie d'alumine provenant d'une calcination incomplète de l'alun ammoniacal, une partie d'aluminate de chaux obtenu en chauffant à fusion poids égaux d'alumine et de chaux pure; le mélange intime de ces diverses poudres est obtenu au moyen d'un broyeur à boulets.

Sur un tube de terre réfractaire de 30 centimètres de long et de diamètre convenable pour qu'on puisse y introduire à frottement doux le tube de porcelaine, on applique en plusieurs fois à la main, sur une épaisseur de 3 à 4 millimètres, une pâte d'aluminate de chaux, la première couche étant une bouillie très claire destinée à humecter le tube.

On laisse sécher à l'air cette pâte, qui est très adhérente et ne se fendille pas. Pour fixer le fil de platine, on enroule sur la brasque, d'une façon uniforme, une ficelle fine de la longueur du fil de platine qu'on veut employer; pour régulariser l'enroulement, on emploie un peigne métallique. Avec une pointe fine, on trace dans la brasque, le long de la ficelle, un sillon très régulier et profond d'un demi-millimètre environ, dans lequel on place le fil de platine après avoir enlevé la ficelle. On remet par-dessus le fil de platine une deuxième couche de 3 à 4 millimètres de la même brasque qui enrobe et protège le fil de platine. Pour éviter le refroidissement, le four ainsi construit est introduit dans un manchon de grès beaucoup plus large, et l'espace entre les deux tubes ($5^{cm},5$ à 6 centimètres d'épaisseur) est rempli de magnésie calcinée.

Le fil de platine employé a 5/10 millimètre de diamètre, et la longueur enroulée est de $960^{cm}$, les spires étant distantes de 5 millimètres.

Le four est chauffé par le courant alternatif, pris sous une tension de

(1) *Bull. Soc. chim. de Paris*, t. 27, p. 153 (1902).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

110 volts. Au bout de trois heures de chauffage, l'appareil étant en court-circuit, on atteint la température de 1 215° à l'intérieur du tube en porcelaine. Si l'on tient compte de la variation de résistance du platine avec l'élévation de température (1), on calcule facilement qu'il suffit d'une intensité d'à peine 4 ampères, c'est-à-dire d'une énergie électrique de 440 watts, pour obtenir une température relativement élevée.

Avant d'utiliser le four pour l'obtention des températures élevées, il est bon de le chauffer doucement et progressivement pour parfaire la dessiccation des matériaux employés; on évite ainsi toute rupture, qui mettrait le four hors de service.

Le même four à résistance électrique m'a servi pour effectuer toutes mes expériences.

### MESURE DES TEMPÉRATURES

La température est repérée au moyen d'un couple Le Chatelier platine-platine rhodié à 10 p. 100 et d'un galvanomètre à cadre mobile Desprez-d'Arsonval dans lequel la lecture se fait au moyen d'un microscope (modèle Carpentier). La graduation a été faite avec les points fixes suivants :

| | degrés. |
|---|---|
| Ébullition de l'eau . . . . . | 100 |
| — de la naphtaline . . . . . | 218 |
| — du soufre . . . . . | 445 |
| Fusion de l'aluminium . . . . . | 655 |
| Fusion du sel marin . . . . . | 800 |
| — du cuivre . . . . . | 1085 |

(1) Il est nécessaire, au moment de la construction du four, d'étudier la variation de résistance du fil de platine que l'on doit employer en fonction de la température; on évite ainsi de fondre le fil de platine par un courant trop intense. On met un fil de 20 centimètres de longueur entre deux bornes, et l'on mesure simultanément la différence de potentiel aux bornes ainsi que l'intensité nécessaire pour porter le fil à différentes températures.

Le fil que j'ai employé, qui m'a été fourni par la maison Contenau, a donné les résultats suivants :

| Ampères. | Volts. | Résistance. | $\frac{R_t}{R_0}$ | Températures. |
|---|---|---|---|---|
| 2,9 | 0,31 | 0,155 | » | » |
| 3,0 | 0,475 | 0,164 | » | » |
| 3,65 | 0,605 | 0,166 | » | » |
| 4,45 | 0,938 | 0,21 | » | » |
| 5,7 | 1,5 | 0,27 | » | » |
| 7,75 | 3,0 | 0,39 | 2,51 | rouge naissant. |
| 9,12 | 5,0 | 0,54 | 3,48 | » |
| 12,0 | 7,0 | 0,58 | 3,74 | rouge vif. |

Ces chiffres montrent qu'en maintenant la valeur du rapport $\frac{R_t}{R_0}$ inférieure à 4, le fil de platine ne fondra pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MARCHE D'UNE EXPÉRIENCE

Les mesures sont faites à température montante et à température descendante; il eût été certainement préférable de les effectuer à température constante, mais j'ai renoncé à cette méthode de chauffage par suite du temps considérable qui eût été nécessaire pour une série se rapportant seulement à un échantillon : les transformations allotropiques du fer et de ses alliages ont lieu dans un intervalle de température assez grand (de 600° à 900° pour les aciers au carbone), et on est obligé de faire les lectures à des températures suffisamment rapprochées (de 10° en 10°, par exemple) si l'on veut suivre de près le phénomène.

On note donc simultanément la température du barreau, la différence de potentiel et l'intensité du courant.

Dès le début de mes expériences, je me suis trouvé arrêté par des difficultés

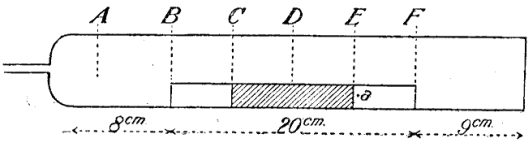



Fig. 2.

d'ordre pratique se rapportant à la mesure de la température d'une part, à la mesure de la différence de potentiel d'autre part.

*Température du barreau.* — Pour la précision des mesures, il importe que la température du barreau expérimenté soit uniforme d'une extrémité à l'autre. J'ai alors étudié la répartition de la chaleur dans le tube de porcelaine, en explorant les diverses parties de ce tube avec un couple thermo-électrique. Un autre couple, placé à demeure dans un trou cylindrique de 5 millimètres foré dans le barreau, servait de terme de comparaison. Dans toutes les expériences ci-dessous, le barreau est traversé par un courant électrique de même intensité que celui utilisé dans les expériences des mesures de différence de potentiel.

1re *expérience.* — Le barreau de 20 centimètres de longueur est disposé comme le représente la fig. 2; le couple fixe est en *a*.

Le couple fixe indiquant la température de 702° C., j'ai obtenu :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En A, | la température | de | 750 degrés. |
| — B, | — | | 762 — |
| — C, | — | | 783 — |
| — D, | — | | 783 — |
| — E, | — | | 720 — |
| — F, | — | | 465 — |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2e *expérience*. — Le barreau étant disposé comme dans la fig. 3, on a mis en A un tampon d'amiante comprimée, de forme cylindrique, ayant 5 centimètres

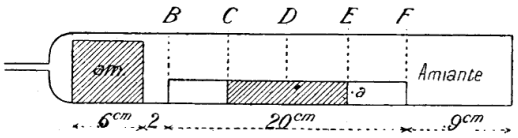



Fig. 3.

de longueur; l'espace libre en avant du barreau a été rempli avec de l'amiante en mèches.

Le couple fixe en *a*, indiquant la température de 702° C., j'ai obtenu :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En B, | la température | de | 772 degrés. |
| — C, | — | | 772 — |
| — D, | — | | 785 — |
| — E, | — | | 742 — |
| — F, | — | | 550 — |

Ces deux expériences mettent en évidence une très inégale répartition de la chaleur dans le tube de porcelaine; et si l'on ne considère que la portion CE du

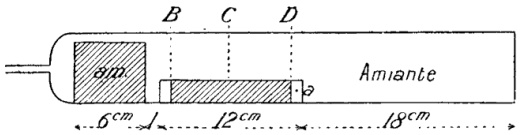



Fig. 4.

barreau, qui seule est intéressante, on voit que, dans la 1re expérience, l'écart maximum est 63°, et dans la seconde 43°.

3e *expérience*. — La longueur du barreau est réduite à 12 centimètres, et l'expérience est montée comme l'indique la fig. 4.

Couple fixe : 702° Couple mobile en B : 710°
— — C : 725 } écart = 45°
— — D : 755

| Période d'échauffement . . | Couple fixe. | Couple mobile en B. |
|---|---|---|
| | 218° | 230° |
| | 405 | 358 |
| | 550 | 543 |
| | 626 | 633 |

| Période de refroidissement. | Couple fixe. | Couple mobile en D. |
|---|---|---|
| | 597° | 640° |
| | 500 | 512 |
| | 452 | 435 |
| | 315 | 333 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4e *expérience.* — Voir fig. 5 : on met en avant du barreau de l'amiante en mèches, et le système de fils est entouré d'une toile d'amiante.

Couple fixe : 702° Couple mobile en B : 752° — — C : 760 — — D : 780 } écart = 28°

| | Couple fixe. | Couple mobile en C. |
|---|---|---|
| Période d'échauffement . . | 200° | 225° |
| | 347 | 325 |
| | 452 | 470 |
| | 550 | 605 |
| | 645 | 715 |

| | Couple fixe. | Couple mobile en C. |
|---|---|---|
| Période de refroidissement. | 745° | 795° |
| | 645 | 702 |
| | 550 | 612 |
| | 440 | 425 |
| | 347 | 295 |

Au cours de cette expérience j'ai pu constater que les deux extrémités du barreau n'étaient pas à la même température : les fils d'arrivée et de sortie du

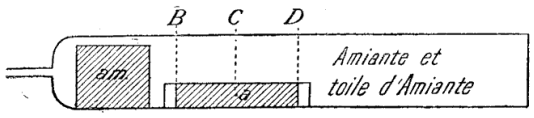



Fig. 5.

courant électrique étant en nickel, il m'a suffi de les réunir à un galvanomètre pour mesurer la force électromotrice due à la thermo-électricité. Par comparaison avec la force électromotrice développée dans le couple fer-nickel à une tempéra-

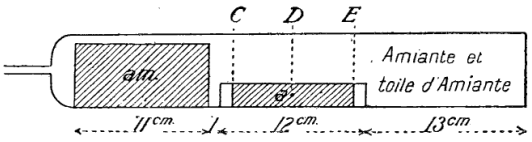



Fig. 6.

ture fixe (100°), j'ai pu me faire une idée de la différence de température des deux extrémités du barreau.

Le couple fixe marquant 347°, cette différence est de 8° environ; le couple fixe marquant 577°, cette différence est 19° environ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

5e *expérience.* — Disposée comme la précédente; le tampon d'amiante a une longueur de 11 centimètres (fig. 6).

Couple fixe : 702° Couple mobile en C : 758° } écart = 8°
— — D : 755 }
— — E : 750 }

| | Couple fixe. | Couple mobile en D. |
|---|---|---|
| Période d'échauffement . . | 272° | 233° |
| | 452 | 472 |
| | 550 | 600 |
| | 645 | 708 |

| | Couple fixe. | Couple mobile en E. |
|---|---|---|
| Période de refroidissement. | 645° | 650° |
| | 550 | 525 |
| | 452 | 365 |

Le couple fixe marquant 702°, la différence de température aux extrémités du barreau a été trouvée égale à 13° environ.

*Conclusions.* — Pour avoir une mesure aussi exacte que possible de la température du barreau, le couple devra être logé au centre du barreau dans un trou foré à cet effet. La répartition de la chaleur dans le barreau sera la meilleure lorsqu'il sera disposé dans le tube de porcelaine d'après le schéma de la fig. 6; de cette manière, à une dizaine de degrés près, on aura une région de 10 centimètres de longueur dans laquelle la température pourra être considérée comme constante. Enfin, le couple fixe du barreau marque la température de 700°, il faut compter que la température de l'atmosphère du tube est supérieure de 50°; cette remarque est importante pour fixer la température maxima à laquelle on pourra chauffer sans craindre de fondre le fil de platine constituant le four à résistance électrique.

*Différence de potentiel.* — Les mesures de différence de potentiel n'ont pas été aussi simples à effectuer que pourrait le faire supposer le schéma de la fig. 1 (page 451). Au lieu d'employer des fils de platine, comme je l'ai indiqué, je me suis d'abord servi de fils de fer, et ce n'est qu'après de nombreux essais que je suis arrivé pratiquement à la superposition des courbes de variation de résistance électrique obtenues soit à l'échauffement, soit au refroidissement. La non-superposition est due à la production de forces électromotrices de contact aux points où aboutissent les fils reliant le galvanomètre au barreau, d'une part, à la production de forces électromotrices de contact dans le barreau lui-même entre les diverses variétés de fer, d'autre part; si l'on étudie la variation de ces couples thermo-électriques, on obtient une courbe dans laquelle s'accusent les points de transformation du métal en expérience (1).

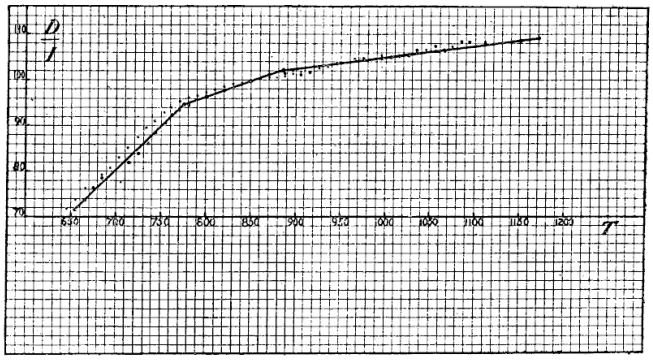
(1) Pour le détail des expériences comparatives faites sur un même barreau, voir *Journal de l'Iron and Steel Institute,* mai 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

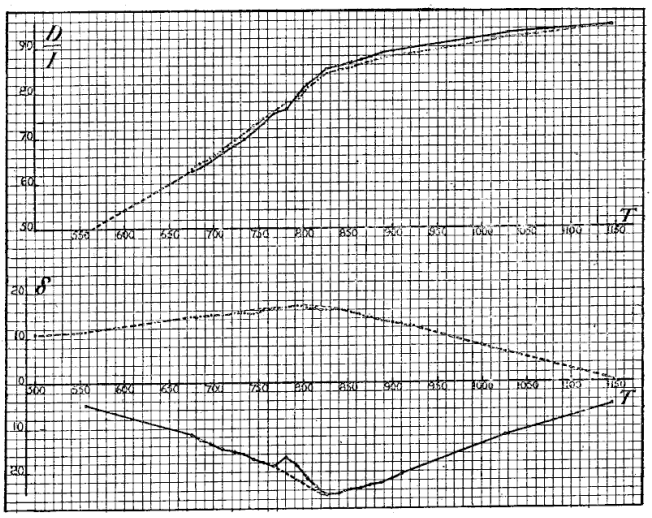
### III. — RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Dans chaque expérience on a noté :

La déviation $\Delta$ du galvanomètre lue sur la règle transparente et non corrigée;




Courbe 1.

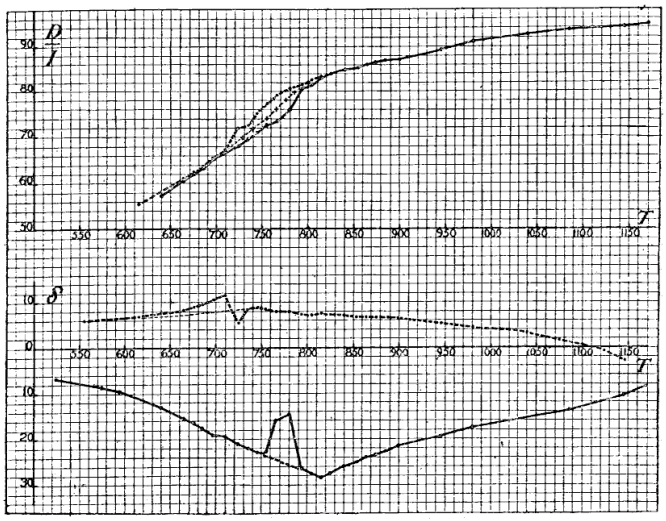



Courbes 2.

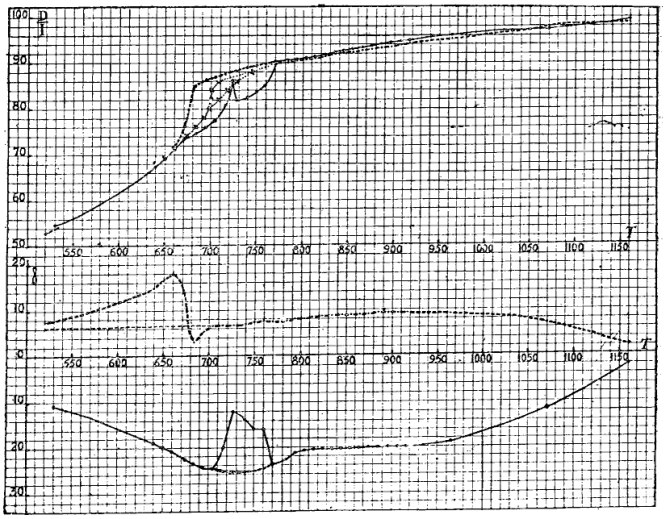
La déviation $\delta$ du galvanomètre lue également sur la règle transparente et correspondant à la différence de potentiel d'ordre thermo-électrique;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La déviation corrigée D;
L'intensité I du courant;
La température T.




Courbes 3.

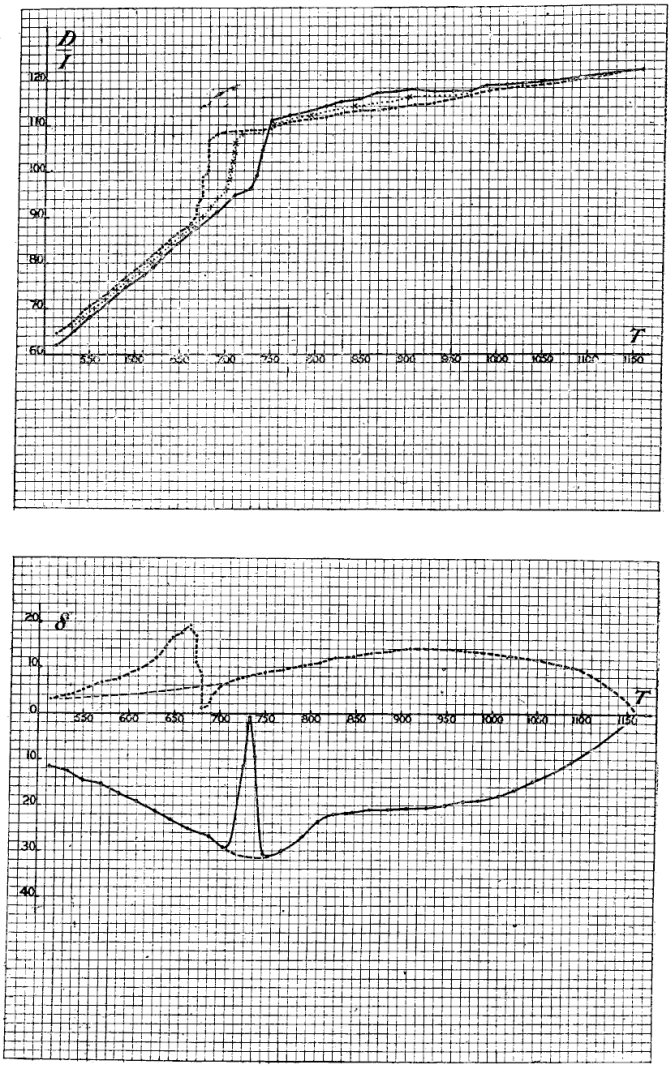



Courbes 4.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les lettres $c$ et $r$ en indice signifient que les mesures ont été faites, soit à l'échauffement, soit au refroidissement.

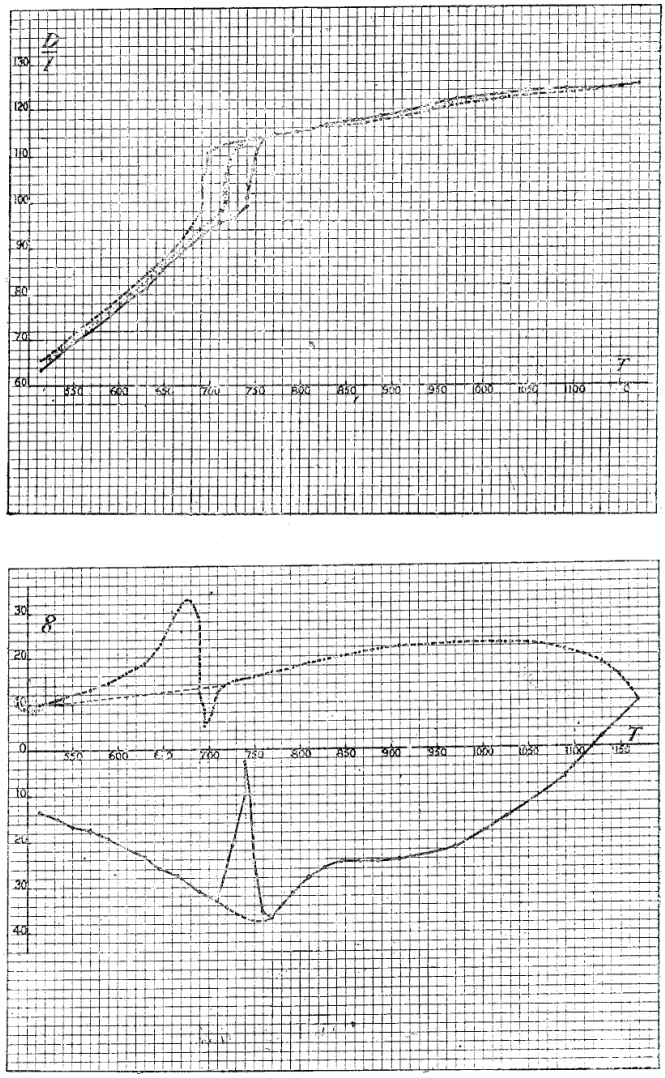



Courbes 5.

Étant donné le but de ce travail, je n'ai pas déterminé la résistance électrique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en valeur absolue. D'après la méthode employée, la résistance est proportion-

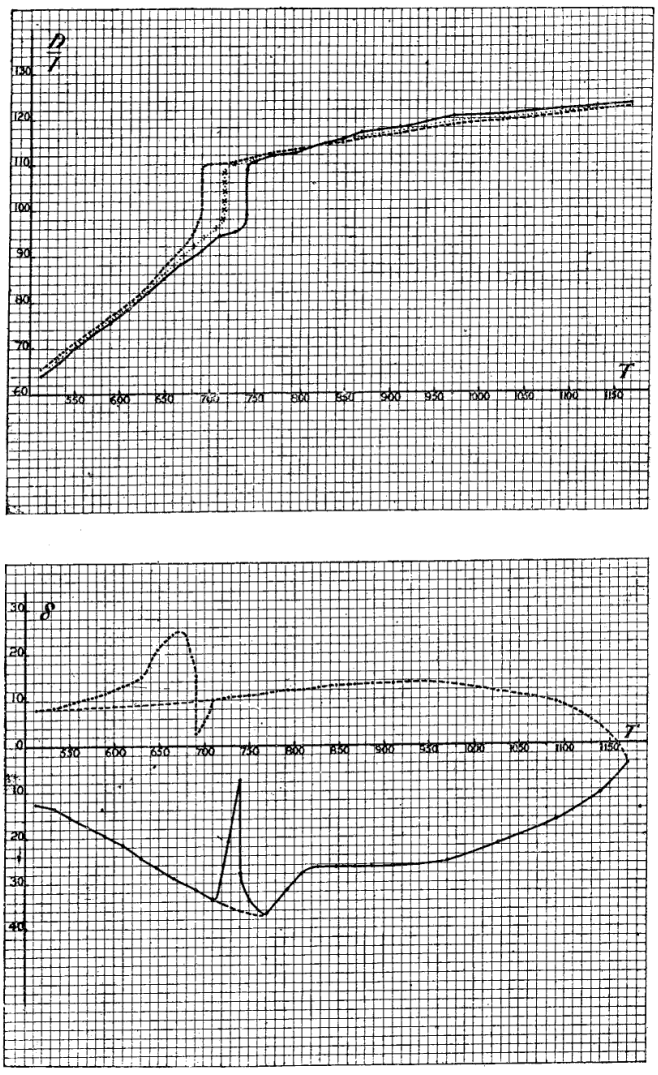



Courbes 6.

nelle à la déviation D si l'intensité est sensiblement constante pendant toute la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

durée d'une expérience, au quotient $\frac{D}{I}$ dans le cas contraire. Si aux transfor-

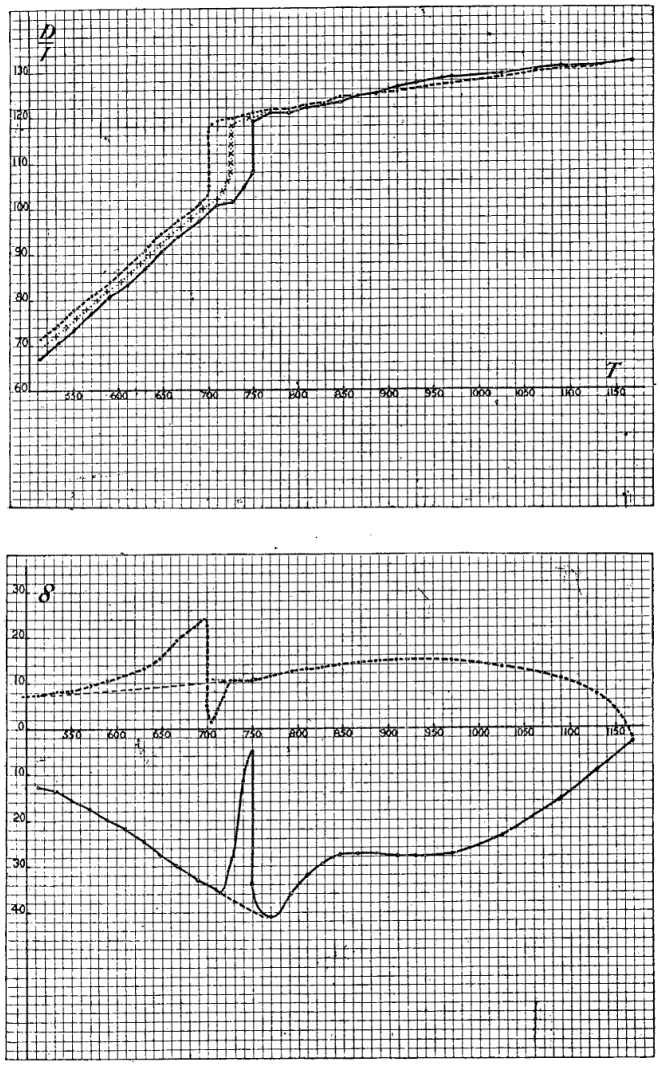



Courbes 7.

mations allotropiques des fers et aciers correspondent des variations de résistance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

électrique, les courbes construites en prenant comme abscisses les températures

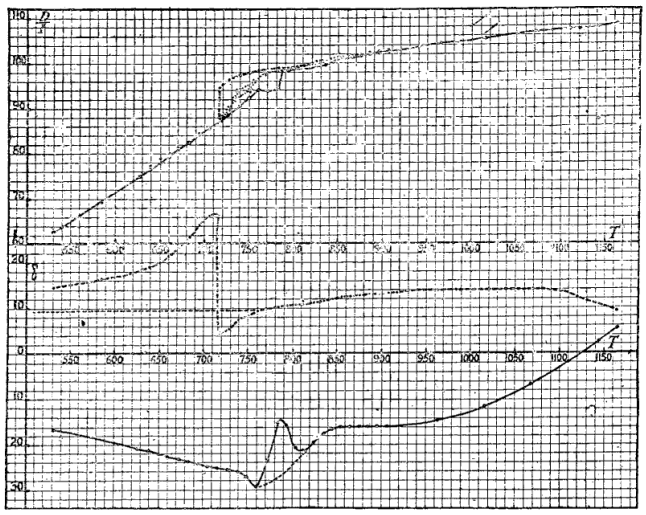



Courbes 8.

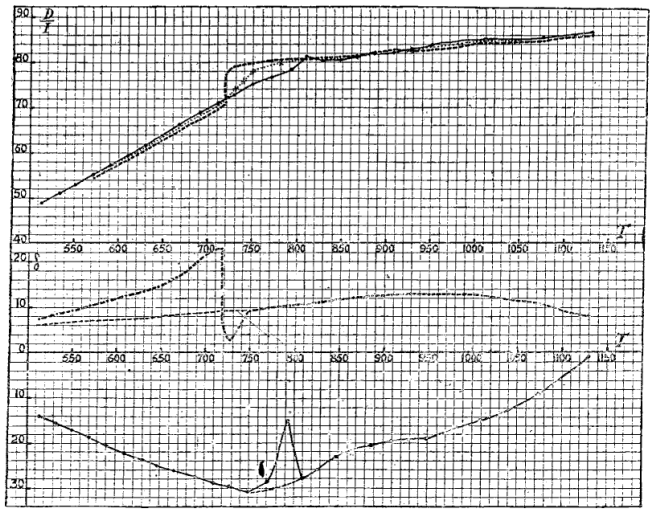
et comme ordonnées les quantités D ou $\frac{D}{I}$ suffiront pour nous indiquer les points

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de transformation. C'est ainsi qu'ont été tracées les courbes jointes au présent



Courbes 9.

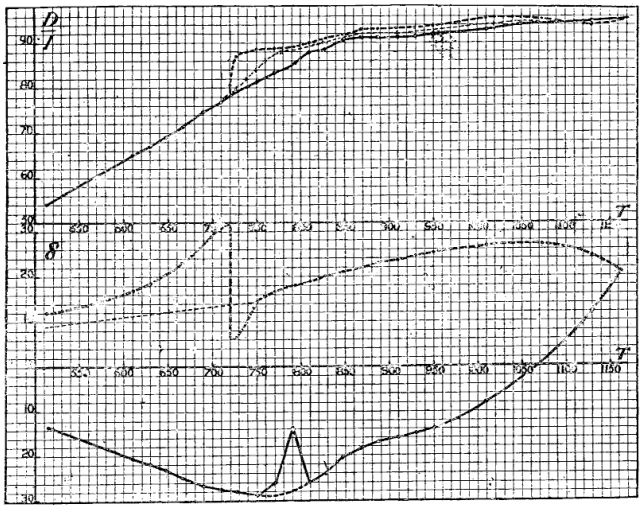


Courbes 10.

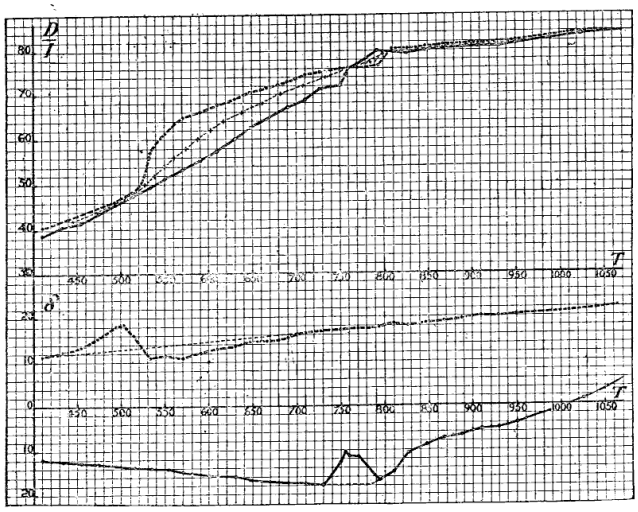
mémoire, se rapportant à des tableaux de résultats numériques que l'on trouvera

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le *Journal de l'Iron and Steel Institute*, mai 1903. Les courbes tracées en



Courbes 11.

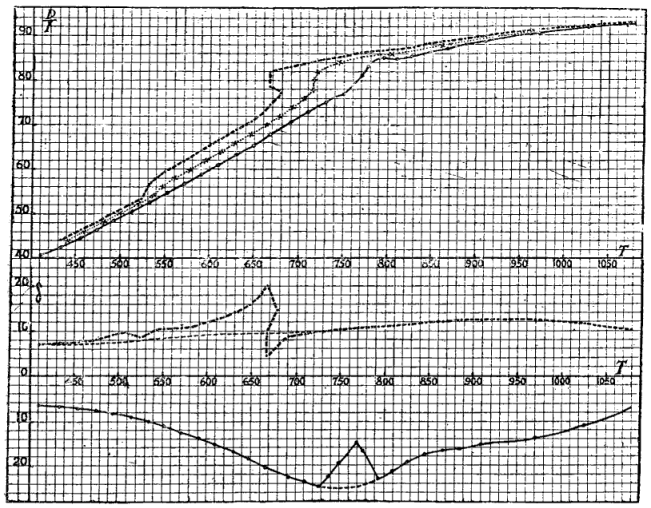


Courbes 12.

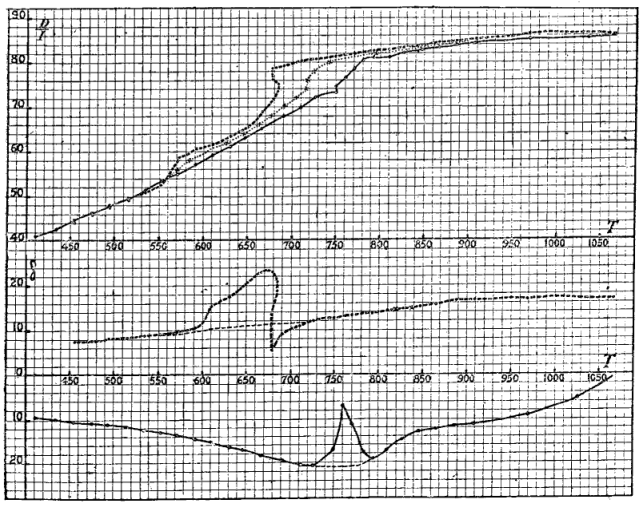
trait plein représentent les observations faites à température montante, celles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tracées en pointillé les observations faites à température descendante. Les courbes



Courbes 13.

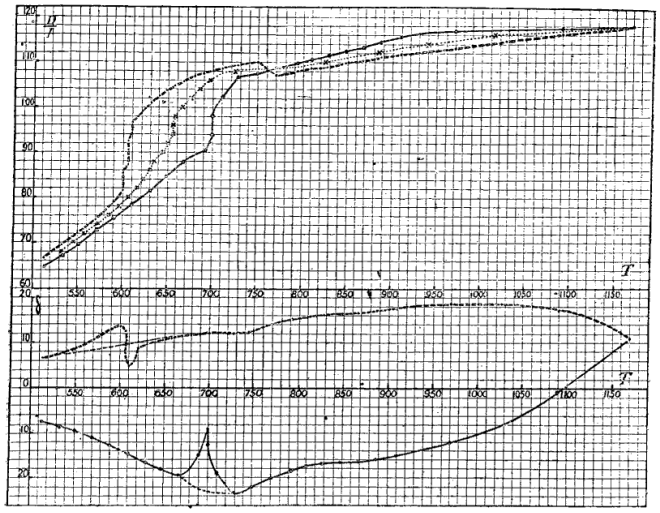


Courbes 14.

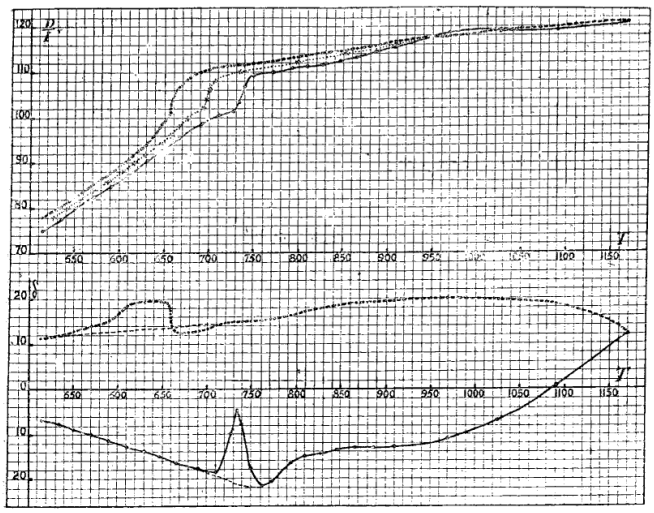
intermédiaires sont les courbes moyennes calculées d'après les abscisses,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans les portions de courbes non superposées. Les températures sont portées en abscisses, et les quotients $\frac{D}{I}$ en ordonnées.



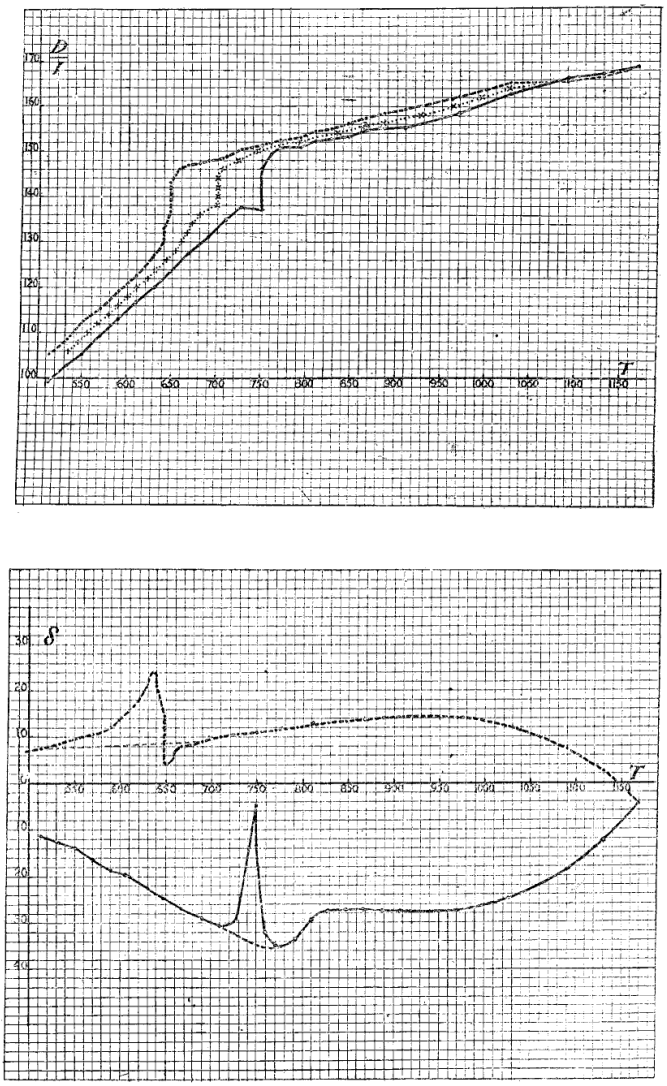
Courbes 15.



Courbes 16.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les conditions expérimentales dans lesquelles ont été faites les mesures

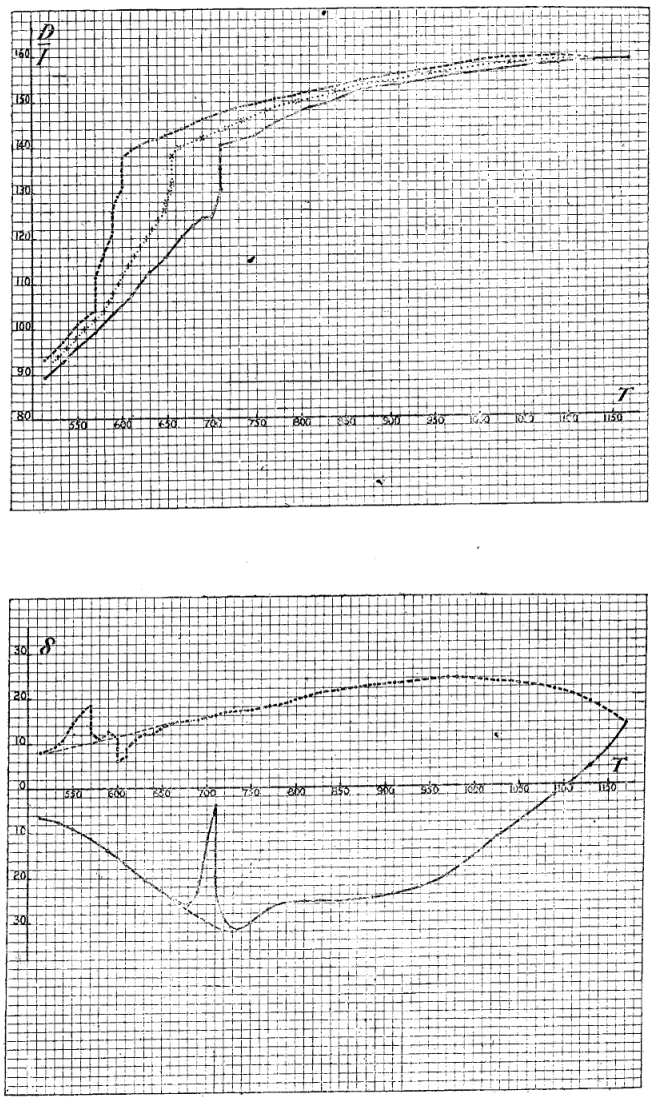



Courbes 17.

des δ sont telles que les déviations lues en millimètres sur la règle transparente

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

représentent sensiblement la différence de température en degrés centigrades entre les deux extrémités du barreau essayé.




Courbes 18.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La composition chimique des différents échantillons est la suivante :

| | C | Si | Mn | Cr | W | Ni | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACIERS AU CARBONE** | | | | | | | |
| Fer commercial (courbe 1). | » | » | » | | | | non analysé |
| Acier doux. . . (courbe 2). | 0 205 | 0 076 | 0 15 | | | | |
| — mi-dur. . (courbe 3). | 0 493 | 0 045 | 0 24 | | | | |
| — dur. . . . (courbe 4). | 0 841 | 0 132 | 0 24 | | | | |
| — — . . (courbe 5). | 0 82 | » | » | | | | (1) |
| — — . . (courbe 6). | 1 06 | » | » | | | | |
| — — . . (courbe 7). | 1 15 | » | » | | | | |
| — — . . (courbe 8). | 1 38 | » | » | | | | |
| **ACIERS AU CHROME** | | | | | | | |
| C I . . . . . (courbe 9). | 0 501 | 0 273 | 0 23 | 2 486 | | | |
| C II . . . . . (courbe 10). | 0 819 | 0 274 | 0 21 | 2 831 | | | |
| C III . . . . . (courbe 11). | 1 069 | 0 363 | 0 21 | 3 445 | | | |
| **ACIERS AU TUNGSTÈNE** | | | | | | | |
| V I . . . . . (courbe 12). | 0 551 | 0 201 | 0 42 | | 2 917 | | |
| V II . . . . . (courbe 13). | 0 760 | 0 298 | 0 44 | | 2 717 | | |
| V III . . . . . (courbe 14). | 1 107 | 0 322 | 0 38 | | 2 696 | | |
| **ACIERS AU MANGANÈSE** | | | | | | | |
| M II . . . . . (courbe 15). | 1 183 | 0 882 | 1 83 | | | | |
| M III . . . . . (courbe 16). | 1 941 | 0 984 | 2 20 | | | | |
| **ACIERS AU NICKEL** | | | | | | | |
| N I . . . . . (courbe 17). | 0 567 | 0 176 | 0 34 | | | 3 616 | |
| N II . . . . . (courbe 18). | 0 702 | 0 186 | 0 34 | | | 3 029 | |
| N III . . . . . (courbe 19). | 1 214 | 0 280 | 0 32 | | | 3 732 | |

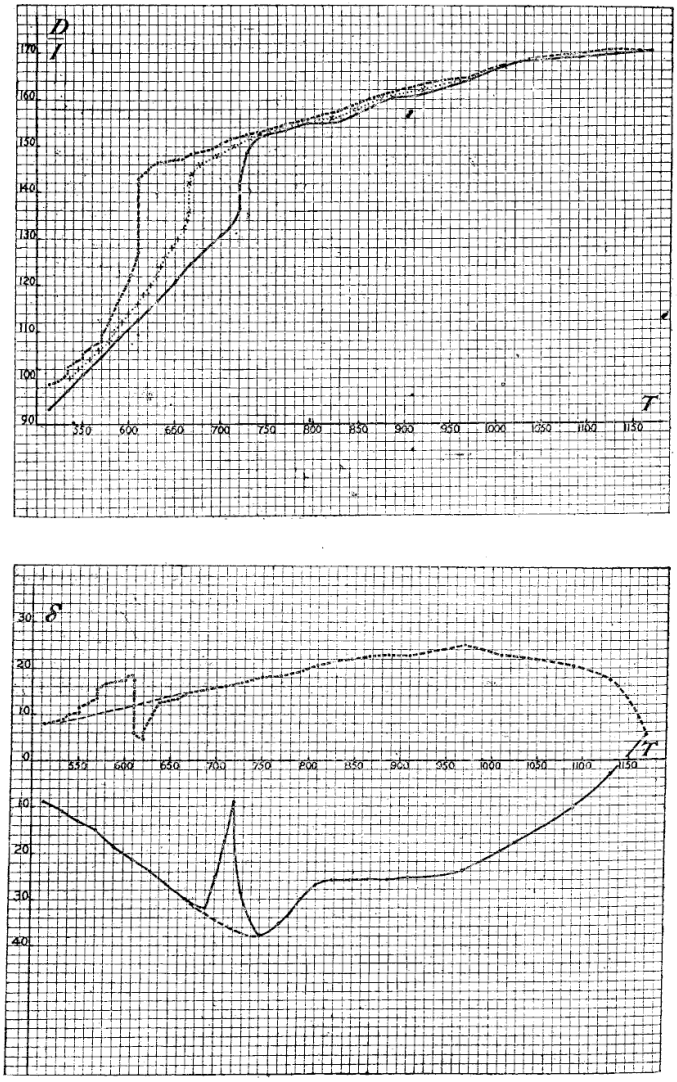
(1). Ces quatre échantillons d'aciers très carburés ont été obtenus en refondant au creuset du fer de Suède cémenté; ils ne contiennent donc les éléments autres que le carbone qu'à l'état de traces. Je les dois à l'amabilité de M. Charpy, ingénieur principal aux forges de Châtillon-Commentry. Je lui adresse mes sincères remerciements.

## IV. — CONCLUSIONS

L'ensemble des résultats obtenus établit la parfaite réversibilité des phénomènes de variation de résistance électrique du fer et de ses alliages en fonction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la température, du moins pour les températures extérieures à celles où se pro-




Courbes 19.

duisent les transformations allotropiques. Dans la région des points critiques,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'écart entre les courbes d'échauffement et de refroidissement est d'autant plus grand, pour les aciers au carbone, que la teneur en carbone est elle-même plus élevée. Les aciers contenant des métaux étrangers (chrome, manganèse, tungstène) présentent, en général, des écarts de même ordre que ceux observés avec les aciers contenant plus de 1 p. 100 de carbone. Cette conclusion était à prévoir : comme les actions chimiques, les transformations allotropiques n'acquièrent une certaine vitesse que lorsque le système est suffisamment éloigné de ses conditions d'équilibre; il se peut qu'au voisinage des transformations, les changements d'état ne se fassent qu'avec une lenteur extrême, et dans le cas particulier du fer, les retards à ces transformations seront exagérés par l'état solide du milieu, par la présence du carbone et des métaux étrangers.

La courbe des variations de résistance électrique des fers et aciers ne change pas de forme parabolique de la température ordinaire à celle où commencent les transformations; mais à partir de 800°, elle devient linéaire. Les formules suivantes représentent suffisamment bien le phénomène au-dessus de la température de 800° :

| | |
|---|---|
| Acier à 0,205 | $R = 42,8 + 0,0486\ t$ |
| — 0,493 | $R = 47,0 + 0,043\ t$ |
| — 0,841 | $R = 72,7 + 0,023\ t$ |
| — 0,82 | $R = 92,9 + 0,028\ t$ |
| — 1,05 | $R = 92,0 + 0,029\ t$ |
| — 1,16 | $R = 90,6 + 0,0283\ t$ |
| — 1,38 | $R = 97,75 + 0,0301\ t$ |
| Acier C 1 | $R = 74,2 + 0,031\ t$ |
| — C 2 | $R = 67,55 + 0,017\ t$ |
| — C 3 | $R = 67,3 + 0,0255\ t$ |
| Acier V 1 | $R = 67,8 + 0,015\ t$ |
| — V 2 | $R = 59,0 + 0,032\ t$ |
| — V 3 | $R = 66,4 + 0,0183\ t$ |
| Acier M 2 | $R = 92,8 + 0,0226\ t$ |
| — M 3 | $R = 84,9 + 0,033\ t$ |
| Acier N 1 | $R = 116,7 + 0,045\ t$ |
| — N 2 | $R = 125,7 + 0,0305\ t$ |
| — N 3 | $R = 118,0 + 0,047\ t$ |

Pour l'échantillon de fer que j'ai étudié, les trois formules linéaires suivantes représentent le phénomène :

| | |
|---|---|
| De 655 à 770° | $R = -51,9 + -0,189\ t$ |
| De 781 à 877 | $R = 39,3 + 0,071\ t$ |
| De 896 à 1170 | $R = 74,4 + 0,031\ t$ |

Dans les aciers au carbone, la résistance électrique croît nettement avec la teneur en carbone. L'introduction du chrome et du tungstène augmente la résistance, sensiblement dans le rapport de 1 à 2; mais ce rapport d'accroisse-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment ne subsiste pas aux températures élevées où les aciers au chrome et au tungstène possèdent une résistance à peu près égale à celle des aciers au carbone. Le manganèse, à la température ordinaire, rend la résistance d'un acier au moins trois fois plus grande; le nickel produit une augmentation de résistance beaucoup plus grande que le manganèse. Pour ces deux métaux, le rapport d'augmentation est plus petit à chaud qu'à froid.

### 1° *Aciers au carbone.*

Les transformations $A_1$ (récalescence) et $A_2$ (perte des propriétés magnétiques), dans les aciers peu carburés, n'ont pas beaucoup d'influence sur la résistance électrique; nettement progressives, elles embrassent un certain intervalle de température.

La transformation $A_3$ est, au contraire, brusque : la résistance électrique, après avoir beaucoup augmenté depuis la température ordinaire (elle devient huit fois plus grande dans les aciers au carbone, quatre à cinq fois dans les aciers au chrome et au tungstène, trois fois dans les aciers au manganèse), ne croît plus que d'une manière insensible au-dessus de cette température. Cette transformation $A_3$ s'accuserait encore dans les aciers tenant 0,5 de carbone; la température à laquelle elle aurait lieu se rapprocherait de 800°; un certain doute peut cependant rester sur l'existence certaine du point $A_3$ dans ces aciers.

Lorsque la teneur en carbone augmente de plus en plus, comme cela a déjà été observé, les points $A_1$, $A_2$ et $A_3$ se rapprochent de plus en plus et finissent par se confondre : le phénomène de transformation allotropique, prenant alors une ampleur considérable, devient très visible.

L'examen des courbes jointes à ce travail conduit à fixer les points de transformations allotropiques des aciers au carbone que j'ai étudiés de la manière suivante :

| | | $A_3$ | $A_2$ | $A_1$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fer commercial. . . . . | | 885° | 775° | — | |
| Acier à 0,205. . . | Échauff. | 835° | 780° | 720° | (Légère inflexion.) |
| | Refroid. | 835° | » | 720° | |
| Acier à 0,493. . . | Échauff. | 825° (?) | 792°-768° | » | |
| | Refroid. | » | 734°-722° | 710° | |
| | Moyenne. | 825° (?) | 755° | 710° | |
| Acier à 0,841. . . | Échauff. | 670°-722°-728°-770° | | | |
| | Refroid. | | 682° | | |

Les points $A_3$, $A_2$ et $A_1$ sont réunis en un seul point situé, d'après la courbe moyenne, à la température de 700°.

La courbe d'échauffement, dans le cas de l'acier à 0,841 de carbone, pré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sente une forme particulière : après un changement de courbure à 670°, elle atteint un maximum à 722°, puis passe par un minimum à 728°, pour devenir sensiblement droite à partir de 770°. Si l'on remarque que les portions de courbe en deçà de 722° et au delà de 728° sont à peu près les prolongements l'une de l'autre, et si l'on fait abstraction de la pointe 716°-722°-728°, on peut alors construire une autre courbe moyenne qui met en évidence deux points remarquables, l'un à 696°, l'autre à 745°. Les points 696° et 700° sont évidemment les mêmes.

Pour les aciers très carburés (de 0,82 à 1,38 p. 100 de carbone), pendant la période d'échauffement, le pyromètre accuse un ralentissement très net dans l'augmentation de température, quelquefois un arrêt. Pendant le refroidissement, on constate également un ralentissement de la chute de température, puis à un moment donné un *arrêt excessivement net* dont la durée atteint 7 à 8 minutes.

La température de transformation (réunion des points $A_1$, $A_2$ et $A_3$), à partir de la teneur de 0,82 p. 100 de carbone, s'élève progressivement de 700° à 725° pour l'acier à 1,38; elle passe donc par un minimum correspondant à l'acier eutectique.

| | | |
|---|---|---|
| Acier à 0.82. | Échauffement. . . . . | 728°-760° |
| | Refroidissement. . . . | 680°-667° |
| | Moyenne. . . . . | 700°-710° |

Ce résultat est absolument identique à celui obtenu dans la série précédente des aciers au carbone pour l'acier à 0,841.

| | | |
|---|---|---|
| Acier à 1.06. | Échauffement. . . . . | 730°-760° |
| | Refroidissement. . . . | 695°-691° |
| | Moyenne. . . . . | 715°-720° |
| Acier à 1.15. | Échauffement. . . . . | 739° |
| | Refroidissement. . . . | 691° |
| | Moyenne. . . . . | 715° |
| Acier à 1.38. | Échauffement. . . . . | 750° |
| | Refroidissement. . . . | 700° |
| | Moyenne. . . . . | 725° |

Pour tous ces aciers, l'allure des courbes est sensiblement la même; notons cependant qu'à l'échauffement, pour les aciers à 0,82 et 1,06, la résistance électrique augmente graduellemeut dans un intervalle de 30°; pour les aciers à 1,15 et 1,38, au contraire, presque tout l'accroissement de résistance a lieu à température constante. Une remarque de même ordre peut être faite sur les courbes de refroidissement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 2° *Aciers au chrome.*

L'interprétation des courbes est assez difficile. On peut admettre, en effet, deux points de transformation :

| | | | |
|---|---|---|---|
| C1 | Échauffement. . . . | 706°-782°-788°-792° | » |
| | Refroidissement. . . | » | 716° |
| C2 | Échauffement. . . . | 792°-809° | » |
| | Refroidissement. . . | » | 719° |
| C3 | Échauffement. . . . | 809° | » |
| | Refroidissement. . . | » | 719° |

Quoique j'aie observé, au cours de l'étude des aciers au chrome, des arrêts excessivement nets dans la variation de température du barreau expérimenté, soit à l'échauffement (790°), soit principalement au refroidissement (716° et 719°), je crois que ces arrêts ne correspondent pas à des transformations proprement dites : ils indiquent que le phénomène de transformation moléculaire avait à ce moment-là son intensité maxima. Il avait donc dû commencer à une température plus basse à l'échauffement, à une température plus élevée au refroidissement, ces deux températures devant se confondre; si l'on compare les courbes des aciers au chrome à l'échauffement et au refroidissement, leur allure indique nettement l'existence d'une anomalie à la même température. Il n'y aurait donc ainsi qu'une seule transformation dans les aciers au chrome que j'ai étudiés :

| | |
|---|---|
| $C_1$ | 765° |
| $C_2$ | 750 |
| $C_3$ | 750 |

### 3° *Aciers au tungstène.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| V1 | Échauffement. . . . . | 792° | 750°-730° | » |
| | Refroidissement. . . . | 809°-892° | » | 530°-500° |
| | Moyenne. . . . . | » | 730° | 512° |
| V2 | Échauffement. . . . . | » | 780°-750° | » |
| | Refroidissement. . . . | » | 667° | 532°-522° |
| | Moyenne. . . . . | » | 716° | 540° |
| V3 | Échauffement. . . . . | » | 780°-730° | » |
| | Refroidissement. . . . | » | 688° | 570°-550° |
| | Moyenne. . . . . | » | 718° | 583° |

Il peut y avoir incertitude pour l'échantillon V1. Quant aux échantillons V2 et V3, il n'y a aucune hésitation à avoir pour fixer les points de transformation aux températures de 716° et 718°, bien que j'aie constaté, comme dans les aciers au chrome, des arrêts excessivement nets dans la variation de tempé-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rature du barreau expérimenté. Cette détermination des températures de transformation dans les aciers au tungstène V2 et V3 confirme l'interprétation des courbes relatives aux aciers au chrome que j'ai donnée précédemment.

### 4° *Aciers au manganèse.*

| | | |
|---|---|---|
| M2 | Échauffement | 691°-728° |
| | Refroidissement | 610°-600° |
| | Moyenne | 655° |

A l'échauffement, la courbe devient sensiblement rectiligne à partir de 950°. Au refroidissement, la courbe est rectiligne de 1170° à 770°; elle présente un léger relèvement de 770° à 750° (cette anomalie se traduit sur la courbe des $\delta$).

| | | | |
|---|---|---|---|
| M3 | Échauffement | 728°-750° | 950° |
| | Refroidissement | 665°-658° | 950° |
| | Moyenne | 700° | 950° |

Au-dessus de la température de 700°, les courbes à l'échauffement et au refroidissement, ainsi que la courbe moyenne, présentent un point anguleux à 950°.

### 5° *Aciers au nickel.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| N1 | Échauffement | 750° | » |
| | Refroidissement | 648° | 639° |
| | Moyenne | 700° | 660° |
| N2 | Échauffement | 700°-710° | » |
| | Refroidissement | 600° | 571° |
| | Moyenne | 655° | 581° |
| N3 | Échauffement | 710-720° | » |
| | Refroidissement | 610° | » |
| | Moyenne | 665° | 581° |

La transformation principale est celle qui se produit aux températures respectives de 700°, 655° et 665°; elle s'observe à la fois à l'échauffement et au refroidissement. Il n'en est pas de même de la transformation ayant lieu à température plus basse ; elle ne s'accuse que pendant le refroidissement ; cependant la courbe moyenne indique des changements de direction suffisamment nets aux températures de 660°, 571° et 581° pour qu'on puisse en déduire l'existence d'une transformation moléculaire à ces températures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ANNEXE

### THERMO-ÉLECTRICITÉ DES FERS ET DES ACIERS

J'ai indiqué, au cours de ce travail, l'importance des différences de potentiel d'origine thermo-électrique qui se développent dans les barreaux métalliques expérimentés, et comment il faut en tenir compte pour interpréter exactement les résultats obtenus en étudiant les variations de résistance électrique ; si l'on construit les courbes des variations de différence de potentiel en fonction de la température, les points de transformations allotropiques des fers et aciers s'y accusent. D'où une nouvelle méthode de déterminations des points critiques du fer : dans tous les échantillons que j'ai étudiés, il y a eu parfait accord entre les résultats donnés par la méthode des résistances électriques et par celle des forces électromotrices de contact.

L'origine de ces forces électromotrices doit être attribuée à une inégale répartition de la chaleur dans le barreau, cette inégalité provenant elle-même du mode de chauffage employé et des phénomènes thermiques qui se produisent dans le barreau aux points critiques. Les conditions de mes expériences sont telles que la déviation du galvanomètre en millimètres, lue sur la règle transparente, représente sensiblement en degrés la différence de température des deux extrémités du barreau : l'examen des courbes $\delta$ construites d'après les résultats numériques consignés dans les tableaux du mémoire principal, montre très nettement les accroissements ou diminutions des températures aux points critiques. Dans les aciers au chrome par exemple, au refroidissement, au moment où le phénomène a son intensité maxima, la différence de potentiel aux bornes du galvanomètre croît dans le rapport de 1 à 6, et la différence de température qui était de 4° à 5° au début atteint plus de 30° ; la température indiquée par le couple thermo-électrique restant elle-même constante pendant deux minutes environ.

D'ailleurs ces propriétés thermo-électriques des aciers ont déjà été signalées.

Magnus a annoncé que les propriétés thermo-électriques de l'acier dur et de l'acier doux sont différentes. Joule a montré que le courant thermo-électrique offrait un moyen de déterminer la teneur en carbone : il jugea que la thermo-électricité du fer à différents états était une nouvelle preuve des singuliers changements physiques produits dans le fer par sa conversion en acier et pensa que la qualité de ce dernier métal pouvait être déterminée par les variations que fait subir la trempe aux propriétés thermo-électriques. Strouhal et Barus ont développé ces indications.

Les courbes de Tait qui représentent entre 15° et le rouge blanc la force

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

électromotrice des couples où le fer et l'acier sont associés à un alliage de platine, offrent toutes une particularité remarquable; au lieu d'être des paraboles, comme le sont, du moins jusqu'à 400°, les courbes similaires données par tous les couples connus dans la composition desquels n'entrent pas de métaux magnétiques, elles sont formées de trois ou quatre fractions de paraboles raccordées l'une à l'autre par une tangente commune. Elles présentent donc deux ou trois changements de courbure qui correspondent à autant de changements de signe dans la chaleur spécifique d'électricité. Le nickel donne des anomalies analogues.

Plus récemment, M. Belloc a publié quelques déterminations expérimentales relatives à la thermo-électricité des aciers.

Les courbes δ, qui se trouvent sous chacune des courbes $\frac{D}{I}$, sont construites en prenant comme abscisses les températures et comme ordonnées les déviations proportionnelles aux différences de potentiel ; celles tracées en trait plein sont relatives aux mesures faites à l'échauffemeut, celles tracées en pointillé aux mesures faites au refroidissement.

Toutes les courbes, soit à l'échauffement, soit au refroidissement, présentent la même allure ; leur forme particulière est due au mode de chauffage.

Au début de l'expérience, le chauffage étant assez rapide, la différence de température entre les deux extrémités du barreau croît assez rapidement pour passer par un maximum; elle décroît ensuite pour devenir nulle au fur et à mesure que la température s'élève ; à un moment, l'extrémité la plus chaude devient la plus froide, et la différence de température changeant de signe reste ainsi pendant la période de refroidissement. Les irrégularités que l'on observe sur les courbes correspondent à des phénomènes qui viennent modifier l'état thermique du barreau, c'est-à-dire aux transformations moléculaires du métal. Ces anomalies, d'abord très peu accentuées avec les aciers à faible teneur en carbone, s'exagèrent lorsque la teneur centésimale en carbone s'élève ou lorsqu'on introduit dans l'acier des métaux étrangers (chrome, tungstène, manganèse); elles acquièrent une importance considérable, notamment au refroidissement, pour les aciers très carburés et les aciers au chrome et au tungstène.

Voici comment s'expliquent les points anguleux des courbes.

A l'échauffement, au moment de la transformation moléculaire, il y a absorption de chaleur ; comme cette transformation est progressive, il se fait dans le barreau une répartition plus uniforme de la chaleur qui est indiquée par l'existence du point minimum de la courbe ; ce minimum correspond en même temps au maximum d'intensité du phénomène thermique. La courbe remonte ensuite pour rejoindre la courbe normale des variations de différence de potentiel dues simplement aux différences de températures des extrémités du barreau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au refroidissement, le phénomène est un peu plus complexe. Par suite du dégagement de chaleur consécutif de la transformation moléculaire, on ne devrait observer qu'un maximum ; or la courbe présente un minimum suivi d'un maximum. La température du barreau étant différente aux deux extrémités, la transformation est commencée à l'une des extrémités : la plus froide, alors qu'elle ne l'est pas à l'autre; à ce moment,une répartition plus uniforme de la chaleur tend à se faire (point minimum de la courbe). Mais le phénomène progresse peu à peu dans le barreau; la différence de température entre les deux extrémités croît, et, lorsqu'elle est maxima, la différence de potentiel correspondant atteint également son maximum. A partir de cet instant, la courbe descend pour rejoindre la normale des variations dues simplement aux différences de températures.

Nous pouvons concevoir facilement l'existence de ces courbes normales dans les intervalles correspondant aux transformations moléculaires, et déterminer approximativement l'importance des phénomènes thermo-électriques produits dans le métal : l'allure des courbes nous autorise à raccorder les parties extérieures aux anomalies. Il nous sera possible, de cette façon, d'avoir une mesure approchée de la différence de potentiel d'origine thermo-électrique propre aux modifications du métal en déterminant les ordonnées de la courbe par rapport à la courbe normale, dans la région des points critiques.

Les tableaux suivants donnent ces valeurs $d_c$ et $d_r$ (pour l'acier à 0,205 de carbone, les mesures n'ont pas été possibles au refroidissement) :

**Aciers au carbone.**

| 0,205 p. 100. Carbone. | | | | 0,493 p. 100. Carbone. | | | | 0,841 p. 100. Carbone. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 769 | » | » | » | 750 | » | 745 | » | 700 | » | 704 | » |
| 780 | — 3,5 | » | » | 760 | — 3,50 | 722 | — 1,5 | 710 | — 2,25 | 700 | — 0,25 |
| 790 | — 2,75 | » | » | 770 | — 9,0 | 717 | 0,0 | 720 | — 8,50 | 690 | — 1,50 |
| 800 | — 1,75 | » | » | 780 | — 11,0 | 710 | + 3,5 | 728 | — 13,75 | 682 | — 3,50 |
| 810 | — 0,75 | » | » | 790 | — 1,0 | 690 | + 2,0 | 740 | — 11,50 | 677 | 0,0 |
| 825 | » | » | » | 795 | » | 680 | + 1,25 | 750 | — 9,25 | 670 | + 8,0 |
| » | » | » | » | » | » | 670 | + 1,0 | 760 | — 9,0 | 660 | + 11,75 |
| » | » | » | » | » | » | 660 | + 0,75 | 770 | » | 650 | + 10,50 |
| » | » | » | » | » | » | 650 | + 0,50 | » | » | 600 | + 5,75 |
| » | » | » | » | » | » | 640 | + 0,25 | » | » | 550 | + 2,50 |
| » | » | » | » | » | » | 630 | » | » | » | » | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Aciers au carbone.**

| 0,82 p. 100. Carbone. | | | | 1,06 p. 100. Carbone. | | | | 1,15 p. 100. Carbone. | | | | 1,38 p. 100. Carbone. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 705 | » | 705 | » | 710 | » | 715 | » | 715 | » | 715 | » | 720 | — 1,0 | 728 | » |
| 710 | — 0,5 | 700 | — 0,75 | 720 | — 7,0 | 710 | — 1,75 | 720 | — 5,5 | 710 | — 0,25 | 730 | 10,0 | 720 | — 2,0 |
| 720 | 8,0 | 690 | 3,0 | 730 | 16,0 | 700 | 6,75 | 730 | 18,0 | 700 | 4,25 | 740 | 28,0 | 710 | 6,25 |
| 730 | 24,0 | 679 | — 5,0 | 739 | 34,0 | 695 | 8,25 | 739 | 28,5 | 691 | — 7,50 | 750 | 34,5 | 705 | 6,50 |
| 733 | 30,5 | » | + 2,25 | 750 | 13,0 | 691 | — 1,25 | 740 | 7,0 | » | + 5,25 | 760 | 0,75 | 700 | — 5,25 |
| 740 | 16,0 | 670 | 5,50 | 760 | 1,75 | » | + 14,5 | 750 | 2,75 | 680 | 12,75 | 770 | » | » | + 12,50 |
| 750 | 1,75 | 660 | 12,75 | 770 | » | 680 | 19,0 | 760 | 0,75 | 670 | 15,0 | » | » | 690 | 13,50 |
| 760 | 0,25 | 650 | 11,0 | » | » | 650 | 19,25 | 770 | » | 650 | 11,5 | » | » | 680 | 11,75 |
| 765 | » | 640 | 7,0 | » | » | 670 | 11,0 | » | » | 600 | 3,25 | » | » | 650 | 7,50 |
| » | » | 600 | 4,0 | » | » | 600 | 3,75 | » | » | 550 | 1,0 | » | » | 600 | 2,25 |
| » | » | 550 | 1,5 | » | » | 550 | 1,0 | » | » | 512 | » | » | » | 550 | 0,75 |
| » | » | 512 | » | » | » | 512 | » | » | » | » | » | » | » | 512 | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Aciers au chrome.**

| C 1 | | | | C 2 | | | | C 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 760 | » | 765 | » | 750 | » | 750 | » | 750 | » | 750 | » |
| 770 | — 4,75 | 750 | — 1,5 | 760 | — 0,75 | 740 | — 2,50 | 760 | — 1,50 | 740 | — 3,0 |
| 780 | — 10,0 | 740 | — 2,25 | 770 | — 2,0 | 730 | — 6,0 | 770 | — 3,25 | 730 | — 6,0 |
| 785 | — 12,5 | 730 | — 3,75 | 780 | — 6,0 | 720 | — 3,0 | 780 | — 7,0 | 720 | — 7,5 |
| 790 | — 11,5 | 716 | — 5,75 | 792 | — 14,5 | 719 | — 2,25 | 792 | — 14,0 | 719 | — 7,0 |
| 809 | — 4,75 | » | + 20,5 | 800 | — 7,5 | | + 14,0 | 800 | — 7,5 | | + 18,25 |
| 810 | — 1,25 | 710 | + 21,0 | 809 | » | 710 | + 13,5 | 809 | » | 710 | + 17,50 |
| 820 | » | 700 | + 20,0 | » | » | 700 | + 12,75 | » | » | 700 | + 15,50 |
| » | » | 690 | + 18,0 | » | » | 690 | + 11,50 | » | » | 690 | + 14,0 |
| » | » | 650 | + 10,5 | » | » | 650 | + 6,75 | » | » | 650 | + 9,0 |
| » | » | 600 | + 7,5 | » | » | 600 | + 4,75 | » | » | 600 | + 5,25 |
| » | » | 550 | + 6,0 | » | » | 550 | + 2,75 | » | » | 550 | + 3,75 |

**Aciers au tungstène.**

| V 1 | | | | V 2 | | | | V 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 728 | » | 728 | » | 728 | » | 728 | » | 728 | » | 728 | » |
| 740 | — 2,50 | 700 | — 0,25 | 740 | — 3,0 | 690 | — 0,50 | 740 | — 2,0 | 700 | — 1,5 |
| 750 | — 5,50 | 640 | — 1,0 | 750 | — 5,0 | 667 | — 5,0 | 750 | — 4,0 | 690 | — 2,0 |
| 755 | — 7,25 | 600 | — 2,0 | 760 | — 7,0 | | + 10,75 | 760 | — 13,0 | 679 | — 5,5 |
| 760 | — 6,75 | 571 | — 3,25 | 770 | — 9,5 | 650 | + 7,0 | 770 | — 9,0 | | + 12,5 |
| 770 | — 6,50 | 560 | — 2,50 | 780 | — 6,0 | 600 | + 3,25 | 782 | — 2,5 | 670 | + 12,25 |
| 780 | — 3,50 | 550 | — 2,0 | 790 | — 1,5 | 570 | + 2,0 | 793 | » | 650 | + 9,75 |
| 790 | — 1,0 | 540 | — 2,25 | 792 | » | 550 | + 2,0 | » | » | 610 | + 5,50 |
| 800 | » | 533 | — 2,50 | » | » | 540 | + 2,0 | » | » | 600 | + 2,0 |
| » | » | 525 | 0,0 | » | » | 523 | + 0,75 | » | » | 590 | + 0,75 |
| » | » | 514 | + 3,0 | » | » | 507 | + 1,75 | » | » | 550 | » |
| » | » | 503 | + 5,75 | » | » | 490 | + 1,0 | » | » | » | » |
| » | » | 490 | + 4,50 | » | » | 410 | » | » | » | » | » |
| » | » | 460 | + 1,0 | » | » | » | » | » | » | » | » |
| » | » | 410 | » | » | » | » | » | » | » | » | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Aciers au manganèse.**

| M 2 | | | | M 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 660 | » | 655 | » | 700 | » | 710 | » |
| 670 | — 0,75 | 640 | — 0,5 | 710 | + 1,0 | 700 | — 0,75 |
| 680 | 3,25 | 630 | 0,75 | 720 | 5,5 | 690 | 1,25 |
| 690 | 7,0 | 620 | 1,25 | 730 | 13,0 | 680 | 1,75 |
| 700 | 14,0 | 610 | — 4,75 | 733 | 16,5 | 670 | — 1,75 |
| 710 | 4,5 | 605 | 0,0 | 740 | 12,5 | 660 | 0,0 |
| 720 | 2,0 | 600 | + 4,25 | 750 | 3,75 | 650 | + 6,0 |
| 730 | — 0,25 | 590 | 4,0 | 760 | + 0,75 | 640 | 6,25 |
| 740 | » | 580 | 3,0 | 770 | » | 630 | 6,50 |
| » | » | 570 | 2,25 | » | » | 610 | 6,0 |
| » | » | 560 | 1,50 | » | » | 590 | 3,5 |
| » | » | 550 | 0,75 | » | » | 550 | + 0,75 |
| » | » | 540 | + 0,50 | » | » | 530 | » |
| » | » | 530 | » | » | » | » | » |

**Aciers au nickel.**

| N 1 | | | | N 2 | | | | N 3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| T | $d_c$ | T | $d_r$ | T | $d$ | T | $d_r$ | T | $d_c$ | T | $d_r$ |
| 700 | » | 700 | » | 660 | » | 655 | » | 667 | » | 667 | » |
| 710 | — 0,75 | 690 | — 0,25 | 670 | — 0,50 | 650 | — 0,50 | 680 | — 0,75 | 650 | — 0,50 |
| 720 | — 1,50 | 680 | 0,75 | 680 | 1,25 | 640 | 1,25 | 690 | 2,0 | 640 | 0,75 |
| 730 | 5,0 | 670 | 1,25 | 690 | 5,0 | 630 | 0,75 | 700 | 10,0 | 630 | 2,5 |
| 740 | 18,0 | 660 | 2,0 | 700 | 18,0 | 620 | 1,50 | 710 | 19,25 | 620 | 8,0 |
| 750 | 30,25 | 650 | 5,0 | 710 | 25,0 | 610 | 3,50 | 720 | 29,0 | 610 | — 5,75 |
| 760 | 3,25 | 648 | — 4,5 | 720 | 3,0 | 600 | — 5,75 | 730 | 7,25 | » | + 6,0 |
| 770 | 0,50 | » | + 5,6 | 730 | 1,0 | 595 | + 0,75 | 740 | 2,25 | 600 | 6,25 |
| 780 | » | 640 | 12,0 | 740 | » | 590 | 1,25 | 750 | » | 590 | 6,0 |
| » | » | 630 | 13,0 | » | » | 580 | 0,25 | » | » | 580 | 5,75 |
| » | » | 620 | 10,0 | » | » | 570 | 8,0 | » | » | 570 | 5,25 |
| » | » | 600 | 5,5 | » | » | 560 | 7,0 | » | » | » | 3,5 |
| » | » | 550 | 1,5 | » | » | 550 | 4,75 | » | » | 560 | 2,75 |
| » | » | 512 | » | » | » | 530 | 1,25 | » | » | 550 | 2,25 |
| » | » | » | » | » | » | 510 | » | » | » | » | 1,0 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 540 | — 1,0 |
| » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 510 | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'examen de ces tableaux nous montre que la transformation moléculaire commence à la même température à l'échauffement et au refroidissement; et, si les conclusions ne sont pas toujours rigoureusement identiques à celles données par les variations de résistance électrique (différence de 10° environ), cela tient à l'incertitude avec laquelle j'ai dû tracer les courbes de raccordement entre les segments des courbes normales (1).

(1) M. Saladin a décrit récemment un procédé permettant d'enregistrer photographiquement les phénomènes thermiques caractéristiques des transformations moléculaires des alliages du fer en fonction de la température (*Réunion des membres français et belges de l'Association internationale des méthodes d'essais*, séance du 28 février 1903). J'ai employé ce procédé pour l'enregistrement photographique des courbes du présent mémoire : les résultats obtenus feront l'objet d'une communication ultérieure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON. — On Tests for Steel und in the Manufactury of Artillery (*Iron and Steel Inst.*, 1891, p. 60).

ARNOLD. — Influence physique des éléments sur le fer. — Structure au microscope; vitesse de refroidissement (*Iron and Steel Institute*, mai 1894).

BAKHUIS ROOZEBOOM (H. W.). — Le fer et l'acier au point de vue de la doctrine des phases (*Contrib. à l'étude des alliages*, 1903, p. 327. — *Zeitsch. für physik. Ch.*, t. 34, p. 437).

BALL. — Effets de la trempe. (*Iron and Steel Institute*, 1890, t. I; 1891, t. II).

BARRETT. — Récalescence (*Philos. Magaz.*, t. 46, p. 473; 1873).

On Manganese-Steel (*Proceed. Inst. Civ. Eng.*, 1887-1888; t. 93, part. III).

Conductibilité électrique et perméabilité magnétique des alliages de fer (*Scient. Trans. of the Royal Dublin Society*, VII, 2, janvier 1900, p. 67). — En commun avec MM. Brown et Hadfield.

BARUS et STROUHAL. — (*Wied. Ann , N. F.*, t. VII, p. 338; 1879. — *Sept. Abdr. aus den Verhandl. der phys-med. Ges. zu Wurtzbourg, N. F.*, t. XV; 1880. — *Abhand. d. k. bœmischen Gesellsc. der Wiss.*, 6e série, t. XII, p. 1; 1883-1884. — *Bull. of the U.-S. geological Survey*, n° 14, 1885; n° 15; 1886).

G. BELLOC. — Thermo-électricité des aciers (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 131, p. 336; t. 134, p. 105. — *Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*, 1903).

BENEDIKS. — Résistance électrique du fer et de l'acier (*Zeitsch. physik. Chemie*, t. 30, p. 545; 1902).

BENOIT. — Résistance électrique des métaux (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 76, p. 342).

BOUTY (voir CAILLETET).

BRINELL (*Stahl und Eisen*, t. V, p. 611; 1885. — *Jernkontorëts Ann.*, janvier 1885).

BROWN (W.) (voir BARRETT).

CAILLETET et BOUTY. — Résistance électrique du fer (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 100, p. 1188).

CHARPY. — Sur la transformation produite dans le fer par une déformation permanente à froid (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 117, p. 850). — Transformations allotropiques du fer (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 118, p. 418, 868, 1258).

CHARPY et GRENET. — Dilatations des fers et aciers aux hautes températures (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 134, p. 540 et 598).

CURIE (Mme Sklodowska). — Propriétés magnétiques des aciers (*Bull. Soc. Enc. Ind. nationale*, janvier 1895, p. 36).

CURIE (P.). — Propriétés magnétiques des corps (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. V, p. 289; 1895).

DUMAS. — Les aciers au nickel (*Ann. des Mines*, 1902. — *Rev. génér. Sciences*, 1903).

GORE. — Variations de longueur avec la température (*Proceed. of the royal Soc.*, 1869).

GRENET (voir CHARPY).

GUILLAUME (Ch.-Ed.). — Aciers au nickel; dilatation et résistance électrique (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 125, p. 235.)

Théorie des aciers au nickel (*Rev. générale des Sciences*, 1903, p. 705 et 764).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

HADFIELD (*Iron and Steel Institute*, mai 1894).

HADFIELD (voir BARRETT).

HARRISON (Ph.). — Variations de force électromotrice et de résistance électrique du nickel, du fer et du cuivre (*Philos. Magaz. et Journ. Sc.*, février 1902, p. 177).

HOPKINSON. — Variations de résistance électrique (*Philos. Trans.*, p. 443; 1889).

JUPTNER (H. F. von). — *Sidérologie*, t. II, p. 109 et suivantes.

KNOTT (voir SMITH).

KOHLRAUSCH. — Résistance électrique des aciers (*Wiedemann Annalen*, t. 33; 1887).

LE CHATELIER (Henry). — Résistance électrique des fers et aciers (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 110, p. 283 (1890); t. 111, p. 454 (1890); t. 112, p. 40 (1891); t. 119, p. 272 (1894); t. 126, p. 1709 (1898); t. 126, p. 1782 (1898). *Contribution à l'étude des alliages*, ouvrage publié par la *Soc. d'Encouragement de Paris*, p. 414).

Propriétés thermo-électriques (*Bulletin Soc. chimique*, Paris, 1886, p. 482).

Résistance électrique des aciers (*Journ. Physique*, t. 7, p. 199; 1891).

Transformations allotropiques du fer (*Société Physique*, séance du 20 avril 1894).

Dilatation des fers et aciers (*Contribution à l'étude des alliages*, p. 409).

Variation de la force électromotrice des couples thermo-électriques (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 102, p. 819).

Les alliages métalliques (*Rev. Génér. Sciences*, 1895, p. 589).

État actuel des théories de la trempe de l'acier (*Rev. Génér. Sciences*, 1897, p. 11).

Remarques sur le Mémoire de M. Roozeboom (*Contribution à l'étude des alliages*, 1901, p. 379).

Notice sur les travaux scientifiques de M. H. Le Chatelier (Gauthier-Villars, éditeur; 1897 et 1900).

LÉVY (Léon). — Courbes de refroidissement de quelques aciers (*Rapport de la comm. des méth. d'essai des matériaux de construction*; 6 avril 1895).

MACFARLANE (voir SMITH).

MARTENS, PAALZOW et WEDDING. — Résistance électrique des aciers [*Mittheilung. aus der k. technischen Versuchsanstalten; Ergänzungsheft* II (1887); *Erganzungsheft* I (1888)].

MATHIESSEN et VOGT. — Résistance électrique des fers (*Pogg. Ann.*, t. 118, p. 431; 1863).

MOREAU. — Torsion permanente et recalescence de l'acier (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, t. 128, p. 192).

MOUSSON. — Résistance électrique des aciers (Wiedemann. — *Lehre von der Elektricität*, t. I, p. 502-510; 1882).

NOUEL (*Génie civil*, t. X, p. 405; 1887).

OSMOND (F.). — (en commun avec M. WERTH). — Théorie cellulaire des propriétés des aciers (*Ann. des Mines*, 1885, 8e série, t. VIII, p. 5).

Études métallurgiques (*Ann. des Mines*, 1888, 8e série, t. XIV, p. 5).

Le fer et l'acier (*Lumière électrique*, 1890, t. I, p. 251, 313, 364, 424).

Transformations du fer et du carbone dans les fers, fontes et aciers (*Mémorial de l'artillerie de marine*; t. XV, p. 573, 3e livr., 1887; t. XIX. p. 1, 1er livr., 1891).

Résistance électrique du fer et de l'acier, ses rapports avec la composition chimique, la trempe et le recuit (*Rapp. de la comm. des méth. d'essai des matériaux de construction;* 10 octobre 1892).

Méthode de refroidissement considérée comme méthode d'essai des métaux (*Rapport de la comm. des méth. d'essai des matériaux de construction;* 10 octobre 1892).

On the critical Points of Iron and Steel (*Iron and Steel Institute*, 1890, p. 38).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Transformations allotropiques dans les fers et aciers (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 103, p. 743 et 1135; t. 104, p. 985; t. 106, p. 1156; t. 110, p. 242, p. 346; t. 112, p. 578; t. 113, p. 474; t. 118, p. 532).

Remarques sur le Mémoire de M. Roozeboom (*Contribution à l'étude des alliages*, 1901, p. 370).

Contribution à la théorie des aciers au nickel (*Rev. génér. Sciences*, 1903, o. 863).

PAALZOW (voir MARTENS).

PIONCHON. — Étude calorimétrique du fer aux températures élevées (*Thèse*, Paris, 1886 — *Journ. Physique*, p. 269; 1887. — *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XI, p. 33; 1887. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 102, p. 675 et 1454).

ROBERTS-AUSTEN. — On the Hardening and Tempering of Steel (7 et 14 novembre 1889; réunion de l'Association britannique à Newcastle).

Report to the Alloys Comm. of the Institut of Mech. Engineers (1891, p. 543).

On certain properties of metals considered in relation to the periodic Law (Proceed. of the Roy. Soc., t. 49, p. 847).

5e Report to the Alloys Comm. of the Institut of Mech. Engineers (1899, p. 35).

SCHNEIDER et Cie. — Résistance électrique des fers (*Industrie progressive*, 1er décembre 1881).

SMITH, KNOTH et MACFARLANE (*Proceedings Soc. royale Edimbourg*, t. VIII, p. 629).

STROUHAL (voir BARUS).

SVEDELIUS. — Dilatation des fers et aciers aux températures élevées (*Phil. Magaz.*, t. XLVI, août 1898).

TAIT. — Propriétés thermo-électriques (*Soc. Roy. Edimbourg*, t. 27, p. 125).

TCHERNOFF. — Généralisation à propos de quelques observations nouvelles faites pendant le travail de l'acier à froid (*Bull. Soc. Encouragement*, décembre 1902).

TRESCA. — Note sur l'écrouissage et la variation de la limite d'élasticité (*Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, t. 99, p. 351).

VOGT (voir MATHIESSEN).

WEDDING (voir MARTENS).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# PHYSIQUE

SUR L'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES DÉFORMATIONS PERMANENTES. TECHNIQUES ET RÉSULTATS, PAR **H. Bouasse,** PROFESSEUR DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE (1).

Si j'ai accepté avec empressement l'offre gracieuse de venir parler devant vous de ce qui est, depuis bientôt dix ans, l'objet de mon étude, ce n'est pas seulement pour le plaisir d'exposer quelques-uns de mes résultats. C'est surtout pour fixer les points de méthode, dont l'oubli a fait perdre beaucoup de temps aux physiciens et aux ingénieurs.

Il n'y a peut-être pas d'expériences qui demandent moins de préparatifs pour être mal exécutées, et plus de soin, plus d'appareils, pour aboutir à des résultats indiscutables, que les expériences sur les déformations permanentes. Vous en verrez la raison tout à l'heure. Pendant le dernier siècle, l'étude des déformations n'a été que confusion. Il n'en pouvait être autrement : physiciens et ingénieurs, hommes de science pure et hommes de pratique, se laissaient conduire par des idées également fausses.

Les physiciens croyaient qu'ils avaient à effectuer des expériences de l'ordre de celles qui firent la gloire de Regnault, à déterminer des paramètres, à donner des tableaux de nombres, à exprimer des résultats par des formules empiriques. L'idée que toutes les déformations antérieures et la manière dont elles ont été effectuées, interviennent sur les résultats actuels, ne leur était pas encore venue. Exécuter une expérience de déformation, c'est écrire l'histoire d'une pièce métallique, c'est dire ce qu'elle a subi, les charges, les allongements, les couples, les torsions, les températures, etc., toutes quantités qu'il s'agit de faire varier suivant des lois connues en fonction du temps.

Or les physiciens procédaient absolument, comme s'il se fût agi de déterminer l'indice de réfraction d'un corps cristallisé, sans se préoccuper le moins du monde de préciser les opérations. Pour montrer jusqu'où allait leur aveuglement, je citerai un exemple. Un savant allemand, dont la notoriété n'est pas petite, Kohlrausch, faisait, à dix ans d'intervalle, deux mémoires sur des phéno-

(1) Communication faite devant la Section des Recherches physiques de la Commission internationale des Méthodes d'Essai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mènes que je vous signalerai tout à l'heure. Il employait pour l'ensemble de cette étude 12$^{c}$,5 de fil. Dire les déformations que, les dix ans écoulés, ce fil avait subies depuis son passage à la filière, est d'autant plus impossible que l'auteur avoue ne pas en connaître l'histoire antérieure à sa mise en expérience. Comme conclusion de son travail, il donne des nombres qu'il considère comme caractérisant *in genere* le métal du fil. J'ai repris ces expériences; j'ai trouvé des résultats tout opposés. Mais j'ai dû employer plus de 500 mètres de fil, car je m'étais imposé pour règle qu'un fil ne servirait qu'une fois, seule méthode pour savoir à coup sûr ce qu'on lui avait antérieurement imposé et ne pas compliquer l'interprétation des résultats.

J'ai voulu montrer par cet exemple quelles idées avaient généralement cours. Elles n'ont pas disparu; elles ont pris récemment une forme plus habile qui ne leur enlève rien de leur fausseté. « Il n'y a pas à déterminer des paramètres, mais des faisceaux de courbes qui, connues une fois pour toutes, permettront de prévoir tous les phénomènes. » Telle est, en une phrase, la théorie que M. Duhem défend dans de très nombreux écrits et qui ne saurait, malgré le talent de son auteur, trouver des phénomènes pour s'étayer. Non contents de s'appuyer sur des idées incorrectes, les physiciens ont cédé naturellement à la tentation de l'actualité. Ils ont encombré la science d'une multitude de travaux hâtifs généralement sans valeur, sur la relation qui existe entre les déformations permanentes (dont ils ignoraient les lois), et tous les phénomènes qui sont, ou ont été à l'ordre du jour. Le nombre des mémoires sur la relation des déformations permanentes avec le magnétisme, de la résistance électrique, etc., etc., est prodigieux. Bien entendu, aucune de ces questions n'est résolue, même dans ses grandes lignes.

Je n'insiste pas sur les comparaisons que vous trouverez dans tous les livres entre les phénomènes magnétiques et les phénomènes que nous étudions. Quand ce n'est pas une erreur grossière, c'est un truisme qu'on énonce. La plus superficielle inspection des courbes d'hystérésis des deux phénomènes, prouve qu'il n'existe entre eux que de vagues et lointaines analogies, sans utilité, ni pour l'application, ni pour la découverte.

Enfin les physiciens emploient trop souvent un procédé, commode pour donner aux mémoires le volume convenable. On prend chez un marchand de métaux un échantillon de tout ce qui tombe sous la main. Vous comprenez à quel point le moindre phénomène foisonne, et quels beaux tableaux seront l'aboutissement de ce pillage.

Je veux bien admettre que certains phénomènes ont une intensité particulière chez certains métaux. Mais, d'une part, l'expérience prouve qu'en se bornant aux métaux simples, au cuivre, à l'argent, à l'or, au platine, etc., les phénomènes qualificatifs sont les mêmes. Elle prouve, de plus, que les conditions qui modifient la grandeur des phénomènes sont si nombreuses, et malheu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reusement si inconnues, qu'il y a tout intérêt à limiter une étude devant même durer des années à un seul métal; je vais plus loin, à un seul échantillon d'un métal. Voici à l'appui de mon dire un exemple caractéristique. J'étudie en ce moment les phénomènes produits par la traction sur un fil préalablement tordu d'une manière permanente, et qui a pris, de ce chef, une symétrie hélicoïdale. J'ai obtenu des phénomènes qualitativement identiques, mais dont la grandeur varie de 1 à 4 sur deux fils provenant de la même botte, passés dans le même trou de la même filière, à la même vitesse et à la même température. Pour l'un, la filière était immergée dans l'huile de pétrole; pour le second, dans l'eau. Cependant, pour d'autres phénomènes, ces fils sont identiques. Autre exemple : Le paramètre de Kohlrausch, dont je parlais plus haut, qu'il considérait comme caractérisant la matière *in genere*, et qu'il donne avec quatre chiffres significatifs, j'ai montré qu'on le faisait aisément varier pour le cuivre dans le rapport de 1 à 11.

Il est donc bien inutile de rechercher des métaux particulièrement purs. Au point où nous en sommes, ce qu'il faut, c'est une matière quelconque initialement identique à elle-même. Il importe peu qu'elle ait un nom. Depuis près de dix ans j'étudie le cuivre. Je sais que ce n'est pas du cuivre pur ; on me le vendrait pour tel, qu'il contiendrait toujours de l'oxygène dissous.

Si je choque les préjugés de quelques-uns, une comparaison les convaincra. Les propriétés d'une dissolution sont singulièrement différentes, suivant que le corps dissous est électrolyte ou non, suivant qu'elle est plus ou moins concentrée. Croyez-vous que les lois de l'hydrodynamique diffèrent qualitativement selon que vous prenez de l'eau sucrée ou de l'eau salée! Les constantes sont différentes; les phénomènes rentrent dans les mêmes formes générales. Qui d'entre vous soutiendrait que pour appliquer la théorie ordinaire de l'élasticité à du fer la connaissance exacte de sa composition est nécessaire? Pourtant, l'introduction de quantités infinitésimales de carbone modifie profondément les paramètres. En un mot, que nous importe la grandeur des phénomènes, à nous autres physiciens? les corps n'ont rien à porter de matériel; ils ne sont pour nous que le substratum des lois. Vous voyez ma conclusion : le physicien doit opérer sans souci d'une application immédiate sur les métaux donnant les résultats les plus simples jusqu'à ce qu'il ait débrouillé la question. Il doit définir toutes les déformations de la manière la plus méticuleuse et la plus précise. Il doit se contenter de résultats qualitatifs, considérer les nombres obtenus comme se rapportant au seul échantillon qu'il étudie, et ne généraliser dans ses conclusions que la partie qualitative du phénomène. Il doit s'attacher à obtenir, au début d'une série d'expériences, des échantillons en nombre suffisant parfaitement identiques à eux-mêmes, d'un métal dont il n'a besoin que de connaître vaguement la nature chimique exacte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Son rôle diffère donc entièrement de celui de l'ingénieur, autant qu'une expérience de laboratoire diffère d'une méthode d'essai. Comme il a oublié ce rôle, nous en sommes encore à discuter pour savoir quelle théorie choisir, celle de Lamé, celle de Saint-Venant, celle de Coulomb, et vous savez cependant tous à quel point elles sont contradictoires, — je vous dirai tout à l'heure à quel point insuffisantes.

Si je veux chez le physicien tant de prudence et de précision, si je ne lui demande que des lois qualitatives (parce qu'on ne peut en trouver d'autres), les industriels diront qu'ils se soucient fort peu de recherches ainsi conduites, qu'il leur faut des paramètres numériques à introduire dans leurs formules; qu'une théorie leur importe peu, pourvu que les ponts ne tombent pas dans les rivières. C'est justement pour satisfaire leurs légitimes exigences qu'on a créé les méthodes d'essai.

Mais les ingénieurs n'ont pas plutôt fait cent essais, qu'ils ont cru pouvoir établir des théories complètes et raisonnables des phénomènes. Ils ont pensé que la possession de machines coûteuses les mettait dans une situation privilégiée pour découvrir des lois physiques; ils ont complètement oublié les conditions de leurs essais, et sont arrivés à énoncer les propositions les plus contradictoires, sans se soucier de ce que d'autres ingénieurs pouvaient avoir dit.

Je n'aurais pas perdu mon temps, si je vous prouvais que cent mille essais industriels bien faits ne valent pas, pour la science pure, une expérience bien conduite. Le point de vue, les conditions techniques, les moyens mis en œuvre, le but à atteindre sont essentiellement différents pour l'homme de science pure et l'homme de pratique.

Le point de vue est différent. Voici des exemples. Prenez les remarquables études de Tresca sur l'écoulement des solides, ou les nombreuses expériences de M. Harttmann sur les lignes de déformation. Ces auteurs se sont ingéniés à étudier le même phénomène sur des solides de formes géométriques très variées, depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes. Je ne conteste pas que toutes ces expériences ne soient utiles à l'ingénieur. Croyez-vous que le physicien puisse tirer des plus complexes autre chose que ce que les plus simples lui apprennent? Si nous en pouvions interpréter deux ou trois des plus simples, nous saurions les interpréter toutes; et, d'autre part, notre tâche n'est pas facilitée par la vue des plus complexes.

Le physicien se bornera toujours aux formes géométriques simples; s'il ne veut pas perdre son temps, ses expériences seront choisies de manière que l'interprétation de l'une ne puisse remplacer l'interprétation de l'autre. L'ingénieur, au contraire, ne pouvant attendre une théorie complète, est bien forcé de se demander comment se déforment ou se brisent les corps dont il se sert, sans espoir d'en tirer une conclusion générale. J'admets que les expériences

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les formes complexes puissent servir *plus tard* de contrôle à nos théories, il est certain qu'elles ne les suggéreront pas. Que les ingénieurs, considérant le nombre des cas particuliers traités, se fassent illusion sur le nombre des lois contenues, c'est trop naturel pour que nous puissions le blâmer, mais nous ne partageons pas leur illusion.

Les moyens techniques diffèrent. Les ingénieurs ont créé des machines d'essai qui satisfont aux conditions exigées par eux. Je ne saurais, pourtant, leur reconnaître une grande précision, et les opérations m'y paraissent singulièrement mal définies. Vous me direz que je ne ferais pas mieux si j'avais à appliquer des forces se chiffrant par tonnes, que la précision que j'obtiens a pour cause les dimensions restreintes des pièces que j'étudie. Soit, mais une théorie des déformations permanentes doit s'appliquer, quelles que soient les dimensions des pièces déformées.

Dès lors, pourquoi compliquer le problème, en prenant des cylindres énormes, quand l'étude d'un fil mince suffit à démolir les théories proposées jusqu'à présent et, je l'espère, à en trouver de meilleures.

La science et l'industrie sont sœurs; mais il ne faut pas tout confondre. Les physiciens se sont efforcés d'être immédiatement utiles à la pratique, et se sont fait moquer d'eux par les ingénieurs. Parce qu'ils utilisent les métaux, les ingénieurs ont pensé être bien placés pour nous suggérer des théories; ils ont énoncé des propositions d'une inexactitude non douteuse.

Mais, c'en est assez des considérations générales. J'arrive aux expériences. Sans contredit possible, je me suis placé dans les circonstances les mieux déterminées, et j'ai poussé la précision et la définition des opérations à un point qui n'a pas été dépassé. Quand je suis d'accord avec mes devanciers, il se trouve que c'est toujours le phénomène le plus complexe que mes expériences soutiennent. Quand je les contredis, c'est toujours parce qu'ils ont supposé les phénomènes plus simples qu'ils ne sont. Je ne viens donc pas vous annoncer des solutions simples; je viens, au contraire, vous dire de vous méfier des solutions simples. Assurément (et ce sera, comme vous le verrez, ma conclusion), la théorie future des déformations permanentes sera d'une complexité si effroyable que son utilité pratique sera nulle.

### *Essai de traction. — Limite d'élasticité. — Rupture.*

Un fil est soumis à une charge qui croît proportionnellement au temps, ou suivant toute autre loi déterminée du temps. L'essai de traction nous apprend à relier les charges P et les allongements $l$, à décrire la courbe de traction.

On a proposé pour ces courbes les équations les plus différentes, et je n'ai garde de les discuter.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'insiste seulement sur la question suivante : existe-t-il une limite d'élasticité? L'expérience montre que la courbe de traction ne présente jamais de point anguleux; elle offre seulement des courbures plus ou moins prononcées; il est vain de chercher à déterminer quoi que ce soit qui ressemble à un point, où la courbe change d'allure. Je ne prétends pas que la notion de limite d'élasticité ne puisse être conservée dans la pratique comme première approximation. Je montrerai même tout à l'heure, en discutant le principe de Tresca, grâce à quelle loi elle devait s'introduire dans la science. Je dis seulement que les erreurs qu'on fait, en admettant une limite véritable, sont hors de proportion avec la précision de nos moyens d'investigation et avec la concordance des expériences, même dans les cas les plus favorables à l'existence d'une limite. On a souvent annoncé l'existence d'un palier avec deux points anguleux sur la courbe de traction d'un fil de fer. A la vérité, on trouve un point d'inflexion, des courbures prononcées, — jamais de point anguleux.

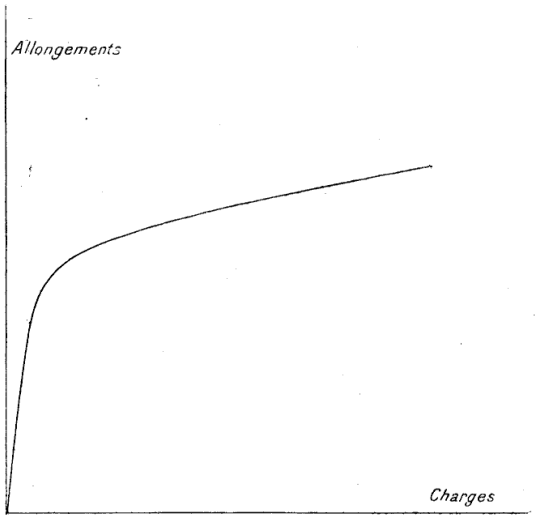


Fig. 1.

Seconde question : quelle valeur scientifique a la charge dite de rupture? Aucune. Des fils, *donnant exactement avant leur rupture la même courbe de traction*, peuvent casser pour des charges notablement différentes. Il en est de même de fils dont l'identité très approximative est établie par un autre phénomène. La rupture provient d'un manque d'homogénéité qui peut n'avoir qu'une importance très secondaire pour une infinité d'autres phénomènes. Que cette charge ait une importance pour l'ingénieur, soit : elle n'en a pas pour le physicien.

### *Principe de Tresca.*

On décrit la courbe de traction ABC. Parvenu au point C, on maintient la charge constante et après un temps $t$ connu, on supprime la plus grande partie de la charge suivant une loi déterminée. On recommence à charger, et l'on décrit ainsi la courbe de traction en plusieurs fois, avec retour à la charge nulle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tresca a énoncé, dès 1871, la règle suivante : Le métal qui a subi une certaine charge est devenu parfaitement élastique jusqu'à cette charge. Cela voudrait dire, sur notre graphique, que le retour à la charge nulle et la courbe de charge nouvelle sont toutes deux rectilignes, et ont l'inclinaison très faible qui résulte des déformations purement élastiques. Cette règle est fort importante pour les ingénieurs ; M. Duguet en a montré le rôle pratique ; elle donne une

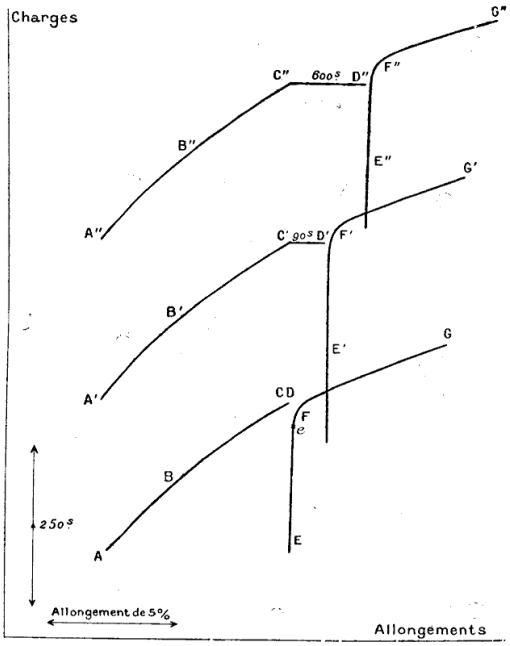



Fig. 2. — Principe de Tresca.

première et intéressante approximation. Les phénomènes sont toutefois infiniment plus complexes.

Tout d'abord, quand nous supprimons l'accroissement de la charge au point C, que nous maintenons cette charge constante, le fil continue à s'allonger ; ce qu'indiquent les portions rectilignes CD. A mesure que le temps $t$ de charge constante augmente, CD s'allonge, et sensiblement comme $\log(t + a)$, où $a$ est une constante, loi qui semble jouer le rôle de première approximation dans tous ces phénomènes. C'est à la fonction $e^{-kt}$ que les physiciens s'adressent généralement dans les cas analogues : ils font fausse route.

Revenons à la charge nulle et rechargeons ; la nouvelle courbe EF passe toujours à droite du point D, et s'écarte d'autant plus de ce point que le temps $t$ a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été plus court. Si donc nous mesurons *l'écrouissage*, terme vague et désastreusement élastique, par la longueur de la partie presque rectiligne de la courbe de traction, nous constatons que le maintien de la charge constante augmente l'écrouissage. De plus, les courbures en F sont relativement petites, et comme le cas traité ici est très général, on s'explique comment la notion de limite d'élasticité conserve un intérêt pratique.

Vous saisissez au vif sur cet exemple en quoi diffère le rôle du physicien et de l'ingénieur : le premier ne peut négliger ces phénomènes; le second qui n'a pas l'habitude de construire des ponts en matière molle et de les écrouir sur place, peut se contenter du principe de Tresca.

Mais s'il annonce, comme résultat d'expérience, ou que ce principe est strict, ou par exemple que l'allongement à charge constante est un recuit spontané, ou telle autre proposition qu'il me serait facile de découvrir dans les mémoires parus dans les dix dernières années, il ne s'étonnera pas que le physicien n'admette pas son opinion.

*Principe de Wiedemann.*

Supposons que, dans la première expérience, nous ayons décrit, sans discontinuer, la courbe de traction ABE. Dans une seconde, faite sur un autre fil

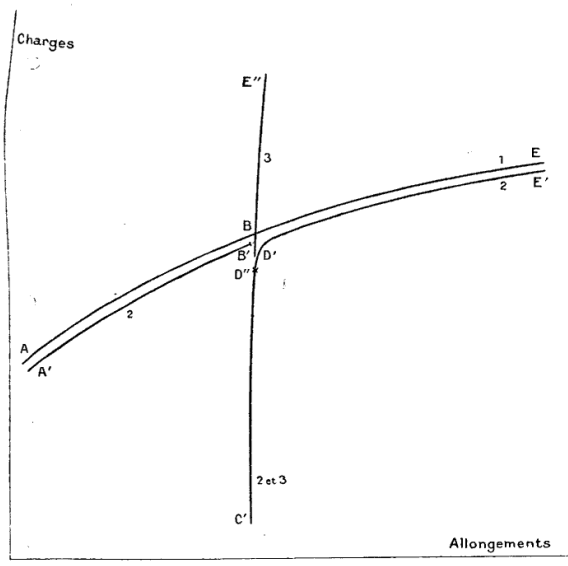



Fig. 3. — Principe de Wiedemann. Comparaison d'un fil étiré avec ou sans filière.

aussi identique que possible, parvenu en B', nous déchargeons et rechargeons, tout comme si nous voulions vérifier le principe de Tresca Nous nous propo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sons maintenant de savoir ce que sera la partie D'E' par rapport à la partie BE. Complétant le principe de Tresca, Wiedemann a énoncé que D'E' serait identique à BE.

Cette proposition n'est encore qu'une première approximation ; assurément la courbe D'E' tend à rejoindre BE. (Remarquons que sur la figure je les ai faites l'une au-dessus de l'autre de manière à ne pas les confondre; il faut donc déplacer ABE en bloc par une translation parallèle vers le bas, de manière que les parties AB et A'B' coïncident.) Mais D'E' ne rejoint pas BE, autant qu'il est possible de le conclure d'expériences qui ne peuvent pas être faites sur des fils tout à fait identiques ; on peut dire que BE est l'asymptote de D'E'.

*Influence du mode de déformation.*

Je prends des fils recuits aussi identiques que possible. Dans une première expérience, je décris la courbe A'B' jusqu'à un allongement de 10 p. 100 par exemple. Le mètre initial est devenu 110 centimètres. Je décharge, je recharge. J'ai en C'D''D'E' la courbe de traction d'un fil allongé initialement sans filière de 10 p. 100. — Je prends une filière ; j'allonge avec elle un nouveau fil de 10 p. 100. Je prends 110 centimètres du fil; je décris la courbe de traction (en m'arrangeant de manière qu'elle coïncide au début avec C'D'') et je continue jusqu'à la rupture ; j'obtiens C'D''E''.

On a énoncé la proposition suivante : la valeur de l'écrouissage est déterminée par celle de la déformation permanente, et est indépendante des conditions dans lesquelles a été produite cette déformation (effort lent, rapide ou choc) [nous reviendrons là-dessus tout à l'heure], et des procédés employés pour la réaliser (traction, compression ou tréfilage).

Ce qui veut dire que E' et E'' coïncident. Nous concluons au contraire que les changements d'état, produits par une déformation géométrique déterminée, dépendent des systèmes de forces mises en jeu pour l'obtenir. J'ai montré aussi que le recuit ne se fait pas de la même façon pour les deux fils.

Une opinion moins absolue, mais que je crois également erronée, consisterait à dire que l'écrouissage est le même, pourvu que les glissements intérieurs soient les mêmes, quelles que puissent être les forces extérieures qui les produisent. Je n'ai pas le temps de discuter complètement cette opinion ; elle conduit à des conséquences inacceptables et dont une se trouvera tout à l'heure sur notre chemin.

*Influence de la vitesse.*

Admettons que la charge à laquelle est soumis le fil, croisse proportionnellement au temps $P = Vt$; le fil supporte par exemple un seau dans lequel s'écoule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'eau avec un débit constant. La forme de la courbe de traction dépend-elle de la vitesse V?

Dans quelques expériences, j'ai fait varier les vitesses de 1 à 10. Le temps nécessaire pour décrire la courbe passait de 4 minutes à 40 minutes. Dans ces conditions, il est impossible de trouver de différence systématique, tant que l'allongement n'est pas notable. Pour les grands allongements, au contraire, il est certain que la courbe se relève, à mesure que la vitesse croît. Par exemple, pour les débits variant de 1 à 7, j'ai trouvé qu'il est nécessaire d'imposer pour produire un allongement de 34 p. 100 sur un certain fil, une charge de 5500 grammes si le débit est grand, et de 5400 si le débit est petit : soit une différence de 1/50 environ.

Pour l'ingénieur, une telle différence est insignifiante : il s'étonnera même que j'ose en parler. N'ai-je pas lu, dans les rapports de commissions d'essai, que d'un échantillon à l'autre des différences de 1/10 n'étaient pas rares? Et voici que j'appuie ma conclusion sur une différence de 1/50! Mais si vous voulez bien tréfiler vos fils vous-même, les recuire avec soin, vous serez tout surpris de trouver des résultats coïncidant d'un échantillon à l'autre à moins de 1/100 près, quelquefois à 1/1000 près. Donc rien d'extraordinaire que je ne néglige pas 1/50.

D'ailleurs, faisons l'expérience à 300°. Je trouve que pour un allongement de 20 p. 100 et un certain fil, il faut imposer 3530 grammes, si l'essai dure 176°, et 3250, si l'essai dure 1 025 secondes. La différence est de 1/10.

Qu'importe à l'ingénieur! il n'utilise pas le cuivre à 300°. Mais ici encore il ne s'agit pas d'applications industrielles, il s'agit de conséquences théoriques. Ce que je veux montrer, c'est que des vitesses, qui ne transforment pas l'action de la charge en un choc, et qui ne sont cependant pas trop petites, interviennent parfaitement sur les phénomènes. Une théorie satisfaisante en tiendra compte.

*Essais de torsion.*

Si nous comparons les phénomènes de traction à ceux de torsion, nous devons reconnaître que les premiers (qui ne sont pas simples, vous venez de le voir) sont cependant infiniment moins complexes que les seconds. Au moins, le fil étiré sans filière a dû rester homogène; un fil tordu ne l'est sûrement plus. Malgré cette infériorité des phénomènes de torsion, ce sont eux qui nous conduiront à établir ou à rejeter les théories, parce qu'ils se prêtent infiniment mieux à l'expérience, et, surtout qu'ils sont renversables. Quand vous avez tordu un fil, vous pouvez le détordre.

Voici d'abord ce que j'appelle essai de torsion.

On tord un fil avec une vitesse constante, et on détermine à chaque instant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le couple. La courbe obtenue ressemble beaucoup à celle qui représente l'essai de traction, au moins avec la définition que j'ai choisie, charge croissant proportionnellement au temps. Il n'y a pas chance de trouver de point anguleux; car, alors même que la courbe de torsion d'un cylindre creux infiniment mince en posséderait un, indiquant une limite d'élasticité de torsion (je m'empresse de dire que rien n'est plus improbable) comme les différents cylindres coaxiaux qui forment le fil et qui sont tordus simultanément, n'atteindraient pas pour le même angle cette torsion caractéristique, tout point anguleux disparaîtrait de la courbe expérimentale. Ce serait donc énoncer, non seulement une proposition contraire à l'expérience, mais encore un non-sens, que de parler de la limite d'élasticité de torsion d'un fil.

Avant d'aller plus loin, il faut nous entendre sur la manière de mesurer une torsion. Il est clair que tordre d'un tour une longueur donnée d'un fil d'un millimètre de diamètre, n'est pas équivalent à tordre d'un tour un fil de même longueur d'un demi-millimètre de diamètre. Pour fixer les idées, je supposerai dans tout ce qui suit que le fil sur lequel j'opère a $0^{mm},5$ de diamètre et 1 mètre de long. J'ai exposé ailleurs comment on peut appliquer les résultats obtenus pour ce fil, par exemple, à un fil de diamètre quelconque. Évidemment, c'est grâce à une hypothèse, mais elle semble indispensable dans l'état actuel de la science. Je n'insiste pas.

Ce qui frappe tout d'abord, c'est l'énormité des torsions que supporte un fil : notre fil de cuivre recuit peut être tordu de 500, de 1 000 tours sans se rompre. Fortement étiré à la filière et supposé toujours avoir les dimensions que j'ai dites, il peut encore subir sans se rompre une torsion de 3 ou 400 tours. Bien entendu, il faut que la charge supportée soit faible. J'insiste sur ces ordres de grandeur : bien des phénomènes se produisent avec ces torsions énormes, qui apparaissent à peine pour de faibles torsions. De plus, on a dans ces torsions une preuve de l'homogénéité primitive des fils.

Ceci posé, je choisis, parmi les phénomènes les plus curieux, ceux qui nous amèneront à des conclusions générales, et, vous le dirai-je, ceux qui me paraissent contredire le plus nettement les opinions courantes. Je n'ai que le choix, dans les six ou sept cents pages in-4° que forment mes mémoires.

### *Retour au couple nul.*

Parvenu en un point de la courbe de torsion, je détors et reviens au couple nul. Les théories rudimentaires qui avaient cours jusqu'à ces derniers temps, et aussi des expériences mal faites, conduisaient à dire que la courbe de détorsion est rectiligne jusqu'au couple nul. Si vous voulez, c'est le principe de Tresca, il est vrai maladroitement généralisé pour un phénomène non homogène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'expérience contredit formellement cette manière de voir.

Elle nous donne tout d'abord une loi très importante. Admettez qu'avant de détordre, on attende un temps suffisant; à azimut constant $\alpha$ le couple c décroît. C'est un phénomène analogue à celui dont je vous ai parlé pour la traction. Détordons alors; l'inclinaison $\frac{dc}{d\alpha}$ de la tangente par laquelle débute la courbe de détorsion, mesure la constante caractéristique de torsion $\Gamma$ du fil, celle qui

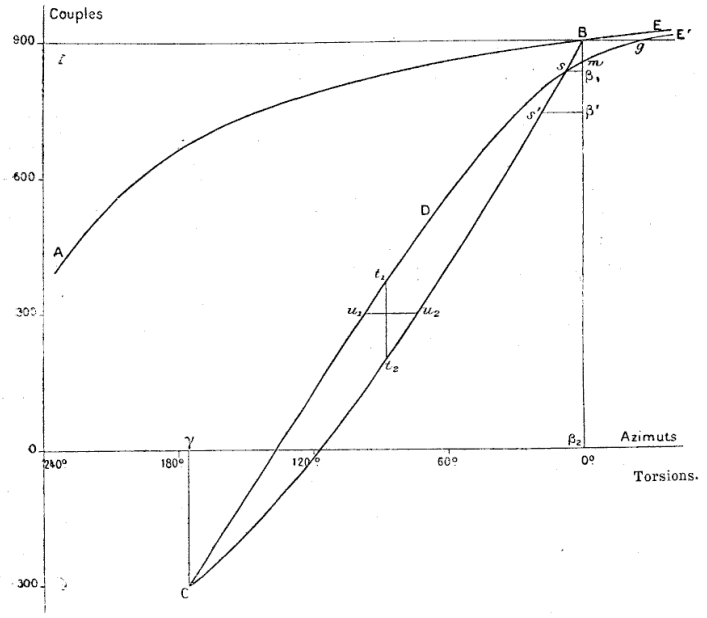



Fig. 4. — Courbe de torsion et retour au couple nul.

apparaîtrait, si le fil était parfaitement élastique. Le produit $\Gamma\alpha$ serait alors la grandeur du couple.

Lorsque l'expérience me conduisit à cette règle et à sa généralisation, je ne faisais que développer les idées de Coulomb, idées qu'il énonce sous une forme vieillie, qui n'en sont pas moins le plus clair de ce que, nous connaissons et que je traduis en langage moderne. Autour d'un point quelconque du plan, la théorie ordinaire de l'élasticité s'applique, pourvu que, par un procédé quelconque, nous rendions rigides des liaisons qui ne demandent qu'à céder. Attendre à azimut constant est le procédé le plus simple.

Continuons à détordre; la courbe s'infléchit. Rien ne nous apprendra dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sa forme que nous passons au couple nul. Au moment de ce passage, l'inclinaison de la courbe $dc/d\alpha$ peut être la moitié de la constante caractéristique $\Gamma$. Ainsi le couple est nul, et le fil est très éloigné de se conduire comme parfaitement élastique. Tout à l'heure, il était, sous un couple qui pouvait être énorme, bien plus près de paraître parfaitement élastique.

Il nous suffit, il est vrai, d'attendre un couple nul, et surtout de décrire quelques parcours petits au voisinage de ce couple, pour lui redonner son élasticité à peu près parfaite.

*Influence de la vitesse.*

Je ne répéterai pas ce que j'ai dit de l'influence de la vitesse sur la courbe de traction, à propos de la courbe de torsion. Il est possible de montrer cette influence sous une forme saisissante, en procédant un peu différemment. Supposons que la torsion s'effectue, non plus à vitesse constante, mais suivant la loi $v = v_0 (1 + K \cos \omega t)$, $K < 1$. La vitesse est donc toujours de même sens et varie de $(1 - K) v_0$ à $(1 + K) v_0$. La description complète de la technique se trouve dans mes mémoires.

Il est évident qu'au début, quand le fil est à peu près complètement élastique, le couple croît toujours dans le même sens, malgré la variation de la vitesse de torsion. Mais l'expérience montre que si l'on s'approche du plus grand couple qu'il soit possible d'atteindre, le phénomène se modifie peu à peu. Sur la courbe apparaît un minimum et un maximum relatifs de couple. Peu à peu enfin ce minimum et ce maximum deviennent à peu près invariables, de sorte qu'il nous reste une oscillation du couple entre deux valeurs $C_0$ et $C_1$.

Si l'on représente les phénomènes en prenant pour abscisses les vitesses et pour ordonnées les couples, on obtient les courbes représentées. Après une torsion suffisante, le cycle se ferme. A propos de ces courbes, et d'autres très diverses que vous trouverez dans mes mémoires, je dois donner un conseil aux physiciens. On ne parle plus que de cycles; mais donner exactement leur forme, est chose délicate et difficile. Un procédé commode consiste à déterminer deux points du cycle et à le compléter de chic. Malheureusement pour ces physiciens pressés, les formes sont très variables suivant les conditions de l'expérience. Je ne signalerais pas devant vous ces procédés, si je n'en tirais pas une conclusion générale. C'est la nécessité de se servir d'appareils produisant des déformations continues, joints à des appareils inscrivant, ou permettant de déterminer les forces ou couples d'une manière continue. Ne croyez pas que ce soit un problème simple. Il l'est, en effet, si vous n'avez pas de cycles à décrire; mais les renversements de sens dans le mouvement sont particulièrement difficiles à obtenir sans chocs. Ainsi donc un physicien qui tord un fil à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la main, qui le charge avec des poids discontinus, commet, sauf dans des cas qu'il doit préciser à l'avance, de lourdes fautes.

Et voici encore, prise sur le vif, la différence fondamentale d'une expérience purement scientifique et d'une méthode d'essai. Il est évidemment curieux de commencer à tordre un fil le matin, à raison par exemple d'un tour par minute,

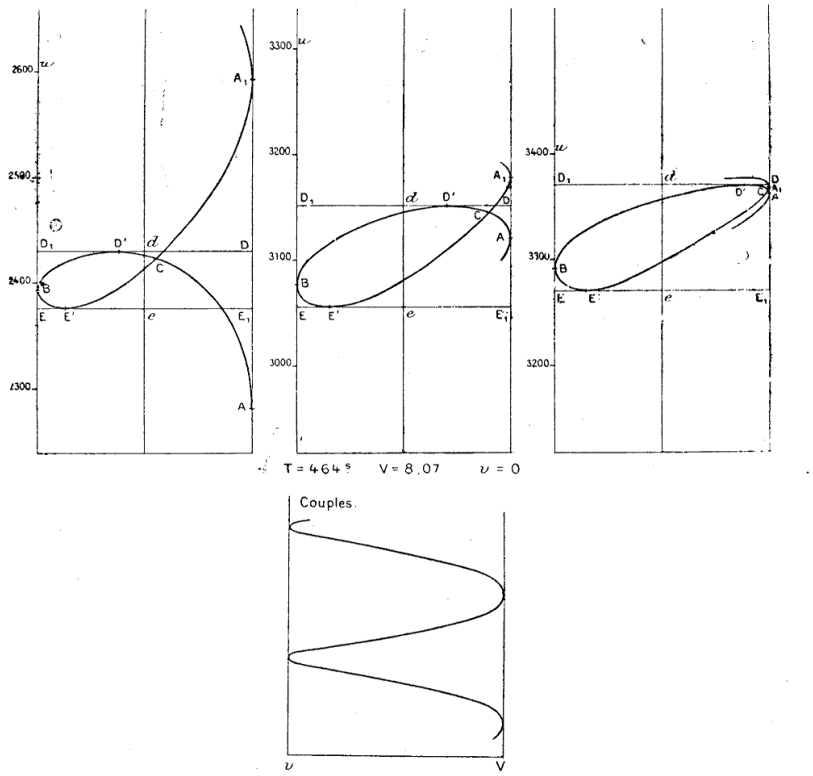



Fig. 5. — Courbe de torsion pour une loi sinusoïdale de variation de la vitesse.

et de continuer sa torsion toujours dans le même sens jusqu'au soir; d'enregistrer pendant dix ou douze heures consécutives les modifications de sa courbe de torsion. Le physicien est récompensé de sa patience par des résultats, fondamentaux au point de vue théorique. Je ne m'avance cependant pas beaucoup en disant que l'idée d'une telle expérience ne doit pas venir à l'esprit d'un homme de pratique, à l'ingénieur chargé de constater si un fil répond à certaines conditions des cahiers des charges.

Sont-ce là des phénomènes petits? pour des fils de cuivre raides et des vitesses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

variant entre 0 et un tour en 20 secondes, la différence $C_1 - C_0$ des couples peut atteindre 1/15 du couple moyen $\frac{C_0 + C_1}{2}$ : ce qui est énorme pour un physicien, négligable pour un ingénieur.

*Si l'isotropie se maintient après les déformations?*

Le métal reste-t-il isotrope après les déformations? La réponse à cette question a une importance fondamentale; vous allez voir dans quel embarras nous serions, si nous en étions réduits aux résultats de l'industrie. L'artillerie de marine nous apprend que, lorsqu'un métal homogène, par suite d'actions mécaniques quelconques, a acquis une nouvelle limite d'élasticité, quelle que soit la direction dans laquelle on prélève un échantillon, la limite élastique à la traction ou à la compression est la même au même point. Le métal écroui est donc isotrope.

L'artillerie de terre, représentée par M. Duguet, nous apprend tout le contraire. Si vous prenez, dans une pièce de forge, une éprouvette en long et une éprouvette en travers, elles diffèrent complètement de propriétés.

Tous, Messieurs, vous serez de l'avis de M. Duguet, d'abord parce que vous connaissez ses livres, et que vous avez confiance en lui, ensuite parce que son opinion est *a priori* la plus vraisemblable. Fort heureusement, il n'est pas nécessaire de posséder un arsenal, des tours et des machines d'essai coûtant une dizaine de mille francs, pour faire une preuve complète.

Admettons qu'une déformation quelconque maintienne le métal isotrope. Étirons fortement un fil à la filière; sa courbe de traction est rectiligne jusqu'à la rupture. Je puis dire que, pour la traction, le métal a acquis l'écrouissage maximum. Si la proposition que je discute est vraie, ce n'est pas seulement pour la traction, c'est pour toute déformation que l'écrouissage est maximum. Pour le savoir, je décris la courbe de torsion; l'expérience me prouve que le fil n'a pas acquis, pour la torsion, son écrouissage maximum, en d'autres termes, que sa courbe de torsion n'a pas la forme caractéristique, dite de J. Thomson, qui correspond à l'écrouissage parfait.

Admettre cette expérience et plusieurs autres analogues que je n'ai pas le temps de rapporter, et continuer à considérer l'écrouissage comme une quantité scalaire est impossible : l'écrouissage, quel que soit le nombre de paramètres nécessaires à le définir, est une quantité dirigée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Écrouissage pour la traction obtenue par torsion.*

Prenons maintenant le phénomène inverse. Tordons un fil d'un certain nombre de tours sous charge faible, puis faisons-lui subir l'essai de traction. La courbe de traction est de plus en plus rectiligne, à mesure que la torsion préparatoire a été plus grande. Ce fait n'a rien de bien étonnant.

Mais tordons de 300 tours à droite, dans une première expérience. Dans une seconde, tordons de 50 tours à droite, 50 tours à gauche, etc.

Comme dans la torsion de 50 tours, une partie n'est pas permanente, mais correspond à l'état à peu près élastique du fil, au lieu de nous borner à trois parcours à droite, suivis de trois parcours à gauche; faisons par exemple, quatre parcours à droite et trois parcours à gauche,... de manière que la torsion permanente soit au moins égale en valeur absolue à celle de la première expérience.

L'essai de traction prouve que le fil est beaucoup moins écroui dans le second cas.

Donc, ce n'est pas la somme en valeur absolue des déformations permanentes qui intervient dans l'écrouissage; chaque déformation a un effet sur le changement d'état du métal, qui dépend des forces en vertu desquelles elle est produite.

C'est là encore une de ces propositions dont la démonstration est d'une aisance toute particulière. Est-il nécessaire de faire remarquer que la difficulté réside dans l'emploi d'une matière identique à elle-même au début des expériences, homogénéité qui ne saurait être obtenue que pour des fils. Car ne croyez pas que les différences soient minimes : ce sont là des phénomènes énormes.

*Du choix d'une théorie des déformations permanentes.*

Trois théories sont en présence. Lamé et Clapeyron admettent que pour savoir si un système d'efforts peut être supporté par un corps, il faut calculer en tout point de ce corps l'ellipsoïde d'élasticité qui en résulte. La condition de possibilité de ces efforts sans qu'il intervienne une rupture, est que la plus grande tension principale ne dépasse pas une valeur donnée, caractéristique de la matière, *quelles que soient d'ailleurs les valeurs des autres tensions principales.*

On généralise immédiatement pour les déformations permanentes. Si la matière peut se déformer, la déformation commence en chaque point, dès que la plus grande tension principale atteint une valeur caractéristique, non plus de la matière initiale, mais de la matière actuelle, déjà modifiée par les déformations antérieures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Saint-Venant développe une seconde hypothèse. Il n'y a pas d'efforts dangereux, il n'y a que des dilatations dangereuses. Calculons donc la plus grande dilatation produite par les déformations données; en d'autres termes, calculons le grand axe de l'ellipsoïde des dilatations. Il ne doit pas dépasser une longueur caractéristique en chaque point de l'état actuel de la matière.

Ces théories supposent essentiellement l'isotropie de la matière, non seulement dans l'état initial, mais encore dans tous les états successifs que les déformations lui imposent. Si vous supprimez l'hypothèse de l'isotropie, toute discussion devient inutile : *car ces théories n'ont plus de sens.* Pourquoi voulez-vous faire tout dépendre de ce qui se passe dans une direction unique, si la matière n'est pas isotrope? Déjà pour une matière isotrope, il est dur d'admettre que deux des axes des ellipsoïdes d'élasticité ou de dilatation n'interviennent pas : cela devient absurde pour une matière non isotrope.

Ainsi point n'est besoin d'expériences directes pour servir de critérium à ces théories. Leur généralisation pour une matière non isotrope est quasiment impossible. A ma connaissance, elle n'a pas été tentée. Outre qu'elle serait nécessairement tout à fait arbitraire, elle donnerait lieu à des calculs inextricables. Enfin l'introduction de l'influence de la vitesse dans ces théories est également impossible, puisque les forces ou les déformations n'y interviennent pas directement, mais seulement en moyenne par l'intermédiaire des ellipsoïdes.

Reste la théorie de Coulomb. Beaucoup plus vague, nous apprenant peu de choses dans sa forme actuelle, elle résiste encore bien à l'expérience. Malheureusement on n'en peut guère calculer les conséquences, tant elle a été peu étudiée par les théoriciens. Suivant Coulomb, les déformations se produisent par glissement; seuls les efforts tangentiels interviennent directement.

Pour savoir si une matière peut résister à un système de forces, calculons donc les efforts tangentiels, dans les divers plans passant par un point du corps.

Si les forces normales n'intervenaient pas, le glissement devrait se produire dans le plan où se trouve l'effort maximum, du moins si rien autre n'empêche ce glissement. Mais on conçoit que la matière cède d'autant moins au glissement suivant un plan, qu'elle est plus comprimée normalement à ce plan, de même qu'un corps donné glisse d'autant moins facilement sur un plan, que, toutes choses égales d'ailleurs, il est plus lourd. On tire de là une théorie rudimentaire, exposée avec talent dans tous ses détails par M. Duguet, dans un petit livre que vous connaissez tous.

Malheureusement, sous cette forme, elle est soumise aux mêmes objections de principe que les précédentes. Il semble, toutefois, que sa généralisation est plus aisée et ne présentera pas d'écueils insurmontables. En tous cas, cette généralisation n'est pas faite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Donc, pour tous ceux qui veulent bien admettre que la matière, en se déformant, ne reste pas isotrope, il n'existe pas actuellement de théorie présentant la moindre vraisemblance. Une remarque s'impose. Dans la pratique l'ingénieur ne fait pas intervenir de théorie des déformations permanentes; mais la théorie de l'élasticité parfaite des corps isotropes joue un rôle fondamental. Fort heureusement, son application est absolument légitime; car l'expérience montre que les plus grandes déformations modifient très peu les constantes d'élasticité parfaite des corps.

Ces préliminaires posés, arrivons à l'expérience : cherchons à nous rendre compte de ce que produisent sur un corps des efforts complexes; pour préciser, imposons simultanément à un fil un couple et une charge; et, pour tout définir, prenons au début un fil de matière isotrope — par conséquent un fil aussi mou que possible.

L'expérience montre alors que le fil cesse manifestement d'être parfaitement élastique pour des charges nulles, et qu'on ne peut, dans aucun cas, négliger ses déformations permanentes. Pour amener le fil à subir la charge P, sous l'effort tangentiel total C, il faut l'étirer et le tordre : le problème n'est plus déterminé. Nous pouvons, par exemple, commencer simultanément à faire croître la charge et la torsion, avec des vitesses constantes $d\mathrm{P}/dt$ et $d\alpha/dt$. L'expérience consiste alors à déterminer à chaque instant le couple C et l'allongement $l$ : elle montre qu'en modifiant les vitesses de déformation, on obtient deux infinités de faisceaux de courbes. Mais c'est là une technique, entre une infinité de techniques possibles. Je puis commencer la traction avant la torsion (ou réciproquement), imposer des arrêts, détordre pour retordre, etc., etc. L'expérience montre que chaque fois qu'on modifie la technique, on obtient de nouvelles courbes de déformation. C'est-à-dire qu'il est possible de créer non seulement une seule infinité de matières, jouissant de propriétés différentes, ce que suppose un écrouissage scalaire, continûment variable depuis l'état initial jusqu'à un état final déterminé, mais une infinité d'infinités de matières, comme le suppose un écrouissage dirigé et une non isotropie variable avec le mode de déformation. Plusieurs auteurs ont cru, dans ces derniers temps, démontrer la valeur de l'une ou l'autre des théories que j'ai discutées. Vous comprenez que, dans l'indétermination absolue du problème, on démontrera tout ce qu'on voudra. Tant que l'on ne spécifie pas le mode de déformation imposé, qu'on ne précise pas tous les détails de la technique, on risque fort de choisir dans une kyrielle de résultats ceux qui vous agréent et de négliger les autres, sous le prétexte d'un défaut dans la pièce étudiée. C'est là une échappatoire dont on se gardera, pour ne pas passer systématiquement à côté des résultats importants.

L'expérience confirme donc tout ce que le raisonnement suggérait.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Heureusement, si elle nous enlève l'espoir de posséder avant longtemps une théorie calculable des déformations permanentes, elle prouve qu'une théorie sensée serait parfaitement inutile dans la pratique. Car, pour être appliquée, elle supposerait la connaissance préalable d une foule de circonstances que vous ne connaissez généralement pas, et que vous ne pouvez même pas espérer connaître.

Une théorie pouvait vous être utile en pratique, dans l'hypothèse où la connaissance d'un nombre restreint de paramètres permettait de calculer les phénomènes futurs et les déformations quelconques à intervenir. Dès que, pour un métal initial donné, il est impossible de dire ce qui se passera, sans connaître toute l'histoire antérieure (et je suppose encore ici qu'une théorie capable de ce résultat existe), il devient beaucoup plus simple de déterminer directement par l'expérience ce qui se passera *dans le cas très spécial où la pièce considérée servira.* La méthode est plus simple et plus sûre.

Me voici donc amené, par un long détour, à fixer exactement le rôle de la méthode d'essai, rôle terre à terre si on veut, mais dont l'utilité réside précisément dans son caractère essentiellement empirique.

### *Rôle de la méthode d'essai.*

L'essai se présente sous trois formes :

1° Il est fait sur la pièce même qui doit servir (une roue de wagon, par exemple, qu'on essaie à la presse hydraulique). *Toute théorie est alors parfaitement inutile.* La seule condition à réaliser est de rendre l'essai aussi semblable que possible aux conditions de la pratique. Vous savez tous que pour essayer la résistance d'un matériel d'artillerie, on impose à quelques affûts et quelques caissons un parcours de plusieurs centaines de kilomètres en terrain varié. C'est là un empirisme intelligent et rigoureusement scientifique, l'expérience ayant montré que l'essai en chambre d'un véhicule est généralement insuffisant.

S'il m'était donné, par impossible, de rédiger un cahier des charges pour la ivraison d'un fil, je ne me tarabusterais pas la cervelle pour savoir si Lamé a tort, Saint-Venant raison, ou si Coulomb l'emporte. J'imposerais au fil de telles dimensions, des courbes de traction à — 20° et à 30°, dont je donnerais le graphique. Ces courbes devraient être modifiées, suivant l'emploi que je ferais du fil, de telle manière, par telle torsion ou telle flexion. Si à la réception, le fil satisfait aux conditions posées, *c'est-à-dire précisément aux conditions de son emploi véritable*, que m'importe d'en savoir davantage?

2° L'essai est effectué sur de la matière non encore arrivée à sa forme et à son état d'emploi.

L'emploi peut même ne pas être encore spécifié. On reçoit, par exemple,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des barres de fer qui serviront à de multiples usages, qui pourront dans la suite être forgées, tournées, etc., etc. On reçoit du ciment qui doit, dans certaines conditions, donner des pièces ayant telle résistance.

L'essai doit nous apprendre seulement si la matière fournie est conforme à un échantillon : on pourrait souvent lui substituer une méthode chimique, électrique ou magnétique quelconque. Une théorie des déformations permanentes est encore inutile. Si dans ces deux premiers cas, les méthodes d'essai fournissent des résultats sûrs et indiscutables, leur intérêt purement scientifique est nul. C'est évident dans le premier cas; dans le second cas, on se contente avec raison d'essais très généraux qui ont donné depuis longtemps tout ce qu'on en pouvait espérer. Les ingénieurs tirent de certains phénomènes accessoires comme la striction, des conséquences pratiques : les physiciens se refusent à discuter quelque chose d'aussi mal défini et d'aussi complexe.

3° L'essai est fait de telle sorte que son utilité est subordonnée à une théorie des déformations permanentes. Je dis qu'il n'est alors qu'un trompe-l'œil et je suis heureux de me rencontrer sur ce point avec des hommes de pratique éminents. Qu'un artilleur se déclare satisfait quand son canon tient, sous une charge donnée d'un explosif donné : je le comprends, l'expérience a un sens. Mais une fois que le canon est forgé, qu'il tourne dans la partie qui tombe, deux éprouvettes, une en long, l'autre en travers, et détermine leur charge de rupture, je n'y vois, à la vérité, aucun inconvénient, mais je n'y trouve aucune utilité. C'est qu'il faudrait établir une relation entre les résultats de l'essai de traction des éprouvettes et la déformation réelle que la pièce doit subir. Alors même que la théorie de l'élasticité parfaite permettrait de prévoir quelles seront les forces appliquées aux divers points de l'arme, que conclure de cet essai, dont les conditions diffèrent du tout au tout des conditions de travail pendant l'explosion. L'expérience est là pour montrer, d'après Duguet, qu'un martelage exagéré, qui augmente pourtant la charge de rupture de l'éprouvette en long, n'augmente pas, tout au contraire, la résistance de la pièce. D'ailleurs la pièce est-elle identique à elle-même, avant et après ses propres essais de résistance, ces coups de matage à charge plus forte que la charge normale, qui modifient en tous points son état? Au fond, dans ce troisième cas, on ne sait comment interpréter les essais. Et, que pouvons-nous faire, nous autres physiciens? S'il s'agit d'un résultat absolument général, qu'à la rigueur ces expériences pourraient donner, les ingénieurs ne sont pas d'accord. S'il s'agit d'un résultat plus particulier, les conditions de l'industrie sont trop complexes pour que, même concordantes, ces expériences nous puissent servir à quoi que ce soit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CONCLUSIONS

Si éloignés que nous soyons d'une théorie complète des déformations permanentes, nous pouvons prévoir dès maintenant dans quel sens il faut diriger nos recherches, et quel minimum de complication nous ne pouvons nous dispenser d'introduire.

Nous devons dès aujourd'hui admettre au moins 4 groupes superposés de phénomènes, qui semblent irréductibles et donnent ou devront chacun donner lieu à une théorie distincte. En admettant même que quatre groupes essentiellement distincts de propriétés suffisent à rendre compte des phénomènes, ceux-ci se présentent souvent sous une forme si déconcertante, qu'il est parfois bien difficile de les attribuer plutôt à un groupe qu'à un autre. Vous allez comprendre aisément en quoi consistent les caractères fondamentaux de chacun de ces groupes.

Prenons une déformation simple et supposons les phénomènes représentés dans un plan. Ce sera par exemple une torsion, sous charge assez faible pour que le fil ne s'allonge pas. Nous portons en abscisses les torsions $\alpha$ et en ordonnées les couples C. Après de nombreux parcours autour d'un point A de ce plan, la théorie ordinaire de l'élasticité est suffisante : on peut la supposer complétée par des termes petits correspondant à la non-isotropie.

Supposons maintenant que le point figuratif de l'expérience s'éloigne notablement du point A, tout en entrant dans une région déjà maintes fois parcourue. Les parcours ne sont pas rectilignes, on trouve des courbes formant des cycles plus ou moins compliqués. Pour expliquer ces formes, il faudra des hypothèses formant un second groupe, que nous désignerons par le mot hystérésis, par analogie avec les phénomènes analogues présentés par le magnétisme.

Cependant certains phénomènes fonctions du temps apparaissent, dont vous avez des exemples dans les déplacements lents de zéro des fils métalliques des galvanomètres. Ils semblent irréductibles au groupe précédent. Nous les désignerons par le mot réactivité.

Enfin déplaçons-nous dans des régions du plan, éloignées du point A et qui n'ont jamais été parcourues. Le fil change d'état d'une manière permanente et irrenversable. Nous pourrons désigner par écrouissage, ces changements. Voilà nos quatre groupes fondamentaux. Bien entendu autour d'un point nouvellement atteint, nous pouvons obtenir des phénomènes purement élastiques, d'hystérésis et de réactivité, mais avec de nouveaux paramètres, qui dépendent de la variation d'écrouissage. Cette variation, caractérisée par un nombre encore inconnu de paramètres, dépend de la déformation et de la manière dont elle a été obtenue.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je ne parle que pour mémoire d'un cinquième groupe qui comprend les transformations séculaires, les cristallisations qui s'opèrent peu à peu dans les métaux et modifient complètement leur structure. M. Brillouin leur a donné fort heureusement pour cause des cycles petits et nombreux de température, de traction et de torsion; ceci précise les termes vagues de vibrations et de trépidations, si souvent employés. Les expériences sont difficiles, puisqu'elles doivent durer des mois et des années sur un même échantillon.

Dire que les phénomènes forment des groupes, signifie qu'on peut expérimentalement modifier certains d'entre eux sans toucher aux autres. Les phénomènes purement élastiques forment un groupe, parce qu'on peut s'arranger pour les faire apparaître à peu près isolés à chaque instant. On ne peut faire rentrer la réactivité dans l'hystérésis, parce que, maintenant l'hystérésis constante, on peut exagérer la réactivité. Ces distinctions ne sont donc pas seulement des mots, mais l'énoncé de faits.

En particulier elles n'ont aucun rapport avec le procédé qui consiste à compliquer une théorie vraie ou fausse, par des variables supplémentaires, jusqu'à ce que personne n'y voie goutte. On ne doit pas compliquer les théories, mais les superposer. Chaque théorie auxiliaire doit avoir sa démonstration propre, représenter un groupe de faits. Procéder autrement, c'est de l'algèbre, ce n'est plus de la physique mathématique. Le procédé algébrique des variables avorte d'autant plus nécessairement, que nous sommes encore à nous demander de combien de paramètres ou d'équations différentielles, chaque théorie partielle nécessitera l'emploi. Je suis heureux de pouvoir citer, à l'appui de ma thèse, les remarquables travaux de M. Brillouin, dont je m'honore d'être l'élève.

Ceux qui, parmi vous, ne sont pas au courant des essais tentés pour obtenir une théorie de déformations permanentes, s'imagineront peut-être que tout le monde est d'accord sur le schéma que je viens de décrire. Qu'ils se détrompent : je suis à peu près seul de mon opinion. Les uns prétendent que les phénomènes de réactivité s'expliquent par des déformations petites et nombreuses; les autres que les phénomènes d'hystérésis rentrent dans ceux de réactivité; les troisièmes que la théorie ordinaire de l'élasticité est insuffisante et doit être complétée par des termes du second ordre; je n'en finirais pas si je voulais exposer tout ce qui a été dit. C'est la tour de Babel, et je ne parle *que des déformations isothermes*. J'ai scrupule d'aborder en quelques mots les effets de la température. Il semble qu'on puisse les classer eux-mêmes en deux groupes. Il faudra comparer d'abord les phénomènes isothermes pour des températures différentes ; dans ce cas relativement simple, la température n'intervient que pour changer la partie quantitative des phénomènes. Puis viendra l'étude des effets produits pendant les variations de température.

Mais avant de s'attaquer à l'ensemble du sujet, avant surtout d'introduire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une cause nouvelle de complexité (élastique ou magnétique), il serait urgent de s'entendre sur la partie qualitative des déformations isothermes. Comprenez-vous un physicien dépourvu d'idées précises sur les phénomènes de torsion, et qui étudie comment la torsion influe sur la résistance ? Nécessairement il confond tout : torsion purement élastique, écrouissage, hystérésis, etc. Il donne des nombres, parce qu'on en trouve toujours. Il perd son temps.

Messieurs, un accord préliminaire ne me semble pas impossible : car il est des problèmes assez mûrs pour qu'il suffise de les énoncer pour les résoudre. Me bornant à des propositions qui me semblent définitivement établies, parce qu'elles sont purement négatives, voici le résumé de ce que je vous ai dit :

1° Une déformation géométrique donnée produit un changement d'état (écrouissage) variable avec les forces qui ont servi à produire la déformation.

2° L'écrouissage n'est donc pas en général fonction de la somme algébrique des déformations.

3° Un métal qui a éprouvé une déformation permanente ne reste pas isotrope.

4° L'écrouissage est une propriété dirigée, qui ne peut pas se représenter par un seul nombre en chaque point du métal.

5° Les théories de Lamé-Clapeyron, de Saint-Venant et de Coulomb, dans sa forme historique, n'ont de sens que pour les matières isotropes. Elles ne s'appliquent donc pas à des pièces travaillées : pratiquement, elles ne sont donc jamais applicables.

6° Scientifiquement parlant il n'existe pas de limite d'élasticité et la rupture n'a qu'une importance secondaire.

Si l'accord pouvait se faire, Messieurs, sur ces propositions; si chacun était enfin persuadé de la complexité du sujet, on y regarderait à deux fois, avant d'annoncer l'existence d'une foule de lois de proportionnalité dont la simplicité démontre immédiatement l'inexactitude. Les physiciens cesseraient d'utiliser des techniques rudimentaires, donnant tous les résultats que l'on désire *a priori*, et ne servant qu'à augmenter la confusion actuelle.

D'autre part, il faut que l'on soit persuadé que, *bien conduites*, les expériences sont très comparables et peuvent donner une belle approximation. Je vous l'ai déjà dit, et j'insiste, parce que moi-même j'avais, au début de mes recherches, le même préjugé. Quand les résultats ne sont pas nets, c'est de notre faute et non la faute des métaux. Que de fois n'ai-je pas été tenté de mettre sur le compte « des erreurs inévitables d'expérience » des phénomènes, d'une importance théorique capitale et qu'un peu de travail me permettait de reproduire et de varier à mon gré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais je n'oublie pas, Messieurs, que je parle sur l'invitation du président de la Section des recherches physiques de la Commission internationale des méthodes d'essai. Aussi finirai-je en vous disant que si l'industrie suggère aux physiciens des recherches nombreuses et importantes, il faut, pour les faire aboutir, dépouiller absolument l'état d'âme de l'ingénieur, quitter son point de vue, et se condamner à une non-utilité apparente plus ou moins longue, pour rendre plus tard à l'industrie des services qui la récompensent de ses suggestions heureuses.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

LES ESSOREUSES, d'après *M. Viola* (1).

Le type le plus répandu en Angleterre et en Amérique est l'essoreuse de Watson, avec commande supérieure (fig. 1) ou inférieure (fig. 2) et axe vertical libre d'osciller

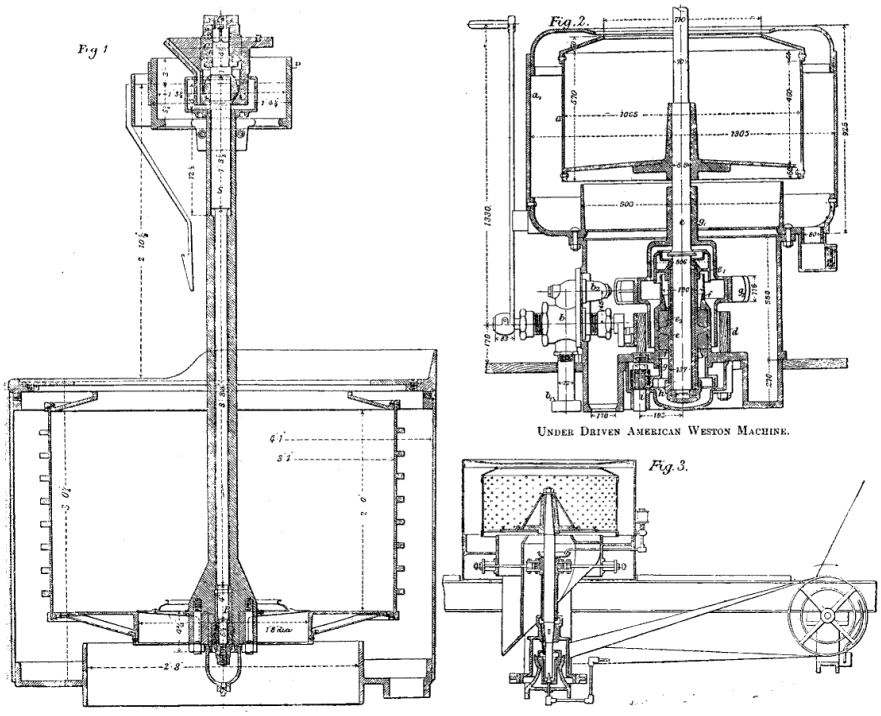



Fig. 1 à 3.

entre certaines limites de manière à prendre automatiquement sa position d'équilibre en réduisant au minimum le frottement et la fatigue de la machine. Dans le type

(1) *American Society of mechanical Engineers* et *Engineering*, 28 août, p. 298.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

européen, l'axe repose (fig. 3) sur une crapaudine sphérique, sur laquelle l'essoreuse tourne comme une toupie, mais avec un jeu réglé par un collier retenu par des ressorts en caoutchouc. En figure 1, la portée sphérique C du châssis B supporte la tige d'acier S, maintenue en haut par le manchon de caoutchouc C', serré par un écrou,

Fig. 7 et 8.

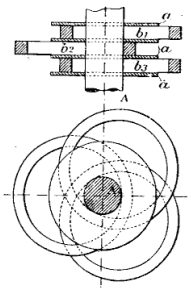


Fig. 4.

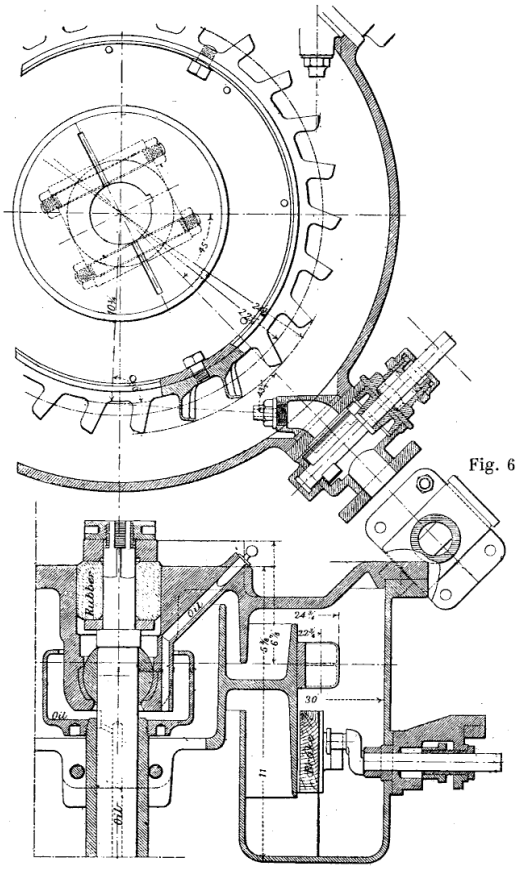


Fig. 6

Fig. 5.

et munie, au bas, d'une crapaudine R, sur laquelle tourne le manchon de l'essoreuse commandé par la poulie P ; la crapaudine R tourne dans un bain d'huile. En figure 2, l'essoreuse est commandée par une roue Pelton $g$, recevant l'eau sous pression des ajutages $b^2$, au travers du régulateur $b$ ; le jeu de l'axe $e$ est limité par des caoutchoucs $e$ $e'$, serrés par un écrou $g$, facile à commander par les pignons $i$ et $h$ ; l'arrêt se fait par un frein $d$. Les figures 4 et 5 donnent le détail d'une de ces roues

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pelton pour commande supérieure. Dans les derniers types, les jets d'eau sous pression sont disposés à 180° l'un de l'autre de manière que leurs réactions radiales s'équilibrent.

*M. Fesca* a proposé, pour la compensation automatique du balourd des essoreuses,

Fig. 10.

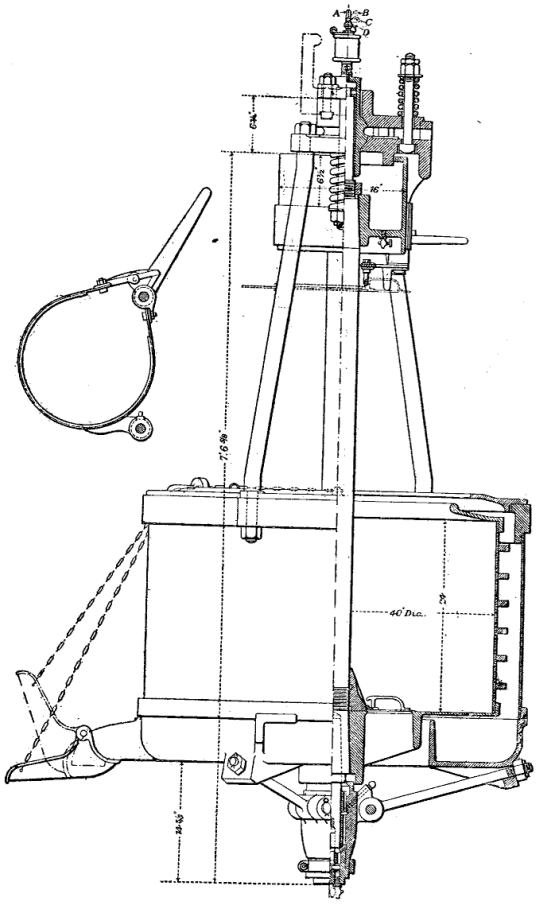


Fig. 9.

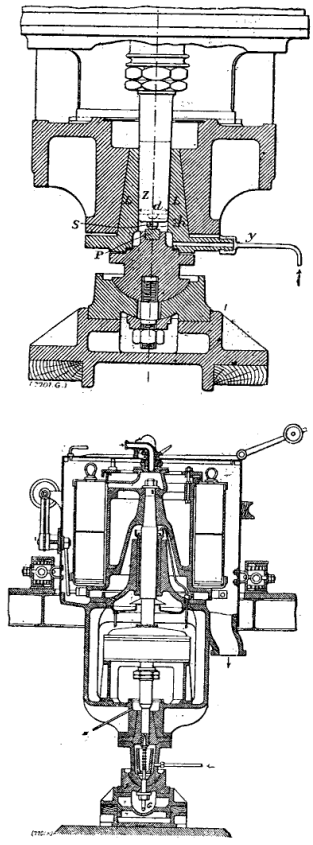


Fig. 11.

un système composé (fig. 7) de trois anneaux *aaa*, entraînés par le frottement des rondelles $b^1b^2b^3$, calées sur l'axe de l'essoreuse, et qui prennent d'elles-mêmes la position nécessaire pour l'équilibrage du balourd en ramenant le centre de gravité de tout le système tournant sur l'axe même de rotation.

Dans le type de *Hepworth* (fig. 9), la crapaudine inférieure est fixée à l'enveloppe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'essoreuse, et cette enveloppe peut osciller autour d'une portée sphérique au haut de l'appareil.

Dans la crapaudine de *Fesca* (fig. 10), le pivot conique Z, à portée L, repose par

Fig. 12 et 13.

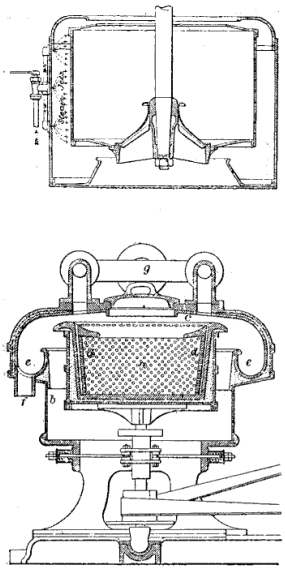


Fig. 14.

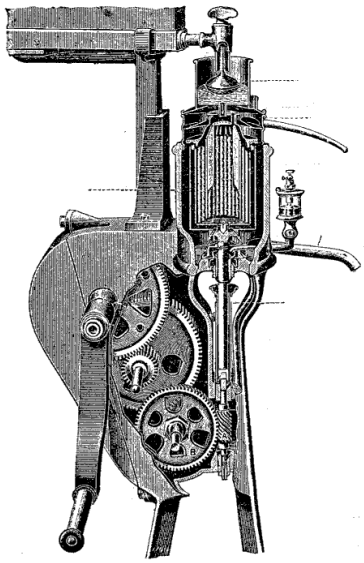
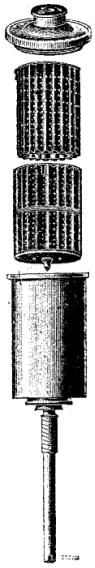


Fig. 15 à 17.



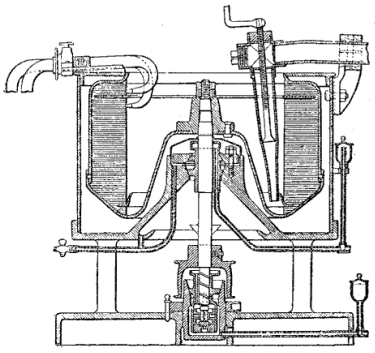


Fig. 18.

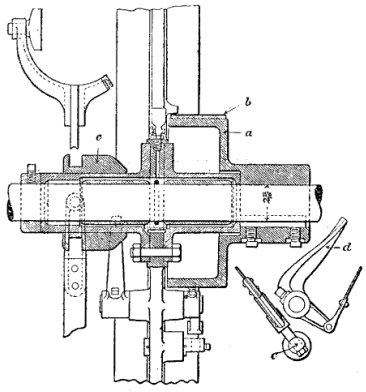


Fig. 19.

un grain S sur la plaque P, sur laquelle il est soulevé, par l'huile sous pression de $y$, à 5 ou 10 millimètres au-dessus de P. On retrouve l'application de cette crapaudine sur l'essoreuse d'*Adant* (fig. 11).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsqu'on traite des matières sujettes à se coller inégalement sur les parois de l'essoreuse, en y déterminant un balourd considérable et en en bouchant les trous, on y remédie en arrosant ces parois de jets de vapeur, comme en figure 12.

Pour le traitement des matières acides, l'intérieur de l'essoreuse est (fig. 13) en un panier *a*, de terre réfractaire, épousant l'enveloppe d'acier *c*, qui l'empêche d'éclater ; le liquide passe par les trous *d* et les canaux verticaux *c*, puis par *f*; le couvercle de *e* est aussi en terre, avec joint en caoutchouc. Les fumées acides s'échappent par les tuyaux *g*. Aucun liquide ne peut s'échapper de l'essoreuse au repos; et, lorsqu'on y traite des matières explosibles, sa fermeture doit être absolument étanche à l'air.

L'écrémeuse (fig. 14) reçoit le lait à sa partie supérieure, d'où il descend successi-

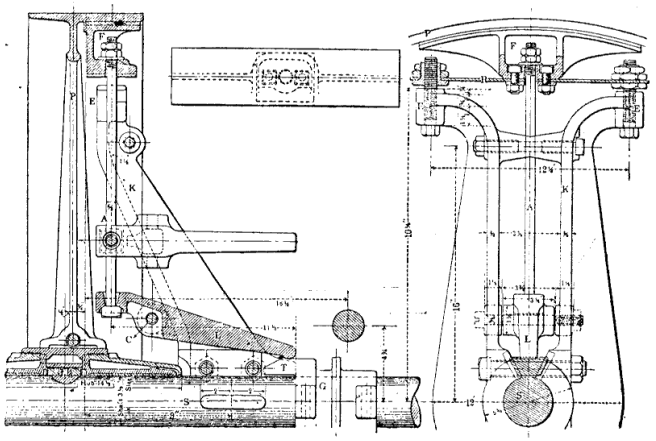


Fig. 20.

vement au travers de trois compartiments agissant chacun comme un séparateur indépendant pour la crème d'autres produits du lait. La vis A entraine son axe par un joint articulé et peut se remplacer facilement.

L'essoreuse (fig. 18) sert à filtrer le jus de cannes à sucre, introduit par le fond, écumé par les ajutages du haut, et dont la partie claire est évacuée par l'ajutage du bas.

La commande se fait souvent par poulies folle et fixe, mais les poulies à embrayages par friction sont préférables comme donnant une accélération plus rapide, avec la faculté de limiter la puissance de cet entraînement par le serrage de la friction.

Dans le type de *Weston* (fig. 20) l'arbre S entraîne la poulie P par le frottement des sabots F, garnis de cuir, des tiges A, entraînées par les bras E E, calés sur S. Ces sabots, rappelés par la lame en ressort R, sont appliqués sur la jante de P par la force centrifuge, et, pour les débrayer, il suffit de les abaisser par les leviers L, au moyen du manchon GT. Dans le dispositif de *Hepworth* (fig. 19) le tambour *a*, calé sur l'arbre, entraîne la poulie par l'intermédiaire d'une bande d'acier *b*, garnie de cuir, reliée en *e*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la poulie, et, à son autre extrémité, au bras *d*, pivoté sur la poulie, et manœuvré par le manchon conique *e*, qui embraye ainsi la poulie en serrant *b* sur *a*. La poulie est folle sur un manchon en bronze fou sur l'arbre, de sorte que, si le graissage de l'arbre vient à manquer, c'est sur le manchon que la poulie tourne sans couper l'arbre (1).

### CHANTIERS DE CONSTRUCTIONS NAVALES DE *Fore-River*, A QUINCY, MASSACHUSETS (2)

La halle de ces chantiers se compose (fig. 1) de huit travées écartées de 48 mètres, soit une longueur totale de 288 mètres, de 30 mètres de hauteur sous la poutre des

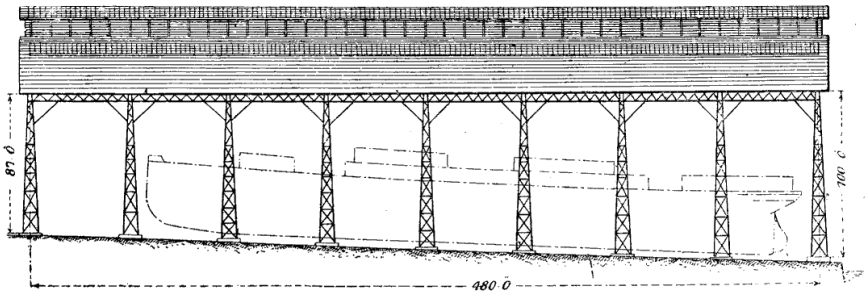



Fig. 1. — Chantier de *Fore-River*.

grues, de 56 mètres de large entre colonnes, avec (fig. 2) deux appentis de 18 mètres; ce qui permet de loger sous la halle quatre navires; deux gros et deux moyens, comme en figure 2. Chacune des poutres porte 8 grues de 5 tonnes.

Sous les poutres, roulent 8 grues électriques de 5 tonnes, dont 4 sous les encorbellements; la levée de ces grues se fait à la vitesse de $0^{m},25$ par seconde, la translation

(1) La commande des essoreuses par roues Pelton a donné les résultats suivants, dans des expériences exécutées par M. Watkinson sur des essoreuses *Watson Laidlaw*, avec une batterie de 3 essoreuses à paniers de 760 de diamètre × 460 de profondeur. L'eau sous pression était fournie par une pompe à vapeur double, à cylindres de 400 × 250 de course, actionnant directement des pistons de pompe de 200 de diamètre, et reliée aux essoreuses par un tuyau de $76^{mm} \times 5^{m},10$ avec 3 coudes; pression de l'eau $10^{k},50$; diamètre des deux jets de chaque roue 9 et 5 millimètres. Après 2 minutes, on atteignait, avec l'essoreuse chargée de 135 kilos, une vitesse de 1 247 tours par minute, en ayant dépensé 250 litres d'eau par minute; pendant deux minutes, on maintint cette vitesse avec une dépense de 57 kilos d'eau par minute; puis l'arrêt se fit en deux autres minutes avec une dépense nulle. La puissance indiquée à la pompe, pendant ces 3 périodes du cycle, a été de $6^{chx},69$, $1^{ch},76$ et $0^{ch},118$, soit, en moyenne, $2^{chx},856$; les puissances correspondantes en eau, sur les roues, ont été de $5^{chx},79$, $1^{ch},34$ et zéro, soit une moyenne de $2^{eh},37$, ce qui correspond à des rendements de 13,6 et 23,8 p. 100 pendant les périodes d'accélération et de vitesse normale. La puissance nécessaire varie proportionnellement au carré des vitesses: $1^{ch},34$ à 1 247 tours, et $1^{ch},24$ à 1 200 tours. Admettant 70 p. 100 pour le rendement de la roue Pelton, la puissance absorbée par l'essoreuse même, à 1 200 tours, est de $0^{ch},868$. Le rendement de la pompe est de 86,7 p. 100, ce qui porte le rendement total du système à $\frac{70 \times 86,7}{100}$, ou à 60,7 p. 100.

(2) *Engineering*, 11 septembre, p. 347.

(3) *Engineering*, 21 août, p. 248.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



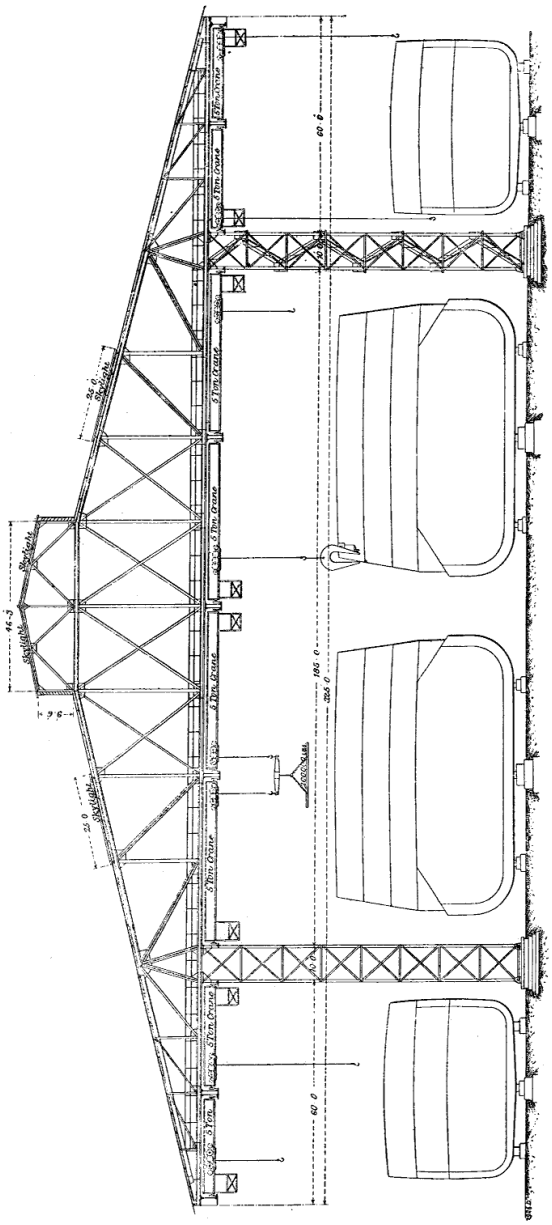


Fig. 2. — Chantier de *Fore-River*. Coupe transversale.

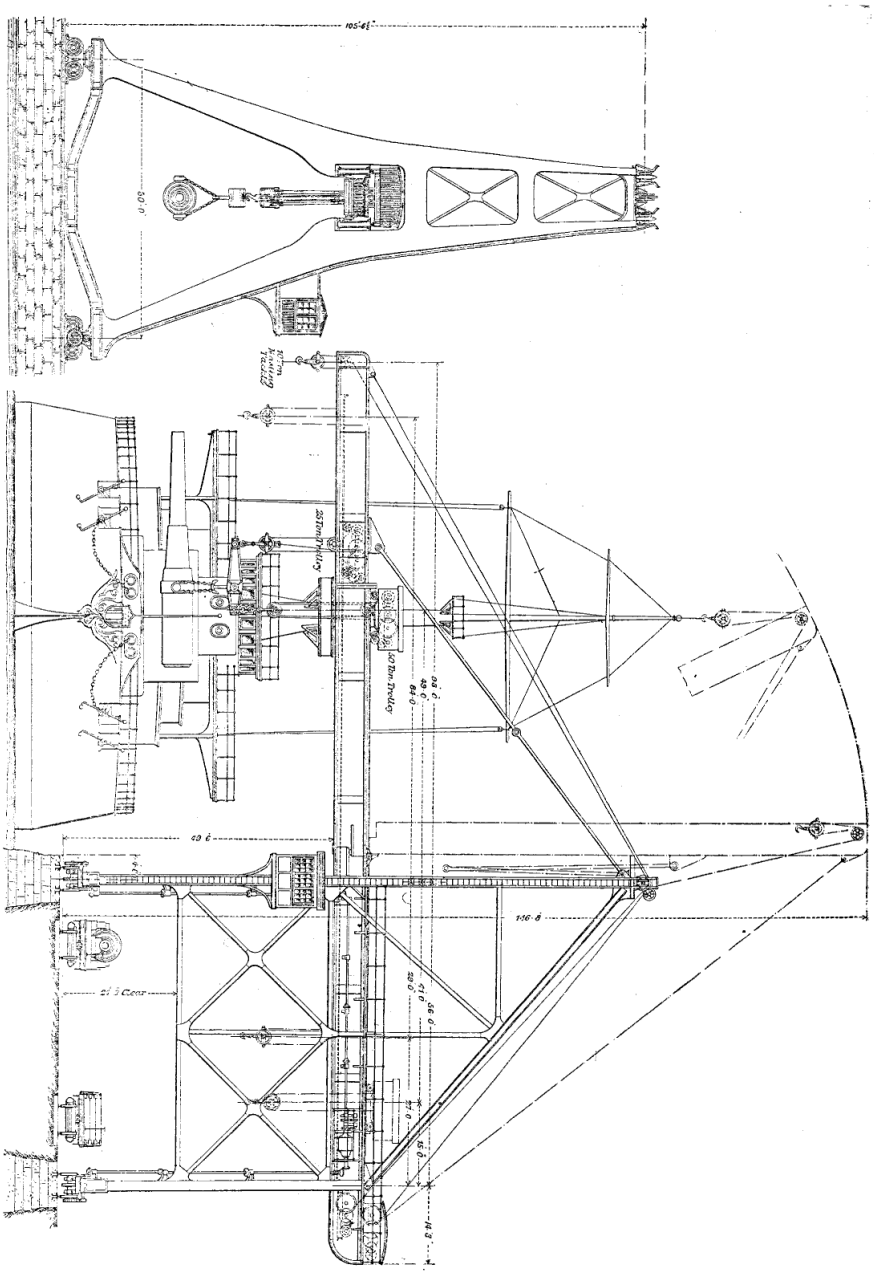


Fig. 3. — Chantiers de *Fore-River*. Ensemble de la grue du quai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longitudinale à 1m,25 et la translation transversale à 0m,50 par seconde. Ces grues sont à trois dynamos ; une pour chaque mouvement, avec une plate-forme de commande à une de leurs extrémités.

La grue de quai, du type *Morgan*, construite par la Compagnie Welman-Seaver, de New-York, repose sur deux châssis en forme d'A (fig. 3 et 4) écartés de 16m,80, rou-

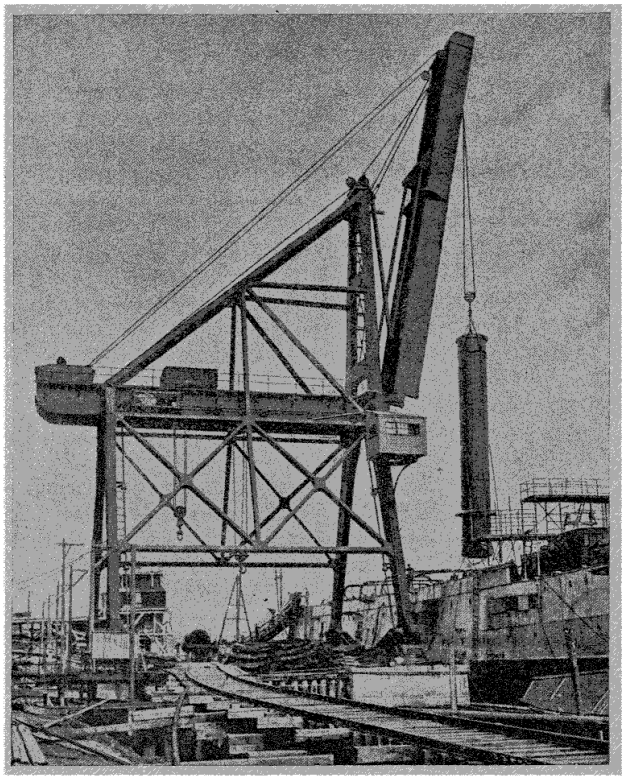


Fig. 4. — Chantier de *Fore-River*. Ensemble de la grue du quai.

lant sur rails. La hauteur sous la poutre est de 15 mètres, et, sur l'avant, de 32 mètres de haut, se trouve articulée une poutre de 28 mètres de long, qui peut se dresser comme en pointillés et sur la figure 4, pour le mâtage des bâtiments avec son palan de 10 tonnes. En temps ordinaire, cette volée est abaissée dans la position de la poutre principale, comme sur la figure 3 ; elle est alors desservie par deux chariots de 25 et de 50 tonnes, à vitesses de levée de 5 et 15 centimètres par seconde. Le chariot de 50 tonnes a une volée maxima de 15 mètres et celui de 25 tonnes une volée de 25m,50. La vitesse de translation de la grue sur ses voies, en pleine charge, est de 0m,30 par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seconde. Les charges peuvent être amenées de l'autre voie aux bâtiments, au travers des châssis en A, dont l'ouverture est, au bas, de 15 mètres.

Les dynamos sont au nombre de 7, d'une puissance variant de 100 chevaux pour la translation de la grue à 25 chevaux pour les petits moteurs.

EMPLOI DES HAVEUSES MÉCANIQUES DANS LES HOUILLÈRES ANGLAISES, d'après le rapport du *Committee upon Mechanical Coal-Cutting* (1).

**Machines pour longues tailles.**

*Conditions du travail.* — Les haveuses déhouilleuses et découpeuses mécaniques peuvent s'employer presque partout. Dans quelques cas, on a dû y renoncer parce que le charbon s'écroulait sur la machine et l'ensevelissait à mesure qu'avançait le havage, mais on pourrait, même dans ce cas, y remédier en changeant la méthode d'abatage. Un mauvais toit n'est pas un obstacle absolu. La plupart des machines, lorsque leur puissance est insuffisante, coupent dans le sol des galeries moins vite que dans le charbon même, surtout s'il contient des pyrites ou d'autres substances dures. Elles peuvent travailler dans des galeries inclinées même de 30°, en montant et en descendant, et en les équilibrant par un contrepoids ou les retenant par des freins.

La *profondeur de la coupe* varie de $0^m,85$ à $2^m,10$, bien que cette dernière profondeur soit ordinairement excessive; en général, elle varie de $1^m,20$ à $1^m,35$; plus elle est grande, moins souvent faut-il riper les rails, mais une profondeur trop grande expose à des chutes de charbon et à d'autres inconvénients.

L'*épaisseur de la coupe* varie de 90 à 140 millimètres avec les machines à disques, et de 90 à 190 millimètres avec celles à barres, ce qui les rend avantageuses quand il se trouve une grosse bande d'argile dans la couche de charbon, que la machine dépouille en laissant le charbon plus propre. L'épaisseur de la coupe augmente les déchets, mais, d'autre part, la variation de cette épaisseur d'un bout à l'autre de l'enfoncement de la barre conique améliore la chute du charbon.

Quand l'entaille n'est pas suffisamment profonde à l'avant, il arrive souvent que le tas de charbon s'incline et vient toucher terre sans se briser franchement, de manière à exiger l'emploi des explosifs pour son abatage final.

Quelques machines pour longues tailles (*Longwall*) sont disposées de manière à couper au ras du sol, au-dessous du niveau des rails, ce qui est sans doute avantageux, bien que l'enlevage du charbon y soit moins facile; on y remédie en inclinant la machine de manière que l'avant de la coupe soit au niveau du rail et l'arrière au niveau du sol. On laisse ainsi, sous la coupe, un plan incliné de charbon, de 100 millimètres de talus auprès de la machine, par lequel les copeaux se dégagent facilement, et qu'on enlève après l'abatage, avant de riper la voie. Cette inclinaison de la machine s'obtient en surélevant le rail extérieur ou en donnant aux roues correspondantes un plus grand diamètre.

Le front de taille doit être aussi droit et net que possible, de manière à régler la chute du charbon plus facilement, sans explosifs, et à faciliter le réglage du toit et le boisage.

La longueur des fronts de taille a varié, dans les cas étudiés, de 45 à 2100 mètres,

(1) *North of England Institute of mining and mechanical Engineers*, septembre 1903. Voir aussi les articles de *MM. Defline* (*Annales des mines*, janvier 1903) et *Rosset* (*Génie civil*, juillet 1903).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et cette longueur détermine, en grande partie, le *mode d'emploi* des machines, coupant soit dans les deux sens, en montant puis en descendant la taille, soit dans un sens seulement, avec un long temps perdu au retour à vide, qu'il faut éviter si possible.

Le mieux est, quand on le peut, de diviser la taille en longueurs peu importantes, attaquées chacune, dans les deux sens, par une machine, à des intervalles réguliers, entre lesqnels on enlève le charbon abattu. Cette méthode concentre le travail, donne un débit régulier, un avancement systématique du front de taille, mais elle exige des équipes de haveurs et de déblayeurs alternant d'une machine à l'autre pour assurer la marche ininterrompue des machines. Cette méthode s'adapte probablement mieux aux couches minces, à galeries de dégagement peu espacées; il faut aussi, dans les galeries basses, éviter le retour à vide des machines.

Lorsqu'on ne peut adopter la méthode précédente, on peut, avec une taille plus longue, ne couper que dans un sens, et réserver une certaine longueur du front de taille entre les haveuses et les déblayeurs de manière à permettre la continuation du déblayage en cas d'accident à l'une des machines. Ce système exige, à débit égal, une

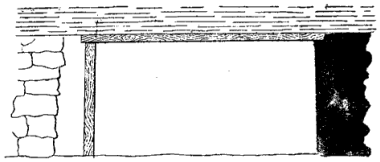


Fig. 1.

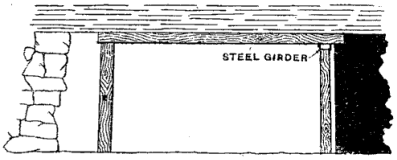



Fig. 2.

taille plus longue, et entraîne les frais des retours. Une machine de $2^m,40$ à $2^m,70$, pesant 1 à 2 tonnes, n'est pas facile à passer dans les voies étroites, basses et tortueuses d'une mine. Le retour se fait en montant la machine sur deux paires de roues, ou sur un trolly, soit en l'y amenant par une chaîne et un petit chariot. Dans les machines à disque, on enlève, en outre, ce disque, souvent en deux pièces à cet effet.

Dans bien des cas, il convient de couper en travers des bancs principaux de clivage de la couche, de manière que le charbon ne tombe pas trop facilement sur la machine; il faut aussi éviter d'aligner les tailles parallèlement aux lignes de jointure du toit quand elles peuvent provoquer des chutes.

Le boisage des longues tailles avec bon toit est des plus simples: formé de deux ou trois rangées de pieux parallèles à la taille et laissant devant elles l'espace nécessaire au passage de la machine. La largeur de cet espace ne doit pas, en général, dépasser $1^m,22$, et, si l'on ne peut y laisser le toit sans support, on y avise au moyen (fig. 1) de planches sur les poteaux et le charbon, et on remplace parfois ces planches par des barres d'acier coûtant de 5 à 6 francs pièce, plus économiques que les planches, à condition de ne pas les perdre. Avec les toits très mauvais, il faut appuyer les boisages sur une seconde rangée de poteaux affleurant le charbon, avec, comme en figure 2, une poutre d'acier longitudinale, en longueurs de $4^m,50$, pesant 13 kilogrammes au mètre, Les haveuses mécaniques permettent une avance rapide du front de taille, qui facilite grandement le contrôle du toit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MACHINES

Les haveuses se divisent en trois classes ; à disques, à barres et à chaînes.

*Machines à disques.* — Elles sont toutes établies sur le même principe. Un châssis rectangulaire portant le mécanisme moteur est monté sur roues et porte, latéralement, un encorbellement supportant le disque coupant, avec dents à sa périphérie, et commandé par un pignon en prise avec la denture de sa périphérie.

Avec les commandes électriques, le rapport de transmission de la dynamo au disque est de 65 à 70; avec l'air comprimé cette réduction est de 20 à 25; le disque fait de 15 à 30 tours par minute avec les petites machines, de 10 à 12 avec les grandes. Dans la machine exceptionnelle de Rigg et Meiklejohn, la réduction n'est que de 3, et le disque fait 60 tours ; celui des machines Jeffrey, de 1$^{m}$,50 de diamètre, fait 50 tours avec la commande électrique et 45 avec l'air comprimé.

Les machines sont touées le long de la taille par des mécanismes à vitesses mul-

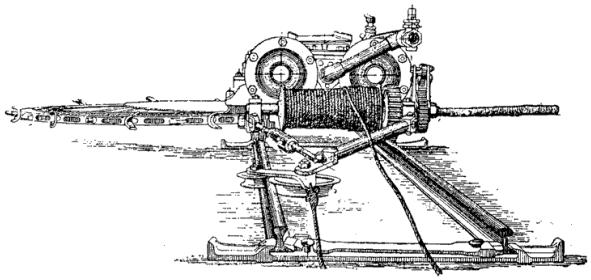


Fig. 3. — Haveuse *Gillott et Copley.*

tiples, et souvent appuyées sur des roues guidées aux deux bouts, dont on se passe dans les machines longues et lourdes.

Ce sont les machines à disques qui sont les plus employées en Angleterre, et depuis le plus long temps; les plus puissantes peuvent couper les pierres dures aussi bien que le charbon.

Machine *Gillott* et *Copley*. C'est (fig. 3) une des plus anciennes et des plus employées; la plus légère des machines à disques, elle ne pèse que 1 000 kilogrammes, et semble la mieux adaptée aux travaux qui n'exigent pas de très grands efforts. Le disque est au-dessus du niveau des rails ; elle est tirée par un câble et guidée par des galets latéraux le long des rails.

*Rigg* et *Meiklejohn*. Presque aussi ancienne que la précédente, cette machine pèse de 1 500 à 2 000 kilogrammes: elle est pourvue de quatre verrins à vis, un à chaque bout, qui permettent de la soulever et de l'incliner suivant les inégalités du sol; elle est tirée par un cabestan à chaîne sur la machine. Le disque est placé sur le second au lieu du troisième contre-arbre de transmission, ce qui simplifie ce mécanisme et fait marcher le disque rapidement, à 60 tours par minute. En outre, ce disque tourne en sens contraire des autres machines, de sorte que ses dents frappent le charbon d'abord en avant au lieu d'en arrière, et en amènent les copeaux en arrière au lieu d'en avant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La profondeur de la coupe, avec les deux machines précédentes, varie de 0m,860 à 1m,05.

*Yorkshire Engine C°*. Analogue (fig. 4) à la machine Gillott-Copley, et plus puissante, cette machine coupe à une profondeur de 1m,50.

*Clark* et *Steavenson*. Une des plus anciennes machines commandées (fig. 5 et 6),

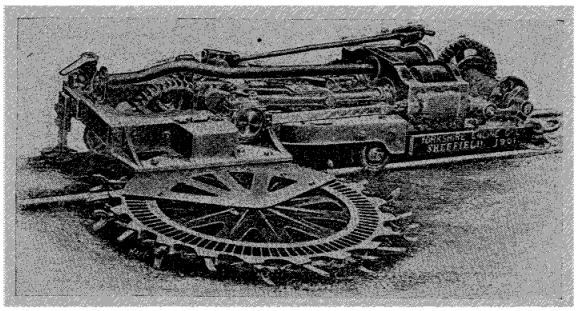


Fig. 4. — Haveuse de la *Yorkshire C°*.

par l'électricité. Elle est du type Gillott et Copley, actionnée par une dynamo au lieu de l'être par un moteur à air comprimé. Poids : 2 000 kilogrammes; puissance de la dynamo : 26 à 30 chevaux.

*Machine Diamond*. Elle diffère des précédentes en ce que son disque est fixe au centre et non à l'extrémité du châssis. Dans le type à air comprimé (fig. 7), les cylindres moteurs sont fixés symétriquement de chaque côté de la machine de manière

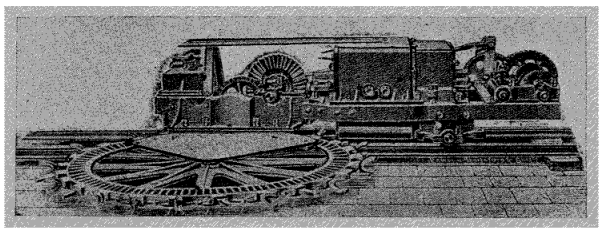


Fig. 5. — Haveuse *larke et Steavenson*.

à s'équilibrer, ainsi que les efforts, quelle que soit la direction de la coupe; poids : 2 000 kilogrammes.

La position centrale du disque permet de couper dans les deux sens sans gêner l'enlèvement des copeaux, qui ne se fait facilement que dans un sens avec les machines à disque placé à un bout du châssis. Dans le type électrique, les deux dynamos, également symétriques, sont en série, avec un courant de 500 volts, réduit à 250 sur chaque dynamo, ce qui diminue les risques de brûlage des dynamos. Ces deux types sont des plus puissants, adaptés à l'exécution de coupes profondes en matières dures.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Jeffrey*. De date récente, en Angleterre, cette machine est commandée, le plus

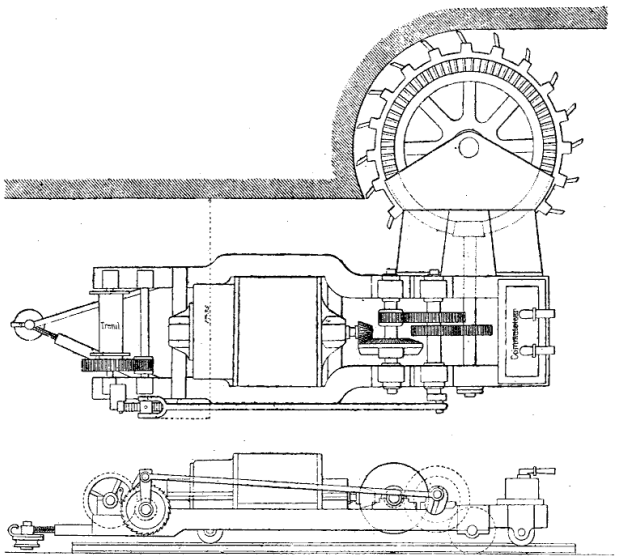


Fig. 6. — Haveuses *Clarke et Sbcavenson*.

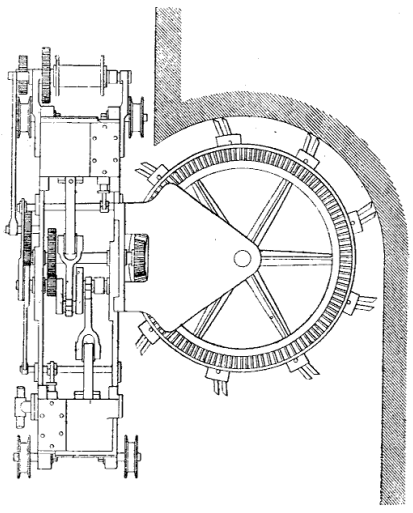


Fig. 7. — Haveuse *Diamond* à air comprimé.

souvent, à l'électricité; elle coupe (fig. 8) au ras du sol; poids : 1 500 kilogrammes. Sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principale caractéristique est d'être portée devant le front de taille par un seul rail dans l'axe de la machine, ce qui facilite l'enlèvement des abatages et des copeaux, condition essentielle avec une machine coupant au ras du sol, et dont le disque tend à ramener ces copeaux sous la coupe. Un levier à l'avant de la machine permet d'osciller légèrement le disque et de le maintenir au ras du sol malgré sa tendance à se relever quand il rencontre au-dessus de lui des corps moins durs. Toutes les

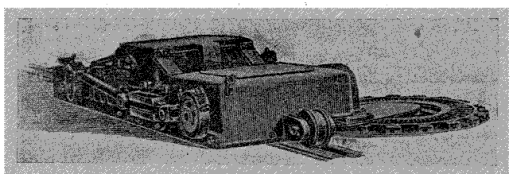


Fig. 8. — Haveuse *Jeffrey*.

manœuvres, y compris celle du treuil de tirage, sont à l'avant et bien à la main du conducteur; le train de pignons qui commande le disque est bien abrité dans une boîte à huile, ce qui assure la douceur de son fonctionnement.

**Machines à barres.** — Ces machines n'ont progressé que lentement, bien que l'expérience ait fini par démontrer la possibilité d'en construire d'assez fortes pour permettre de couper à des profondeurs de $1^m,20$ à $1^m,80$, et qu'elles présentent certains avantages. Les étais peuvent se placer beaucoup plus près de la barre que du disque; la forme en coin de la coupe se prête mieux à la chute du charbon; la barre ne peut guère se coincer comme le disque; son frottement est moindre et ses mécanismes de transmission sont plus simples, car elle peut être commandée à plus grandes vitesses, et du second contre-arbre, par dynamo; elle est plus facile à retirer

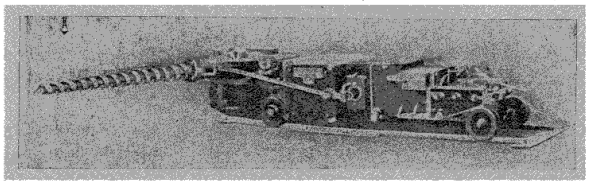


Fig. 9. — Haveuse *Hurd*.

et à incliner suivant les exigences de la coupe; elle peut se remplacer très facilement aux fins de coupes et se changer. Ses inconvénients sont : de ne pouvoir ni couper au ras du sol ni se débarrasser des copeaux aussi facilement que les disques; de couper verticalement au lieu d'horizontalement, dans les lits stratifiés.

*Hurd*. Cette machine est (fig. 9, 10 et 11) commandée par l'électricité, avec une seule dynamo qui imprime à la barre, en même temps que sa rotation, un mouvement de va-et-vient de 50 mm. dans la coupe, ce qui empêche la barre de se bourrer; rapport de transmission 2; vitesse de rotation de la barre 420 tours; longueur $2^m,34$ pour une coupe de $1^m,50$; épaisseur de la coupe : 90 mm. au fond et 180 à l'avant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La barre porte une hélice qui ramène les copeaux, avec trous de fixation des outils sur et dans les filets, de manière à permettre de varier l'épaisseur de la coupe suivant leur fixation. Le mécanisme de transmission de la barre peut se lever ou s'abaisser en marche, et la barre pivoter de 180°. Lorsqu'on coupe dans les deux sens, en allant et en revenant, on retourne souvent la machine aux bouts de la taille, ce qui peut s'éviter en renversant la marche du moteur et en remplaçant la barre par une autre à filets de pas inverse de la précédente. Ces machines se font de trois types; pour des coupes de 1 mètre, 1m,35 et 1m,80, pesant 1 000, 1 500 et 2 250 kilogrammes, avec des dynamos de 12, 18 et 26 chevaux.

*Goolden.* Machine électrique à barre, n'ayant qu'un mouvement de rotation, et un

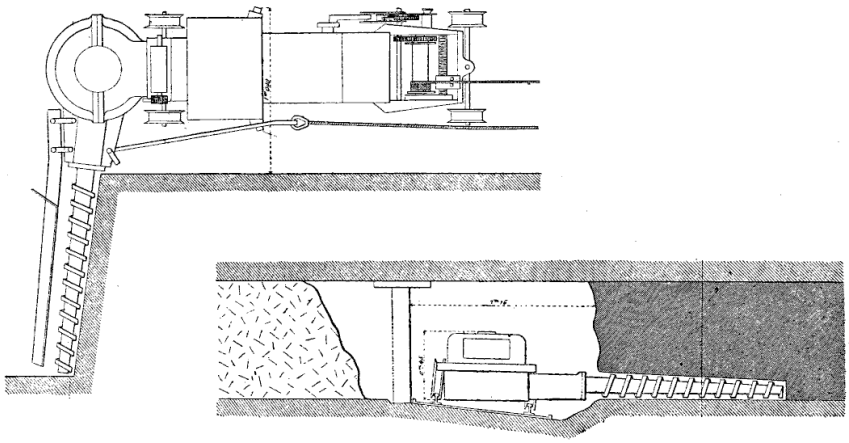


Fig. 10 et 11. — Haveuse *Hurd.*

peu plus légère que la Hurd; cette machine a bien fonctionné dans deux mines, mais n'est pas encore dans le commerce.

**Machines à chaînes.** — Ces machines récentes gagnent du terrain; elles ont presque tous les avantages des machines à barres et, en outre, celui de mieux ramener les copeaux; la chaîne coupe au ras du sol, a les mêmes mouvements horizontaux que la barre, sans pouvoir se déplacer verticalement comme elle. Quand la chaîne et son bras ne se peuvent détacher, ces machines deviennent très encombrantes; c'est ainsi que la machine Morgan-Gardner a 3m,90 de long, ce qui rend difficile son passage aux tournants.

*Morgan-Gardner.* Commandée par l'électricité; poids 2 000 kilogrammes; sans roues, portée par deux patins glissant sur le sol sans rail ni support; tirée par une corde sur un cabestan vertical de la machine; cette corde passe d'un bout de la machine, sur une poulie de renvoi, d'où elle revient à son attache à l'autre bout de la machine par le bras de la chaîne, qui se trouve ainsi tiré en même temps que le corps de la machine. Cette traction sur le bras incliné applique la machine sur le front de taille. Dans les derniers types, la machine porte une longue glissière appli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quée sur le front de taille et qui empêche d'y piquer du nez. Sa hauteur peut se régler par quatre verrins. On a récemment ajouté (fig. 12) à l'extérieur de la machine une lame A, de 20 mm. d'épaisseur, tranchante, fixée sur une barre B; cette lame, appuyée sur un galet R, a sa profondeur réglée par la vis S, et résiste à la poussée extérieure de la chaîne. La chaîne est commandée par une roue en prise

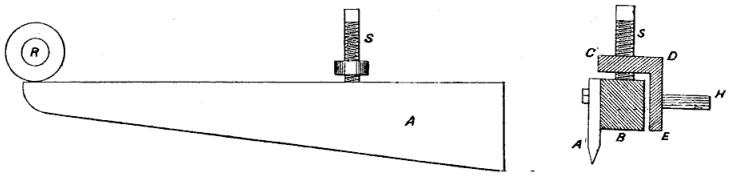



Fig. 12.

avec l'arbre de la dynamo et peut pivoter de 180°; elle coupe dans les deux sens et de chaque côté de la machine, ainsi réversible.

L'avancement de la machine s'arrête sans arrêter la scie en cas d'obstruction. L'absence de roues et de rails rend cette machine spécialement convenable pour les

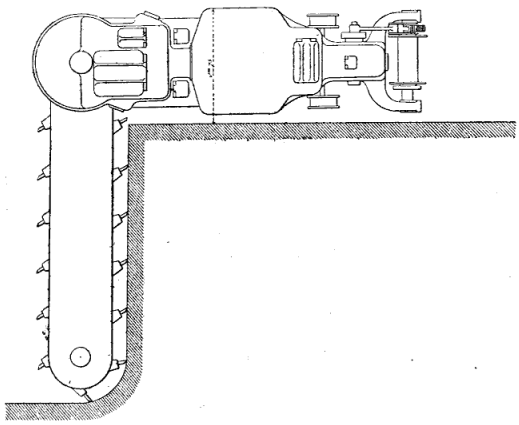


Fig. 13. — Haveuse *Mather et Platt.*

galeries basses; on en fait dont la hauteur ne dépasse pas 400 mm. au-dessus du sol; les plus basses machines à disque ont 460 mm.

*Mather* et *Platt.* Ces machines sont (fig. 13) de deux types : l'un de $2^m,50$, non compris le bras × 670 × 660 de haut au-dessus du rail, poids : 2 250 kilogrammes; dynamo de 30 chevaux; profondeur de la coupe : $1^m,80$; l'autre a $1^m,95$ × 550 × 560; poids : 1 100 kilogrammes; dynamo de 15 chevaux; profondeur de la coupe : $1^m,37$. Ces machines sont roulées sur rails, avec châssis de $1^m,04$ et $0^m,820$ d'empattement; elles tiennent moins de largeur que les autres machines; la dynamo est enveloppée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une garde à ailettes facilitant son rayonnement et permettant de l'approcher tout près de la taille sans danger de la détériorer.

*Outils.* — Dans toutes ces machines, la durée des outils est très variable suivant la nature de la matière en coupe, depuis une équipe entière dans les charbons tendres jusqu'à quelques mètres seulement dans les tailles très dures, avec pyrites et rognons ferrugineux ; il faut souvent les changer deux ou trois fois par équipe, et cela demande, chaque fois, de 15 à 30 minutes. Dans la machine Diamond à disque, les tranchants sont fixés par groupes de 3 en des boîtes assujetties au disque par des boulons et au nombre de 10, soit 30 outils pour des disques de 1m,20 à 1m,50 ; dans la Gillott-Copley, les outils sont fixés directement au disque et alternativement simples ou doubles ; un



Fig. 14.




Fig. 15.

disque de 1m.50 porte 12 outils simples et 12 doubles. Le disque de la machine Rigg et Meiklejohn ne porte que 10 outils, de longueur variable suivant leur position, de sorte que le profil de la coupe est demi-circulaire. Le disque de 1m.50 de la Jeffrey est de 22. La barre d'une Hurd, entaillant à 1m,45, porte 34 outils, que l'on peut changer en 20 minutes; on a une barre de recheuge toute prête avec des outils neufs ; quelques machines à chaînes sont dans des boîtes adaptées à la chaîne ; la chaîne de la machine Morgan Gardner, pour coupe de 1m,40, porte 29 outils différemment inclinés de manière à donner à la coupe une épaisseur de 110 millimètres environ. Presque tous

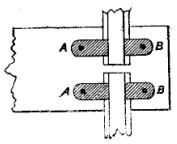



Fig. 16.

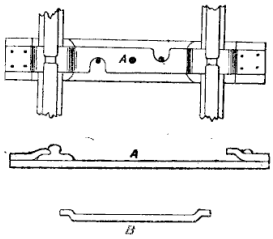



Fig. 17 et 18.

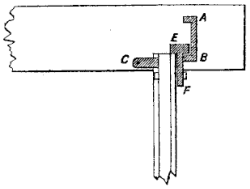



Fig. 19.

les outils sont en forme de burins, sauf ceux des barres, qui sont en pointes ; cette dernière forme semble mieux appropriée au havage des charbons, car, avec une machine de Clarke Steavenson, les outils en pointe ont duré pendant une taille de 90 mètres, au lieu de 36 mètres seulement avec les burins, et en coupe de 1m,22 de profondeur.

*Rails.* — Les rails doivent être très solidement fixés pour résister à la poussée extérieure des machines à disques. On emploie parfois des traverses en acier de 6mm,150 de large aux joints et de 760 en cours ; en arc (fig. 14) ou en cuvette (fig. 15), plus facile à sortir de dessous les débris. La longueur des rails varie de 2m,10 à 5m,40, ces derniers d'un maniement moins fréquent, mais plus difficile. Les rails sont, en général, du type Vignole, de 10 à 18 kilos au mètre, en moyenne de 3m,60 de long et de $\frac{3}{4}$13 kilos au mètre. On a employé, avec les machines légères, un rail en U, de 32$\frac{1}{2}$ millimètres de côté, en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longueurs de $2^m,10$ à $2^m.24$ de 10 kilos au mètre, percé de trous s'adaptant sur les tasseaux SS (fig. 15) des traverses, et sujets à quitter ces tasseaux par les vibrations.

La fixation pour rails à patins (fig. 16) est des plus simples, par des crampons fixes B B et pivotés A A ; il en est de même de la fixation fig. 17, par serrage d'un boulon A, mais qui empêche d'enlever les rails indépendamment les uns des autres. La traverse A (fig. 18) a une fixation par plaque médiane B ; en fig. 19, le rail est pris entre le loquet C et le serrage F F sur la butée A B, fixée à la traverse.

Les machines sans rails, et d'une traction plus dure, doivent avoir leur corde de

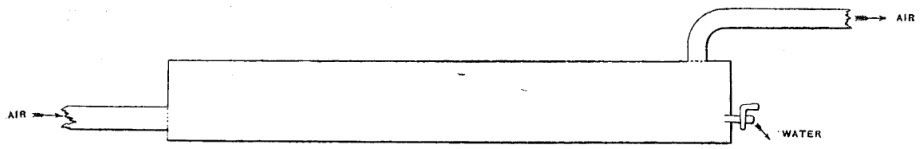



Fig. 20.

halage bien parallèle au front de taille et à la distance convenable pour qu'elle n'y pousse ni en éloigne la machine ; en général, on préfère l'emploi des rails, malgré leur complication.

**Puissance motrice.** — On préfère encore souvent l'air comprimé à l'électricité comme agent moteur dans les houillères, principalement dans les mines grisouteuses, malgré son moindre rendement, en raison de sa sécurité et de sa simplicité ; néanmoins, l'électricité se répand de plus en plus pour le havage mécanique, en raison de sa souplesse et de son bon marché d'établissement.

Les machines à air comprimé sont, en général, soumises à des vibrations plus intenses que celles commandées par l'électricité, ce qui entraîne un entretien plus minutieux ; il faut avoir des machines de rechange de manière à pouvoir, après un certain temps, retirer les machines et les examiner à fond. L'air doit être sec de manière à éviter tout brouillard à l'échappement et l'on emploie, à cet effet, des réservoirs souterrains d'air comprimé, comme celui de la figure 20. Les tuyauteries et raccords d'air comprimé sont d'un maniement pénible ; ils coûtent cher, sont sujets à se couper, et exigent des réserves ; les meilleurs tuyaux sont ceux en caoutchouc toilé.

Les dynamos à courant continu des machines électriques fonctionnent dans des conditions très difficiles ; les vibrations et les poussières en affaiblissent souvent les isolements ; elles sont aussi exposées à chauffer, surtout celles en série, lorsqu'il se présente une résistance imprévue dans la coupe, principalement avec les machines à disques, exposés à coincer. Les dynamos triphasées ont été appliquées avec succès aux machines à barres et à disques ; la difficulté de leur démarrage en charge a été surmontée en permettant au moteur de se lancer avant eette mise en train. Ces moteurs sont très simples, robustes et peu exposés à brûler malgré les à-coups, mais leur hauteur est plus grande, ce qui est un désavantage dans les couches minces. Les câbles électriques, leurs commutateurs et leurs supports doivent être très soigneusement entretenus et surveillés, avec plus de soin et d'attention que les canalisations d'air comprimé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les prix d'établissement sont sensiblement les mêmes pour l'air comprimé et l'électricité. L'installation d'un établissement de l'un ou l'autre système, de première classe, comprenant la station génératrice complète, les haveuses et leurs accessoires, y compris deux machines de réserve, pour un chantier de 10 machines, revient, par machine, à 25 000 francs environ pour l'air comprimé et à 27 500 francs avec l'électricité. Les dynamos sont plus coûteuses que les moteurs à air comprimé, elles coûtent de 675 à 725 francs pour les fortes dynamos, au lieu de 625 francs pour le moteur à air. D'autre part, les tuyaux d'air sont plus coûteux que les fils électriques, dont l'économie croît ainsi avec la distance. Pour l'installation en question, les câbles reviendraient à 6 750 francs par machine pour les tuyaux et à 5 000 francs pour les câbles, avec un puits de 180 mètres de profondeur, distant des tailles de 1 260 mètres.

*Travail avec les machines.* — Le fonctionnement satisfaisant de ces machines dépend beaucoup de l'habileté des hommes qui les manient ; il faut graisser et entretenir avec soins leurs organes, éviter leur désarticulation par les vibrations ; refaire et défaire constamment les voies, ajuster le câble de touage et sa poulie de renvoi. Cette besogne exige ordinairement 3 hommes, parfois 4 ou 5, suivant l'état de la taille, et l'on a vite regagné le salaire d'un ouvrier de plus par l'avancement plus rapide des travaux. Parfois un entrepreneur prend charge de 2 ou 3 machines dont il trouve l'emploi. Il faut des hommes à la fois mécaniciens et mineurs, d'initiative et d'adresse, s'intéressant à ce genre de travail, avec, pour plusieurs machines, un surveillant compétent.

Les ouvriers sont payés par équipe, par mètre linéaire abattu, ou par équipe avec prime par mètre au delà d'une certaine longueur, par heure et par mètre abattu, ou par tonne abattue. La paye avec prime paraît préférable. En général, l'emploi des machines permet d'élever le salaire de tous les hommes, mécaniciens ou autres, employés à la taille. Les rouleurs sont payés par équipe, avec ou sans prime par tonne, afin de stimuler l'enlevage du charbon qui, souvent, limite le débit des machines. Quand la hauteur de la galerie le permet, on fait arriver les wagonnets aux machines soit sur leur propre voie, soit sur une voie séparée.

Le système qui consiste à confier à chaque conducteur de machine l'abatage d'une faible longueur de taille indépendamment des autres machines ne convient pas pour assurer un débit rapide de ces machines; il vaut mieux intéresser plusieurs conducteurs à l'abatage d'une longue taille, et il faut, pour tirer des machines le plus de profit possible, y adapter des méthodes de travail nouvelles suivant l'allure des tailles, en renonçant aux anciennes méthodes de l'abatage à la main, toujours plus couteux que celui de la machine.

Le débit par équipe varie énormément avec l'allure du gîte et la nature du charbon : de 24 à 100 mètres linéaires, en, moyenne 50 mètres : de 4 à 18 mètres carrés, en moyenne $5^{m2},6$ par heure : 28 à 128 tonnes, moyenne 66 par équipe de 8 heures, les 128 tonnes provenaient d'une couche de $1^{m},80$ d'épaisseur. Le débit le plus intense a été fourni par une machine Gillott, en coupe de 900 millimètres de profondeur, sur couche de 685 millimètres d'épaisseur; on a abattu, pendant 7 mois, une moyenne de 20 mètres carrés par heure et de 150 tonnes par équipe de 9 heures. Ces grandes différences de débit ne sauraient être attribuées à la différence des machines, ni entièrement à la nature des gîtes, mais surtout à l'élément personnel de la direction et du maniement des machines.

*Le prix par tonne* abattue varie aussi considérablement; en moyenne, il est de 2 fr. 90, dans lequel le salaire de la machine compte pour 47 centimes; en moyenne,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'économie sur l'abatage à la main est de 0 fr. 70 par tonne, avec de grandes variations, et même des inversions, suivant la variété des cas, économie dont il faut déduire le prix de la force motrice, l'intérêt, l'amortissement, l'entretien. La vie d'une machine ne dépasse guère 5 ans, de sorte que sa dépréciation est au taux de 20 p. 100. Avec les machines à commande électrique, l'entretien, principalement du fait des armatures brûlées, s'élève, en moyenne, à 0 fr. 70 par tonne. En somme, l'économie totale, sur l'abatage à la main, s'est souvent élevée à 0 fr. 60 par tonne.

En outre, la production par homme est considérablement augmentée avec les machines, passant, en moyenne, de $2^{\text{tonnes}},45$ par homme et par équipe, avec le travail à la main, à $4^{\text{tonnes}},21$ avec les machines, soit un accroissement de $1^{\text{tonne}},76$, ou de 71 p. 100. On peut compter sur un débit de 4 tonnes par homme au lieu de 3, c'est-à-dire qu'un débit de 1 000 tonnes par équipe exigerait 250 hommes au lieu de 333. A ce gain, il faut ajouter l'avantage d'une plus grande concentration des travaux, due à l'augmentation de la production par mètre de front, exigeant une moindre longueur de voie et moins de travail accessoire.

Enfin, avec les machines, on augmente la proportion de gros de 10 p. 100 environ, ce qui permet de retirer environ 80 p. 100 du débit total sous la forme de bon charbon domestique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

## DE JUILLET A NOVEMBRE 1903

OUVRAGES LÉGUÉS PAR **M. Ronna**, *membre du Comité d'Agriculture.*

### AGRICULTURE

**Lettres sur l'agriculture moderne,** par le baron Justus Liebig, traduites par Théodore Swarts. — **Mémoires sur l'emploi de la chaux en agriculture dans les départements de la Sarthe et de la Mayenne,** par Ch. Piérard. — **Causeries sur l'agriculture et l'horticulture,** par P. Joigneaux. — **Principes de la culture améliorante,** par Ed. Lecouteux. — **Lettres sur l'agriculture dans les départements de l'Allier et de l'Orne,** par Victor de Tracy. — **Trilogie agricole,** par J.-A. Barral. — **Culture de la betterave en billons, sa récolte et sa conservation,** par Champonnois. — **Distillation agricole de la betterave,** par Payen. — **Mémoire sur l'ensilage rationnel,** par Doyère. — **Instruments agricoles, machines, appareils et outils,** par A. Londet. — **Cours d'agriculture,** par le comte de Gasparin, tomes I, II, III, IV, V, VI. — **Le blé aux États-Unis, production, transport, commerce,** par A. Ronna. — **Lois de l'agriculture,** par le baron Liebig. — **L'agriculture de l'Italie septentrionale,** par G. Heuzé. — **Matières fertilisantes ; engrais solides, liquides, naturels et artificiels,** par C. Heuzé. — **Les champs et les prés,** par P. Joigneaux. — **Les formules de fumures et des étendues en fourrages,** par G. Heuzé. — **Le sol et engrais,** par Lefour. — **Culture générale et instruments aratoires** (Lefour). — **Fumiers de ferme et composts,** par G. Fouquet. — **Les travaux des champs, éléments d'agriculture pratique,** par Victor Borie. — **Domaine de Koutorah,** appartenant au baron W. R. Steingel (Caucase — province du Kouban). — **Recherches expérimentales sur le développement du blé et sur la répartition, dans ses différentes parties, des éléments qui le constituent à diverses époques de sa végétation,** par J. Isidore Pierre. — **L'agriculture en Danemark ; texte, planches et gravures préparés sous les auspices de la commission danoise à l'Exposition universelle de 1900,** par Rudolf Schou. — **Recherches expérimentales sur la végétation,** par G. Ville. — **Les agronomes latins, Caton, Varron, Columelle, Palladius,** par M. Nisard. — **Les plantes alimentaires,** par G. Heuzé. — **Rapport sur l'état de l'agriculture en Hongrie,** par Charles Keleti. — **Les landes Girondines** (en appendice une note sur l'alios), par F. Vassilière. — **Recherches sur les formes naturelles de l'humus et leur influence sur la végétation du sol,** par E. Muller (traduit de l'allemand), par H. Grandeau. — **Rothamsted, un demi-siècle d'expériences agronomiques de MM. Lawes et Gilbert,** par A. Ronna. — **L'agricul-**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**ture de l'Écosse et de l'Irlande,** traduit de l'anglais, par E. Mérice. — **L'agriculture de l'Angleterre, série de traités,** traduits de l'anglais, par P.-R. de La Tréhonnais. — **Les produits agricoles non alimentaires,** par M. Vilmorin, à l'Exposition universelle de 1878 à Paris. — **L'agriculture et le phosphate de chaux, notice sur les travaux et sur les recherches de M. Ch. de Molon,** par Ch. de Molon. — **L'agriculture belge, rapport présenté au nom des sociétés agricoles de Belgique,** par Émile de Laveleye. — **Les machines agricoles sur le terrain,** par A. Debains. — **L'agriculteur du Midi, suivi de la description des moulins à huile,** par André-Louis-Esprit comte de Sinety. — **Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail,** par A. Müntz, année 1881. — **L'agriculture allemande à l'Exposition universelle de Paris 1900,** traduit par H. Thiel. — **Œuvres posthumes de C.-J.-A. Mathieu de Dombasle. Traité d'agriculture publié sur le manuscrit de l'auteur,** par Ch. Meixmoron de Dombasle, tomes I, II, III, IV, V. — **L'agricuiture méridionale (le Gard et l'Ardèche),** par L^ce^ Dextremx de Saint-Christol. — **Herbages et prairies naturelles,** par Amédée Boitel. — **Bibliographie agronomique** (sans nom d'auteur). — **Les céréales,** par C.-V. Garola. — **Les engrais,** par A. Müntz et A. Ch. Girard, tomes I, II, III. — **Des résidus industriels dans l'alimentation du bétail,** par Ch. Cornevin. — **Le matériel agricole moderne,** par Alf. Tresca, tomes I, II. — **L'agriculture générale,** par A. Boitel. — **Enquête officielle sur les engrais,** par Dumas. — **Précis de l'histoire générale de l'agriculture,** par M. de Marivault. — **Études agronomiques années 1885-86; 1886-87; 1887-88; 1888-89; 1890-91,** par L. Grandeau. — **Principes de la culture améliorante** par Édouard Lecouteux. — **Traité élémentaire d'agriculture du département de la Seine,** par Édouard Lecouteux. — **Traité élémentaire d'agriculture,** par J. Girardin et A. Du Breuil, tomes I, II. — **Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail,** par A. Müntz, année 1879. — **Les blés de Hongrie,** par A. Ronna. — **Les blés à cultiver.** — Conférence faite au congrès de l'Association nouvelle de la meunerie française, par H. de Vilmorin. — **Observations sur la production et le prix des blés étrangers,** par M. Graux. — **Le commerce des blés et la concurrence de l'Inde Orientale,** par J. Wolf; — traduit de l'allemand par H. Grandeau. — **La situation de l'agriculture du département de l'Aisne en 1884,** par E. Risler. — (Rapport au ministre de l'Agriculture). — **Thèse chimique.** — **Études géologiques, chimiques et agronomiques des sols de la Bresse et particulièrement de ceux de la Dombes,** par A. Florent Pouriau. — **Recherches sur le développement de la betterave à sucre,** par Aimé Girard (avec album des phases de la végétation). — **Les syndicats agricoles et leurs adjudications d'engrais,** par le comte de Rocquigny. — **Le sol et les engrais,** par E. Guinon. — **La fumure des champs et des jardins,** par L. Grandeau. — **Notices sur l'Institut agronomique de Versailles, ses travaux en 1851 et 1852,** par le comte de Gasparin. — **Petite école d'agriculture,** par P. Joigneaux. — **Physiologie et culture du blé,** par Eg. Risler. — **Le Manitoba,** renseignements et conseils aux Canadiens-Français, par le Révérend Père M. J. Blais. — **Instruction pratique sur l'emploi du nitrate de soude en agriculture.** — **Cultures de printemps et création de champs de démonstration,** par L. Grandeau. — **Les scories de déphosphoraiion (phosphate Thomas-Gilchrist),** par L. Grandeau. — **Guide élémentaire pour l'emploi des engrais chimiques,** par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E. Fagot et F. Fiévet. — **L'Épuisement du sol et les récoltes. — Le fumier de ferme et les engrais complémentaires**, par L. Grandeau. — **Le blé, sa culture intensive et extensive — commerce — prix de revient, tarifs et législation des céréales**, par Édouard Lecouteux. — **Les engrais chimiques, entretiens agricoles donnés au champ d'expériences de Vincennes, saison 1868**, par G. Ville. — **Les engrais chimiques, entretiens agricoles donnés au champ d'expériences de Vincennes en 1874-75**, par G. Ville. — **Calendrier du bon cultivateur ou manuel de l'agriculteur praticien**, par Mathieu de Dombasle, avec de nombreuses additions, par C. de Meixmoron-Dombasle. — **Étude sur la petite culture des terres sablonneuses des Flandres Belges**, par Oswald de Kerchove de Denterghem. — **Les phosphates d'Algérie et de Tunisie**, par J. Benard. — **Renseignements sur l'agriculture Danoise**, publiés par la commission pour la participation du Danemark à l'Exposition universelle de 1878, à Paris. — **L'agriculture au Pérou.** — Résumé du mémoire présenté au Congrès international de l'agriculture, par J.-B.-H. Martinet. — **Notice sur la Roumanie.** — Productions, industries. — A l'Exposition universelle de Paris en 1889. — **L'agriculture en France et en Amérique**, par E. Barbier. — **De la théorie et de la pratique en agriculture**, par le baron J. Liebig. — **Recherches sur l'alimentation et sur la production du travail**, par M. A. Müntz.

**Familiar letters on chemistry und its relation to commerce, physiology and agriculture**, par John Gardner. — **How to farm profitably of the sayings and doings of** Mr Aldermen Mechi. — **The library of entertaining knowledge : vegetable substances used for the food of man. — Systems of land tenure in various countries**, par W. Probyn. — **Report on the trial of plows held at Utica** (by the N. Y. state agricultural society). — **Dairy Farming. — The theory, practice and methods of dairing** (par J.-P. Scheldon). — **Beiträge zur darstellung der wirtschafts-verhältnisse des kleingrundbesitzes in Österreich** (Exposition de 1900 à Paris), par le baron Arthur de Hohenbruck et G. Wieninger. — **Ungarn und seine bodenfchäke**, par Mar Birth. — **Resources of West Virginia** by M. P. Maury and W. M. Fontaino. — **Wheat culture in Tennessee**, by J.-B. Killebrew. — **History and present position of the Rothamsted investigation** par J.-H. Gilbert. — **A report on flax culture for seed and fiber in Europe and America**, by Charles Richards Dodge. — **Mein streben, wirken, meine résultate nebst praktischen rathschlägen zur organisirung und systemisirung landwirthschafttlichr besitzungen ohne geldvorauslage, von Frary Ritter Horsky von Horskysfeld. — Annual report upon filer investigations for 1892** by Charles Richard Dodge. — **A report on flax culture for filer in the comted states**, by Charles Richard Lodge. — **A report on the uncultivated bast filiers of the united**, by Charles Richard Dodge.

## ÉCONOMIE POLITIQUE ET AGRICOLE, COMPTABILITÉ, LÉGISLATION, CONSTRUCTIONS, ETC.

**L'Agriculture et la population**, par de Lavergne. — **Relation d'une excursion agronomique en Angleterre et en Écosse**, par le comte Conrad de Courcy. — **Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la météorologie**, par J. B. Boussingault, t. I, II. — **L'Agriculture**, par Maurice

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Block. — **L'Industrie,** par Maurice Block. — **Le Commerce,** par Maurice Block. — **L'Agriculture Allemande, ses écoles, son organisation, ses mœurs et ses pratiques les plus récentes,** par Royer. — **Métayage. Guide des propriétaires de biens soumis au métayage,** par le comte Gasparin. — **Manuel de constructions rurales,** par T. Bona. — **Manuel de l'agriculteur commerçant,** par Schwez. — traduit par Charles et Félix Villeroy. — **Comptabilité et Géométrie agricole,** (Lefour). — **Constructions rurales et mécanique agricole** (Lefour). — **Stations agronomiques et laboratoires agricoles, but, organisation, installation, personnel, budget et travaux de ces établissements,** par L. Grandeau. — **Calendrier du Métayer,** par E. Damourette. — **Le Royaume de Norvège et le peuple Norvégien. Rapport à l'Exposition universelle de 1878 à Paris,** par Dr O-J. Broch. — **La production agricole en France, son présent et son avenir,** par L. Grandeau. — **Nouvelles lettres d'Italie,** par Émile de Laveleye. — **Législation rurale,** par P. Gauwain. — **La nutrition animale,** par Grandeau. — **Fermage, Guide des propriétaires de biens affermés,** par le comte de Gasparin. — **Lettre d'Italie,** par Émile de Laveleye. — **Essai sur l'Economie rurale de la Belgique,** par Émile de Laveleye. — **Cours d'Economie rurale,** par Édouard Lecouteux, t. I, II. — **Essai sur l'Economie rurale de l'Angleterre, de l'Ecosse et de l'Irlande,** par Léonce de Lavergne. — **Economie rurale de la France depuis 1789,** par L. de Lavergne. — **Petite encyclopédie juridique. — Code rural, régime du sol. — Police rurale. — Régime des eaux,** par P. de Croos, t. I, II. — **Voyages en Italie et en Espagne pendant les années 1787 à 1789,** par Arthur Young, traduit de l'anglais par Lesage. — **Etudes d'économie rurale. — La Lombardie et la Suisse,** par Émile Laveleye. — **Economie rurale du Danemark, mémoires adressés par la Société royale d'Agriculture du Danemark,** par Jules Godefroy. — **L'Agriculture et les traités de commerce. — Lettres à M. le sénateur, président de la chambre de commerce de Reims,** par César Poulain. — **Droits sur les blés,** discours prononcé au Sénat par Léon Say, aux séances des 24 et 25 mars 1885. — **Les traités de commerce, étude économico-fantaisiste et lettres sur l'agriculture,** par E. Barbier. — **Rapports sur le commerce des Etats-Unis adressés à M. le président de la Compagnie générale transatlantique,** par Eug. de Bocandé. — **L'Indo-Chine Française,** par Armand Coste. — **Association Française pour l'avancement des sciences.** — Communication faite par M. Bolland sur la colonisation française au Sahara. — **Question générale de l'enseignement supérieur de l'agriculture à l'Ecole Centrale,** par F. Rohart. — **Conférence sur la situation économique, la marine marchande et le travail national faite à Nantes le 21 décembre 1879,** par M. Pouyer-Quertier. — **Notes sur le Canada. — Aperçu général. — Résumé historique, produits naturels et manufacturés, commerce et navigation, population, éducation, émigration. — Renseignements Divers,** (Distribution gratuite par ordre du Gouvernement.) — **La crise agricole en France et en Angleterre,** par Eug. Risler. — **Pratique des engrais chimiques suivant le système G. Ville,** par Louis Mussa. — **Economie domestique,** par Mme C. Millet Robinet. — **The cabinet cyclopædia,** par Dionysius Lardner. — **Rudimentary treatise on cottage building or, hints for improving the dwelleings of the labouring classes,** par C. Bruce Allen. — **The Rothamsted experiments over fifty years,** par Lawes and Gilbert. — **The landed intœrest and the supply of food,** par James Caird. — **The agricultural**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**experiment stations in the United States**, par A. C. True et V. A. Clark. — The Paris Exposition 1900. — **Das goldene buch der land und forstwirthschaft in Oesterreich-Ungarn,** von Dr Leo Prybyl. — **Die deutsche landwirthschaft auf der weltausstellung,** in Paris 1900.

## BASSE-COUR, DU COLOMBIER, VOLIÈRE

**La basse-cour, pigeons et lapins,** par Mme C. Millet-Robinet. — **Le Poulailler — monographie des poules indigènes et exotiques, aménagement, élevage, etc,** par Ch. Jacque (en double). — **Guide de l'éleveur de Pigeons de colombier et de volière,** par Mariot-Didieux. — **Lièvres, lapins et léporides,** par Eug. Gayot. — **Poules et œufs,** par Eug. Gayot (en double). — **Pigeons, dindons, oies et canards,** par Pelletan. — **La volaille à la ferme,**par le vicomte de Saint-Pol. — **Notice de l'alimentation et de l'éducation des oiseaux de chasse, de luxe et d'utilité : faisans, paons, volailles, perdrix, etc. etc.,** par A. Mercier. — **Guide pratique illustré pour l'éclosion et l'élevage artificiels des oiseaux de chasse et de basse-cour, par les hydro-incubateurs et hydro-mères Rouiller et Arnoult,** par E. Rouiller-Arnoult et Arnoult. — **Manuel sur l'art de prendre vivants et d'élever les rossignols,** par Conort. —**L'incubation artificielle et la basse-cour,** par Voitellier. **Petits oiseaux de volière. — cacatoès, aras, perroquets, perruches, passereaux exotiques. — Chanteurs indigènes, conservation, reproduction,** par A. Mercier. — **A Treatise of the art of. breeding and maning, tame domesticated foreing and fancy pigeons,** par John Matthewscaton. — **Pigeons and rabbits in their wild, domestic and captive states,** by E. Sebastian Delamer.

## LES ANIMAUX DE LA FERME ET DU CHENIL

**Manuel de l'éleveur de bêtes à cornes,** par Félix Villeroy, cultivateur à Rittershoff. — **Économie du bétail,** par André Sanson, tomes I, II, III, IV. — **Le cheval percheron,** par Charles Du Hays. — **De l'établissement des porcheries, dispositions diverses, constructions,** par J. Grandvoinnet. — **Achat du cheval, ou achat raisonné des chevaux d'après leur conformation et leurs aptitudes,** par Eug. Gayot. — **Choix des vaches laitières ou description de tous les signes à l'aide desquels on peut apprécier les qualités lactifères des vaches,** par J. H. Magne. — **Races bovines de France et d'Angleterre, de Suisse et de Hollande,**par le marquis de Dampierre. — **Engraissement du bœuf,** par C. Vial. — **Le cheval, l'âne et le mulet,** par Lefour. — **Notions usuelles de médecine vétérinaire,** par André Sanson. — **La maréchalerie ou ferrure des animaux de la ferme,** par André Sanson. — **De l'alimentation des chevaux dans les grandes écuries industrielles** (5 ans d'expériences sur une cavalerie de 10 000 chevaux), par M. Bixio. — **Les chiens de chasse,** par de La Blanchère. — **Dressage du chien d'arrêt,** par Voitellier. — **Etude de la production du cheval au point de vue des besoins de l'armée,** par A. Richard. — **Les recherches sur la composition des animaux de la ferme et des animaux de boucherie de Sir J. B. Lawes et du Dr Gilbert,** par L. Grandeau. — **Etat actuel de l'élevage en Russie** (sans nom d'auteur). — **Monographie des ferrures à glace,** par J. B. Delpérier Léon. —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Cours d'Equitation** (sans nom d'auteur). — **The Horse, a treatise of draught,** par William Youatt. — **A Treatise on sheep with the best means for their improvement, general management and the treatment of their diseases,** by Ambrase Blacklock.

## EAUX, ÉPANDAGES, HYDRAULIQUE AGRICOLE

**Premier mémoire sur les eaux de Paris** présenté par le Préfet de la Seine, au Conseil municipal, en 1854. — **Des eaux de Paris, les journaux et leurs communiqués. Les tarifs, bains et lavoirs,** par J. Moisy. — **Mémoire sur l'endiguement et la mise en culture des polders ou lais de mer de la baie de Bourganeuf (Vendée),** par Achille Lecler. — **Les irrigations, les eaux d'irrigation et les machines,** par A. Ronna, t. I, II, III. — **Projet de desséchement du lac Copaïs (Grèce),** par C. Sauvage. — **Guide du sondeur ou traité théorique et pratique des sondages,** par MM. Degoussée et Ch. Laurent, vol. I, II (texte) et Atlas, 1 vol. — **Les fontaines publiques de la ville de Dijon, exposition et application des principes à suivre et des formules à employer dans les questions de distribution d'eau, ouvrage terminé par un appendice relatif aux fournitures d'eau de plusieurs villes, au filtrage des eaux et à la fabrication des tuyaux de fonte, de plomb, de tôle, de bitume,** par Henry Darcy. — **Les eaux de Lyon et de Paris, description des travaux exécutés à Lyon pour la distribution des eaux du Rhône filtrées et projet pour alimenter Paris en eaux de Seine,** par Aristide Dumont. — **Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations sous les différents climats et sur la proportion des limons charriés par les cours d'eau,** par Hervé Mangon. — **Égouts et irrigations. Assainissement des villes et des cours d'eau,** par A. Ronna. — **Notions élémentaires théoriques et pratiques sur les irrigations appliquées aux terres en culture, aux jardins et aux prairies et considérées plus spécialement pour leurs rapports avec les divers climats de France,** par J. Charpentier de Cossigny. — **Études sur le drainage au point de vue pratique et administratif,** par Hervé Mangon. — **Les irrigations, les canaux et les systèmes d'irrigation,** par A. Ronna, t. I, II, III. — **Manuel pratique du drainage des terres arables,** par Albert Larbalétrier. — **Manuel des irrigations,** par P. Villeroy et Adam Muller. — **Les Cours d'eau, hydrologie, législation,** par Lechalas et H. de Lalande. — **Assainissement de la Corse et en général des lieux insalubres situés sur les bords de la mer,** par Scipion Gras. — **Les eaux de Paris, leur passé, leur état présent, leur avenir,** par Louis Figuier. — **Eaux d'égout de la ville de Reims, irrigation ou épuration chimique,** par A. Ronna. — **Contribution à l'étude de l'irrigation dans les terrains primitifs et de transition,** par L. Faure. — **L'agriculture et les cours d'eau,** par A. Ronna, — **M. de Mont-Richer et le canal de Marseille,** par Félix Martin. — **L'aménagement de l'eau et l'installation rurale dans l'Afrique ancienne** (Rapport à M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts, par M. du Coudray, René Marie La Blanchère). — **Pratique des irrigations en France et en Algérie,** par F. Vidalin. — **Irrigation development. History, customs, laws, and administrative systems relating to irrigation; water-courses, and waters in France, Italy, and Spain,** par Ham Hall. — **Irrigation in California** (Southern)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**the field, water-supply, and works, organization and operation in San Diego, San Bernardino, and Los Angeles counties,** par Ham Hall. — **Water and Water-supply chiefly in reference to the British Island,** par D. T. Ansted. — **Egyptian irrigation,** par W. Willcoeks.

## EAUX ET FORÊTS, AMÉNAGEMENT, etc.

**Traité de l'aménagement des forêts,** par de Salomon. — **Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et la sylviculture,** par L. Grandeau. — **Description économique et commerciale des forêts de l'État de Hongrie,** par Albert Bedö. — **Taille et conduite des arbres forestiers et autres arbres de grandes dimensions,** par le vicomte de Courval. — **Les Alpes françaises. Études sur l'économie alpestre et l'application de la loi du 4 avril 1882, à la restauration et à l'amélioration des pâturages,** par F. Briot. — **Cours d'aménagement des forêts,** par Henri Nanquette. — **Études sur l'aménagement des forêts,** par L. Tassy. — **Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes,** par P. Demontzey. — **L'élagage des arbres. Traité pratique de l'art de diriger les arbres forestiers et d'alignement, d'activer leur croissance et d'augmenter leur valeur,** par le comte Des Cars. — **Étude sur l'économie pastorale des Hautes-Alpes,** par F. Briot. — **Manuel de sylviculture,** par G. Bagneris. — **Études sur l'économie forestière,** par Jules Clavé. — **Questions alpestres,** par F. Briot. — **Notices sur les forêts appartenant aux fondations d'utilité publique, administrées par le ministère des Cultes et de l'instruction publique de Hongrie,** sans nom d'auteur.

## JARDINAGE ET HORTICULTURE

**Le jardin potager,** par P. Joigneaux. — **Les choux, culture et emploi,** par P. Joigneaux. — **Les Orchidées, culture, propagation, nomenclature,** par G. Delchevalerie. — **Le potager, jardin du cultivateur,** par Charles Naudin. — **Parcs et jardins,** par A. de Céris. — **Conférence sur le jardinage et la culture des arbres fruitiers,** par P. Joigneaux. — **Les Cactées, histoire, patrie, organes de végétation, inflorescence, culture, etc.,** par Ch. Lemaire. — **La culture maraîchère pour le midi de la France,** par A. Dumas. — **Traité de la culture de la pensée,** par le baron de Ponsort. — **Plantes de serre chaude et tempérée, construction de serres, cultures, multiplications, etc.,** par G. Delchevalerie. — **Rosiers, violettes, pensées, primevères, auricules, balsamines, pétunias, pivoines, verveines,** par Marx Lepelletier. — **Le Rosier, culture et multiplication,** par J. Lachaume. — **Culture des Pelargonium,** par Thibault. — **Asperge, culture naturelle et artificielle,** par Loisel. — **Le melon, culture sous cloches, sur buttes et sur couches,** par Loisel. — **Les Plantes grasses autres que les cactées, histoire, patrie, genres, espèces et culture,** par Ch. Lemaire. — **Le jardin des fenêtres et des appartements et des petits jardins,** sans nom d'auteur. — **Le jardinage, culture potagère pratique,** par J. Foussat. — **Gleanings from French Gardens,** par W. Robinson. — **Carter's pratical gardener a handy book on everyday, matters connected with garden routine,** sans nom d'auteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARBORICULTURE

**Traité de la culture du figuier,** sans nom d'auteur. — **De la taille des arbres fruitiers, de leur mise à fruit,** par A. Puvis. — **Pépinières,** par Carrière. — **L'Olivier,** par Alexis Riondet. — **Le Noyer, traité de sa culture suivi de la fabrication des huiles de noix,** par E. Huard du Plessis. — **Arbres d'ornement de pleine terre,** par A. Dupuis. — **Arbrisseaux et arbustes d'ornement de pleine terre,** par A. Dupuis. — **Maladies des plantes agricoles et des arbres fruitiers et forestiers causées par des parasites végétaux,** par Ed. Prillieux, t. I, II.

## LAITERIE, FABRICATION DES FROMAGES

**Précis d'expériences et observations sur les différentes espèces de lait considérées dans leurs rapports avec la chimie, la médecine et l'économie rurale,** par A. Parmentier et M. Déyeux. — **Laiterie, beurre et fromages,** par Félix Villeroy, cultivateur à Rittershof. — **Les Industries du lait,** par R. Lezé. — **Manuel des fromageries ou introduction à l'industrie du lait en Suisse,** par Schatzmann, traduit de l'allemand par Jomini et Th. Eckerfeld. — **Catéchisme de laiterie,** par le comte Oswald de Kerchove de Denterghem. — **De la fabrication du fromage,** par le Dr F. Gera de Conegliano, traduit de l'italien par V. Rendu.

## BRASSERIE, DISTILLERIE, FERMENTATION ACÉTIQUE, FABRICATION DU SUCRE, etc.

**Guide pratique du fabricant de sucre,** par N. Basset. — **Les fermentations,** par P. Schützenberger. — **Études sur le vinaigre,** par L. Pasteur; **sa fabrication, ses maladies, moyens de les prévenir.** — **Traité complet de l'art de la distillation,** par M. Dubrunfaut, t. I, II. — **Guide pratique de la fabrication de la bière d'après les procédés les plus récents, suivi du code des contributions indirectes en ce qui concerne la brasserie,** par J.-B. Bauby. — **Les fermentations rationnelles (vins, cidres, hydromels, alcools),** par G. Jacquemin. — **Distillation agricole de la pomme de terre, des topinambours et des grains,** par le comte Paul de Leusse. — **Hydromel et produits dérivés de la fermentation du miel,** par J. B. Depaire. — **Simple discours sur l'eau-de-vie de cidre,** par M. L. Halphen, année 1868. — **Simple discours sur l'eau-de-vie de cidre,** par M. L. Halphen, année 1867. — **Breweries and malting, their arrangement, construction and machinery,** par George Scamell. — **Report on the culture of the manufacture of sugar beet and the manufacture of sugar therefrom in France and the United States.**

## VITICULTURE

**Le vin,** par A. Vergnette-Lamotte. — **La culture de la vigne et vinification,** par J. Guyot. — **L'art de faire les vins,** par le comte de Chaptal. — **Manuel du vigneron, exposé des divers procédés de culture de la vigne et de la vinification dans les vignobles les plus renommés d'où l'on a déduit, à l'aide**



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**d'une longue pratique, la méthode rationnelle,** par Lecomte Odart. — **Études sur le vin, ses maladies, causes qui les provoquent, procédés nouveaux pour les conserver et les vieillir,** par M. L. Pasteur. — **Les Vignes américaines : adaptation, culture, greffage, pépinières,** par P. Viala et L. Ravaz. — **Viticulture de l'Anjou, arrondissement de Saumur**, par Eug. Borit. — **Traité pratique sur les vins**, par Henri Machard. — **L'art de faire le vin,** par C. Ladrey. — **Les vins de Bordeaux,** par Charles Monselet. — **Le phylloxera**, par Maurice Girard.

## CONSERVES ALIMENTAIRES ET ART CULINAIRE

**Des substances alimentaires et des moyens de les améliorer et de les conserver et d'en reconnaître les altérations,** par A. Payen. — **La cuisine à la ferme,** par Mme Marcelin Michaux.

## CONSERVATION DES GRAINS, BOULANGERIE, MEUNERIE

**Système de la conservation des grains, graines et farines au moyen du vide,** par Louvel. — **Guide du meunier et du constructeur de moulins,** par M. Benoît, t. I, II. — **Meunerie, boulangerie, biscuiterie,** par Ch. Taraillon fils. — **Traité pratique de boulangerie**, par A. Boland. — **Système de la conservation des grains, graines et farines au moyen du vide,** par le Dr Louvel.

## CULTURE DU TABAC, DU HOUBLON, DES PLANTES OLÉAGINEUSES, PLANTES TEXTILES

**Le tabac, sa culture au point de vue du meilleur rendement, combustibilité des feuilles, richesse en nicotine, etc., etc.,** par Schlœsing. — **Houblon, description, climat, culture, récolte, conservation, frais, produit, modèle de séchoir,** par Napoléon Nicklès. — **Les plantes oléagineuses (colza, navette, pavot, œillette, cameline, ricin, arachide, sésame, soleil ou tournesol, etc.),** par G. Heuzé. — **Les orties textiles (ramie, ortie de Chine, etc., histoire, culture et décortication,** par A. Favier.

**Culture du thé en Chine (les thés Kitaï)**, sans nom d'auteur.

## VERS A SOIE ET ABEILLES

**L'art d'élever les vers à soie,** par M. Lecomte-Dandolo. — **Conseils aux nouveaux éducateurs de vers à soie,** par Frédéric de Boullenois. — **Les abeilles, traité théorique et pratique d'apiculture rationnelle,** par P. Bastian. — **Cours de l'apiculteur,** par M. Debeauvoys.

**On the culture and uses of potatoes,** par sir John Sinclair. — **Remarks on the sedimentary formations of New South Wales,** par W. B. C. Clarke. — **Gli studi sull' ozono in Italia,** Niccolo di Colli. — **Die land- und forstwirtschaftlichen schulen in Œsterreich,** par Friedrich Ritter von Zimmerauer. — **The Western farmer of America,** par Augustus Mongredien.

**Pisciculture et culture des eaux,** par P. Joigneaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## PHYSIOLOGIE, MÉDECINE, ALIMENTATION

**La méthode graphique dans les sciences expérimentales et principalement en physiologie et en médecine,** par E. J. Marey. — **L'alimentation animale, ce qu'elle a été, ce qu'elle doit être, ce qu'elle devient, ce qu'elle produit, comment on la prépare. La viande, son histoire, ses caractères. Son utilité, ses dangers. Statistique, hygiène, police sanitaire,** par C. Husson, de Toul.

## CHIMIE AGRICOLE

**Précis élémentaire de chimie agricole**, par F. Saac. — **Des engrais inorganiques en général et du sel marin en particulier,** par M. Becquerel. — **Guide pratique de chimie agricole. Leçons familières sur les notions de chimie élémentaires,** par N. Basset. — **Les engrais chimiques, entretiens agricoles,** par G. Ville (deuxième édition). — **Les engrais chimiques, entretiens agricoles donnés aux champs d'expériences de Vincennes,** par G. Ville (troisième édition). — **La chimie usuelle appliquée à l'agriculture et aux arts,** par Stoëkhardt, traduit de l'allemand par F. Brustlein. — **Histoire d'une chandelle,** par Faraday et H. Ste-Cl. Deville. — **Statistique chimique des animaux, appliquée spécialement à la question de l'emploi agricole du sel,** par J.-A. Barral. — **Analyse du cours de chimie agricole,** par M. P. Malaguti. — **Assainissement des villes, enrichissement des campagnes,** par L. Renard et Cie. — **L'École des engrais chimiques,** par G. Ville. — **Technologie des engrais de l'ouest de la France,** par Ed. Moride et Adolphe Bobierre. — **Essai de statistique chimique des êtres organisés,** par MM. Dumas et Boussingault. — **L'atmosphère et les engrais,** par Adolphe Bobierre. — **Cours de chimie agricole,** par P. Dehérain. — **Chimie appliquée à l'agriculture, travaux et expériences du docteur A. Vaelcker,** par A. Ronna, t. I et II. — **Encyclopédie chimique de Fremy (chimie agricole),** par Th. Schlœsing. — **Thèses présentées à la Faculté des sciences de Paris.** — **1re thèse : Études chimiques sur la végétation ; 2e thèse : Propositions données par la Faculté,** par Jules Raulin. — **Chimie agricole et physiologie,** par M. Boussingault. — **Traité d'analyse des matières agricoles : sols, eaux, amendements, engrais, principes immédiats de végétation, fourrages, boissons, fumier, excréments, laine, produits de la laiterie,** par L. Grandeau. — **Recherches sur la réduction des nitrates par les infiniment petits,** par U. Gayon et G. Dupetit. — **Dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut-elle servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin,** par E. Risler et A. Colomb-Pradel. — **On agricultural chemistry and the nature and properties of peruvian guano,** par J. C. Nesbit. — **Agricultural chemistry, a familiar explanation of the chemical principles involed in the operations of the farm,** par Alfred Sibsson. — **Phosphates of commerce, their composition and chemistry**, par Georges Jones, F. C. S.

## PHYSIQUE

**De la connexion des sciences physiques,** par Mary Somerville, sous les auspices de M. Arago, traduit par Mme T. Meulien. — **Le son,** par John Tyndall, tra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duit par l'abbé Moigno. — **La lumière**, par John Tyndall, traduit par l'abbé Moigno. — **Revues scientifiques**, publiées par le journal *la République française*, sous la direction de M. Paul Bert. — **Histoire de la physique et de la chimie**, par Ferdinand Hœfer. — **La Chaleur, mode de mouvement**, par John Tyndall, traduit par l'abbé Moigno.

## HISTOIRE NATURELLE, ZOOTECHNIE, BOTANIQUE

**Lettres physiologiques**, par Carl Vogt. — **Acclimatation et domestication des animaux utiles**, par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire. — **Des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent**, par Ch. Cornevin. — **Zootechnie générale**, par Lefour. — **Les moutons. Histoire naturelle et zootechnie**, par André Sanson. — **Cours de botanique élémentaire**, par J. Maison. — **Méthode de reproduction en zootechnie**, par M. Baron.

**The used animals in relation to the industry of man : being a courses of lectures delivred at the South Kensington Museum**, par E. Lankester. — **British Ferns an their allies**, par Thomas Moore. — **A descriptive catalogue of useful fibre plants of the world**, par Charles Richard Dodge.

## MÉTAUX, MÉTALLURGIE, MINES, CHARBONS, etc.

**État actuel de la métallurgie du plomb en Angleterre**, par M. Ronna. — **De l'industrie moderne**, par Verdeil. — **Les métaux dans l'antiqnité**, par J.-P. Rossignol. — **De l'état de la fabrication du fer et de l'avenir des forges en France et sur le continent**, par M. Guenyveau. — **Études sur les hauts fourneaux et la métallurgie de la fonte**, par A. de Vathaire. — **Traité complet de métallurgie**, par le Dr Percy, avec introduction, notes et appendice, par E. Petitgand et A. Ronna, vol. I, II, III, IV, V. — **Traité pratique de la fabrication du fer et de l'acier puddlé**, par Lucien Ansiaux et Lambert Masion. — **Études sidérurgiques à propos de l'Exposition internationale de 1862. — État actuel de la métallurgie du fer dans le pays de Siegen (Prusse) et notamment de la fabrication des fontes aciéreuses**, par S. Jordan. — **L'Art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu**, par Réaumur. — **De l'exploitation des soufres**, par Jules Brunfaut. — **Étude sur la sidérurgie en Haute-Silésie**, par Alex. Gouvy. — **L'Industrie des mines de fer et hauts fourneaux de Hongrie et des entreprises représentées à l'Exposition universelle de 1900 à Paris**, par Aladar Edvüllès. — **The brass founder's manual**, par Valter Graham. — **Iron its history, properties and processes of manufacture**, par William Fairbairn. — **Iron and steel manufacture, a series of papers on the manufacture and properties of iron and steel**, par Ferdinand Kohn. — **Coail iron, and oil, or the practical american miner**, par Samuel Harries Daddow. — **Experiments on wrought-iron and steel**, par David Kirkaldy.

## INDUSTRIE DU CUIR

**Matériel des industries du cuir. — Tannerie. — Corroierie, mégisserie, maroquinerie. — Fabriques de courroies et de chaussures**, par J.-P. Damourette.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## CÉRAMIQUE

**Les merveilles de la céramique**, par A. Jacquemart, t. I, II, III.

## HISTOIRE ET GÉOGRAPHIE, GÉOLOGIE

**Esquisse sur le Canada, considéré sous le point de vue économique**, par J.-C. Taché. — **Géologie de la Russie d'Europe et des montagnes de l'Oural**, par Roderich, Impey Murchison, Édouard de Verneuil et Lecomte de Keyserling, vol. I, II. — **Voyage minéralogique et géologique en Hongrie pendant l'année 1818**, par F.-S. Beudant, vol. I, II, III, et 1 vol. atlas. — **Géologie agricole, cours d'agriculture comparée**, par Eg. Risler, t. I, II. — **La province de Québec, son industrie, son agriculture**, par Arthur Buces. — **Les canaux en France**, par H. de Font-Reaux. — **Voyages en France pendant les années 1787-1788-1789**, par Young, traduit de l'anglais par M. Lesage, t. I et II. — **Supplément de la géologie agricole**, par E. Risler. — **Carte géologique des gisements de phosphates de chaux exploités en France**, par Risler. — **Physical geography of the sea**, par Maury. — **Travels in France**, par Arthur Young. — **Comé s'é fatta l'Italia.** — **Saggio di geologia popolare**, par Giovanni Omboni.

## ARCHITECTURE, ARTS DÉCORATIFS

**Nouveau manuel complet d'architecture ou traité de l'art de bâtir**, par M. Toussaint, t. I, II. — **Grammaire des arts décoratifs, décoration intérieure de la maison**, par Charles Blanc. — **L'Art dans la maison.** — **Grammaire de l'ameublement**, par Henry Havard.

## LITTÉRATURE

**Lippincott's magazine of popular literature and science** (sans nom d'auteur).

## MATHÉMATIQUES, GÉOMÉTRIE

**Histoire des mathématiques depuis leurs origines jusqu'au commencement du XVIII^e siècle**, par Ferdinand Hoeffer. — **Traité de stéréotomie, comprenant les applications de la géométrie descriptive, à la théorie des ombres, la perspective linéaire, la gnomonique, la coupe des pierres et la charpente**, par C.-F.-A. Leroy. — **Ow's circle of sciences**, par Miscellanea.

## DICTIONNAIRES, ENCYCLOPÉDIES AGRICOLES, DIAGRAMMES

**Manuel général des plantes comprenant les origines, description, culture; leur application aux jardins d'agrément, à l'agriculture, aux forêts, aux usages domestiques, aux arts et à l'industrie** (méthode de De Candolle), par Jacques et Herincq, t. I, II, III. — **Le bon fermier, aide-mémoire du cultivateur**, par J.-A. Barral. — **Maison rustique des Dames**, par M^me Millet-Robinet, t. I et II. —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Maison rustique du XIX^e^ siècle**, par MM. Bailly, Bixio et Malpeyre, t. I, II, III, IV, V. — **Diagramme sur les conditions d'exploitation agricole du domaine de l'archiduc Frédéric à Teschen, dans la Silésie autrichienne, 1848 à 1898.** — **Un million de faits**, par J. Aicard, Desportes, Paul Gervais, Léon Lalanne, Ch. Martins, Ch. Vergé et Young. — **Dictionnaire des sciences, des lettres et des arts**, par N. Bouillet. — **Dictionnaire grec-français**, par C. Alexandre. — **Dictionnaire général de biographie et d'histoire, de mythologie, de géographie ancienne et moderne comparée, des antiquités et des institutions grecques, romaines, françaises et étrangères**, par Ch. Dezobry et Th. Bachelet, vol. I, II. — **La Suède, son peuple et son industrie. — Exposé historique et statistique**, par Gustave Sundbärg. — **Dictionary of manufactures, mining, machinery and the industrial arts**, par George Dodd. — **Knight's american mechanical dictionary**, par Edward Knight, vol. I, II, III.

## EXPOSITIONS

**Études sur l'Exposition de 1867 ou les archives de l'industrie au XIX^e^ siècle**, par Eug. Lacroix, t. I, II, III. — **Le Danemark à l'Exposition universelle de 1867**, par Valdemar Schmidt. — **Bulletin officiel de l'Exposition universelle de 1889**, t. I, II, III. — **Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, Exposition universelle de 1900.** Direction générale de l'exploitation (Section française), comités d'installation. — **Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, Exposition universelle de 1900.** Direction générale de l'exploitation (Section française), comités d'admission. — **Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, Exposition universelle de 1889 à Paris.** Rapport du Jury international, publié sous la direction de M. Alfred Picard, classe 73 *bis*. — **Agronomie. — Statistique agricole**. Rapport de M. Louis Grandeau. — **Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, Exposition universelle de 1900.** — Monographie. — Règlement. — Classification. — Comités d'admission et d'installation. — **Le Japon à l'Exposition universelle de 1878**, publié par la Commission Impériale Japonaise. — **Art. — Éducation et Enseignement. — Industrie. — Productions. — Agriculture et Horticulture. — Exposition universelle 1900. — Les colonies françaises et pays de protectorats**, par Charles Roux et Marcel Saint-Germain. — **Guide de l'Exposition universelle de 1889 à Paris. — Portofolio. Worlds Columbian exposition de 1893**, édition en français. — **Exposition internationale de Chicago en 1893.** Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz. — Rapports de MM. Lezé, Ringelmann, Fetet, A. d'Humières, R. Lézé. — **Le Japon à l'Exposition universelle de 1878. — Géographie et histoire du Japon**, publié sous la direction de la Commission Impériale Japonaise.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Traité de la condensation.** Condensations indépendantes. Condensations centrales. Refroidissement artificiel de l'eau, par M. F. J. Weiss. Traduction Hennebicque. In-8°, 507 p., 117 fig. Paris, Dunod.

**Les lampes électriques à incandescence et leur appareillage,** par M. E. Sartiaux. Conférence au Conservatoire des arts et métiers. In-8°, 59 p., 63 fig. Paris, Béranger.

**Nouvelle méthode d'analyse pour reconnaître la falsification des huiles,** par M. Tambon. Extrait des Archives de médecine navales. In-8°, 45 p. Paris, Imprimerie nationale.

**Questions morales, économiques et sociales,** par M. J. B. Lavialle. In-8°, 40 p. Tulle, imprimerie Mazeyrie.

**Le séparateur Mazza.** In-8°, 16 p. Padoue, imprimerie Prosperini.

*Du ministère de l'Agriculture.* **Annales de l'Institut agronomique.** 2e série, vol. II. Paris, Librairie agricole de la Maison rustique.

**Sylviculture,** par M. A. Fron. In-8°, 560 p., 55 fig. Paris, J.-B. Baillière.

**Anciennes machines compound pour bateaux,** par M. A. Mallet. In-8°, 11 p., Extrait des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France.*

**L'horlogerie électrique à l'Exposition de 1900,** par M. P. Decressain. In-8°, 115 p. Extrait de la « *Revue chronométrique* ». Paris, 30, rue Manin.

**Les habitations ouvrières en tous pays,** par M. E. Cacheux. In-4°, 60 p., 40 pl. Paris, Béranger.

**Nota sull'influenza di un profilo non perfettamente circolare nella sezinone retta di un recipiente sottoporto a pressione,** par M. V. Grazcole. In-8°, 300 p., Pavie, imprimerie Fusi.

**Société technique de l'industrie du gaz en France.** *Congrès de Toulon (1903).* In-8°, 617 p., 15 pl.

**Leitfaden fur. Geisenhutten Laboratoren,** par M. A. Ledebur. In-8°, 135 p., 20 fig., Brunswick. Wieveg.

**Encyclopédie universelle des industries tinctoriales,** par M. J. Garçon. *Société industrielle de Mulhouse.* 2 vol. in-8°, 1290 p. Chez l'auteur, 40 *bis,* rue Fabert.

**Algunos datos de metrologia industrial,** par M. F. Cerron. In-8°, 260 p. Madrid, Imprimerie de l'artillerie.

**Institution of Naval Architects.** Transactions, 1903. In-4°, 350 p., 68 pl.

**Devis et évaluations,** par MM. Dardart et Bonnal. In-8°, 710 p., 37 fig. Paris, Dunod.

**La crise sardinière,** par M. A. Dupouy. In-8°, 18 p. Nantes, Imprimerie moderne.

*Du ministère des Affaires étrangères d'Italie.* **Emigrazione e Colonie.** France. In-8°, 336 p. Rome, Typographie nationale.

*Du ministère de l'Instruction publique.* **Bulletin du comité des travaux historiques et scientifiques.** *Sciences économiques et sociales.* Année 1902, In-8°, 220 p. Paris, Imprimerie nationale.

**Iron and Steel Alloys,** par M. H. M. Howe. In-8°, 457 p., 117 fig. Boston, Sauveur et Whiting.

**Théorie et calcul des phénomènes du courant alternatif,** par M. C. P. Stammetz, traduction de M. H. Mouzet. In-8°, 530 p., 210 f. Paris, Dunod.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**L. Vicat. Sa vie et ses travaux**, par M. M. Vicat. In-8°, 240 p., Paris, Dunod.

**Les pompes**, par M. R. Masse. In-8°, 525 p., 950 f. Paris, Dunod.

**Répertoire des fournisseurs de l'armée, de la marine et des travaux publics.** In-8°, 650 p. Paris, Librairie des publications officielles, 8, Chaussée d'Antin.

*Du ministère de l'Intérieur.* **Subvention pour la construction des chemins vicinaux.** Programme de l'année 1900. In-4°, 314 p. Paris, Imprimerie nationale.

*De l'administration des monnaies et médailles.* **Rapport au ministère des Finances** (1903). In-8°, 445 p. Paris, Imprimerie nationale.

**Traite pratique de traction électrique**, par MM. L. Barbillon et G. J. Griffisch, in-8°, 752 p. 514 fig., Paris, Bernard et Cie.

**Législation des chutes d'eau**, par M. Coignet, une broch. in-8°, 46 p. Lyon.

**L'utilisation des chutes d'eau dans les Alpes Françaises**, par M. R. Tavernier, une broch. in-8°, 50 p. Paris, Chaix.

**Rapport sur le Congrès de la Houille Blanche**, par M. le comte d'Agout, une broch. in-8°, 76 p. Paris.

**Conférence sur la nécessité de la liberté industrielle et commerciale**, par M. Jean Neyret, un broch. in-8°, 17 p. Grenoble.

**Bulletin de l'Association des anciens élèves et élèves de l'Institut électrotechnique de Grenoble. — La Houille Blanche.** — Année 1902-1903.

*Du ministère du Commerce* : **Exposition de 1900. Rapport général**, vol. IV, V et VI.

**Rapports du Jury International.** Groupe III. **Instruments et procédés généraux des Lettres, des Sciences et des Arts**, classes 11 à 18. Groupe XV. **Industries diverses.** — Première partie. Classes 92 à 97. Groupe XV. **Industries diverses.** — Deuxième partie. — Classes 98 à 100. Groupe I. **Education et Enseignement.** — Classe 6. Cinquième partie et sixième partie. — Groupe XVIII. **Armées de terre et de mer.** — Première partie. — Classe 116. Groupe XVI. **Économie sociale. — Hygiène. — Assistance publique.** — Quatrième partie. — Classe 112. Groupe XII. **Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations.** — Deuxième partie. — Classes 72 à 75. Groupe VII. **Agriculture.** — Classes 35 à 42. Groupe VI. **Génie civil. — Moyens de transport.** — Deuxième partie. — Classe 32(Tome I). Groupe XVI. **Economie sociale. — Hygiène, assistance publique.** — Deuxième partie. — Classes 104 à 108. Groupe XIV. **Industrie chimique.** — Troisième partie. — Classes 88 à 91. Groupe XI. **Mines et métallurgie.** — Quatrième partie. — Classes 64 et 65.

**Institution of Mining Engineers. — International Engineering Congress. — Glasgow**, 1901, in-8°, 306 p. Newcastle W. Brown.

**Iron and Steel Institute.** — Vol. 63. — 1903, in-8°, 814 p. London. — Spon.

**Tool-steel: A concise Handbook on tool-steel in general, its treatment in the operations of forging, annealing, hardening, tempering, etc., and the appliances therefors**, par Otto Thallner. in-8°, 180 p. 69 fig. Philadelphia. H. Carey.

**Le Système de Newton est faux**, par M. A. Myran, 1 broch. in-8°, 27 p.

**Anciennes machines Compound pour bateaux**, par M. A. Mallet. 1 broch. in-8°, 11 p., Paris, 19, rue Blanche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Questions morales, économiques et sociales,** par J. B. Lavialle, 1 broch. in-8°, 41 p. Tulle, Mazeyrie.

**Manuel élémentaire pratique de mesures électriques sur les câbles sous-marins** par MM. Fischer et Darby. (Traduit de l'anglais par M. L. Husson), in-8°, 171 p., 51 fig. Paris, G. Villars.

**Le grain de blé : d'où vient-il ? où va-t-il ?** par M. Édouard Huet, in-18, 408 p. Paris Guillaumin.

**Le froid artificiel et ses applications, industrielles, commerciales et agricoles,** par M. J. de Loverdo, avec préface de M. E. Tisserand, in-8°, 652 p., 154 fig. Paris, Dunod.

**Minutes of procedings of the institution of civil engineers : with other selected and abstracted papers.** Vol. 152 (1902-1903), in-8°, 446 p.

**Œuvres complètes d'Augustin Cauchy,** II^e^ Série, tome V, in-4°, Paris, G. Villars.

*De l'Encyclopédie Léauté.* **Les Matériaux artificiels,** par M. A. Morel, in-18, 178 p. — **Chaux, ciments et mortiers,** par M. E. Candelot, in-18, 190 p. Paris, G. Villars.

**Exploration scientifique de la Tunisie. — Catalogue raisonné des reptiles et des batraciens de la Tunisie,** par M. Valery-Mayet, 1 broch. 32 p. in-8°, Paris, Imprimerie Nationale.

**Utilisation du lait écrémé des centrifuges et du petit-lait,** par A. Rolet, 1 broch. in-8, 71 p. Paris, Lahure.

**Une explosion de gaz produite par un court-circuit,** par A. Bouvier. (Extrait de Compte rendu du 35^e^ Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France, tenu à Toulon les 12, 13 et 14 mai 1904), 1 broch. in-8°, 16 p. Paris, Mouillot.

**L'électricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier. — Manuel pratique à l'usage des monteurs, électriciens, mécaniciens, élèves des écoles professionnelles etc.** (Traduit de l'allemand par A. Mauduit), in-8°, 435 p., 284 fig. Paris, Dunod.

**Handuch der Arbeiterwohlfahrt,** tome II, par M. D^r^ Otto Dammer, in-8°, 490 p., 23 fig. Sttuttgart, Enke.

**Modern machine shop tools; their construction, operation and manipulation, including both hand and machine tools,** par V. Van-Dervoort in-8°, 552 p., 672 fig. New-York, W. Henley.

**Jahrbuch für das Eisenhüttenwesen Ergänzung zu « Stahl und Eisen », Im Auftrage des Vereins deutscher Eisenhütteulente bearbeitet.** 2^e^ année par Otto Vogel In-8°, 464 p., 42 fig. Düsseldorf, A. Bagel.

**Die Metallographie im Dienste der Hüttenkunde,** par E. Heyn, 1 broch. in-8°, 43 p., 26 fig. Freiberg, Von Craz et Gerlach.

**Ueber die Bedeutung der Freibergerbergakademie Sur die Wissenschaft des 18 und 19 Jahrhunderts,** par M. A. Ledebur, 1 broch. in-8°, 31 p. Freiberg, Von Craz et Gerlach.

**Der elektrische Leitungswiderstand des Stahles und des reinen Eisens,** par Carl. Benedicks, 1 br., in-8°, 16 pages, 5 figures. Leipzig, W. Engelmann.

**Die Entwicklung der deutschen Mosaikindustrie (Vortrag gehalten im nerein zur leforderung des gewerbfleibes am 4 mai 1903),** par M. D^r^ Adolph. Franck. 1 broch., in-4°, 9 p. Berlin, Leonhard Simion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Die Nutzbarmachung des freien Stickstoffes der Luft für Landwirthschaft und Industrie,** par M. Dr Adolph. Franck, 1 broch., 3 p. Charlottenburg.

**Force et matière : Les théories du choc et l'expérience,** par le comte de Maupeau d'Albeiges. — (Extrait du Bulletin de l'Association maritime, session 1903). 1 broch., in-8° 34 p. Paris. G. Villars.

**Om. S. K. Grafitjarn** (avec résumé en français), par Carl Benedicks (**aftrych ur « biang till jernkontorets amaler » for ar 1903**), 1 broch., in-8°, 9 p., 9 fig. Stockholm, L. Beckmans.

**Sur les facteurs démagnétisants des cylindres,** par Carl Benedicks, 1 broch., in-8°, 14 p., 4 fig. Stockholm, N. Norstedt et Sôner.

*Du ministère des Affaires étrangères du Pérou.* — **Le Pérou. — Renseignements très utiles pour les capitalistes, industriels et émigrants.** (Publication officielle), 1 broch., in-8°, 68 p. Lima.

**Transactions of the royal Society of Edinburgh,** vol. 49, part. II, session 1901-1902. In-4°, 467 p. Edinburgh, Robert Grant et Son. vol. 52. **The Ben Nevis observations (1888-1892),** in-4°, 549 p. Edinburgh, Robert Grant et Son.

**Nouvelles Archives des missions scientifiques et littéraires, choix de rapports et instructions publiés sous les auspices du ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts,** t. X, in-8°, 744 p. Paris. Imp. Nationale.

**Natick Dictionary,** par J. H. Trumbull (**Smithsonian institution : Bureau of american Ethnology : J. W. Powell Directeur.** (Bulletin 25), In-4°, 347 p. Washington. Government printing office.

**Association des élèves de l'Ecole nationale supérieure des mines** (38e annuaire), arrêté au 1er novembre 1902. In-8°, 224 p. Paris, 23, rue de la Chaussée-d'Antin.

**Annual Report of the commissioner of patents,** 1902, in-8°, 960 p. Washington. Government printing office.

**Annuaire de la législation du travail publié par l'office du travail de Belgique,** (Ministère de l'industrie et du travail) 6e année 1902. In-8°, 718 p. Bruxelles, O. Schepens et Cie.

**Conseil supérieur du travail,** Onzième session (Novembre 1902), In-4°, 147 p. Paris, Impr. Nationale.

**The structure of the Nucleus a continuation of « Experiments with ionized air »** par Carl Barus. — **Smithsonian contributions to knowledge (Hodgkins fund),** In-4°, 176 p. **Washington the Smithsonian Institution.**

**Tests of reinforced concrete beams,** par W. Kendrick Hatt (**Proceedings of the American Society for testing materials,** vol. II, 1902), 1 broch., in-8°, 20 p. (sans indication de ville de résidence).

**Congrès des sociétés savantes à Bordeaux,** Discours prononcés à la séance générale du Congrès le samedi 18 avril 1903, par MM. H. Omont, C. Jullian, G. Bizos. 1 broch., in-8°, 26 p. Paris, Impr. Nationale.

**Statistica della emigrazione Italiana per l'Estero negli anni 1900 e 1901. — Raffrontata a quella avvenuta nei ventiquattro anni precedenti. — Notizie sull'emigrazione in alcuni altri stati per gli anni dal 1390 in poi,** Roma, Berthero et Cie.

**The John Fritz medal fund corporation,** 1 broch., In-8°, 21 p. New-York.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Études cliniques sur les oxygénants vanadiés Hélouïs et leurs applications en médecine vétérinaire**, par M. Maury. 1 broch., in-8°, 39 p. Clichy-Paris, Société française des composés du Vanadium.

**Les nouveaux composés du Vanadium** de M. Hélouis. — **Études cliniques sur le Vanadiol**, par le Dr Le Tanneur (principales observations et résultats thérapeutiques obtenus en France et à l'Etranger. 1 broch., in-8°, 88 p. Clichy-Paris, Société française des composés du Vanadium.

**Emigrazione e Colonie**, vol. I, Europa, parte I, Francia (Ministero degli affari esteri). In-8°, 344 p. Roma, Bertero et Cie.

**La Crise sardinière, ses origines, le remède à y apporter**, par A. Dupouy père, 1 broch., in-8°, 18 p. Nantes, Joubin et Beuchet frères.

**Règle à calculs.** Instruction. Applications numériques. Tables et formules, par M. A. Beghin. In-8°, 120 p. Paris, Béranger.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# PROCÈS-VERBAUX

## DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

### *Séance du 10 juillet 1903*

Présidence de *M. Linder*, président.

*M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

*M. Julien*, à Moutiers-Saint-Jean, Côte-d'Or, présente un *appareil de sauvetage*. (Arts mécaniques.)

Rapports des comités. — Sont lus et approuvés les rapports de **MM. Lafosse** et **Simon** aux noms de la Commission et des Censeurs sur *l'exercice 1902*.

**Simon** sur les *produits en aluminium pour industries textiles* de *M. du Pasquier*.

**Raymond,** au nom du Comité des Arts économiques sur la *pince pour piles* de *M. Redde*.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

*M. M. Panassié*, ingénieur civil des mines à Paris, présenté par *MM. Livache* et *Vernes*.

*M. Bernheim*, ingénieur au corps des mines, présenté par *M. Linder*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

**Du 15 Septembre au 15 Octobre 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP.* . . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . . Engineering.
*E'* . . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . . Industrie électrique.
*Im* . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*Ln* . . . . La Nature.
*Lo.* . . . La Locomotion.
*Ms.* . . . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . . Nature (anglais).
*PC* . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . . Revue technique.
*Ru.* . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*Va.* . . . La Vie automobile.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Assolement*. Sa nécessité. *Ap.* 15 *Oct.*, 503.
**Bétail**. Loi sur sa police sanitaire *Ap.* 8 *Oct.*, 472.
— (Hygiène du) (*id.*), 477.
*Blé*. Hybride à grosse tête. *Ag.* 19 *Sept.*, 466.
*Céréales* (Rouille des). *Ap.* 1er *Oct.*, 435.
*Chardon à foulon*. *Ap.* 24 *Sept.*, 406.
**Chevaux**. Production chevaline et automobiles (Lavalard). *Ap.* 17-24 *Sept.*, 373, 403.
— Syndicat de vente et d'exportation. *Ag.* 26 *Sept.*, 489.
**Engrais**. Utilisation de l'azote atmosphérique (Frank). *RCp.* 20 *Sept.*, 362.
— Choix des superphosphates. *Rg.* 26 *Sept.*, 499.
— Fumier d'étable. Expérience de Woburn et Rothamsted. *Ap.* 24 *Sept.*, 400.
— Cyanide de calcium. *SNA. Juillet*, 526.
— Emploi au nitrate de soude dans les cultures maraîchères. *Ag.* 26 *Sept.*; 10 *Oct.*, 496, 569.
— Durée de l'influence des fumures. *Ap.* 1er *Oct.*, 433.
*Fermage*. Loi anglaise (Grandeau). *Ap.* 17 *Sept.*, 369.
*Laiteries*. coopératives de l'Ouest. *Ag.* 17 *Oct.*, 609.
— Concours international de Bruxelles. *Ag.* 19 *Sept.*, 456; *Ap.* 1er-8 *Oct.*, 438, 474.
— Ferme à lait des environs de Paris. *Ap.* 8 *Oct.*, 469.
— Commerce du lait à Paris. *SNA. Juillet*, 528.
— Cause d'écrémage imparfait. *Ap.* 15 *Oct.*, 504.
*Luzernes et trèfles*. (Disparition prématurée des). *Ap.* 24 *Sept.*, 401.
*Machines agricoles*. Egréneuses de coton. *Ap.* 1er-8 *Oct.*, 445, 479.
*Sanves* (Destruction des). *Ag.* 17 *Sept.*, 459.
*Truffes*. Formation des places truffifères. *Ap.* 17 *Sept.*, 377.
**Vignes**. Tanisage des vendanges et des vins à la propriété. *Ap.* 17 *Sept.*, 375.
— Vinification par sulfatage et levurage de la vendange. Expériences à l'école d'agriculture d'Ondes. *Ap.* 24 *Sept.*, 411.

## CHEMINS DE FER

**Chemins de fer** de Bagdad. *E.* 18 *Sept.*, 375.
— Du Cap. *E'.* 10 *Oct.*, 345.
— Dalmatie et Herzégovine. *ZOI.* 18 *Sept.*, 491.
— Nouvelle-Zélande. *E.* 2 *Oct.*, 461.
— Allemands. Statistique 1900. *Rgc. Oct.*, 288.
— Indiens. *E.* 16 *Oct.*, 534.
— *Électriques*. Trains à unités multiples (de Traz). *Ic. Août*, 149.
— — Du Vésuve. *Rgc. Oct.*, 271.
— — Tunnel de la Mersay. *Rgc. Oct.*, 313.
*A voie glissante*. Sautereau. *Rt.* 10 *Oct.*, 657.
*Automobile à vapeur* pour le Great Western. *E'.* 16 *Oct.*, 380.
*Éclairage des trains*. *Elé.* 10 *Oct.*, 230.
— Est français. *E.* 18 *Sept.*, 387.
**Locomotives**. Dépense de charbon (Pettigrew). *E.* 25 *Fév.*, 435.
— Fonctionnement. *E'.* 2 *Oct.*, 330.
— Compound, 4 cylindres de l'Adriatique italien. Essais. *E'.* 2, 10, 16 *Oct.*, 319, 330, 342, 365.
— A 3 essieux couplés, du Caledonian. E. 18 *Sept.*, 399.
— Glasgow and S. W. *E.* 25 *Sept.*, 422.
— A voie étroite. *Gc.* 19-26 *Sept.*, 328, 314.
— Réduction de la dépense de combustible. *E'.* 10 *Oct.*, 359.
— (Vaporisation des). *E'.* 16 *Oct.*, 370.
— Chaudières des locomotives anglaises (Lake). *EM. Oct.*, 62.
— Distribution Rickis et Mac-Intosh. *E'.* 18 *Sept.*, 288.
— — Tiroir à double entrée, *Hoy. E'.*
— 10 *Oct.*, 347.
*Résistance des trains* (Marshall). *E'.* 2 *Oct.*, 321.
*Sécurité* des voies ferrées (Marchand). *Ru. Août*, 201.
**Signaux** électriques automatiques (Rosenberg). *Fi. Sept.*, 161.
— Leviers d'itinéraires pour commencer à distance des aiguilles et signaux. Blynie et Ducousso. *Rge. Oct.*. 225.
— Verrou automatique. Gillmor. *Rgc. Oct.*, 306.
*Voitures américaines* à portes glissantes. *E'.* 25 *Sept.*, 300.
*Wagon réfrigérant*. Chemins du Cap. *E'.* 18 *Sept.*, 232.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles** (Les) (W. Beaumont). *SA.* 16 *Oct.*, 894.
— Camions. *VDI.* 19 *Sept.*, 1375.
— Essais d'automobiles. *E'.* 25 *Sept.*, 302.
— (Dérapage des) (Résal). *Gc.* 17 *Oct.*, 392.
— Accidents (Razous). *Rs.* 19 *Sept.*, 365.
— Progrès de la construction (Clarkson). *E'.* 25 *Sept.*, 313; 2 *Oct.*, 335.
— En 1903 (Lavergne). *Rgds.* 30 *Sept.*, 931.
— *à pétrole.* Motocyclettes. *Dp.* 19-26 *Sept.*, 596 618; 3-10 *Oct.*, 17, 632, 648, 668.
— — Motobloc 1903. *Lo.* 1er *Oc.*, 631.
— — Henriod. *Va.* 3 *Oct.*, 628.
— — Peugeot, 4 cylindres. *Va.* 26 *Sept.*, 616.
— — Camion Hagen. *Bam. Sept.*, 1075.
— *électriques.* (Moteurs de) (Rechniewski). *Elé.* 10 *Oct.*, 227.
— — à trolley sans rails (Guarine). *EM. Oct.*, 33.
*Résistance au roulement sur routes. E.* 25 *Sept.*, 438.
**Tramways** de Paris. *Ac. Sept.*, 139.
— de Glasgow. *Rgc. Oct.*, 309.
— *électriques* de Bruxelles. *Ic.* 10 *Sept.*, 403.
— — Électro-pneumatique. Arnold. *Gc.* 17 *Oct.*, 395.
— — Statistique en 1903. *Ie.* 25 *Sept.*,427.
— — Moteurs à récupération automatique. Raworth. *Ic.* 10 *Oct.*, 447.
*Transports en commun à Paris. Ac. Oct.*, 157.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

**Acétylène.** Phare Alpha. *Lo.* 19 *Sept.*, 603.
— Action d'une trace d'eau sur la décomposition des hydrures alcalins par l'acétylène (Moissan). *CR.* 14 *Sept.*, 463.
— Chalumeau oxyacétylénique Fouché. *Gc.* 26 *Sept.*, 340.
— Éclairage du phare de Chassiron. *E.* 16 *Oct.*, 529.
**Acide sulfurique.** Fabrication actuelle (Lunge). *RCp.* 20 *Sept.*, 357.
— Procédés par catalyse Schroeder. *Ms. Oct.*, 739. (Reese et Lunge Polett), *id.*, 745, 751.
— Fabrication (Stone), *id.*, 741.
*Aluminium.* Combinaison avec l'acide sulfurique (Baud). *CR.* 21 *Sept.*, 492.
*Argent-allotropique.* (Couleur de l') (Blake). *American Journal of Science. Oct.*, 282.
*Bismuth.* Série de composés (Urbain et Lacombe). *CR.* 12 *Oct.*, 568.
*Brasseries.* Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 1059.
— Utilisation des levures. *IoB. Août*, 468.
*Catalyse des métaux* (Trillat). *ScP.* 5 *Oct.*, 939.
*Céramique.* Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 1046.
**Chaux et ciments.** Divers. *Cs.* 15-30 *Sept.*, 996, 1047; 15 *Oct.*, 1087.
— Mauvaises méthodes d'essai (Butler). *E'.* 16 *Oct.*, 385.
— Chlorure de calcium et ciment Portland (*Le Ciment*). *Sept.*, 133.
— Usine d'Hudson. *Gc.* 17 *Oct.*, 397.
*Cyanogène.* Production en parlant du gaz de houille (Feld). *Ms. Oct.*, 751.
*Cyanures alcalins* (Nouvelle matière première pour la préparation des). (Erlwein). *RCp.* 20 *Sept.*, 365.
*Éclairage à l'alcool.* Bec Regina. *Rt.* 10 *oct.*, 676.
*Egouts.* Traitement bactériologique. *E.* 9. *oct.*, 500.
*Energie interatomique* (Le Bon). *Rs.* 17 *oct.*, 480.
*Essences et parfums.* Divers. *Cs.* 15 *Sept.*, 1013; 15 *Oct.*, 1100.
*Explosifs.* Préparation des cylindres de plomb. *Cs.* 15 *Oct.*, 1102.
*Fermentation.* Les enzymes. *Ms. Oct.*, 761, 775.
*Gaz d'éclairage.* Chargeur électrique de cornues Sarrazin. *Pm. Oct.*, 146.
*Graisses et huiles.* Divers. *Cs.* 15 *Sept.*, 1004; 15 *Oct.*, 1094.
**Laboratoire.** Divers. *Cs.* 15-30 *Sept.*, 1015, 1064; 15 *Oct.*, 1103.
— Méthode Hempel, pour la détermination volumétrique du carbone dans les fontes et aciers. *Ru. Oct.*, 226.
— Dosage de l'acide sulfureux combiné dans les boissons fermentées (Mathieu). *Rcp.* 4 *Oct.*, 376.
— Du vanadium dans les produits métallurgiques (Campagne). *CR.* 12 *Oct.*, 570.
— Galènes. Nouvelle méthode d'attaque (Boucher). *ScP.* 5 *Oct.*, 933.
— Séparation électrolytique du manganèse et du fer, de l'aluminium d'avec le fer et le nickel, du zinc avec le fer (Hollard et Berteaux). *ScP.* 5 *Oct.*, 926.
*Magnésium et hydroxydes manganeux.* Sulfate de baryte. Phénomènes d'adhérence et de dissolution (Patten). *CN.* 16 *Oct.*, 194.
*Papier* (Fabrication du) (Hubner). *SA.* 18, 19,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

26 *Sept.*, 832, 850; 2-17 *Oct.*, 618, 664; *Dp.* 26 *Sept.*, 616.

*Phosphore* et acide phosphorique (Giron). *ACP. Oct.*, 203.

— Phosphates métalliques. Action de l'acide carbonique sous pression (Barillé). *CR.* 12 *Oct.*, 566.

*Radio-activité. E.* 25 *Sept.*, 426; 2 *Oct.*, 447. (Curie). *ACP. Oct.*, 145.

*Résines et vernis.* Divers. *Cs.* 15-30 *Sept.*, 1007, 1055.

— Peintures et laques pour métaux. *E'.* 16 *Oct.*, 3014.

*Soufre.* Température d'inflammation et combustion lente dans l'oxygène et l'air (Moissan). *CR.* 12 *Oct.*, 547.

*Sulfure de carbone.* Graphiques et tables (Gardner). *Fi. Oct.*, 291.

*Structure granulaire et aciculaire des solides* (Beilley). *CN.* 2 *Oct.*, 167.

**Teinturerie.** Divers. *Cs.* 15-30 *Sept.*, 991. 993, 1041, 1043; 15 *Oct.*, 1081. *MC.* 1er *Oct.*, 297.

— Progrès en 1902 (Wahl). *Ms. Oct.*, 705.

*Tannerie.* Divers. *Cs.*, 15 *Sept.*, 1008.

*Trisulfite de chaux.* Fabrication (Rançon) *Bam. Sept.* 2060.

*Vanadium.* Électro-métallurgie (Gin). *Rcp.* 4 *Oct.*, 373.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

**Alcoolisme** en Bretagne et les abris du marin pêcheur (Rivieri). *Rso.* 1er *Oct.*, 505.

— Monopole de l'alcool en Russie en 1901. *SL. Sept.*, 351.

— Alcool industriel en Espagne. *Rt.* 10 *Oct.*, 679.

*Algérie.* Situation depuis l'autonomie financière. *Cf.* 19 *Sept.*, 393.

*Arbitrage et conciliation en Italie* (Racca). *Musée Social. Septembre.*

*Assurances ouvrières* en Hongrie. *EF.* 26 *Sept.*, 437

*Angleterre.* Commerce du Royaume-Uni et de ses colonies. *SL. Sept.*, 260.

— Exportations houillères (Avenir des). *Ef.* 20 *Oct.*, 499.

*Colonies* (Rôle de la famille aux) (Duclos). *Rso.* 16 *Oct.*, 553. (Bertillon), *id.*, 588.

*Éducation.* Nouvelles méthodes et expansion de la race (C. Bert). *Rso.* 16 *Sept.*, 385.

— Loi anglaise du 18 novembre 1902, sur l'éducation populaire, primaire et supérieure (Bassereau). *Rso.* 16 *Sept.*, 417.

*États-Unis.* Forces motrices dans l'Industrie. *Ep.* 19 *Sept.*, 397.

— Industrie du fer et de l'acier, *id.*, 17 *Oct.*, 534.

*Fonctionnarisme* (Problème du) *Ef.* 17 *Oct.*, 536.

*Fonds d'États* (Cours des). *Ef.* 8, 10, 17 *Oct.*, 465, 497, 529.

**France.** Influence des lois et mœurs sur le recrutement des coloniaux (Isaac). *Rso.* 1er *Oct.*, 465.

*Grèves en 1902. Ef.*, 10 *Oct.* 507.

*Habitations à bon marché* (Société d') en 1902. *Ef.* 3 *Oct.*, 475. 2e Concours. *Rso.* 16 *Oct.*, 595.

*Impôt sur le revenu* et sur les dépenses. *Ef.* 19 *Sept.*, 396.

*Italie rurale. Ef.* 26 *Sept.*, 433.

*Martinique* (la). *Rso.* 16 *Oct.*, 563.

*Métaux.* Production et consommation (Cuivre, et plomb. Zinc, Etain, Aluminium, Nickel), *id.*, 3 *Oct.*, 467. *EF.* 26 *Sept.* 435.

*Prolétaire* (le) de La Bruyère (des Cilleuls). *Rso.* 16 *Sept.*, 442.

*Propriété littéraire.* Droit d'auteur et domaine public payant. *Ef.* 3 *Oct.*, 473.

*Salvetats* au moyen âge (Galabert). *Rso.* 1er *Oct.*, 491.

*Secours mutuels.* (Fonds commun inliénable des sociétés de) (Didé). *Rso.* 16 *Sept.*, 405.

*Syndicat des charbons* allemands. *E'.* 3 *Oct.*, 469.

*Système métrique* aux États-Unis. *IC. Août.*, 115.

*Tonnellerie* (Destin de la). *Ef.* 10 *Oct.*, 505.

*Transport maritime* (Industrie du). en Allemagne. *Ef.* 3 *Oct.*, 469.

*Trust et Cartels* (Blondel). *Rso.* 16 *Sept.*, 449.

*Vins français.* Commerce à l'étranger. *Ef.* 10 *Oct.*, 502.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Accidents dans les travaux de bâtiment* (Préventions des) (Rarins). *Gc.* 30 *Oct.*, 359.

*Béton armé.* Résistance des planchers (Lerosey). *Gm. Sept.*, 189.

**Ponts** de Connel Ferry. *E'.* 18 *Sept*, 282.

— de Girna (Inde). *E'.* 25 *Sept.*, 303; 2 *Oct.*, 326.

— En bétou sur le Necker. *Ac. Sept.*, 130.

— Déplacement de la passerelle de Passy. *Gc.* 19 *Sept.*, 321.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Ponts** du Rupnaragan (Inde. *Gc.* 26 *Sept.*, 314.
— Élargissement du pont de Londres. *E'.* 2 *Oct.*, 335.
*Toits.* Action du vent (Nielsen). *E.* 9 *Oct.*, 508.

## ÉLECTRICITÉ

*Commutateur à rhéostat liquide.* Torer. *E'.* 10 *Oct.* 352.
*Conductibilité des gaz* (Harms). *EE.* 26 *Sept.*, 503.
**Distribution.** Compoundage des groupes électrogènes Routin, *Ic.* 10 *Sept.*, 397.
— Application de la Statigraphie à la détermination des canalisations; chutes de potentiel dans une distribution par anneau et feeders (Schiller). *Ic.* 25 *Sept.*, 437.
— Compensation des variations de charge dans les installations de transport. L'énergie (Meyerberg). *EE.* 10 *Oct.*, 60.
— Tableaux pour triphasés (Eberall). *E.* 25 *Sept.*, 409; 2 *Oct.*, 443, 483, 517.
— Distribution composée (Bedell). *EE.* 3 *Oct.*, 25.
**Dynamo.** Amorcement des (Furzi) *EE.* 3 *Oct.*, 19.
— Alternateurs en parallèle (Hopkinson), *E.* 2 *Oct.*, 468.
— Réaction d'induit (Guilbert). *Rt.* 10 *Oct.*, 665.
— Pertes. *Élé.* 17 *Oct.*, 241.
— Formules de comparaison. *Ie.* 10 *Oct.*, 445.
*Moteur* d'induction (Hoxie). *Fi. Sept.* 283. *Oct.* 261.
Shunt. Réglage des (Cooper), *EE.* 17 *Oct.*, 116.
— Alternomoteurs à collecteur (Blondel), *EE.* 26 *Sept.*, 481.
— à impulsion monophasée (Cramp). *E.* 9 *Oct.*, 507.
— Asynchrone polyphasé, diagrammes (Goerges). *EE.* 17 *Oct.*, 93.
**Éclairage** pour immeubles isolés. Siemens. *Élé.* 3 *Oct.*, 209.
— Lampe à arc à courants polyphasés. *Élé.* 10 *Oct.*, 7238.
— Au mercure. *Élé.* 17 *Oct.*, 244.
— Breiner (*id.*), 245.
**Électro-chimie.** Divers. *Cs.* 30 *Sept.*, 1053.
— Chlorure de chaux. Procédé Aker. *Fi. Sept.*, 221.
— Électrolyse par courants alternatifs Leblanc. *EE.* 17 *Oct.*, 110.
**Électro-chimie.** Four électrique, rôle en métallurgie (Keller). *Ic.* 10 *Oct.*, 448.
— Soudeuse Thomson-Houston. *EE.* 17 *Oct.*, 81.
*Magnétisme.* Progrès récents (Maurain). *EE.* 3-10 *Oct.*, 41.
*Mesures.* (Unité de) (Nest). *EE.* 3 *Oct.*, 37.
— Indicateur du signe de la puissance d'un alternateur en parallélité sur un réseau. *Elé.*
*Paratonnerres.* Théorie (Schortan). *EE.* 3 *Oct.*, 35.
**Stations centrales.** Sucrerie d'Ecaudeuvres. *Elé.* 19-26 *Sept.*, 177, 192; 3 *Oct.*, 211.
— Limites rationnelles des (Lardner). *EE.* 17 *Oct.*, 118.
— Appareils de sécurité (*id.*) 119.
— de Vienne. *ZOI.* 25 *Sept.*, 503; 9 *Oct.*, 527.
— de Novaliza. *Ie.* 25 *Sept.*, 421.
— du continent (Riscley). *EE.* 17 *Oct.*, 115.
**Télégraphie** sans fil (Fossenden). *EE.* 3 *Oct.*, 28.
— État actuel (Tissot). *Rgds.* 15 *Oct.*, 973. (de Broglie). *RMc. Sept.*, 2096.
— Cohéreurs associés (Turpain). *CR.* 17 *Oct.* 562.
*Transformateurs.* Calcul graphique de la tension et des courants secondaires dans un transformateur triphasé asymétriquement chargé (Koning). *EE.* 3 *Oct.*, 20.

## HYDRAULIQUE

**Barrage** du lac Craig Goch. Eaux de Birmingham. *E.* 9 *Oct.*, 485.
— d'Assouan. *Gc.* 10, 17 *Oct.*, 369, 385.
*Eaux potables.* Alimentation des villes (Dienert). *Rgds.* 15 *Oct.*, 990.
*Eaux souterraines.* Conservation et augmentation (Marosov). *E'.* 10 *Oct.*, 341.
*Filtration industrielle* (Marre). *Rep.* 4 *Oct.*, 380.
*Pitomètre.* Emploi pour la mesure du débit des conduites d'eau. *Gc.* 10 *Oct.*, 380.
**Pompes.** Clapet Downie. *E.* 2 *Oct.*, 467.
— Électrique de puits Merryweather. *E'.* 10 *Oct.*, 355.
— Centrifuges, portées Belliss. *E.* 16 *Oct.*, 549.
*Presse.* Bridge. *E.* 9 *Oct.*, 492.
*Roues Pelton.* Régulateur Watson Laidlaw. *E.* 18 *Sept.*, 380.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## MARINE, NAVIGATION

*Atelier flottant.* E' 25 *Sept.*, 301.
*Bassin de radoub* de Cawasaki (Japon). *Ac. Oct.*, 146.
*Grands lacs de l'Amérique du Nord. Gc.* 10 *Oct.*, 376.
*Halage électrique* sur canaux (Petit), *Rt.* 25 *Sept.*, 628.
*Hélices* (les). E'. 16 *Oct.*, 378.
— propulsion des navires (Normand). E'. 16 *Oct.*, 382.
**Machines marines** à 3 cylindres Smit. *E.* 25 *Sept.*, 420.
— — Essais du transport russe Océan. E'. 2 *Oct.*, 321.
— — à pétrole. Société du propulseur universel. *E.* 16 *Oct.*, 524. Dirsel. E'. 16 *Oct.*, 284.
*Mississipi.* Contrôle du (Haupt). *Fi. Oct.*, 241.
**Marine de guerre.** Obus capsulés. *E.* 16 *Oct.*, 533.
— Petits croiseurs. *E.* 16 *Oct.*, 378.
*Naufrages* en 1901. *Rmc. Août*, 1897.
*Paquebots.* Kaiser Wilhelm II. *E.* 18 *Sept.*, 376. *Gc.* 3-10 *Oct.*, 325, 372.
*Ports.* Digne de Sunderland. E'. 25 *Sept.*, 314. *E.* 2 *Oct.*, 456.
*Voies navigables d'Europe.* E'. 18 *Sept.*, 282.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

*Calculographe. Ri.* 26 *Sept.*, 382.
*Changement de vitesse.* Fairfax. E'. 18 *Sept.*, 289.
*Compteur de vitesse.* Carlier. *Ru. Sept.*, 319.
*Encliquetage.* Hundhausen. *Elé.* 19-26 *Sept.*, 183, 199.
**Engrenages.** Obliquité de la ligne d'engrènement (Dubosc). *RM. Sept.*, 254.
**Chaudières** à tubes d'eau. Essais. *RM. Sept.*, 279. Yarrow. Babcox-Wilcox (*id.*), 281. Mixte Shutte (*id.*), 284. *VDI.* 10 *Oct.*, 478.
— Tubulaires Robb-Munford. *RM. Sept.*, 284. Humboldt. *Pm. Oct.*, 152.
— Surchauffeurs Lugden, Cruse, Eindhoven et Wildt. *RM. Sept.*, 294.
— Clapet d'arrêt. Coxon. *RM. Sept.*, 291.
— Grilles Babcox Wilcox. Coffin. Poillon. Normand. *RM. Sept.*, 286.
— Indicateur de chargement des grilles Kelroy. *E.* 2 *Oct.*, 454.
— Injecteur Desmond. *RM. Sept.*, 291.
**Chaudières.** Pompe alimentaire Heisler. *E. Oct.*, 467; Cail, *RM. Sept.*, 301.
— Purgeur Holden. E'. 16 *Oct.*, 374.
— Soupapes de sûreté Hopkinson Radovanovi. *RM. Sept.*, 295. Tube de niveau Dewrance et Wall. *RM. Sept.*, 301.
— Valves Klain. *RM. Sept.*, 293.
**Froid.** Machines à affinité Hignette Bam, *Sept.*, 1080.
— à ammoniaque à compression. Rendement (Doderlein). *VDI.* 10 *Oct.*, 1473.
*Graissage.* Formules expérimentales des constantes de lubrification (Moon). *AMa.* 26 *Sept.*, 1281. 3, 10 *Oct.*, 1316, 1350.
— des paliers. *AMa.* 3 *Oct.*, 1332.
*Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers. Gc.* 19 *Sept.*, 324.
**Levage.** Cabestan électrique Scott. *E.* 17 *Sept.*, 383.
— Basculeur hydraulique Armstrong. E'. 16 *Oct.*, 380.
— à l'exposition de Dusseldorf. *VDI.* 19-26 *Sept.*, 1383, 1414.
— Grues électriques (Les). *Dp.* 19-26 *Sept.*, 593-611. Pour le fonçage des caissons Jessop et Appeby. *E.* 18 *Sept.*, 390. De Port (Lambert et François). *RM. Sept.*, 225, de Kiel. E'. 10 *Oct.*, 349.
— Grue roulante à vapeur de 20 tonnes Wilson. E'. 2 *Oct.*, 333.
— Cabestans électriques pour manœuvres des wagons (Sarrazin). *Bam. Sept.*, 1067. Fives-Lille. *E.* 9 *Oct.*, 501.
— Cableway pour mines Forsyth. *Eam.* 3 *Oct.*, 501.
— Crochets pour lingots. *AMa.* 10 *Oct.*, 1350.
— Convéyeur pour chaudières. E'. 10 *Oct.*, 357.
— Transbordeurs divers. *SuE.* 15 *Oct.*, 1121.
**Machines-outils.** Ateliers de Darlington. E'. 18 *Sept.*, 274.
— Ateliers de menuiserie de l'usine de Nurenberg (construction des wagons). *Gc.* 19 *Sept.*, 327.
— — Borsig (Locomotives). *E.* 9 *Oct.*, 479.
— — américains, organisation (Moller). *VDI.* 3-15 *Oct.*, 1449, 1523.
— Jauges et calibres (Schelsinger). *VDI.* 13 *Sept.*, 1379. 3 *Oct.*, 1457.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Machines-outils.** Fraiseuse découpeuse pour trous ovales Nube. *AMa.* 19 *Sept.*, 695. Higgins (*id.*), 10 *Oct.*, 1373. Pour cames liffe. *E'.* 25 *Sept.*, 311. Fraisage d'un Cunembrayage. *AMa.* 19 *Sept.*, 1262; d'une vis. *AMa.* 10 oct. 1372.

— Meulage (le) (Horner). *E.* 18 *Sept.*, 377. 2-16 *Oct.*, 445, 519. Meule de précision Hanson. *RM. Sept.*, 271. Circulaire à plateaux, Roberts. *E'.* 10 *Oct.*, 356. Broadbeth. *AMa.* 17 *Oct.*, 773. Perceuse Smith. *AMa.* 10 *Oct.*, 754. Électrique Campbelle. *Ri.* 10 *Oct.*, 401.

— Raboteuse Kindermann. *AMA.* 10 *Oct.*, 1358. Pour hélice Vulcan. *E.* 9 *Oct.*, 489.

— Presse à emboutir. *AMA.* 7 *Oct.*, 1413.

— Tours pour essieux montés Moll et Zeller. *RM. Sept.*, 267. Revolver Hanson (*id.*), 310. Lœve. *E.* 16 *Oct.*, 541. Vertical de 18 mètres. *E'.* 16 *Oct.*, 369. Morton. *AMa.* 17 *Oct.*, 1412. A fileter. Progrès industriel. Hanson Shellenbach (*id.*), 318, 322. A roues Demoor (*id.*), 318. Harnais Hather, Johnson, Wust-Kunz, Hanson, Follows. *RM. Sept.*, 303. Tour « american ». *AMa.* 3 *Oct.*, 1339.
Hamilton (*id.*), 1340.

— Palmer Brown et Sharpe. *AMa.* 3 *Oct.*, 1341.

— Outils rapides. Essais. *AMa.* 19 *Sept.*, 1250, 1270.

— Outillage américain (Moller). *VDI.* 26 *Sept.*, 1401.

— Roues de brouette. Fabrication. *AMa.* 19 *Sept.*, 1241.

— Tubes sans soudure. Fabrication (Ehrhardt). *E.* 18 *Sept.*, 402. Ateliers de l'Universal-Tube C^e^ Chesterfield. *E.* 9 *Oct.*, 493.

— *à bois.* Scie à bande Ransome. *E.* 16 *Oct.*, 541.

**Moteurs à vapeur.** L'entropie (Swinburne). *E.* 18 *Sept.*, 373. Théorie générale

— (Linde). *VDI.* 17 *Oct.*, 1509.

— Van den Kerkove avec ou sans surchauffe. *Pm. Sept.*, 130. *VDI.* 26 *Sept.*, 1405. 10 *Oct.*, 1488.

— (Défauts des). *E.* 9 *Oct.*, 499. *E'.* 9 *Oct.*, 351.

**Moteurs à vapeur.** Distribution. Rynolds Corliss. *Pm. Sept.*, 138.

— Garniture de pistons Tosi. *E.* 9 *Oct.*, 505.

— Turbines (les) (Rateau). Théorie élémentaire. *RM. Sept.*, 213. (Progrès des). *EM. Oct.*, 49.

— Pistons. Fonte pour segments (Wingfield). *E.* 18 *Sept.*, 400.

— Régulateur Bollindks. *Ri.* 19 *Sept.*, 376.

— **à gaz** (Explosions dans les) (Wimperis). *E.* 18 *Sept.*, 404.

— — Hill (essais) (Brauer). *VDI*, 17 *Oct.*, 1517.

— — Doué (à deux temps). *Rt.* 23 *Sept.*, 631.

— — Deutz. Station de Dresde. *Dp.* 3 *Oct.*, 627.

— — Allumage. *Ri.* 19-26 *Sept.*, 375-385. 3-10 *Oct.*, 393-404.

— — Gazogènes Pierson à Tunis. *E.* 25 *Sept.*, 416. Talbot. *E.* 2 *Oct.*, 474.

— — à gaz de hauts fourneaux. Laveurs Holmes. *Pm. Sept.*, 139. (Tessier). *Bam. Sept.*, 1019.

— **à pétrole**. Diesel. *VDI.* 19 *Sept.*, 1366.

— **à alcool.** (Longridge). *E'.* 2 *Oct.*, 324; 9 *Oct.*, 354.

*Moulins à vent* (les). *SNA. Juillet*, 600.

*Pesage.* Peseur compteur pour tonneaux Forsyth. *E.* 16 *Oct.*, 525. Bascule automatique Avery. *E'.* 16 *Oct.*, 384.

*Portées et frettages* (Moore). *E.* 16 *Oct.*, 545.

**Résistance des matériaux.** Essais de fragilité (Izod). *E.* 25 *Sept.*, 431.

— Propriétés mécaniques des aciers au nickel magnétiques ou non magnétiques (Dumas). *Im.* (II), 1903, 641.

— Élasticité du fer et de l'acier (Schmitz). *Société d'Encouragement de Berlin. Sept.*, 245.

— Résistance des granits (Bach). *VDI.* 3 *Oct.*, 1437.

*Ventilateur* Wilson. *AMa.* 26 *Sept.*, 1308.

— Essais Gilbert. *E.* 9 *Oct.*, 510.

## MÉTALLURGIE

*Alliages* pour coussinets (Clamer). *Fi. Oct.*, 297.

*Chlorures* (Volatilisation des). *Eam.* 5 *Sept.*, 345.

*Coke* (Fours à) pratique des (Louis). *E.* 2 *Oct.*, 469. (Innovations dans l'industrie du). *Pm. Oct.*, 158.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Cuivre.* Fonte des minerais au four électrique (Vattier). EE. 19 *Sept.*, 461.
— Progrès récents (Gautier). *Pm. Oct.*, 153.
**Fer et acier.** État moléculaire et propriétés magnétique (Maurain). *EE.* 17 *Oct.*, 89.
— Influence de la silice sur le fer (Baker). *E.* 18 *Sept.*, 395.
— — de certains éléments. *E'.* 18 *Sept.*, 273.
— — du vanadium (Marsollan). *Rt.* 25 *Sept.*, 623.
— Acier sorbitique Beardshaw. *E.* 16 *Oct.*, 528.
— Constitution des fers carburés (Maurain). *EE.* 19 *Sept.*, 441.
— Aciers au manganèse (Guillet). *CR.* 21 *Sept.*, 480.
— Industrie sidérurgique en Amérique. *Ef.* 3 *Oct.*, 471.
— Machine soufflante de la Southwark foundry. *RM. Sept.*, 276.
— Fonderie, machine à mouler. *AMa.* 3 *Oct.*, 1343.
— Laminoirs, tracés des cannelures (Kuchberg) *SnE.* 15 *Oct.*, 1141.
*Or.* Traitement à Kalgoorlie. *Eam.* 5 *Sept.*, 352.
— — au Rand (Dinny). *Eam.* 26 *Sept.*, 467.
*Zinc.* Procédé Salguès. Traitement des minerais au four électrique. *EE.* 19 *Sept.*, 465.

## MINES

*Accidents de mines* aux États-Unis. *Eam.* 5-26 *Sept.*, 347,465.
*Accroissement de la température avec la profondeur. E'.* 25 *Sept.*, 314.
*Asphaltes.* Industrie en Californie. *Eam.* 3 *Oct.*, 503.
*Amiante* au Canada. *Eam.* 3 *Oct.*, 509.
*Congrès général des mines* à Vienne. *Ru. Sept.*, 331.
*Fer.* Mines de Bilbas. *Eam.* 3 *Oct.*, 510.
*Diamant.* District de Vaal River (Cap). *Eam.* 5 *Sept.*, 354 à Kimberley. (Allen). *EM. Oct.* 80.
*Galène.* Filons de Linarès (Espagne). *Ru. Sept.*, 282.
*Électricité.* Avantages comparatifs des courants alternatifs à 2 300 et continus à 550 volts. *Eam.* 26 *Sept.*, 470.
*Épuisement.* Pompe électrique Jandin du puits Monterrad. (Denogent). *Im.* 1903 (II) 835.
*États-Unis.* District de Saint-Jean. *Eam.* 12, 19, 26, *Sept.*, 385, 423, 461.
*Extraction.* Puits de 1 000 mètres de Ronchamps (Poussigen). *Im.* 1903 (II), 689.
*Explosifs.* Maniements des (Karkect). *Eam. sept.*, 429.
*Houillères* de l'Arkansas indien. *Eam.* 12 *Sept.*, 390.
— — anglaises (Redmayne). *EM. Oct.*, 20.
*Mexique.* District de Santa Eulalia. *Eam.* 5 *Sept.*, 350.
— — de Pintos et Azul, Sonora (*id*). 26 *Sept.*, 466.
**Or.** Mines américaines. *Eam.* 12 *sept.*, 385.
— dans les districts du Mashonaland. *Eam.* 3 *Oct.*, 500.
— Broyage des minerais. *Eam.* 3 *Oct.*, 507. dragnage électrique. *Eam.* 3 *Oct.*, 512.
— Broyage et classements des minerais au Rand. *Eam.* 19 *Sept.*, 427.
*Pétrole. Eam.* 5 *Sept.*, 349.
*Préparation mécanique.* Séparateur magnétique Knowles. *EE,* 19 *Sept.*, 458.
— Concentration à Anaconda *Eam.* 12 *Sept.*, 388 à Cananca. (*id*). 26 *Sept.*, 463.
— Considérations générales sur la préparation mécanique (Machaworn). *IC. Août,* 135.
Séparation magnétique de l'étain et du wolfram. *Eam.* 19 *Sept.*, 424.

*Le Gérant :* Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

102e ANNÉE. NOVEMBRE 1903.

# BULLETIN

DE

# LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

## POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

### ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT présenté par **M. J. Imbs**, *au nom du Comité des Arts mécaniques*, au sujet du mémoire de **M. Lagard** sur les CONDITIONS DU TRAVAIL DANS LA FILATURE ET LE MOULINAGE DE LA SOIE.

M. Lagard, inspecteur divisionnaire du travail à Marseille, a adressé à la Société une brochure résumant les conditions statistiques et économiques dans lesquelles fonctionnent actuellement les industries de la filature et du moulinage de la soie en France, et en particulier dans les cinq départements de l'Ardèche, de la Drôme, du Gard, du Var et du Vaucluse.

Les chiffres que M. Lagard a été, par ses fonctions, bien à même de récolter et qu'il groupe judicieusement pour en présenter les totaux et les moyennes, offrent un intérêt particulier pour tous ceux qui peuvent avoir à se préoccuper du sort de ces industries et des conséquences fâcheuses que leur disparition pourrait avoir soit directement, soit indirectement pour de nombreuses autres industries subséquentes dont l'importance est bien plus grande.

M. Lagard signale à juste titre les questions monétaires : or et argent, et l'influence du change qui en résulte comme particulièrement favorables aux importations concurrentes et fâcheuses pour les cours que subissent nos producteurs. Cette cause de difficultés se combine à d'autres pour produire leur effet déprimant.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est certes un état réellement précaire que celui que montrent les prix de main-d'œuvre relevés par M. Lagard, prix si étrangement modiques dans un pays où des prétentions excessives côtoient souvent ailleurs cette patiente modestie de nos ouvriers en soie, prix cependant bien trop élevés encore si on les rapproche de ceux ayant cours dans les pays concurrents, qui sont précisément ceux qui offrent les conditions les plus basses du monde entier.

Il y a peu d'espoir à fonder sur de nouveaux progrès mécaniques pour modifier l'avenir de ces industries qui, par leur nature, sont minutieusement manuelles. Les grandes industries modernes de filature ont pu devenir mécaniques et absolument automatiques parce qu'elles procèdent par l'amincissement graduel de grandes masses fibreuses. En soie, à l'inverse, il faut obligatoirement procéder par quantités minuscules, en partant de l'unité fibreuse la plus ténue de toutes, et en composant cette unité par degrés pour atteindre le groupement voulu. L'adresse de l'œil et de la main de l'ouvrière restera, en soie, quoi que l'on puisse faire, l'action principale pour la quantité et la qualité du produit.

Il faut donc signaler à une étude approfondie du législateur les chiffres inquiétants de la communication de M. Lagard et les probabilités qu'ils font entrevoir dans l'avenir. Dans le domaine de la soie, comme partout ailleurs, apparaît la lutte faite aux industries primaires, lutte que provoquent les intérêts immédiats, souvent joints à beaucoup d'illusions, des industries secondaires. Les chiffres cités par M. Lagard montrent que le régime économique actuel n'a pas entièrement réussi à réaliser le juste équilibre que le législateur désirait vraisemblablement établir entre les intérêts divers des industries de tous degrés dans ce domaine.

Le Comité des Arts mécaniques vous propose de remercier M. Lagard pour sa communication et d'insérer le présent rapport au *Bulletin*.

*Signé :* Jos. Imbs, *Rapporteur*.

*Lu et approuvé en séance, le 23 octobre 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon,** *au nom du Comité des Arts mécanique* SUR UNE ÉTUDE DU DÉCATISSAGE par M. l'ingénieur **Raffaele Menochio**.

MESSIEURS,

Le travail qui vous est soumis, présenté tout d'abord à l'Académie des Lincei, a été jugé digne de l'insertion dans les mémoires de cette Compagnie (1). Pour nous en faciliter l'appréciation, l'auteur a joint au texte original une traduction manuscrite en français.

Cette étude théorique comprend trois subdivisions : dans la première, M. Menochio, après avoir rappelé les travaux des savants du dernier siècle sur les propriétés hygroscopiques des fibres textiles et cité, entre autres, Saussure, Dulong, Gay-Lussac, Melloni, Regnault, Chevreul, conclut, de ses propres observations, à l'existence, pour chaque fibre, d'une courbe d'évaporation et d'une courbe d'hydratation nullement concordantes. M. Menochio qualifie ce phénomène d'*hystérésis hygroscopique*. D'après lui, le diagramme des variations de poids d'une masse fibreuse suivant son degré d'humidité ne saurait être représenté par une simple ligne, mais par un cycle comprenant une succession de lignes oscillantes. Le degré de saturation de l'air restant le même, des oscillations analogues résultent des variations de température. La structure plus ou moins poreuse des fibres, la nature de leurs éléments constitutifs expliquent, d'autre part, une certaine condensation interne de vapeur d'eau et la présence de composés déliquescents dans les cellules médullaires.

Ces observations amènent l'auteur à définir le but et les moyens du

(1) *Roma, typografia della R. Accademia dei Lincei,* 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

décatissage des draps. Sans le suivre dans les développements étendus du second chapitre sur l'élasticité des corps en général, nous rappellerons que le décatissage est destiné à fixer la contexture, les dimensions de l'étoffe à l'aide de la chaleur et de l'humidité, à éviter le rétrécissement anormal des lainages qui, autrement, se produirait dès la première exposition des vêtements à la pluie, ou seulement à l'humidité.

M. l'ingénieur Menochio a parfaitement expliqué le mécanisme des apprêts finisseurs et nous croyons devoir reproduire presque textuellement cette partie du mémoire.

Lorsque le séchage sous tension, soit à l'air libre, soit à la machine à ramer, fait disparaître les plissements produits par les opérations antérieures, notamment par le feutrage, il en résulte une déformation appréciable des fils et des fibres, un allongement surtout sensible de la trame, c'est-à-dire des éléments transversaux.

La presse à chaud ou la calandre, qui succède à la rame, agit à une température élevée et exerce sur le tissu une pression considérable. Examinée à la loupe, la surface de l'étoffe présente, au début du pressage, de nombreuses inégalités; puis, à mesure que la pression augmente, que le métal chauffé vient au contact d'un plus grand nombre de points, le tissu s'écrase, les fibres apparentes forment une sorte de fine mosaïque dont les éléments se trouvent juxtaposés dans le même plan. Cette régularité donne du brillant à l'étoffe en même temps que la compression lui fait perdre le moelleux et la souplesse. Si quelques gouttes d'eau tombent alors sur le lainage, la déformation résultant du pressage, disparaît partiellement aux parties atteintes et suivant que l'humidité gagne de l'extérieur à l'intérieur. La surface redevenue irrégulière se marbre de taches. Si le tissu tout entier est plongé dans l'eau, il se contracte et perd à la fois la largeur obtenue sur la rame et le brillant produit par la presse. Le décatissage doit donc, en conservant le lustre du drap, déterminer le rétrécissement qu'une humidité accidentelle produirait de façon irrégulière, et simultanément assouplir l'étoffe.

Pour conserver le lustre, il importe d'éviter les glissements des fils contigus, les déplacements des fibres voisines, en un mot les altérations de la *mosaïque* dont il a été parlé. Aussi faut-il *maintenir le tissu sous pression durant l'hydratation.*

Jusque-là M. Menochio accepte la méthode adoptée industriellement; il critique, par contre, l'emploi d'une température élevée (le décatissage

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'effectue, d'ordinaire, en imprégnant le tissu de vapeur d'eau à 100°). M. Menochio redoute la distension permanente, l'énervement des fibres dû à cette température et, comme conséquences, une diminution d'élasticité, plus de dureté et de compacité de l'étoffe. Suivant lui, l'opération idéale serait de saturer l'air de la salle par le refroidissement et d'aspirer l'air saturé d'humidité à travers un cylindre percé de trous, autour duquel le tissu aurait été préalablement enroulé. Reconnaissant toutefois que le déplacement de l'air dans ces conditions prolongerait le décatissage outre mesure, l'auteur du mémoire propose de superposer au tissu de laine sec, un tissu de coton contenant une proportion convenable d'eau d'imbibition et de laisser pendant quelques jours les deux tissus enroulés et pressés sur un cylindre; il estime que, tout en donnant un apprêt plus satisfaisant, le procédé serait simple et économique.

M. Menochio ne dit pas que ces conclusions du dernier chapitre aient été contrôlées par l'expérience, et il est permis de se demander si, précisément en présence de l'humidité, la chaleur n'est pas indispensable pour fixer la distension utile des fibres, la déformation partielle et nécessaire de ces éléments, et pour empêcher ainsi les variations ultérieures des dimensions de l'étoffe.

En tout cas, l'étude consciencieuse de l'ingénieur italien montre avec quelle prudence l'industriel doit faire intervenir dans l'apprêt des étoffes les agents susceptibles de modifier les caractères de la matière première. Ce travail méritait donc de vous être signalé.

Le Comité des Arts mécaniques vous propose de remercier M. Raffaele Menochio de son intéressante communication et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent rapport.

*Signé :* Édouard Simon, *Rapporteur.*

*Lu et approuvé en séance, le 23 octobre 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS MÉCANIQUES

# EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

Par **M. Codron**, *lauréat de la Société d'Encouragement.*

LE FORAGE (*Suite*) (1).

### Forage du laiton.

*Forage de laiton sous pression constante prolongée. Pointe carrée* (fig. 1303-1308).

$$d = 22^{mm} \qquad \Phi = 80^{\circ} \qquad n = 80$$

Nous avons exécuté cet essai pour faire ressortir les grandes valeurs des coefficients R et $R_1$, lorsque le métal est enlevé par grattage avec un tranchant qui présente un angle de coupe $\alpha'$ plus grand que 90°, soit, pour la pointe considérée fig. 1303, $\alpha' = 135^{\circ}$ ($\alpha'$ angle de coupe dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation).

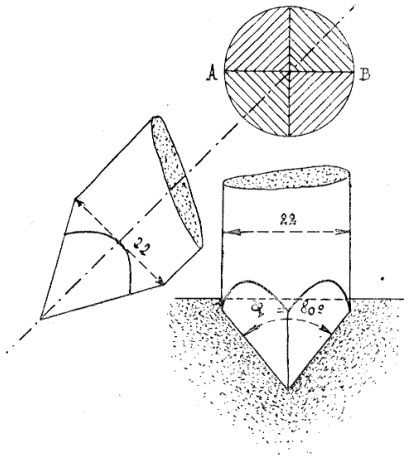



Fig. 1303.

Afin de ne pas briser la pointe en faisant agir dès le début la pression de 300 kilogrammes sous laquelle s'est fait l'essai, nous avons amorcé le trou à 2 millimètres de profondeur sous faibles pressions. C'est pourquoi la courbe des pénétrations *l* (fig. 1304) coupe l'axe des ordonnées à 2 millimètres. Tous les 10 tours, nous arrêtions pour mesurer la profondeur du trou conique pendant la première phase.

Nous avons prolongé la deuxième phase de manière à pouvoir faire une mesure assez précise, permettant de calculer, pour l'avance obtenue, la valeur de $R_1$.

Le métal était enlevé sous forme de parcelles ou d'aiguilles caractérisant le

(1) *Bulletins* de janvier, avril, juin, août, septembre 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grattage. A la fin de l'opération, il y avait tendance au bourrage (fig. 1305-1306) sur laquelle nous n'avons indiqué que le débit de deux tranchants en plan, et d'un seul en élévation. L'extrémité de la pointe ne s'émoussait pas, le sommet du cône était très net. Il a fallu 70 tours pour la pénétration complète de la pointe

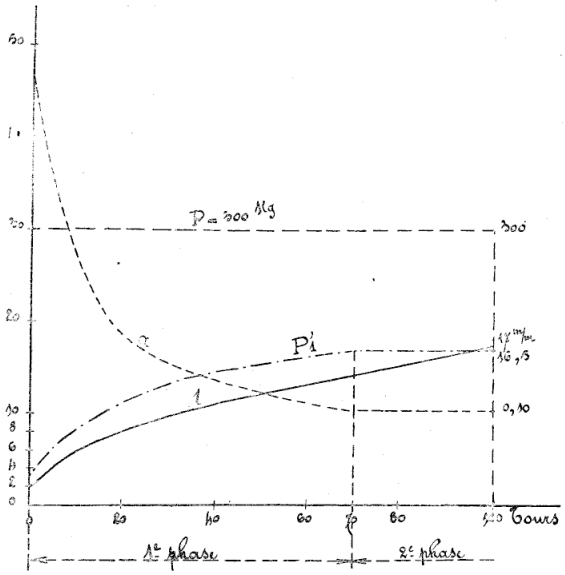



Fig. 1304. — Forage de laiton sous pression constante prolongée.
Pointe carrée $d = 22$ $\Phi = 80°$ $n = 80$ P $= 300$ kg.

de 14 millimètres de hauteur; 30 tours supplémentaires ont donné une profondeur totale de 17 millimètres, soit une avance de $\frac{17 - 14}{30} = 0{,}10$.

Au début l'avance était de 0,48. La courbe des $a$ montre la variation de cet élément.

La pression $p'$, par millimètre de longueur de tranchant, était, pendant la deuxième phase, de

$$p' = \frac{300}{2 \times 22} = 6{,}82 \text{ kg}.$$

On en déduit :

$$R = \frac{p}{e} = \frac{p'}{\frac{a \sin \frac{\Phi}{2}}{4}} = \frac{4 \times 6{,}82}{0{,}10 \times 0{,}64} = 425 \text{ kg}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur chacun des quatre tranchants de 17 millimètres de longueur, la pression était de :

$$17 \times 6{,}82 = 116 \text{ kg.}$$

La valeur de $P_1'$ pendant la deuxième phase, est de 16,5 kilogrammes, avec un bras de levier de

$$L = 85 \text{ millimètres}$$

soit un moment de

$$M = 85 \times 16{,}5 = 1400 \text{ kilogrammillimètres.}$$

L'effort $P_1$, sur chacun des tranchants, est donné par l'équation

$$4 P_1 \frac{d}{4} = P_1' L,$$

d'où

$$P_1 = \frac{P_1' L}{d} = \frac{1400}{22} = 63{,}5 \text{ kg.}$$

et

$$p_1 = \frac{P_1}{l'} = \frac{63{,}5}{17} = 3{,}73 \text{ kg.}$$

soit :

$$R_1 = \frac{p_1}{e} = \frac{4 p_1}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{4 \times 3{,}73}{0{,}10 \times 0{,}64} = 233 \text{ kg.}$$

On peut d'ailleurs déduire directement $R_1$ de la relation :

$$R_1 = \frac{8 M_r}{a d^2} = \frac{8 \times 1400}{0{,}10 \times 22^2} = 233 \text{ kg.}$$

On constate que, pour l'avance $0^{mm},10$, le coefficient R est plus de trois fois plus grand qu'avec le foret ordinaire, et que $R_1$ est environ deux fois plus grand. On voit aussi que R est beaucoup plus élevé que $R_1$.

Dans les forets à quatre tranchants terminés par une pointe carrée extrême, il importe donc de réduire cette dernière le plus possible pour ne pas exagérer la pression.

Dans un deuxième essai, nous avons adopté une pression de P = 500 kilogrammes après avoir amorcé le trou à 3 millimètres de profondeur. Nous avons obtenu les diagrammes fig. 1307.

Pour la pénétration à 14 millimètres, le nombre de tours s'est élevé à 30 au lieu des 70 de l'essai qui précède.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'avance finale était de $0^{mm},20$, ce qui donne :

$$R = \frac{4\ P}{2\ da \sin\frac{\Phi}{2}} = \frac{2\ P}{da \sin\frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 500}{22 \times 0{,}20 \times 0{,}64} = 355 \text{ kg.}$$

$$R_1 = \frac{8\ P_1' L}{ad^2} = \frac{8 \times 85}{22^2}\frac{P_1'}{a} = \frac{1{,}41 \times 28}{0{,}20} = 197 \text{ kg.}$$

valeurs plus faibles que les précédentes.

Avec la même pointe ayant foré du fer fondu et par suite un peu émoussée, sous la pression P = 300 kilogrammes, il a fallu 750 tours pour la pénétration complète de 14 millimètres première phase ; 150 tours sup-

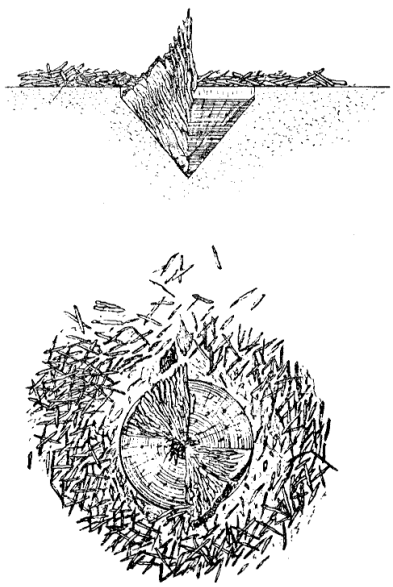


Fig. 1305 et 1306.

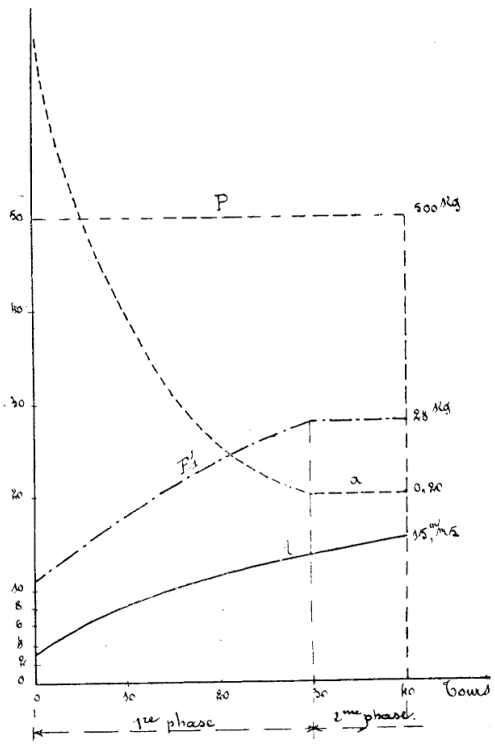



Fig. 1307. — Forage de laiton sous pression constante prolongée. — Pointe carrée $d = 22$ mm. $\Phi = 80°$ $n = 80$ P = 500 kg.

plémentaires ont déterminé une profondeur totale 15,5 millimètres, soit une avance de :

$$\frac{1{,}5}{150} = 0^{mm},01$$

précisément le dixième de celle du premier essai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le coefficient de pénétration ressort à :

$$R = \frac{2\,P}{da \sin\frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 300}{22 \times 0{,}01 \times 0{,}64} = 4250 \text{ kg.}$$

Celui de coupe ou de grattage :

$$R_1 = \frac{8\,M_r}{ad^2} = \frac{8 \times 85 \times 8{,}5}{0{,}01 \times 22^2} = 1202 \text{ kg.}$$

R est dix fois plus grand que dans le premier essai et $R_1$ environ cinq fois plus grand.

En comparant les fig. 1304 et 1308, on se rend bien compte de l'influence de

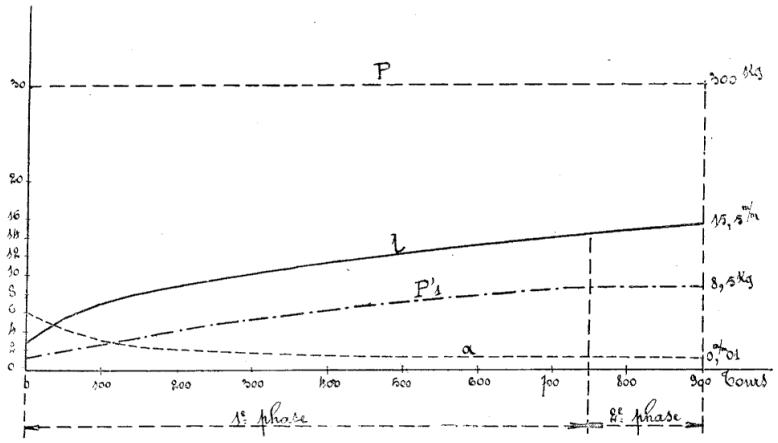



Fig. 1308. — Forage du laiton sous pression constante prolongée.
Pointe carree $d = 22$ mm. $P = 300$ kg. $\Phi = 80°$ $n = 80$.

l'émoussage; l'outil ne coupe guère, il faut une plus grande pression, la durée de l'opération est beaucoup plus longue.

*Forage de laiton sous pressions constantes prolongées. Foret droit,* fig. 1309-1310.

Foret droit $d = 25^{mm}$ $n = 80$.

Comme particularités de cet essai, notons que, sous les pressions les plus fortes 250 et 300 kilogrammes, avances de 0,40 et 0,52, les copeaux avaient de la difficulté à se dégager; le trou bourrait, néanmoins les valeurs de $P'_1$ oscillaient très peu. Les courbes des P et des $P'_1$ présentent des ondulations qui ont leur répercussion sur celles des R et des $R_1$ (fig. 1309-1310).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour :

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,52 |
| P = | 40 | 60 | 90 | 112 | 165 | 200 | 230 | 295 | 300 |
| R = | 320 | 240 | 144 | 90 | 66 | 53 | 50 | 47 | 46 |
| $P_1'$ = | 2 | 3,5 | 7 | 14 | 23 | 28 | 34 | 42 | 43 |
| $R_1$ = | 218 | 192 | 152 | 153 | 126 | 109 | 93 | 91 | 90 |
| R' = | 387 | 308 | 209 | 178 | 143 | 121 | 106 | 102 | 101 |
| $\tau_1$ = | 25,6 | 22,6 | 18 | 18 | 14,8 | 12,8 | 11 | 10,7 | 10,6 |

$$R = 39 + \frac{2,02}{a} \qquad R_1 = 87 + \frac{2,1}{a}$$

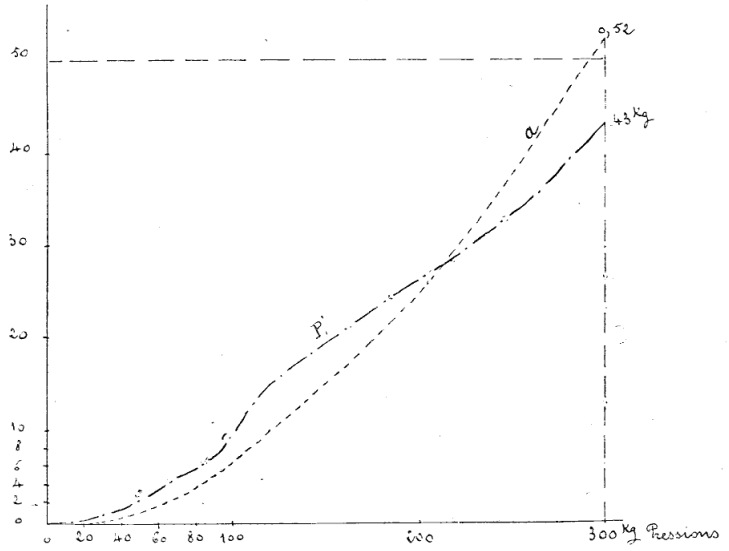



Fig. 1309. — Forage de laiton sous pressions constante prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

Notons que, pour les diverses valeurs de $P'_1$, on déduit l'effort $P_1$ sur chaque tranchant par la relation :

$$P_1' L = P_1 \frac{d}{2}$$

soit :

$$P_1 = \frac{2 \times 85}{25} P_1' = 6,8 P_1'$$

Pour $a = 0,50$ :

$$P_1 = 6,8 \times 42 = 285 \text{ kg}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La comparaison des résultats du foret à pointe ordinaire, du foret à pointe avec gorges et du foret droit montre que celui à gorges n'a exigé que 160 kilogrammes de pression pour une avance de 0,70, tandis qu'avec 300 kilogrammes de pression, le foret à pointe ordinaire a donné une avance de 0,64 et le foret droit une avance de 0,52.

Pour une même avance on a :

| | | $a$ = | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R | Foret droit . . . . . | = | 66 | 53 | 50 | 47 |
| | Foret à pointe. . . . . | = | 60 | 52 | 48 | 45 |
| | Foret à gorges. . . . . | = | 46 | 34 | 28 | 24,5 |
| $R_1$ | Foret droit . . . . . | = | 126 | 109 | 93 | 91 |
| | Foret à pointe. . . . . | = | 90 | 89 | 93 | 87 |
| | Foret à gorges. . . . . | = | 82 | 69 | 66 | 64 |

En ce qui concerne la dépense d'énergie, il y a quelque différence en faveur

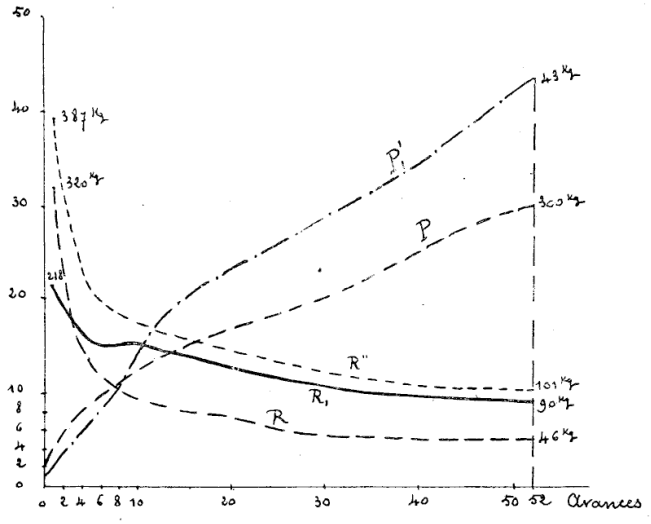



Fig. 1310. — Forage de laiton sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ $n = 80$.

du foret à pointe sur le foret droit; cette différence s'accentue pour le foret à gorges avec les grandes avances.

Il est regrettable que le foret à gorges soit d'un entretien si peu facile, ce qui conduit la pratique courante à employer le foret ordinaire dont la remise en bon état est faite rapidement par un simple affûtage à la meule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de laiton ferreux sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1311).

$$d = 25 \qquad \Phi = 120^\circ \qquad n = 80.$$

Ce laiton ferreux désigné le plus souvent, à tort, sous le nom de bronze tenace, provenait d'une barre laminée de 20 millimètres d'épaisseur; il pré-

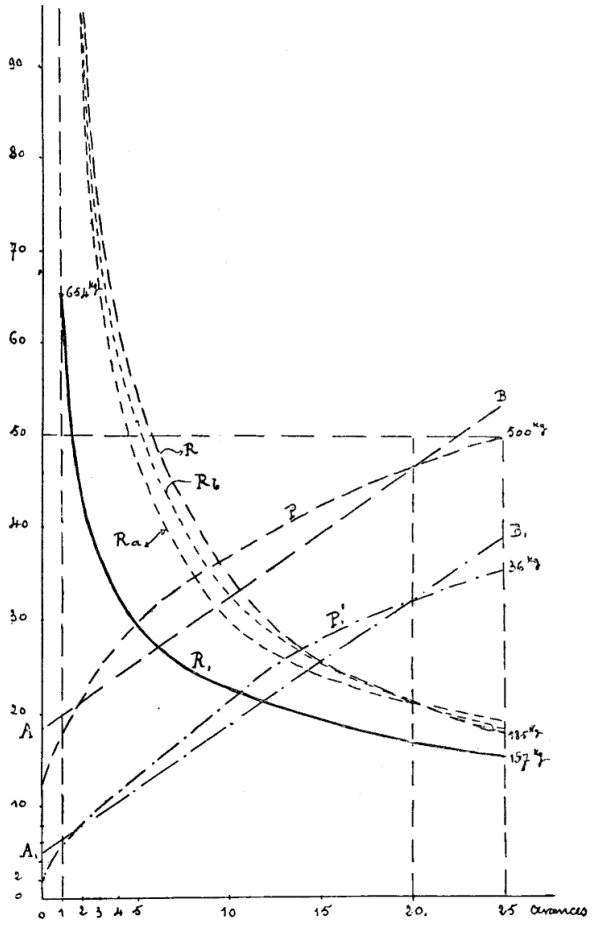



Fig. 1311. — Forage de laiton ferreux sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120^\circ$ $n = 80$.

sentait une certaine dureté, une ténacité marquée par une résistance de traction de 39 kilogrammes par millimètre carré, et une ductilité donnant un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

allongement général sans striction de 22 p. 100 sur 200 millimètres entre repères.

Sous la pression de 110 kilogrammes, le foret ne s'amorçait pas, il chantonnait; l'effort $P'_1$ correspondant était de 2 kilogrammes. La courbe des P indique que le foret attaque avec difficulté jusqu'à l'avance de $0^{mm},05$, soit sous une épaisseur inférieure à $0^{mm},025$.

Le métal est dur, élastique, il résiste à la prise de l'outil. Cependant, dès que le copeau s'accuse, sous avance supérieure à 0,10, les pressions s'accroissent moins. A 500 kilogrammes, l'avance est seulement de $0^{mm},25$.

Les copeaux donnent des cornets qui se placent en avant du tranchant et qui se dégagent si le trou n'est pas trop profond.

Les ordonnées de la courbe des $P'_1$ croissent modérément; la courbe s'écarte moins de la droite moyenne $A_1 B_1$ que la courbe des P de la droite A B.

Pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0.10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| P = | 180 | 220 | 300 | 370 | 465 | 500 kil. |
| R = | 1 680 | 1 020 | 555 | 345 | 210 | 185 |
| $P'_1$ = | 6 | 8 | 13,5 | 21 | 32 | 36 |
| $R_1$ = | 654 | 435 | 294 | 230 | 174 | 157 |
| $R''$ = | 1 800 | 1 100 | 628 | 415 | 273 | 242 |
| $\tau_1$ = | 77 | 51 | 34,5 | 27 | 20,5 | 19,6 kgmètres. |

Si, pour la fonction simple de R, on considère les valeurs relatives aux avances $0^{mm},02$ et $0^{mm},20$, qui correspondent aux ordonnées de la droite A B, on a :

$$R_a = 120 + \frac{18}{a} \qquad (a)$$

En considérant la relation :

$$R_b = \frac{K'}{\sqrt{0,867\,a}} + \frac{2\,C'}{0,867\,a}$$

il vient, pour $a = 0,02$ et $a = 0,20$.

$$R_b = \frac{65,4}{\sqrt{0,867\,a}} + \frac{2 \times 4,47}{0,867\,a} = \frac{70,7}{\sqrt{a}} + \frac{10,31}{a}. \qquad (b)$$

Calculant les valeurs de R avec chacune des deux relations $(a)$ et $(b)$, on trouve pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| R = | 1 020 | 555 | 345 | 210 | 185 kil. |
| $R_a$ = | 1 020 | 480 | 300 | 210 | 192 |
| $R_b$ = | 1 020 | 523 | 326 | 210 | 182 |
| $R-R_a$ = | 0 | 75 | 45 | 0 | —7 |
| $R-R_b$ = | 0 | 32 | 19 | 0 | 3 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On constate que les valeurs de $R_b$ s'écartent moins des nombres de l'essai que les valeurs de R*a*.

En ce qui concerne le coefficient de coupe $R_1$, la droite $A_1 B_1$ ne s'écartant pas trop de la courbe des $P'_1$, on peut se contenter de la formule :

$$R_1 = K + \frac{2c}{a} = 138 + \frac{5,82}{a}.$$

*Forage de laiton ferreux sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1312).

$$d = 25 \qquad n = 80.$$

La prise de l'outil s'est faite sous la pression de 30 kilogrammes à 40 kilogrammes de beaucoup inférieure à celle (110 kilogrammes) du foret hélicoïdal.

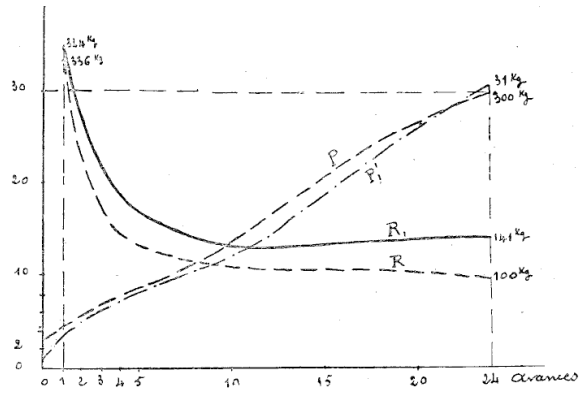



Fig. 1312. — Forage de laiton ferreux sous pressions constantes prolongées. Foret droit $d = 25$ $n = 80$.

Les copeaux se roulaient en spirale aux très faibles épaisseurs (0mm,02), et en cornets courts aux plus fortes épaisseurs (0,20).

Les courbes des P et des $P'_1$ se suivent de près, tout en tenant compte des échelles différentes auxquelles elles sont rapportées.

On trouve pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,24 mm. |
| P = | 42 | 58 | 85 | 140 | 265 | 300 kil. |
| R = | 336 | 232 | 136 | 112 | 106 | 100 |
| $P_1'$ = | 3 | 5 | 8 | 12 | 26 | 31 |
| $R_1$ = | 344 | 272 | 274 | 131 | 142 | 141 |
| $R''$ = | 481 | 357 | 221 | 172 | 177 | 173 |
| $\tau_1$ = | 40,5 | 32 | 20,5 | 15,4 | 16,7 | 16,7 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour l'avance de $0^{mm},02$ on trouve :

$$p = \frac{a\,R}{2} = \frac{0,02 \times 232}{2} = 2,32 \text{ kg.},$$

$$p_1 = \frac{0,02 \times 272}{2} = 2,72 \text{ kg.},$$

$$p'' = \sqrt{\overline{2,32^2} + \overline{2,72^2}} = 3,57 \text{ kg.}$$

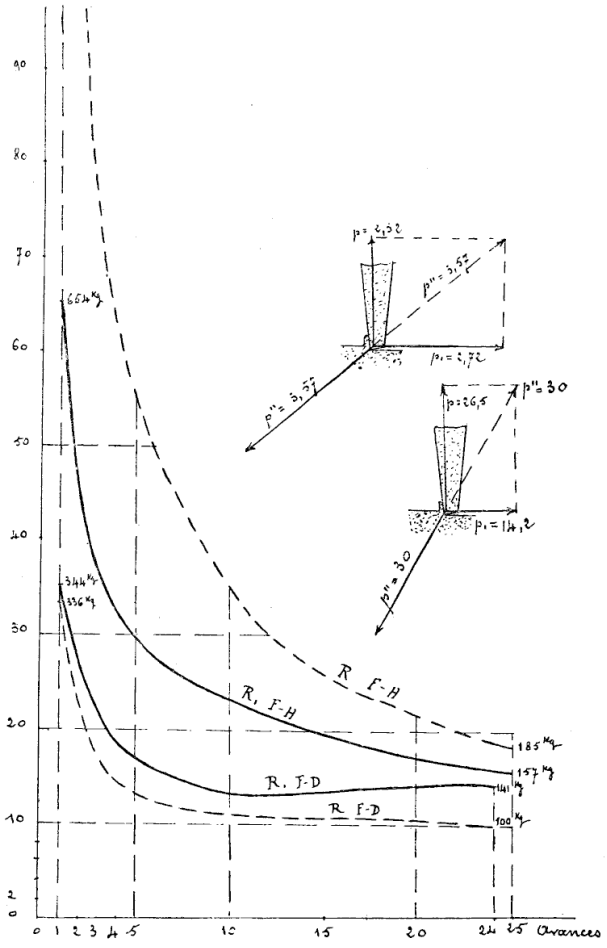



Fig. 1313 et 1315. — Forage de laiton ferreux sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal et foret droit; $d = 25$, $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour $a = 0^{mm},20$, il vient :

$$p = \frac{0,20 \times 265}{2} = 26,5 \text{ kg.},$$

$$p_1 = \frac{0,20 \times 142}{2} = 14,2 \text{ kg.},$$

$$p'' = \sqrt{26,5^2 + 14,2^2} = 30 \text{ kg.}$$

L'équilibre de ces forces est indiqué en fig. 1313-1314. Si on compare (fig. 1315) les efforts R et $R_1$ du foret droit et du foret hélicoïdal, on constate que, dans les avances inférieures à $0^{mm},20$, les écarts sont très grands; le foret droit serait de beaucoup plus avantageux pour les trous de profondeur réduite. Et c'est avec raison que la pratique adopte encore couramment ce foret pour le laiton.

Mais, pour les fortes avances et pour des trous profonds, le foret hélicoïdal reprend l'avantage, surtout pour le facile dégagement des copeaux. En outre, on constate qu'il est préférable pour les métaux durs, tenaces, d'opérer sous forte épaisseur. Avec les deux forets, la pièce chauffait avec assez d'intensité, indice de la résistance du métal.

Les formules à appliquer pour le foret droit seraient :

$$R = 92 + \frac{2,80}{a},$$

$$R_1 = 127 + \frac{2,88}{a}.$$

Les moyennes générales, pour le laiton tenace, en considérant, pour le foret hélicoïdal, les valeurs R$a$, seraient de

$$R = 100 + \frac{10}{a},$$

$$R_1 = 100 + \frac{5}{a}.$$

## Forage du bronze.

*Forage de bronze sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe ordinaire* (fig. 1316).

$$d = 30^{mm} \qquad \Phi = 100^{\circ} \qquad n = 36.$$

Nous avons pu poursuivre cet essai pendant la deuxième phase et pendant une longue période de la troisième sans avoir atteint la quatrième phase.

Le bronze de qualité ordinaire se coupait bien, les copeaux se dégageaient facilement. L'essai a été très réussi dans les différentes périodes; les courbes obtenues (fig. 1316) sont des plus régulières.

Nous y retrouvons la courbe A des pénétrations $l$ totalisées; elle comprend



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

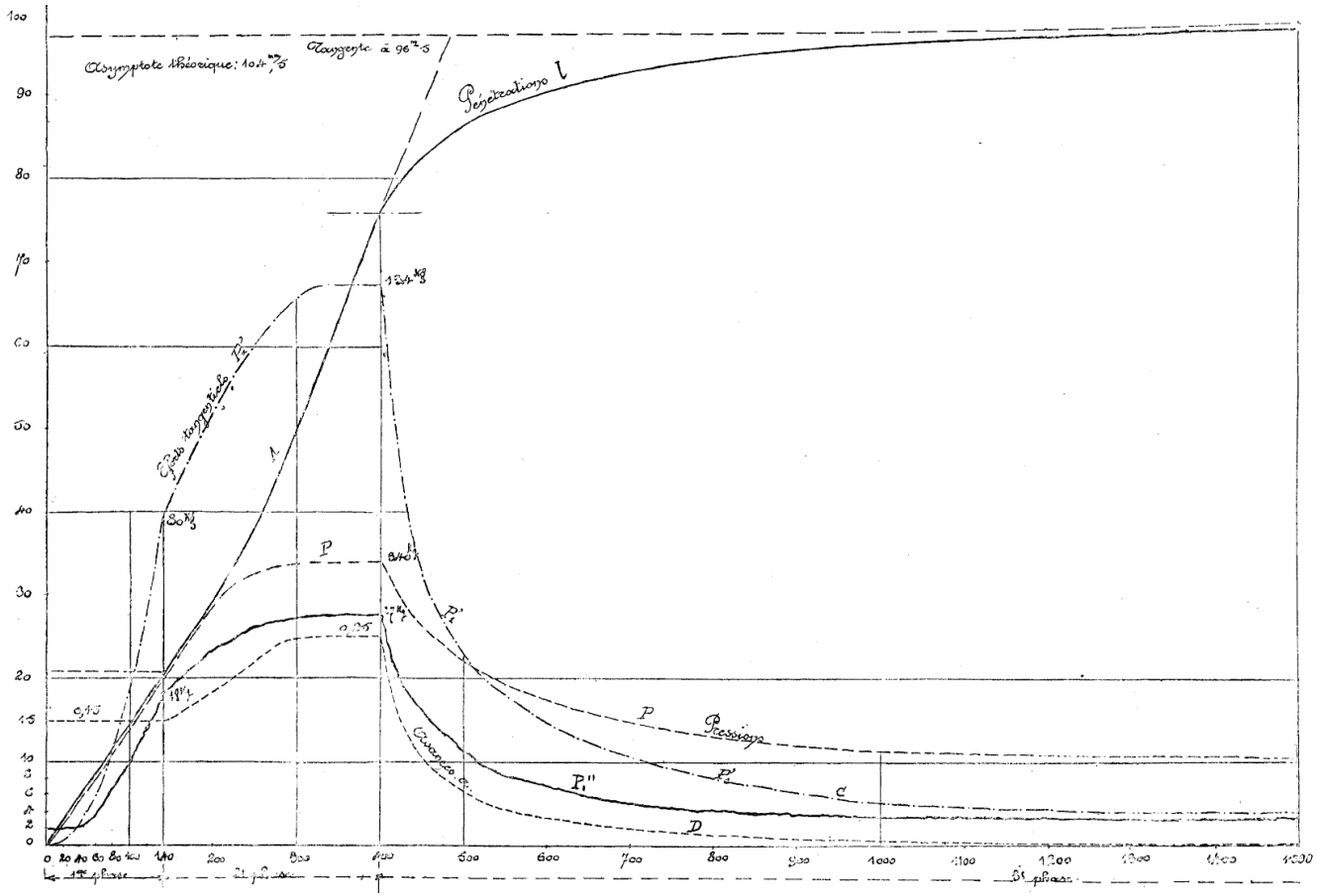



Fig. 1316. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret à pointe de 50 mm. de diamètre $\Phi = 100°$. Nombre de tours par minute $n = 36$. Avances du chariot porte-pièce $a_1 = 0{,}25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une partie droite pour la première phase; une courbe avec partie sensiblement droite pour la deuxième phase; une courbe dont la tangente théorique, parallèle à l'axe des abscisses, se trouve à $104^{mm},5$ de cet axe, c'est-à-dire à une distance égale à la pénétration du foret au moment du débrayage du chariot ($76^{mm}$), plus la longueur ($28^{mm},5$), dont le ressort est comprimé à cet instant, longueur qui serait précisément celle de la pénétration ultérieure correspondant à une pression nulle et par suite à une avance nulle aussi.

Mais, en réalité, cette tangente à la courbe des $l$ est d'ordonnée moins grande

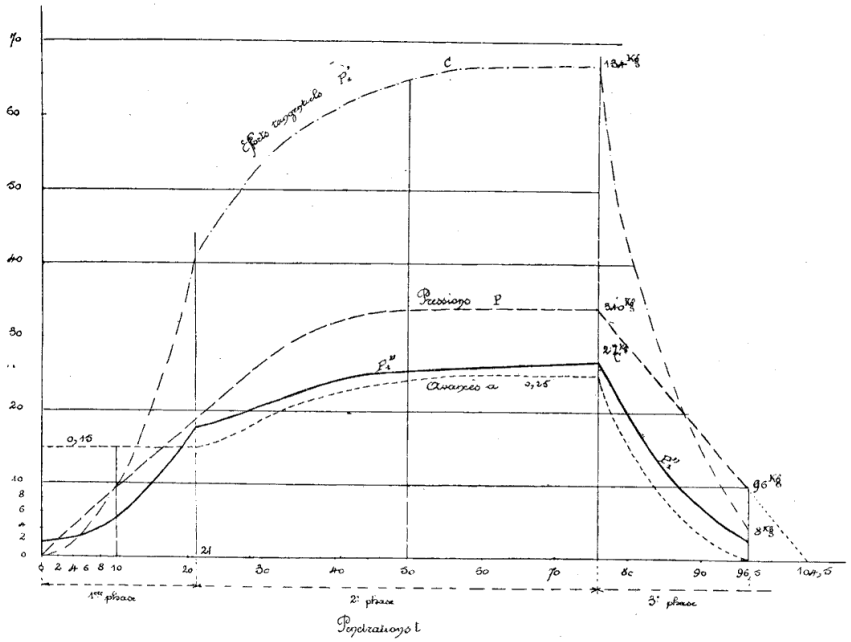



Fig. 1317. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret ordinaire à pointe de 50 mm. de diamètre $\Phi = 100°$ Nombre de tours par minute $n = 36$. Avance du chariot porte-pièce $a = 0,25$.

parce que le foret n'avance plus alors qu'il existe encore une certaine pression limite pour laquelle le foret ne coupe plus, ne fait que frotter, ce qui modifie le caractère de l'opération.

Dans cet essai, l'avance était pratiquement nulle à partir de 2000 tours; la pression était alors de 96 kilogrammes; elle correspond à une diminution de 8 millimètres de la longueur du ressort, ce qui fait que la courbe A peut être considérée comme ayant une tangente horizontale d'ordonnée $104,5 - 8 = 96^{mm},5$, valeur égale à la pénétration totale mesurée. Nous avons poursuivi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cet essai jusqu'à 2 200 tours sans constater de pénétration additionnelle appréciable. A raison de 36 tours par minute, cet essai a eu une durée de $\frac{2200}{36}$ = 61 minutes.

A la fin de la deuxième phase, les avances sont devenues constantes à partir de 360 tours, de sorte que la partie de la ligne A des pénétrations est

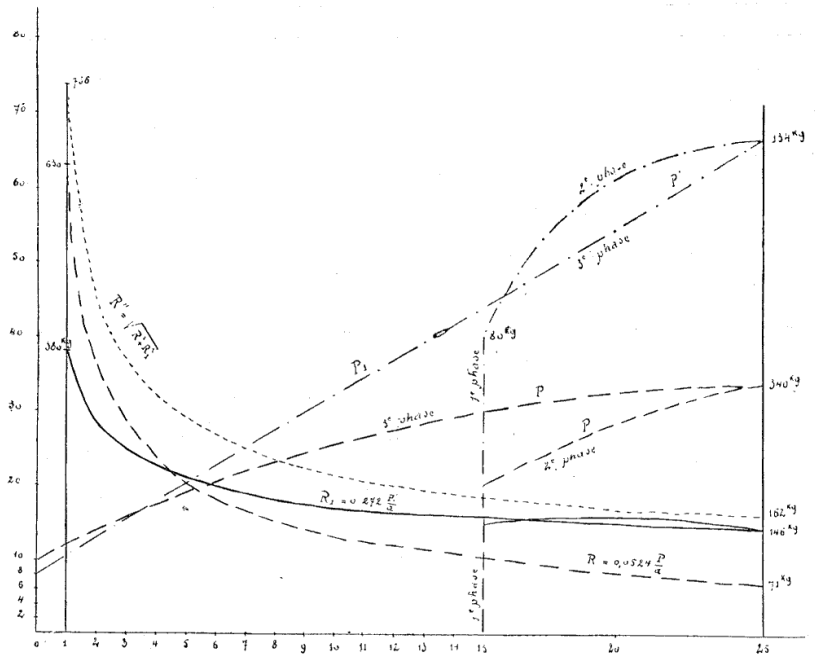



Fig. 1318. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret ordinaire à pointe de 50 mm. de diamètre $\Phi = 100°$ Nombre de tours par minute $n = 36$. Avance du chariot porte-pièce $a = 0^{mm},25$.

une droite entre 360 et 400 tours. Cette dernière valeur correspond au débrayage du chariot.

Les pressions P accusent la courbe B qui comprend une partie droite pour la première phase et une partie horizontale pour les avances constantes entre 360 et 400 tours.

La courbe C est relative aux efforts tangentiels $P'_1$ dont la valeur finale constante était de 8 kilogrammes.

Les avances $a$ donnent la courbe D; pendant la première phase, la valeur constante de $a = 0^{mm},15$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'avance maximum de la deuxième phase a atteint 0,25 égale à l'avance du chariot.

Rapportant ces divers éléments en prenant pour abscisses les pénétrations totalisées, on obtient les diagrammes fig. 1317.

Les abscisses étant les avances, les diagrammes sont ceux fig. 1318.

Pour le calcul de R, nous pouvons considérer la période pour laquelle l'avance est restée constante et égale à $0^{mm},25$. L'effort P est alors de 340 kilogrammes.

Le foret étant en pleine prise, la pression $p$, par millimètre de longueur de tranchant, est de

$$p = \frac{P}{d} = \frac{340}{50} = 6,8 \text{ kg.}$$

La résistance

$$R = \frac{2\,p}{a'} = \frac{2\,p}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 6,8}{0,25 \times 0,766} = 71 \text{ kg.}$$

Pour $a = 0^{mm},15$ à la fin de la première phase, il vient :

$$P = 200 \text{ kg.} \qquad p = \frac{200}{50} = 4 \text{ kg.}$$

$$R = \frac{2\,p}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 4}{0,15 \times 0,766} = 70 \text{ kg.}$$

Pendant la troisième phase, la valeur de P, pour $a = 0^{mm},15$, est de 300 kilogrammes, d'où :

$$R = \frac{70 \times 300}{200} = 105 \text{ kg.}$$

Cette anomalie se constate dans d'autres essais de cette série, et nous ne nous l'expliquons pas dans celui-ci, attendu que les copeaux se dégageaient sans difficulté et que le foret était toujours libre.

Si on calcule les valeurs de $p'$ et de R pour diverses valeurs de $a$, on trouve pendant la troisième phase, qu'il convient de considérer de préférence :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a =$ | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| P = | 120 | 140 | 190 | 260 | 300 | 320 | 340 |
| $p' =$ | 2,4 | 2,8 | 3,8 | 5,2 | 6 | 6,4 | 6,8 |
| R = | 630 | 365 | 200 | 136 | 105 | 84 | 71 |

La pression $p$, pour laquelle le foret ne coupait plus, était de $\frac{96}{50} = 1,92$ par millimètre de longueur de tranchant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le calcul du coefficient $R_1$, pendant la première phase, la relation à appliquer est :

$$R_1 = \frac{2\,P_1'\,L}{a\,l^2\,tg^2\,\frac{\Phi}{2}} = \frac{2\times 85}{0{,}15\times \overline{1{,}19}^2}\,\frac{P_1'}{l^2} = 802\,\frac{P_1'}{l^2}$$

A la fin de la première phase, $P_1' = 80$ ; $l = 21$, on trouve :

$$R_1 = \frac{802\times 80}{\overline{21}^2} = 144 \text{ kg.}$$

Pour

| | | | |
|---|---|---|---|
| $l$ = | 15 | 10 | 5 |
| $P_1'$ = | 40 | 18 | 4,5 |
| $R_1$ = | 142 | 144 | 146 |

Valeurs des plus concordantes.

Pendant la deuxième phase, on a :

$$R_1 = \frac{8\,Mr}{ad^2} = \frac{8\times 35}{\overline{50}^2}\,\frac{P_1'}{a} = 0{,}272\,\frac{P_1'}{a}$$

pour

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,15 | 0,30 | 0,25 |
| $R_1$ = | 145 | 152 | 146 |

La troisième phase donne des valeurs plus régulières pour :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| $P_1'$ = | 14 | 20 | 40 | 62 | 86 | 109 | 134 |
| $R_1$ = | 380 | 272 | 217 | 166 | 156 | 148 | 146 |
| $\tau_1$ = | 45 | 32 | 25,5 | 19,5 | 18,4 | 17,4 | 17,2 |

On déduit, pour la troisième phase, en considérant les avances $0^{mm},02$ et $0^{mm},20$.

$$R = 53{,}5 + \frac{6{,}3}{a}$$

$$R_1 = 136 + \frac{2{,}77}{a}$$

Si nous vérifions pour la valeur $a = 0^{mm},10$, on trouve :

$$R = 53{,}5 + 63 = 119{,}5 < 136$$
$$R_1 = 136 + 27{,}7 = 163{,}7 < 166$$

Des différences de cette importance sont admissibles dans de telles évaluations qui varient à la fois avec l'état d'entretien des outils, et avec l'homogénéité du métal, qui présente en outre une gamme étendue de compositions diverses dont on ne peut considérer que la plus courante. On ne saurait d'ailleurs avoir la prétention d'exiger des nombres plus précis pour des moyennes de ce genre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les efforts $P_1''$, au dynamomètre de rotation qui commande le tour, sont indiqués en fig. 1316. Les variations des $P_1''$ étaient très petites ainsi que le montre (fig. 1319) une partie de diagramme à grand développement.

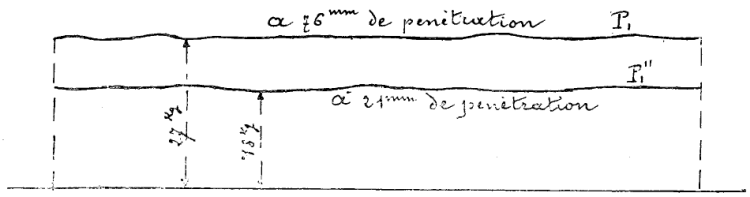



Fig. 1319. — Partie de diagramme du dynamomètre de rotation.

Le rendement général du mécanisme comprenant le harnais du tour ressort pour les pénétrations à :

$$21 \text{ mm.} \qquad K = 0{,}125 \frac{P_1'}{P_1''} = 0{,}125 \frac{80}{18} = 0{,}55$$

$$76 \text{ mm.} \qquad K = 0{,}125 \frac{134}{27} = 0{,}625.$$

*Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1320).

$$d = 25 \text{ mm.} \quad \Phi = 120° \quad n = 36 \quad a_1 = 0{,}25$$

Au début de l'essai, la pénétration de la pointe s'est faite avec lenteur ; puis, dès que le tranchant eut pris sur la moitié de sa longueur, la pénétration s'est accentuée.

A 100 tours, la tête était en prise totale ; jusqu'à 140 tours, les efforts P croissent avec les avances, puis ces efforts P restent constants ; ensuite ils diminuent, tandis que les avances, au contraire, s'accroissent encore dans une certaine mesure, ce qui indique que le foret engageait dans des conditions telles, qu'au lieu de constater une tension supplémentaire du ressort, celui-ci se détendait.

Le foret produisant en partie son avance par sa rotation, pénétrant plus vite que le chariot porte-pièce ne se déplace, on conçoit que l'effort P se réduise. Il s'ensuit, qu'au moment du débrayage du chariot à 200 tours, le foret se dégageant, l'ordonnée de la pression ne correspond pas à l'avance virtuelle $0^{mm},44$ beaucoup plus grande que $a_1 = 0{,}25$, mais à une avance inférieure plus petite (0,12) qu'accuse immédiatement la courbe de pénétration $l$ au point d'abscisse 200 tours.

Ces perturbations de P et de $a$ se distinguent mieux en fig. 1325, dans laquelle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

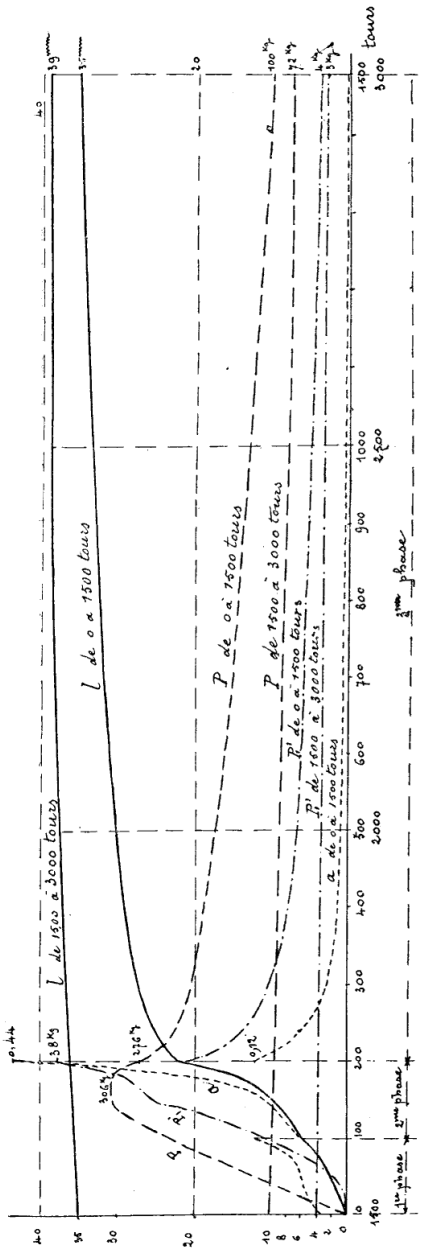



Fig. 1320. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

les abscisses sont les pénétrations. On voit que la pression P diminue de 206 kilogrammes à 276 pendant les pénétrations de 10 millimètres à 2 millimètres, fin de la deuxième phase. On reconnaît de nouveau, qu'avec le foret hélicoïdal, pour une même avance, les pressions P peuvent être plus ou moins variables à cause de la tendance au vissage, action qui se produit surtout avec de fortes avances et lorsque l'avance tend à croître plutôt qu'à décroître.

C'est ainsi que, pendant la troisième phase, prolongée de 200 à 3 000 tours, il ne s'est produit aucune perturbation. Il convient donc de considérer cette phase pour estimer les pressions P, lesquelles ont varié de 276 kilogrammes à 72 kilogrammes, valeur pour laquelle l'avance était nulle.

Les efforts $P'_1$ ont progressé jusqu'à 38 kilogrammes, fin de la deuxième phase; la progression a été grande entre 175 et 200 tours : sitôt le débrayage, l'effort $P'_1$ est tombé à 21 kilogrammes et, pendant la troisième phase, de 200 à 3 000 tours, les efforts $P'_1$ ont varié de 21 kilogrammes à 3 kilogrammes. A partir de 2 700 tours, la pression P, de 72 kilogrammes, n'a plus varié; de même $P'_1 = 3$ kilogrammes.

Au moment du débrayage, la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pénétration était de 22 millimètres; la réduction du ressort accusait 23 millimètres, soit une pression de 276 kilogrammes. La détente complète donnerait lieu à une pénétration théorique de 22 + 23 = 45 millimètres.

La pénétration à 3 000 tours était de 39 millimètres.

Il restait 6 millimètres au ressort, soit une pression de 72 kilogrammes. La tangente théorique de la courbe des $l$ se trouverait donc à 45 millimètres de l'axe des abscisses, tandis que la tangente pratique se trouve à 39 millimètres de cet axe.

Sur la figure 1321, nous avons rapporté les efforts $P_1''$ du dynamomètre de

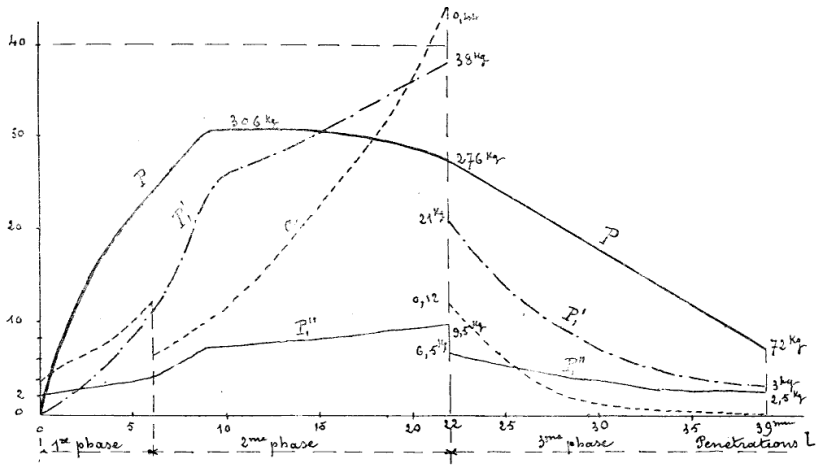



Fig. 1321. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

rotation. Ils suivent à peu près la même loi d'accroissement dans les fortes valeurs, mais on conçoit que, lorsque $P_1'$ tend vers zéro, l'effort $P_1''$ n'est pas nul, puisqu'il correspond à la marche à vide. C'est cette dernière valeur de $P_1'$ qui influe tout particulièrement sur le rendement général lorsque $P_1'$ est petit.

Ainsi, aux profondeurs $l$ de

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $l$ | = 6 | 10 | 22 | 22 | 30 | 39 |
| $P_1'$ | = 4,2 | 7,5 | 9,5 | 6,5 | 3,5 | 2,5 |
| K | = 0,30 | 0,43 | 0,49 | 0,40 | 0,25 | 0,15 |

$$K = \frac{\tau u}{\tau m} = 0{,}125 \frac{P_1'}{P_1''}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En considérant la troisième phase on déduit pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,12 |
| P = | 170 | 198 | 220 | 240 | 250 | 276 |
| R = | 1570 | 915 | 406 | 277 | 231 | 213 |
| $P_1'$ = | 6,5 | 9 | 13 | 16 | 18 | 21 |
| $R_1$ = | 710 | 492 | 284 | 218 | 196 | 190 |
| R'' = | 1720 | 1040 | 495 | 353 | 303 | 286 |
| $\tau_1$ = | 83,5 | 58 | 33,5 | 25,6 | 23 | 22,3 |

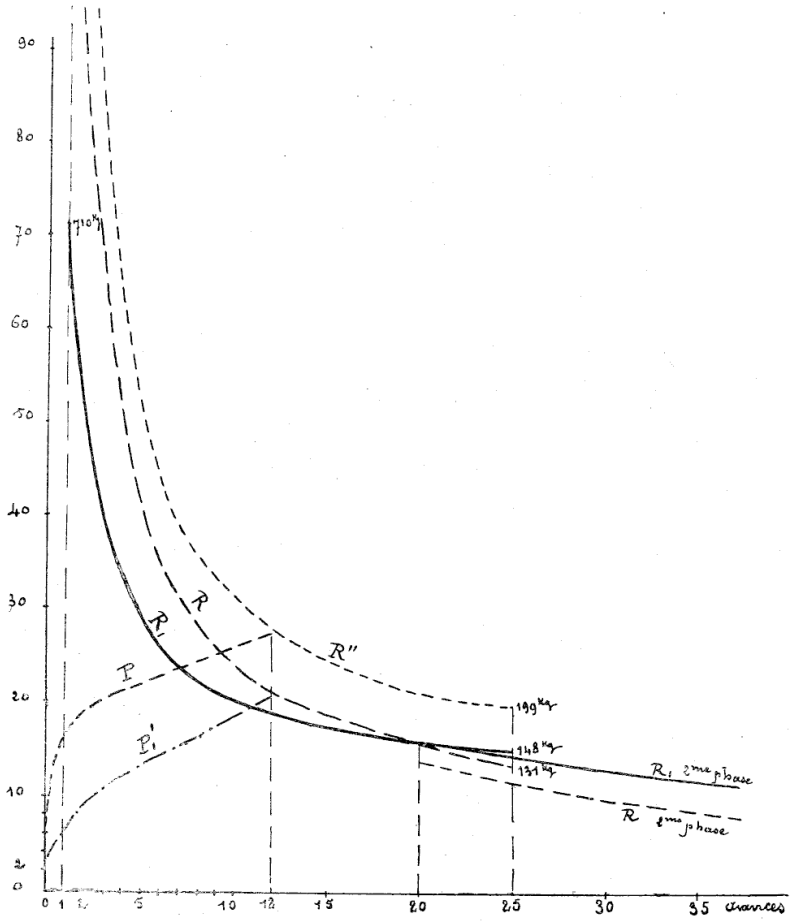



Fig. 1322. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les valeurs de R et de $R_1$, en considérant les avances $0^{mm},02$ et $0^{mm},10$, sont :

$$R = 63 + \frac{17,1}{a}$$

$$R_1 = 118 + \frac{7,5}{a}$$

Si nous appliquons ces formules pour les avances de $0^{mm},20$ et $0^{mm},25$, on obtient :

| $a$ = | 0,20 | 0,25 |
|---|---|---|
| R = | 148 | 131 |
| R′ = | 155 | 148 |
| R″ = | 214 | 199 |
| $\tau_1$ = | 18,2 | 17,4 |

On peut aussi déduire de la deuxième phase les valeurs suivantes pour

| $a$ = | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,44 |
|---|---|---|---|---|---|
| P = | 296 | 302 | 298 | 282 | 276 |
| R = | 136 | 112 | 92 | 65 | 56 |
| $P_1'$ = | 29 | 31,5 | 34 | 37 | 38 |
| $R_1$ = | 138 | 138 | 124 | 101 | 94 |
| $\tau_1$ = | 18,6 | 16,2 | 14,4 | 12 | 11 |

Les valeurs de R diminuent trop rapidement, le foret engageait; elles ne sauraient être prises en considération pour une opération correcte, mais celles de $R_1$ ne s'écartent pas trop des nombres que l'on déduit de la relation générale.

La figure 1322 montre l'allure très régulière de la courbe des $R_1$.

*Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1323-1324).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

Dans cet essai, nous avons prolongé la deuxième phase jusqu'à 400 tours, afin d'apprécier l'influence de la profondeur du trou sur l'engagement du foret et sur la pression P. Nous avons ainsi constaté des perturbations nombreuses qui ajoutent aux difficultés des essais comparatifs. A la profondeur de $l = 7$ millimètres, le foret engage, l'avance s'élève très rapidement de $0^{mm},06$ à $0^{mm},28$ en restant supérieure à l'avance $0^{mm},25$ du chariot porte-pièce, jusqu'au débrayage à 400 tours.

Il s'est produit des augmentations de la longueur du ressort à partir de 220 tours, et par suite des chutes correspondantes des pressions P, dont le maximum, avant débrayage, était de 336 kilogrammes ; la différence 24 kilogrammes n'est guère importante ; cependant la différence entre les avances est de $0,28 - 0,20 = 0,08$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les efforts tangentiels se sont maintenus entre 28 et 30 kilogrammes pen-

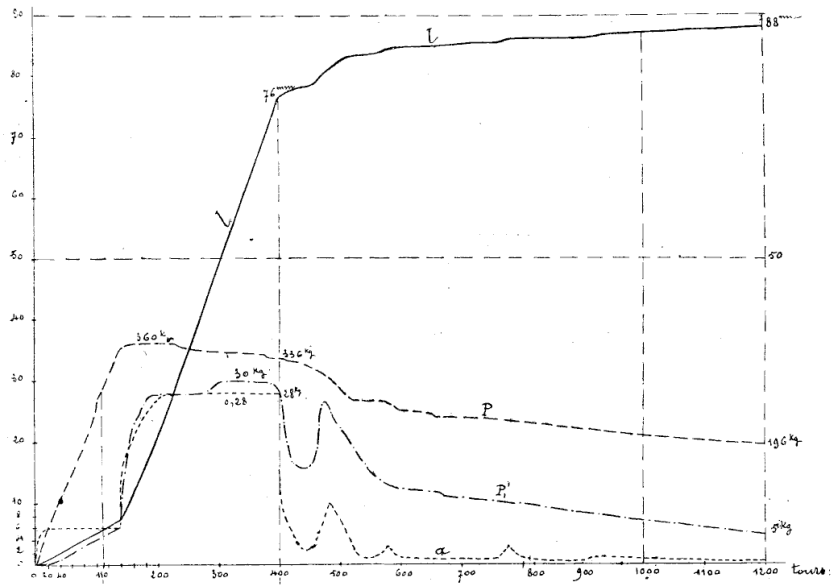



Fig. 1323. — Forage de bronze sous pressions croissantes, puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

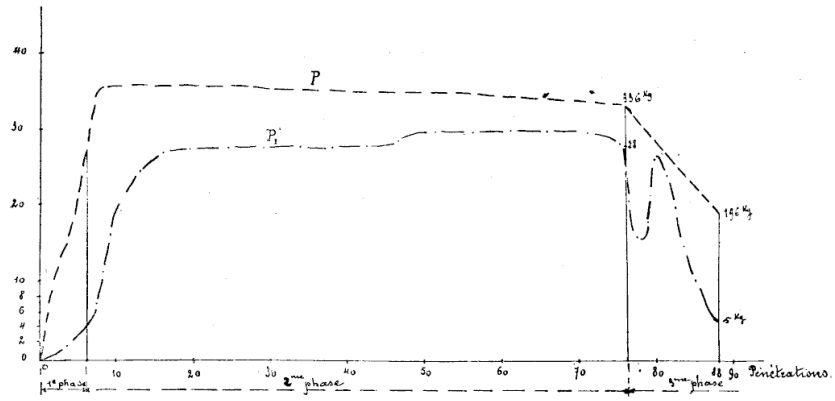



Fig. 1324. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

dant la période de 200 à 400 tours, soit sous avance à peu près constante de $0^{mm},28$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après débrayage, des irrégularités se sont encore produites ; le foret attaquant ou frottant latéralement avait tendance à engager ; puis il se dégageait ; les copeaux devaient aussi déterminer des frottements perturbateurs, la profondeur étant d'environ 80 millimètres.

A partir de 600 tours, l'opération est devenue plus régulière.

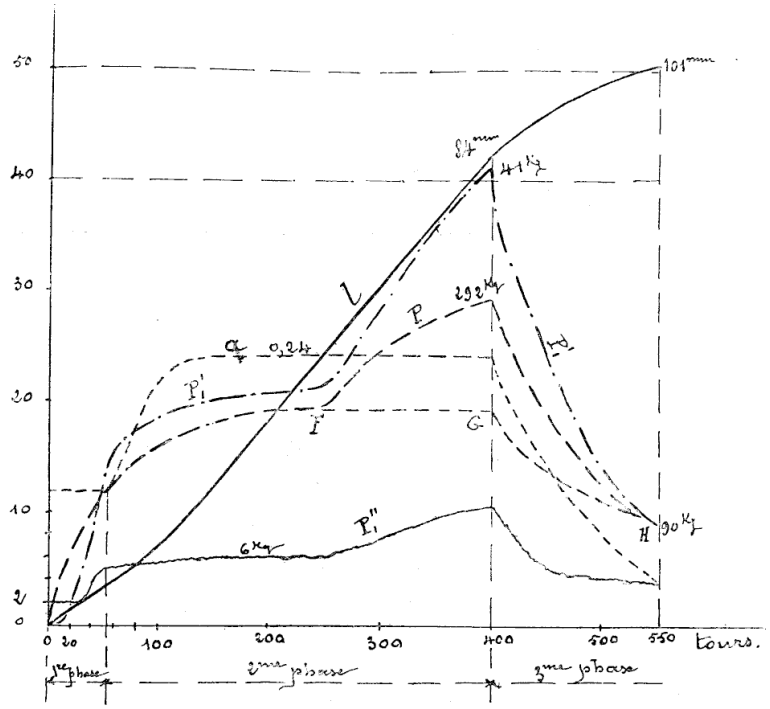



Fig. 1325. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

Néanmoins, on ne saurait tirer de cet essai des valeurs moyennes de R et de $R_1$ que pendant la période entre 200 et 400 tours, soit pour :

| | | |
|---|---|---|
| $a$ | = 0,24 | 0,28 |
| P | = 360 | 350 |
| R | = 148 | 112 |
| $P_1'$ | = 27 | 29 |
| $R_1$ | = 123 | 113 |

Ces valeurs sont un peu différentes de celles de l'essai qui précède. Ces résultats montrent combien, dans le cas du foret hélicoïdal, il importe de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suivre de très près l'opération, sinon les essais peuvent conduire à des valeurs contradictoires pour les coefficients R et $R_1$.

Le dispositif à ressort adopté convient bien pour de tels essais, parce qu'il laisse une certaine liberté d'allure à l'ensemble de l'opération, qui peut être prolongée à volonté entre certaines limites.

*Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1325-1326).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0{,}25.$$

Vers 70 tours, le foret était en pleine prise, et, dès 160 tours, l'avance est restée constante et égale à $0^{mm},24$.

La pression P et l'effort $P'_1$ auraient dû rester aussi à peu près constants ;

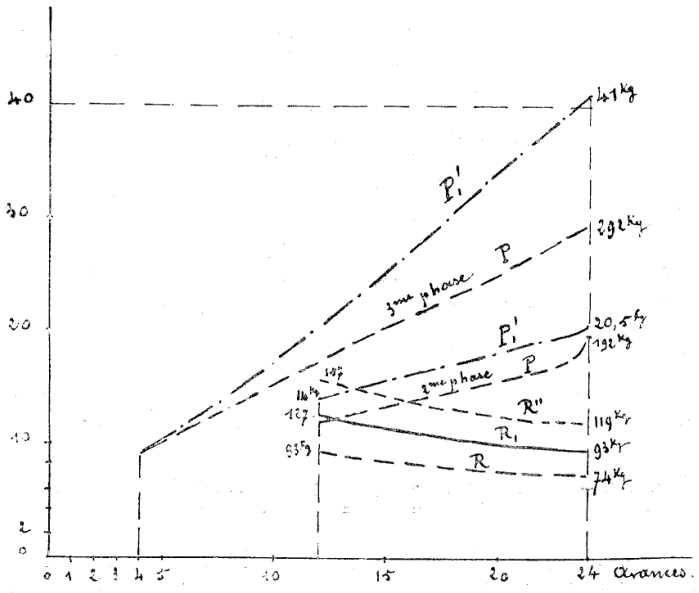



Fig. 1325. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

cependant ils se sont accrus à partir de 240 tours, parce que les copeaux ne s'échappaient plus aussi facilement ; le foret bourrait, des frottements additionnels avaient lieu ; ils se manifestaient par une pression plus forte, par un mouvement de rotation plus élevé, par le chauffage plus intense de la pièce.

Si ces perturbations ne s'étaient pas produites, la courbe des P (fig. 1325)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devait se poursuivre suivant FGH, et celle des $P'_1$ devait lui être à peu près parallèle.

Pendant la troisième phase, le bourrage s'est maintenu, de sorte qu'on ne saurait tabler que sur le début de la deuxième phase pour calculer R et $R_1$ sous les avances de 0,12 à 0,24 soit pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,12 | 0,15 | 0,20 | 0,24 |
| P = | 120 | 132 | 156 | 192 |
| R = | 93 | 81 | 75 | 74 |
| $P_1'$ = | 14 | 16 | 18 | 20,5 |
| $R_1$ = | 127 | 116 | 98 | 93 |
| R'' = | 157 | 142 | 123 | 119 |
| $\tau_1$ = | 15 | 13,6 | 11,6 | 11 |

$$R = 55 + \frac{4,56}{a} \qquad R_1 = 60 + \frac{8,2}{a}.$$

avec le foret hélicoïdal, nous avons trouvé pour :

| | | |
|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},12$ | 0,20 |
| R = | 213 | 136 |
| $R_1$ = | 190 | 158 |

valeurs plus grandes que celles du foret à pointe.

*Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1327-1328).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0,25.$$

Jusqu'à 200 tours, pénétration de 35 millimètres, l'opération s'est bien comportée ; puis les copeaux ont bourré ; la pression P et l'effort $P'_1$ se sont accrus dans une très forte proportion jusqu'au débrayage à 400 tours, soit de 210 kilogrammes à 402 kilogrammes pour P ; de 2 à 362 kilogrammes pour $P'_1$.

Ces efforts ont donc été plus que doublés, tandis que les avances, au lieu de progresser, ont décru, ce qui se comprend puisque la pression était en grande partie équilibrée par le frottement des copeaux. Ces derniers étaient difficilement expulsés à cause de la profondeur du trou et du dégagement insuffisant de l'outil ; la pièce chauffait très fort. On constate aussi l'influence de ces phénomènes sur les variations de P et $P'_1$.

Le plus souvent, avec ce foret, quand on perce à une assez grande profondeur, on est obligé de retirer l'outil pour que l'expulsion des copeaux puisse se faire.

C'est une perte de temps que le foret hélicoïdal n'exige pas, ce qui motive la préférence dont il est l'objet de la part des ouvriers.

Nous avons poursuivi l'opération jusqu'à 1200 tours, en atteignant alors une profondeur de 103,5 millimètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le bourrage a persisté pendant la plus grande partie de la troisième phase,

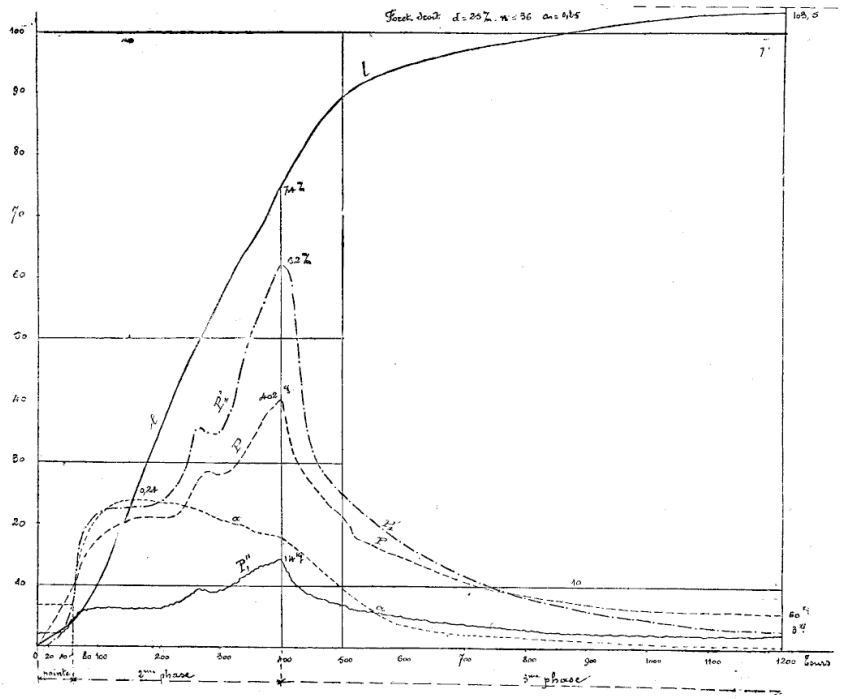



Fig. 1327. — Forage de bronze ordinaire sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

de sorte qu'il n'est pas possible d'en considérer les éléments. Il faut s'en tenir à la partie correcte de la deuxième phase pour calculer R et $R_1$ pour

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ | = 0,064 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,24 |
| P | = 105 | 120 | 144 | 180 | 212 |
| R | = 132 | 96 | 77 | 72 | 71 |
| $P_1'$ | = 10 | 12,5 | 16 | 20 | 22,5 |
| $R_1$ | = 164 | 136 | 116 | 109 | 102 |
| $R''$ | = 211 | 167 | 139 | 131 | 124 |
| $\tau_1$ | = 19,3 | 15 | 13,6 | 12,8 | 12 |

On déduit :

$$R = 53 + \frac{2}{a}$$

$$R_1 = 76 + \frac{5{,}70}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Comparaison des trois forets.* — Si nous considérons en premier lieu les pénétrations $l$ en fonction des nombres de tours, nous constatons :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tours. . . . . | 200 | 400 | 550 | 1 200 |
| Foret hélicoïdal | $l$ = | 16 | 76 | 84 | 88 |
| Foret à pointe | $l$ = | 38 | 84 | 101 | » |
| Foret droit | $l$ = | 35 | 74 | 93 | 103,5 |

Le débrayage ayant été produit, pour chaque foret, à 400 tours, les nombres de la troisième phase 400 à 1 200 tours sont comparables.

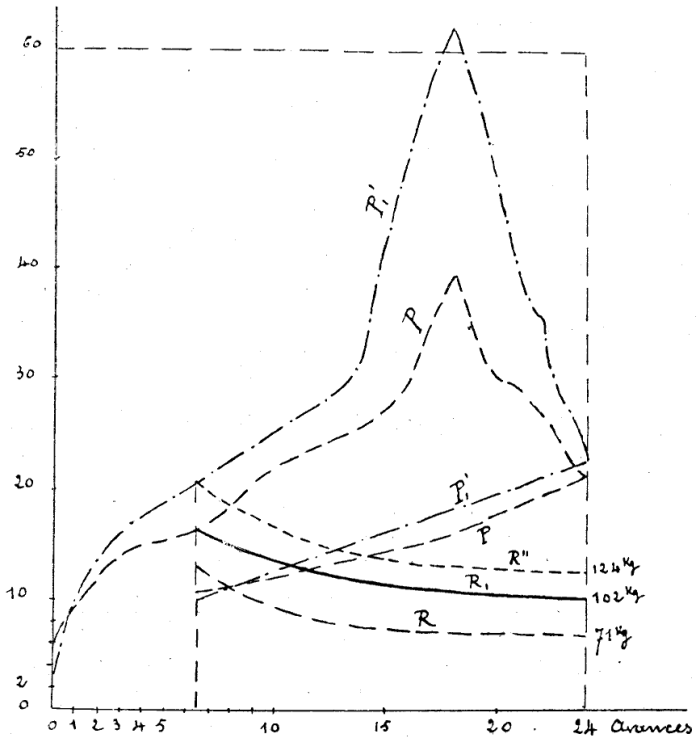



Fig. 1328. — Forage de bronze sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

Le foret à pointe ordinaire serait donc supérieur au foret droit, et celui-ci au foret hélicoïdal, dans les conditions générales de marche de ces essais, et malgré le bourrage des deux premiers et l'engagement du troisième.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les coefficients de pression R sont comparables pendant la deuxième phase :

| Avances. . . . . | $a$ = | 0,12 | 0,20 | 0,24 |
|---|---|---|---|---|
| Foret hélicoïdal. . | R | » | » | 148 kg. |
| Foret à pointe. . . | R | 93 | 78 | 74 — |
| Foret droit.. . . . | R | 82 | 72 | 71 — |

Le foret à pointe exigeait donc un peu plus de pression que le foret droit, ce qui est anormal; mais les différences ne sont pas grandes.

D'autre part, les diagrammes des efforts P montrent que le foret hélicoïdal, lorsqu'il n'engage pas, lorsqu'il ne se visse pas dans la pièce, exige des pressions plus fortes que celles des deux autres forets.

Ces pressions sont surtout très différentes lorsque les avances sont petites. Ainsi, pour une avance de $0^{mm},04$ troisième phase, alors que les forets ordinaires bourrent, la pression P est de 260 kilogrammes pour le foret hélicoïdal, de 70 kilogrammes seulement pour le foret droit.

Ce grand écart provient de la pointe plus forte du foret hélicoïdal et de l'angle de dépouille $\beta$ plus petit que celui des forets ordinaires. Il semble donc qu'il conviendait d'augmenter l'angle $\beta$ dans ce foret sans trop affaiblir l'acuité, ce qui conduirait à augmenter un peu l'angle de coupe $\alpha$ au voisinage du pourtour, afin que la tendance à l'engagement ne soit pas trop accentuée, ce qui est souvent un inconvénient et détermine des ruptures fréquentes de ce foret surtout si son arbre n'est pas équilibré.

Nous verrons plus loin que le foret hélicoïdal reprend tous ses avantages lorsque les avances sont fortes.

En ce qui concerne les coefficients $R_1$, de la résistance de coupe, on relève : pour

| | $a$ = 0,12 | 0,20 | 0,24 |
|---|---|---|---|
| Foret hélicoïdal . . . . . | $R_1$ = 190 | 165 | 123-162 |
| Foret à pointe . . . . . | $R_1$ = 127 | 98 | 93 |
| Foret droit . . . . . | $R_1$ = 122 | 109 | 102 |

Le foret à pointe est encore celui qui exige le moins d'énergie dans ces limites de l'avance.

Ces résultats sont confirmés par les essais avec les autres métaux et justifient, dans une certaine mesure, la préférence que certains constructeurs accordent encore au foret à pointe.

Nous avons recherché, en opérant sous pressions constantes prolongées à l'aide d'une bascule, les valeurs de R et de $R_1$ qui permettent de comparer au plus près les divers forets employés par la répétition des essais en même temps que par l'obtention d'une plus grande précision. Nous indiquerons brièvement les particularités de chaque essai ; les résultats seront très explicites sur les figures auxquelles on voudra bien se reporter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1329-1330).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Nous avons fait varier les pressions de 20 en 20 kilogrammes jusqu'à 140 kilogrammes, sans constater de prise de l'outil, qui chantonnait.

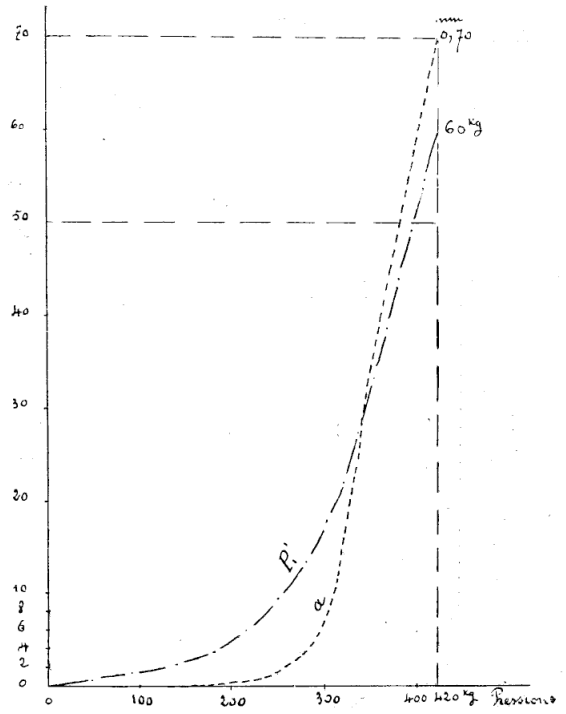



Fig. 1329. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi$ 120° $n = 80$.

A 160 kilogrammes, le foret s'est amorcé en donnant une avance de $0^{mm},0012$, estimée par la pénétration qui correspondait à 500 tours.

A 180 kilogrammes, l'avance est doublée, puis, à partir de 240 kilogrammes, l'avance augmente très rapidement, pour atteindre $0^{mm},70$ à 420 kilogrammes. Au-dessus de cette pression, le foret bourre ou engage, la courroie de la foreuse glisse.

Les efforts $P'_1$ ont suivi des variations analogues (fig. 1329).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet essai a permis de produire d'assez grandes avances et de déterminer les variations de R et de $R_1$, entre des limites étendues. Pour

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| P = | 230 | 255 | 290 | 310 | 315 | 322 | 360 | 380 | 400 | 420 |
| R = | 2130 | 1180 | 536 | 288 | 146 | 99 | 83 | 71 | 62 | 55 |
| $P_1'$ = | 7,5 | 12 | 15 | 19,5 | 25 | 30 | 36 | 44 | 52 | 60 |
| $R_1$ = | 820 | 656 | 327 | 215 | 136 | 109 | 98 | 96 | 94,5 | 93,5 |
| $R''$ = | 2290 | 1350 | 628 | 359 | 199 | 147 | 128 | 119 | 113 | 109 |
| $\tau_1$ = | 97 | 77 | 38,5 | 25,4 | 16 | 13 | 11,6 | 11,3 | 11,1 | 11 |

On en déduit, entre les avances 0mm,01 et 0mm,70 :

$$R = 28{,}7 + \frac{21}{a},$$

$$R_1 = 95 + \frac{7{,}3}{a}.$$

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1331-1332).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi + 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Dans ce deuxième essai avec le foret hélicoïdal, à 150 kilogrammes, les tranchants au voisinage de la pointe grattaient quelque peu le bronze, le foret chantait. Il a fallu une pression de 200 kilogrammes pour obtenir, après 500 tours, une mesure appréciable de la pénétration, soit une avance de 0,0004.

A 270 kilogrammes, l'avance était seulement de 0mm,020.

A partir de 300 kilogrammes, le foret a une tendance à engager.

Pour obtenir des valeurs acceptables, il faut répéter l'opération, qui est des plus capricieuses, alors que la précédente s'était faite avec grande régularité.

C'est ainsi que nous avons indiqué (fig. 1331) plusieurs branches de courbes des $a$, lesquelles se relèvent rapidement à cause de l'engagement du foret.

A 400 kilogrammes, l'avance était de 0mm,12; puis, à 450 kilogrammes, elle s'élève à 0mm,52; le foret engage.

Cet exemple montre combien il importe de multiplier ces essais, dont les résultats peuvent être des plus discordants en ce qui concerne les pressions P et les avances $a$ correspondantes.

Nous n'avons pas poursuivi jusqu'à 500 kilogrammes par crainte d'un bourrage trop prononcé, d'un engagement trop accéléré, qui aurait pu produire la rupture de l'outil.

Les efforts $P'_1$ accusent une courbe très régulière, qui affecte une allure parabolique quand les abscisses sont les avances (fig. 1332) et dont l'expression serait :

$$P_1' = C_1' + K_1' \sqrt{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En considérant les éléments des essais, il vient pour :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},02$ | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
| P = | 270 | 330 | 400 | 425 | 438 | 442 | 450 |
| R = | 1250 | 610 | 370 | 196 | 135 | 102 | 83 |
| $P_1'$ = | 12 | 18 | 26 | 36 | 42 | 48 | 52 |
| $R_1$ = | 655 | 393 | 284 | 197 | 150 | 131 | 112 |
| R'' = | 1400 | 726 | 466 | 278 | 202 | 169 | 133 |
| $\tau_1$ = | 77 | 46 | 33 | 23 | 17,7 | 15,4 | 13,2 |

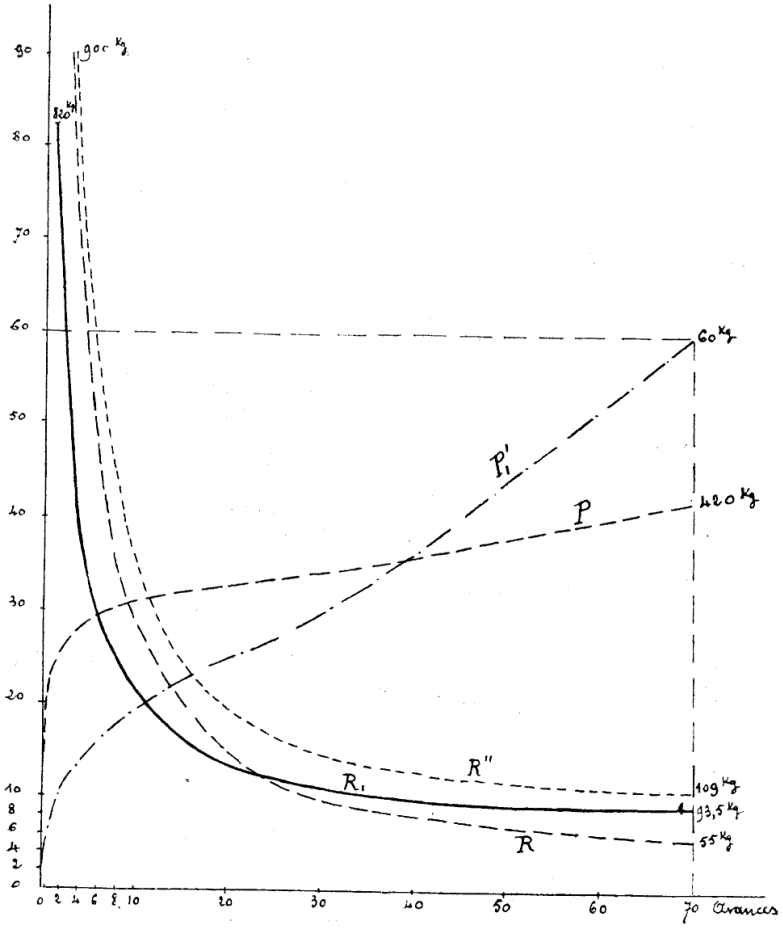



Fig. 1330. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On déduit en introduisant les valeurs qui correspondent à $a = 0{,}02$ et $a = 0{,}50$ dans la relation générale,

$$R = 35{,}5 + \frac{24{,}3}{a},$$

$$R_1' = 90 + \frac{11{,}3}{a}.$$

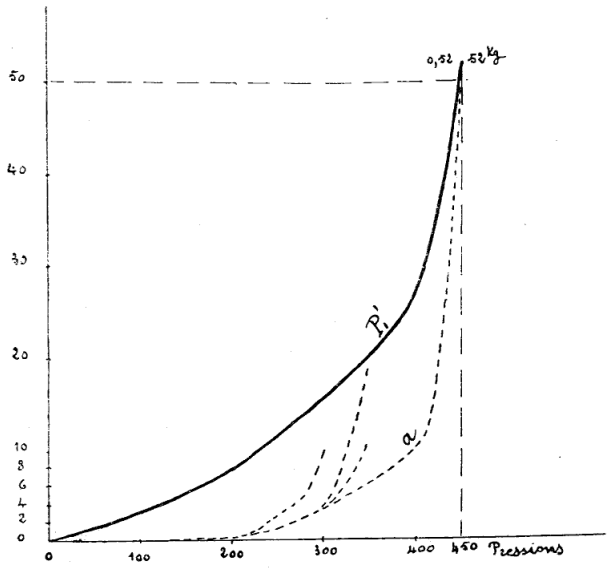



Fig. 1331. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

En adoptant pour $R_1$ la formule

$$R_1'' = \frac{K_1'}{\sqrt{0{,}867\,a}} + \frac{2\,C_1'}{0{,}867\,a}$$

et introduisant les valeurs qui correspondent aux avances $a = 0^{mm},02$ et $0^{mm},50$, on obtient

$$R_1'' = \frac{71}{\sqrt{0{,}867\,a}} + \frac{2 \times 0{,}97}{0{,}867\,a} = \frac{76{,}5}{\sqrt{a}} + \frac{2{,}24}{a}.$$

Calculant les valeurs de $R_1$ avec les deux formules et les comparant avec celles de l'essai il vient pour

| $a$ = | $0^{mm},02$ | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $R_1$ = | 655 | 284 | 197 | 150 | 131 | 112 |
| $R_1'$ = | 655 | 203 | 146,5 | 127,7 | 118 | 112 |
| $R_1''$ = | 655 | 264,4 | 177 | 147,5 | 125,5 | 112 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On constate que les valeurs $R''_1$ sont plus près de $R_1$ que les valeurs $R_1'$. Les

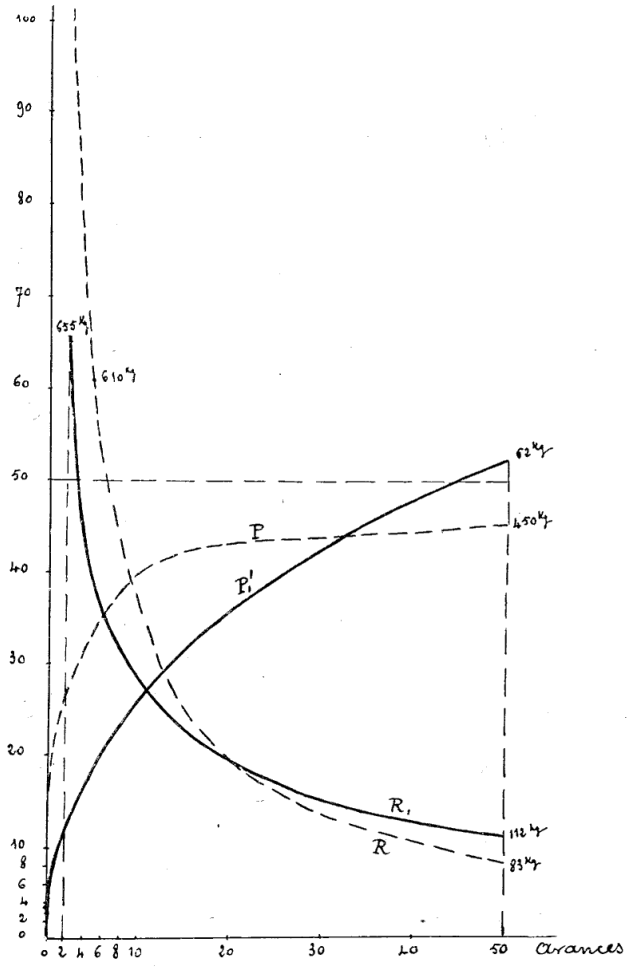



Fig. 1332. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

coefficients de $R'_1$ devraient être calculés en prenant $a = 0^{mm},02$ et $a = 0^{mm},30$ on obtiendrait des écarts moindres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1333-1334).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

L'essai s'est poursuivi très régulièrement; la courbe des efforts tangentiels $P'_1$ est d'abord une portion de droite (fig. 1333), puis elle s'élève rapidement

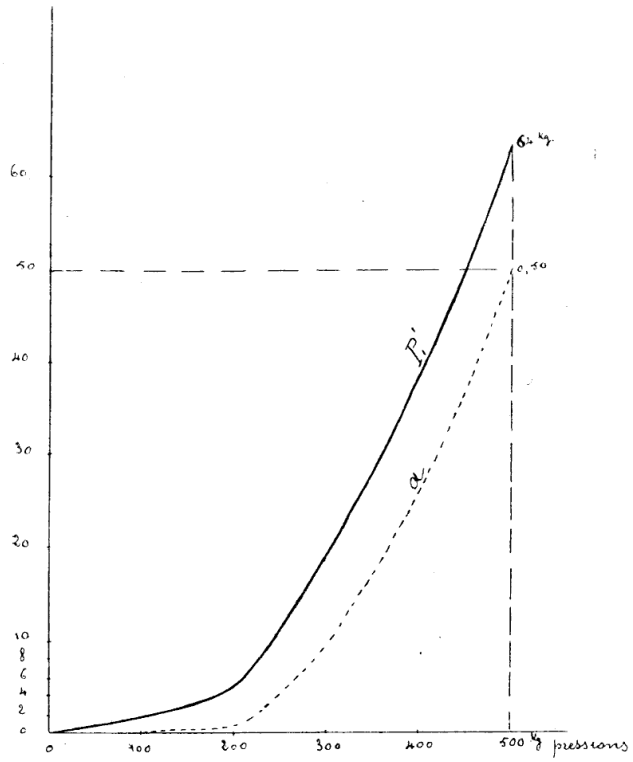



Fig. 1333. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

avec les pressions supérieures à 200 kilogrammes; elle ne s'écarte pas beaucoup d'une droite dans sa partie principale quand on prend pour abscisses les avances (fig. 1334).

Jusqu'à 100 kilogrammes, l'outil frottait ou grattait.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le coefficient de frottement est, pour $P = 100$ kilogrammes et $P'_1 = 2$ kilogrammes, de

$$f = \frac{4\,P_1\,L \sin\frac{\Phi}{2}}{P\,d} = \frac{4 \times 2 \times 85 \times 0{,}867}{100 \times 25} = 0{,}235.$$

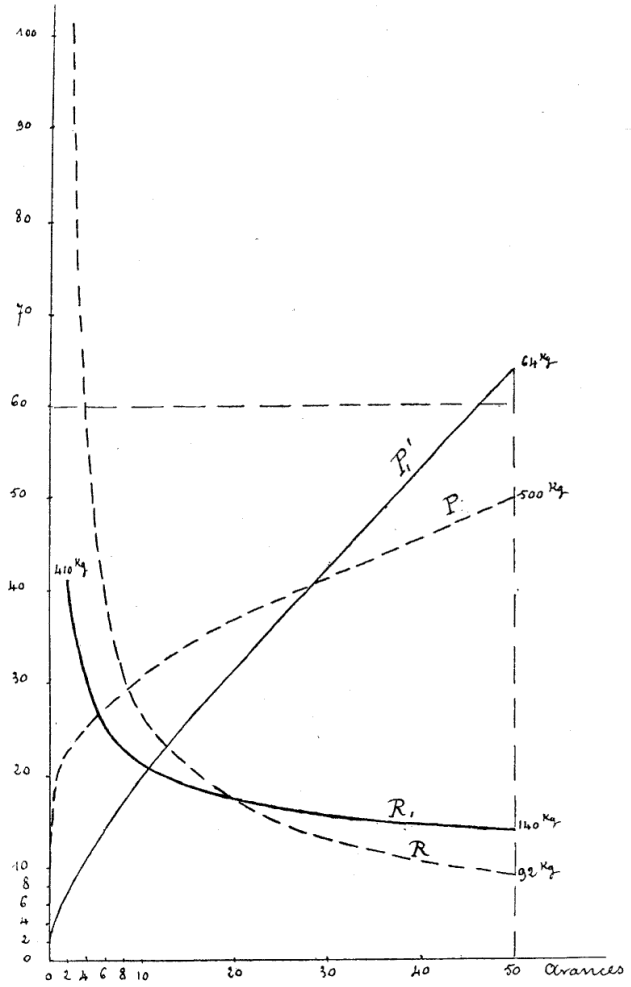



Fig. 1334. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Au début de l'opération, la pointe du foret avait une tendance à former un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petit cône central. La pression a été poussée jusqu'à 500 kilogrammes avec avance correspondante de $0^{mm},50$.

On a obtenu pour

| $a$ = | $0^{mm},02$ | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P = | 225 | 260 | 306 | 340 | 370 | 390 | 415 | 455 | 500 |
| R = | 1040 | 500 | 283 | 210 | 171 | 144 | 128 | 105 | 92,5 |
| $P_1'$ = | 7,5 | 12,5 | 20 | 26 | 32 | 37 | 42 | 53 | 64 |
| $R_1$ = | 410 | 273 | 218 | 188 | 174 | 161 | 152 | 144 | 140 |
| $R''$ = | 1120 | 570 | 357 | 282 | 244 | 216 | 199 | 178 | 166 |
| $\tau_1$ = | 48 | 32 | 26 | 22 | 20,5 | 19 | 18 | 17 | 16,5 |

$$R = 53 + \frac{19,7}{a},$$

$$R_1 = 130 + \frac{5,6}{a}.$$

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1335-1336).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80.$$

A signaler dans cet essai quelques ondulations de la courbe de pressions P, les avances étant portées en abscisses (fig. 1335).

Ce foret suit de près le foret à pointe en faisant ressortir des valeurs de R et de $R_1$ un peu inférieures.

Pour :

| $a$ = | $0^{mm},02$ | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| P = | 200 | 275 | 300 | 400 | 450 | 475 | 500 |
| K = | 800 | 440 | 240 | 160 | 120 | 95 | 80 |
| $P_1'$ = | 7 | 11 | 17 | 27,5 | 38,5 | 50 | 61 |
| $R_1$ = | 382 | 240 | 185 | 150 | 140 | 136 | 133 |
| $R''$ = | 887 | 501 | 303 | 220 | 185 | 166 | 155 |
| $\tau_1$ = | 45 | 28 | 21,6 | 17,6 | 16,4 | 16 | 15,6 |

On déduit, en considérant les valeurs correspondantes aux avances de $0^{mm},2$ et $0^{mm},50$ :

$$R = 50 + \frac{15}{a},$$

$$R_1 = 122 + \frac{5,2}{a}.$$

En comparant les résultats des trois essais qui précèdent (fig. 1337) on voit que les coefficients R du foret hélicoïdal, lorsqu'il n'engage pas, et pour des avances jusqu'à $0^{mm},30$, sont plus élevés que ceux pour le foret à pointe et pour le foret droit; au delà de $0^{mm},30$ c'est le contraire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il en est de même pour les coefficients $R_1$.

C'est le foret droit qui exigeait, pour une même avance, le moins de pression et le moment de rotation minimum. Or, rarement on fore du bronze avec des avances supérieures à $0^{mm},30$, de sorte que les forets ordinaires conservent leurs

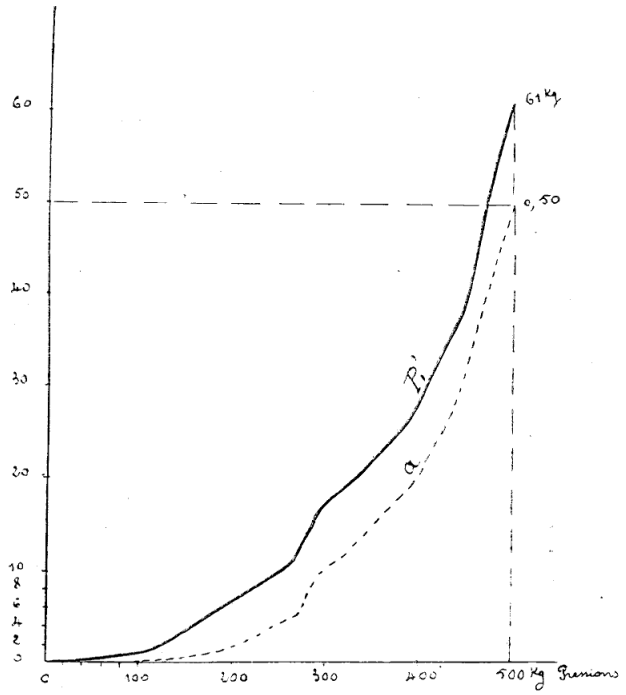



Fig. 1535. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

avantages sur le foret hélicoïdal en ce qui concerne ces éléments de résistance.

Les formules générales de R et de $R_1$, applicables pour ces divers forets, seraient, pour le bronze ordinaire,

$$R = 40 + \frac{20}{a},$$

$$R_1 = 100 + \frac{8}{a}.$$

Ces essais font nettement ressortir que, plus les épaisseurs des copeaux sont grandes, moins il faut de pression par unité de section de copeau pour tenir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'outil en prise. Les courbes des coefficients R coupent les courbes des coefficients $R_1$, indiquant ainsi les valeurs de $a$ pour lesquelles R et $R_1$ sont égaux. Les pressions ont surtout une grande valeur relative lorsque les épaisseurs sont

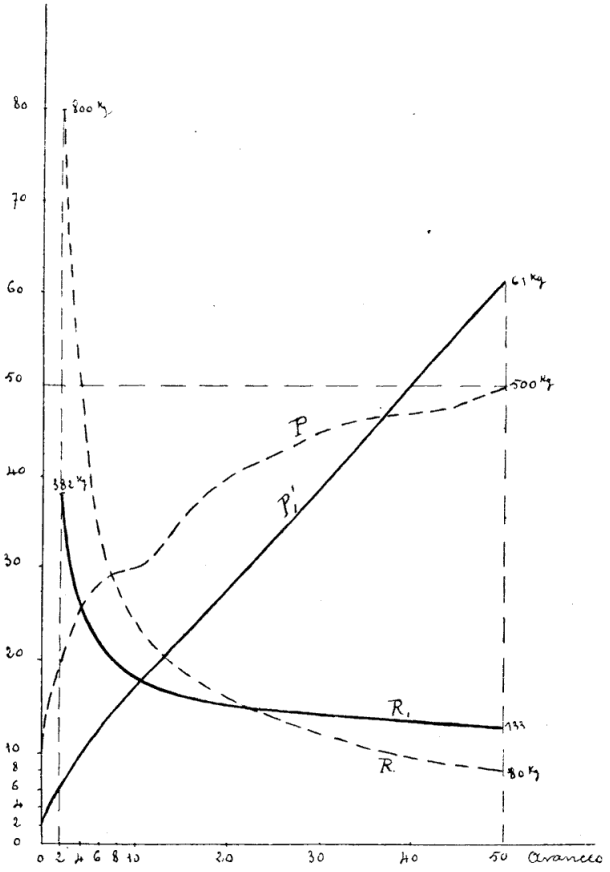



Fig. 1336. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

faibles. Ce point est ainsi bien mis en évidence, et l'on conçoit qu'il se retrouve dans le travail des divers outils de coupe.

L'épaisseur du copeau a donc une très grande influence sur le rendement mécanique d'un outil et d'une machine-outil pour un même poids de matière enlevée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe avec gorges* (fig. 1338-1340).

$$d = 25 \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Jusqu'à 120 kilogrammes de pression, il n'y a pas eu de perturbation,

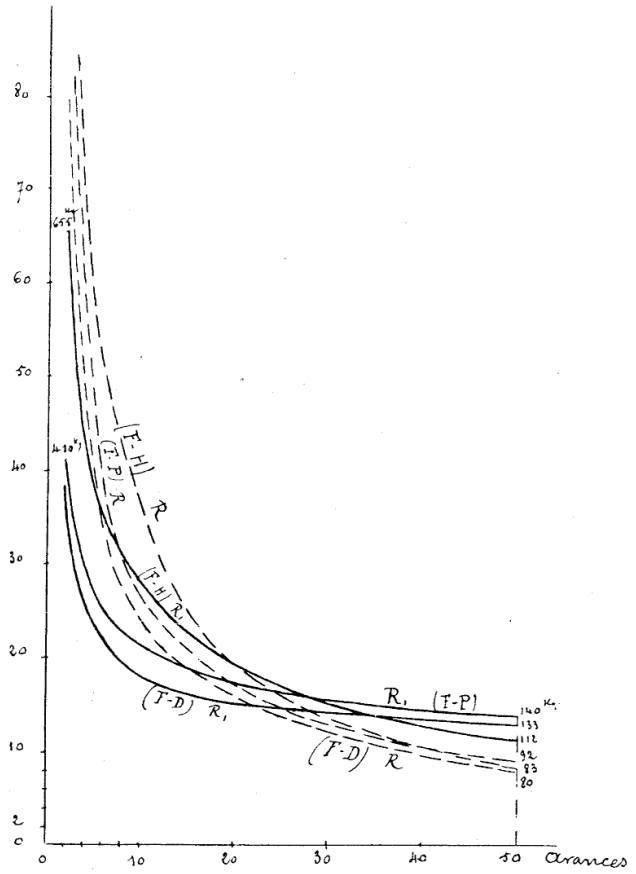



Fig. 1337. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Valeur de R et de $R_1$ pour le foret hélicoïdal (F-H), le foret à pointe (F-P), le foret droit (F-D).

mais, sous cette pression, le foret a bourré, l'avance et les efforts $P_1'$ ont diminué (fig. 1338).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

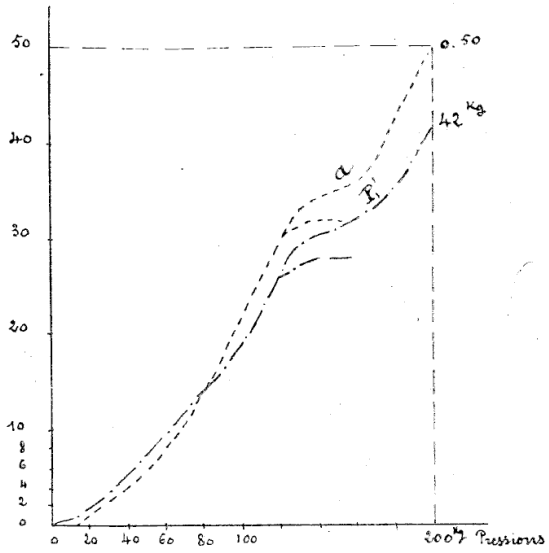



Fig. 1338. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe avec gorges $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

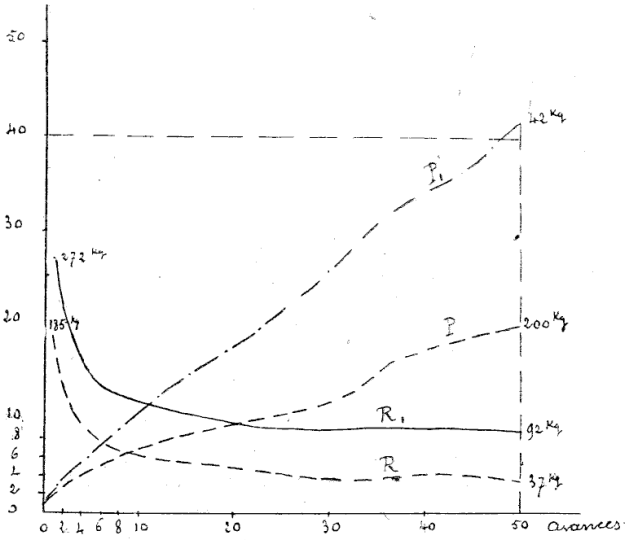



Fig. 1339. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe avec gorges $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Après débourrage, l'opération s'est poursuivie assez régulièrement.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,40 | 0,50 |
| P = | 20 | 30 | 44 | 68 | 96 | 120 | 176 | 200 |
| R = | 185 | 138 | 81 | 63 | 44 | 37 | 41 | 37 |
| $P_1'$ = | 2,5 | 4 | 6,5 | 11 | 18 | 26 | 34 | 42 |
| $R_1$ = | 272 | 218 | 142 | 120 | 98 | 95 | 93 | 92 |
| $R''$ = | 329 | 258 | 164 | 135 | 107 | 102 | 102 | 99 |
| $\tau_1$ = | 32 | 25,7 | 16,7 | 14,2 | 11,6 | 11,2 | 10,9 | 10,8 |

$$R = 32{,}8 + \frac{2{,}1}{a}$$

$$R_1 = 87 + \frac{2{,}6}{a}.$$

Le foret à gorges est, de tous ceux considérés, celui qui nécessite le moins de

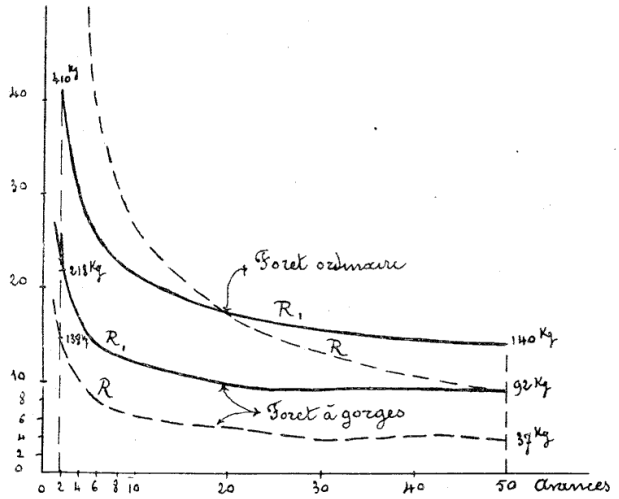



Fig. 1340. — Forage de bronze. Foret à pointe ordinaire et foret avec gorges.

pression, le moins d'énergie de coupe dans une proportion qu'indiquent la figure 1340 et les nombres qui suivent.

Pour

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $a$ = | 0mm,02 | 0,10 | 0,20 | 0,50 |
| Foret à gorges. . . . . | R = | 138 | 63 | 44 | 37 |
| Foret ordinaire . . . . . | R = | 1040 | 283 | 171 | 92 |
| Foret à gorges. . . . . | $R_1$ = | 218 | 120 | 95 | 92 |
| Foret ordinaire . . . . . | $R_1$ = | 410 | 218 | 174 | 140 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe double biseau* (fig. 1341).

$$d = 25 \qquad \Phi = 120° \qquad n = 80$$

La pression de prise de copeau était réduite à 20 kilogrammes; l'effort tangentiel $P_1'$ correspondant n'était que de 0,5 kilogramme.

Comme, d'autre part, les courbes des P et $P_1'$, les avances étant les abscisses,

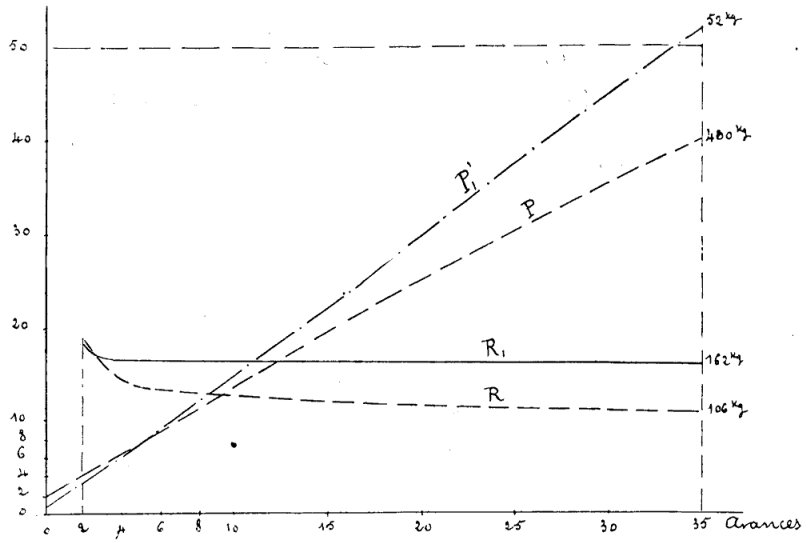



Fig. 1341. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe à double biseau $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

sont sensiblement des lignes droites, dans les limites de l'essai, il s'ensuit que les variations de R et de $R_1$, sont très faibles pour les avances supérieures à 0,05.

Pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 | 0,35 |
| P = | 40 | 75 | 140 | 250 | 355 | 400 |
| R = | 185 | 138 | 130 | 116 | 110 | 106 |
| $P_1'$ = | 3,5 | 7,5 | 15 | 30 | 45 | 12 |
| R = | 181 | 164 | 164 | 164 | 163 | 162 |
| R'' = | 259 | 214 | 209 | 201 | 199 | 196 |
| $\tau_1$ = | 21,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,2 | 19 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si on compare ces valeurs de R et $R_1$, à celles du foret à pointe ordinaire; on a, pour les avances,

| | $a$ = | $0^{mm},02$ | 0,10 | 0,30 |
|---|---|---|---|---|
| Foret ordinaire . . . . . | R = | 1040 | 283 | 128 |
| Foret à 2 biseaux. . . . . | R = | 185 | 130 | 110 |
| Foret ordinaire . . . . . | $R_1$ = | 410 | 218 | 152 |
| Foret à 2 biseaux. . . . . | $R_1$ = | 181 | 164 | 163 |

Dans un métal de dureté telle que celle du bronze, le foret à deux biseaux exigeait moins d'énergie que le foret ordinaire. Nous avons constaté l'inverse pour le laiton, métal analogue au bronze. Cette discordance tient probablement à ce que le foret ordinaire n'avait pas été fraîchement affûté.

*Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchants brisés* (fig. 1342-1346).

$$d = 18 \qquad \Phi = 100^\circ \qquad n = 80$$

Nous avons observé que la coupe, au début de chaque trou, ne se faisait

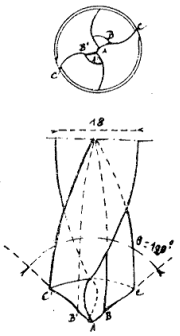



Fig. 1342 et 1343.

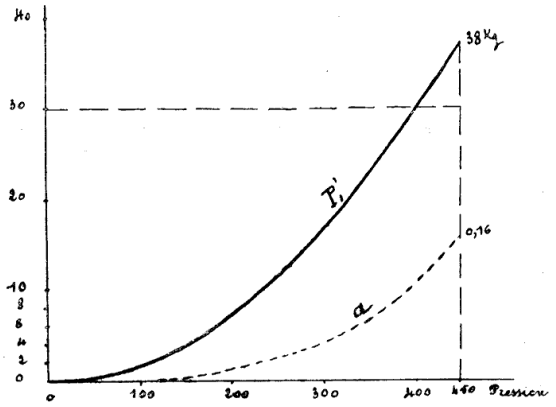



Fig. 1345. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchant brisés $d = 18$ mm. $\Phi = 120^\circ$ $n = 80$.



Fig. 1344. — Bronze. Foret hélicoïdal de 18 mm. de diamètre à tranchant brisés.

bien que lorsque la partie BC du tranchant (fig. 1342) entrait en action. La prise des parties A B et A′ B′ exigeait de fortes pressions relatives. D'ailleurs, le



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

copeau pour chaque tranchant ne se compose le plus souvent (fig. 1344) que de la partie qui correspond à BC; A B gratte plutôt qu'il ne coupe, et ne donne qu'exceptionnellement, dans le fer ou l'acier, des copeaux bien constitués. En outre, les particules de copeaux se dégagent avec difficulté, le trou bourre, les frottements sont plus grands, la pièce et l'outil chauffent davantage qu'avec le foret hélicoïdal à cannelures simples qui exige aussi moins de pression et d'énergie de coupe.

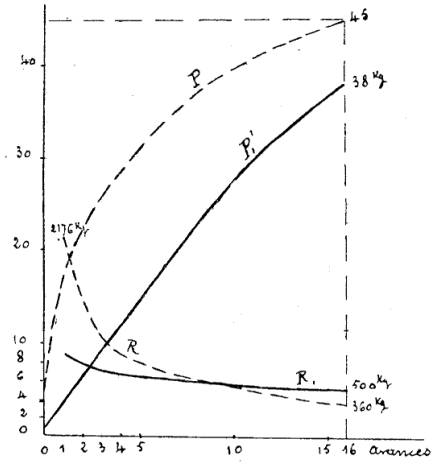



Fig. 1346. — Forage de bronze sous pressions constantes prolongées
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 18$ mm. $\Phi$ 120° $n = 80$.

Les courbes des $P_1'$ et des $P'$ sont des plus régulières; les efforts $P'$ étaient très stables pendant les opérations.

En prenant pour abscisses les avances, la courbe des P (fig. 1346) est très voisine d'une portion de parabole

$$P = C'' + K'' \sqrt{a}$$

dont les coefficients $C''$ et $K''$ seraient : 40 et 102,5, soit :

$$P = 40 + 102{,}5 \sqrt{a}$$

La courbe des $P_1'$ comprend une portion de droite jusqu'à l'avance 0,10; au-dessus elle s'infléchit vers l'axe des abscisses.

Les formules à appliquer pour le calcul de R et de $R_1$ sont :

$$R = \frac{2p'}{a'} = \frac{2p'}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{2P}{a\,d \sin 60^\circ} = \frac{2}{18 \times 0{,}867} \frac{P}{a} = 0{,}128 \frac{P}{a}$$

$$R_1 = \frac{8 M r}{a d^2} = \frac{8 \times 85}{18^2} \frac{P_1'}{a} = 2{,}1 \frac{P_1'}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,16 |
| P = | 170 | 230 | 310 | 395 | 435 | 450 |
| R = | 2176 | 1472 | 794 | 494 | 397 | 360 |
| $P_1'$ = | 4 | 6,5 | 14,5 | 28 | 35,5 | 38 |
| $R_1$ = | 840 | 682 | 610 | 587 | 532 | 500 |
| $R''$ = | 2330 | 1620 | 1000 | 767 | 664 | 616 |
| $\tau_1$ = | 99 | 80 | 72 | 69 | 63 | 59 |

Si nous comparons les valeurs de R et de $R_1$ avec celle du foret hélicoïdal ordinaire, il vient

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R = | » | 1250 | 610 | 370 | 265 | 230 |
| $R_1$ = | » | 655 | 393 | 284 | 235 | 216 |

On voit qu'il existe de grandes différences en faveur de ce dernier.

## Forage de la fonte.

*Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1347-1351).

$$d = 50^{mm} \qquad \Phi = 100^{\circ} \qquad n = 36$$

La fonte, métal grenu plus ou moins dur, élastique, dépourvu de ductilité, se fore d'une façon régulière si le trou ne bourre pas. Le métal se prête bien à des essais comparatifs. Ceux qui suivent se sont faits en général dans de bonnes conditions

Nous avons opéré le plus souvent avec des éprouvettes cubiques de 60 millimètres de côté, à deux faces rabotées, provenant toutes d'une même coulée, et correspondant à une fonte grise homogène assez douce dont la résistance à l'écrasement par millimètre carré de section, en cube de 15 millimètres de côté, s'élevait à 68 kilogrammes.

Dans un premier essai avec le foret de 50 millimètres de diamètre, nous avons opéré sous pressions croissantes puis décroissantes, en réduisant la deuxième phase afin de pouvoir obtenir une partie assez prolongée de la quatrième phase, ainsi que l'indique la courbe des pénétrations $l$ (fig. 1347).

La première phase a eu lieu de 0 à 220 tours; la deuxième de 220 à 280 tours; la troisième de 280 à 680; la quatrième de 600 à 1 400 tours. A 680 tours la pénétration est de 56 millimètres, le ressort a encore une dépression de 16 millimètres, qui correspond à une pression de 192 kilogrammes. Il s'ensuivrait que, théoriquement, si la coupe pouvait se poursuivre jusqu'à une pression nulle, le foret s'engagerait encore de 16 millimètres. Mais comme il se produit une limite pratique de la pression pour laquelle le foret ne pénètre plus, il faut qu'il s'arrête à une profondeur moindre. L'essai a accusé vers 1 400 tours une avance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

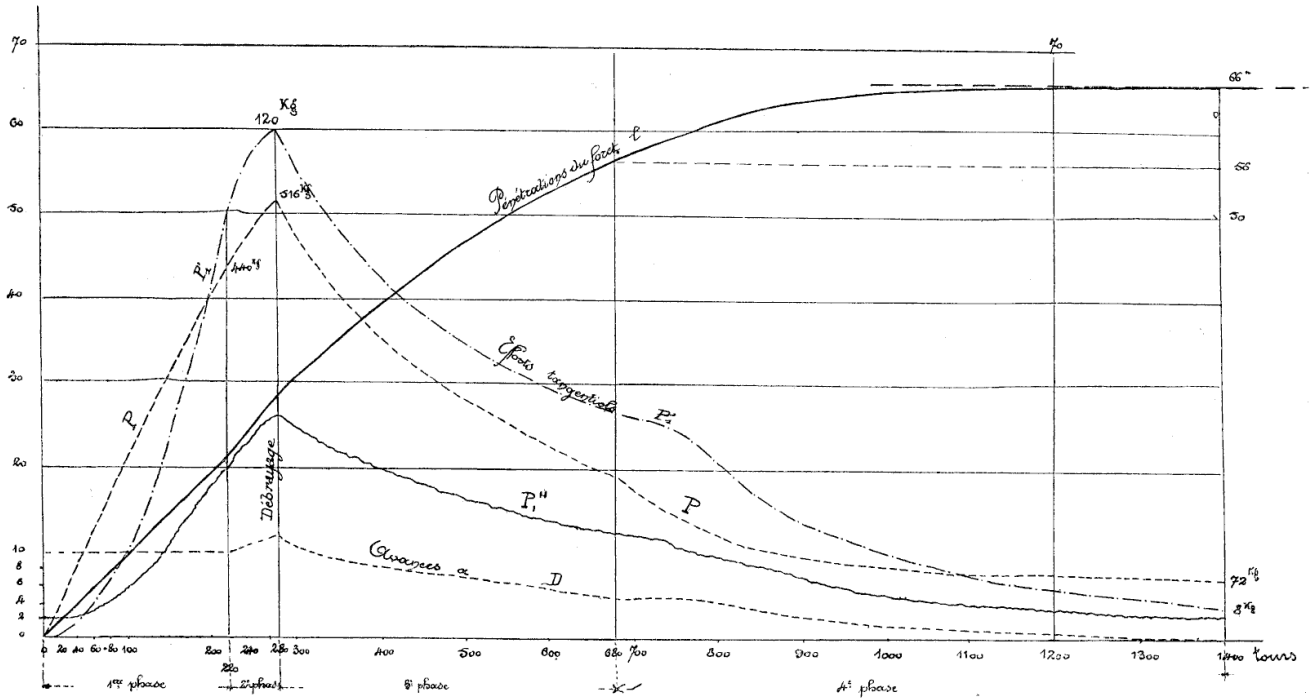



Fig. 1347. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe $d = 50$ mm. $\Phi = 36$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nulle. A cet instant, le raccourcissement du ressort était encore de 6 millimètres, soit une pression de 72 kilogrammes.

Il s'ensuit que la quatrième phase n'est pas complète; elle ne comporte qu'une pénétration de $16 - 6 = 10$ millimètres au lieu de 21 millimètres, hauteur de la tête du foret.

La pénétration totale s'est élevée à $56 + 10 = 66$ millimètres. La courbe des

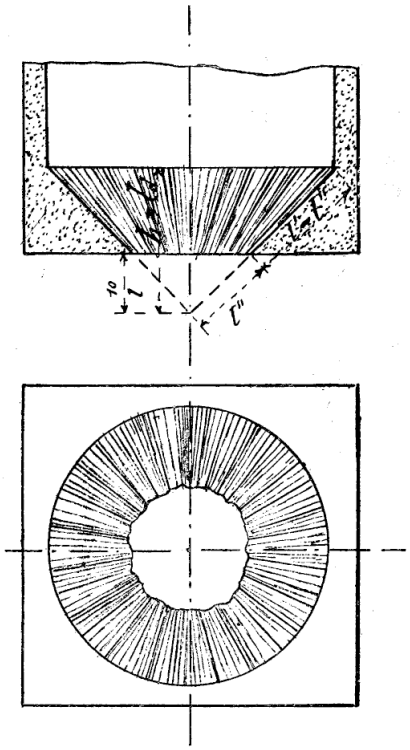



Fig. 1348 et 1349.

pénétrations $l$ a donc une tangente parallèle à l'axe des abscisses dont l'ordonnée est de 66 millimètres. A la pression finale 72 kilogrammes, correspondait un effort tangentiel $P'_1$ moyen de 8 kilogrammes.

Les efforts $P'_1$ oscillaient de plusieurs kilogrammes, parce que le trou (fig. 1348-1349) présentait une surface ondulée, qui provenait de ce que la pointe du foret ne le guidait plus et de ce que l'avance était très petite. Dans ces conditions, le foret trépigne, les irrégularités donnent lieu à des efforts P et $P_1'$ plus ou moins stables.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A la fin de la première phase $l = 21$, $a = 0{,}10$, $\mathrm{P} = 440$ kilogrammes soit

$$\mathrm{R} = 0{,}0524\,\frac{\mathrm{P}}{a} = \frac{524 \times 44{,}000}{0{,}10} = 230 \text{ kg}.$$

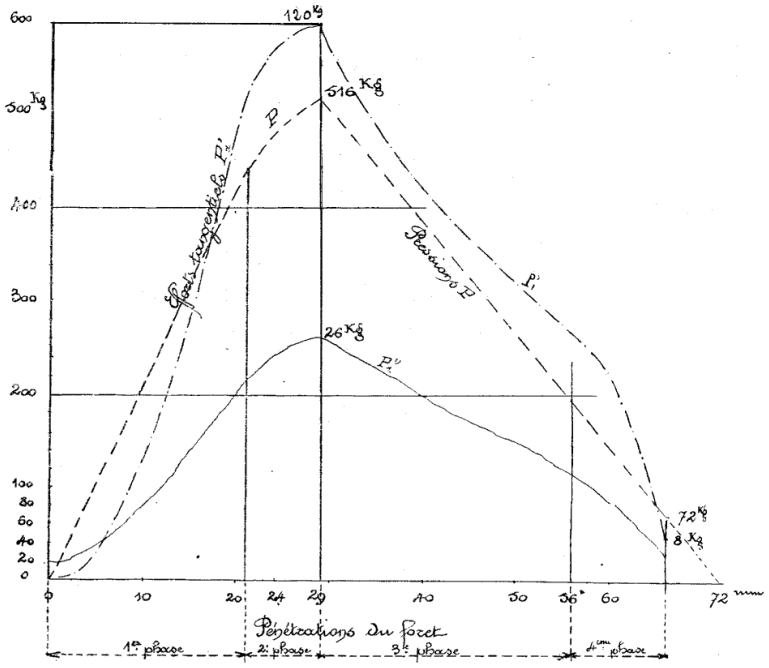



Fig. 1350. — Forage de fonte sous pressions constantes puis décroissantes.
Foret à pointe $d = 50$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 36$.

A la fin de la deuxième phase

$$\mathrm{R} = \frac{0{,}0524 \times 516}{0{,}12} = 226 \text{ kg}.$$

Pendant la troisième phase, pour

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,045 | 0,08 | 0,10 |
| P = | 192 | 360 | 450 |
| R = | 224 | 238 | 236 |

Pendant la quatrième phase, la pression P se répartit sur deux longueurs de tranchants $l' - l''$ ; il faut appliquer la formule

$$\mathrm{R} = \frac{\mathrm{P}}{a\,(h - l)\,tg\,\frac{\Phi}{2}\,\sin\,\frac{\Phi}{2}},$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour :

$$a = 0{,}04 \qquad l = 5^{mm} \qquad P = 110 \text{ kg.}$$

$$R = \frac{110}{0{,}04\ (21 - 5)\ 1{,}19 \times 0{,}766} = 190 \text{ kg.}$$

Pour :

$$a = 0{,}02 \qquad l = 8 \qquad P = 90.$$

$$R = \frac{90}{0{,}02 \times 13 \times 1{,}19 \times 0{,}766} = 380 \text{ kg.}$$

Pour :

$$a = 0{,}01 \qquad l = 9^{mm} \qquad P = 80 \text{ kg.}$$

$$R = \frac{80}{0{,}01 \times 12 \times 1{,}19 \times 0{,}766} = 740 \text{ kg.}$$

Toutes les valeurs de R donnent des courbes dont l'allure accuse (fig. 1351) une ordonnée moyenne d'environ 280 kilogrammes pour les avances comprises entre 0,05 et 0,12.

Le début de la quatrième phase correspond à une chute caractérisée de la pression P et de même pour le coefficient R qui se relève ensuite.

Les valeurs de $R_1$ ont été calculées pour la première phase par la relation

$$R_1 = \frac{2\,P_1'\,L}{a\,l^2\,tg^2\,\frac{\Phi}{2}} = \frac{2 \times 85}{0{,}10 \times 1{,}19^2}\,\frac{P_1'}{l^2} = 1200\,\frac{P_1'}{l^2},$$

Pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $l$ = | 5 | 10 | 15 | 21 |
| $P_1'$ = | 6 | 24 | 56 | 104 |
| $K_1$ = | 288 | 288 | 287 | 285 |

Pendant la deuxième phase, on a

$$R_1 = \frac{8\,P_1\,L}{a\,d^2} = \frac{8 \times 85}{2\,500}\,\frac{P_1'}{a} = 0{,}272\,\frac{P_1'}{a},$$

et pour

| | | |
|---|---|---|
| $a$ = | 0,11 | 0,12 |
| $P_1'$ = | 112 | 120 |
| $R_1$ = | 276 | 272 |

De même dans la troisième phase, il vient pour

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,045 | 0,05 | 0,10 | 0,12 |
| $P_1'$ = | 53 | 56 | 104 | 120 |
| $R_1$ = | 320 | 305 | 283 | 272 |

Enfin pendant la quatrième phase

$$R_1 = \frac{2\,P_1'\,L}{a\,tg^2\,\frac{\Phi}{2}\,(h^2 - l^2)} = \frac{2 \times 85}{1{,}19^2}\,\frac{P_1'}{a\,(21^2 - l^2)} = 120\,\frac{P_1'}{a\,(441 - l^2)}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $l$ = | 0 | 7 | 8 | 9,5 |
| $a$ = | 0mm,045 | 0,03 | 0,02 | 0,008 |
| $441 - l^2$ = | 441 | 392 | 377 | 351 |
| $a\ (441 - l^2)$ = | 19,8 | 11,76 | 7,54 | 2,8 |
| $P_1'$ = | 53 | 30 | 22 | 12 |
| $R_L$ = | 320 | 308 | 350 | 515 |

Les valeurs de R'' sont à la fin de la deuxième phase pour :

$a = 0{,}12$ $\qquad R'' = \sqrt{226^2 + 272^2} = 354$

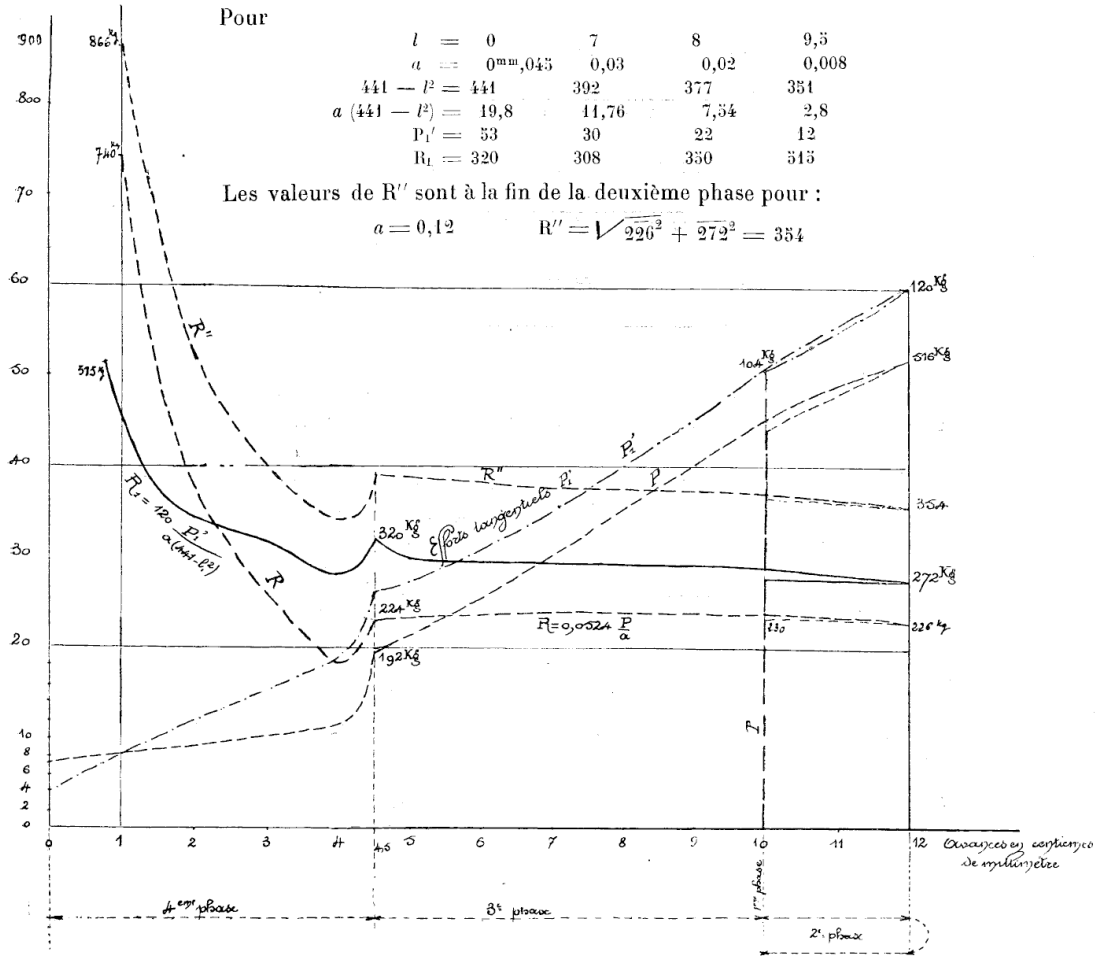



Fig. 1351. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret à pointe $d = 50$ mm. $\Phi = 100°$ $n = 36$.

Pendant la troisième phase, et pour

| | | |
|---|---|---|
| $a$ = | 0,045 | 0,10 |
| R'' = | 390 | 368 |

Dans la quatrième phase

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| R' = | 339 | 517 | 866 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement du mécanisme au moment de l'avance maximum à 29 millimètres de pénétration, accuse :

$$\frac{\tau_u}{\tau^m} = 0{,}125\ \frac{P_1'}{P_1''} = 0{,}125\quad \frac{120}{26} = 0{,}57.$$

Pour compléter cet essai particulièrement en ce qui concerne les éléments relatifs aux faibles avances, nous avons opéré avec le même foret par la méthode des pressions constantes prolongées.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1352-1353).

$$d = 50^{mm} \qquad \Phi = 100^{\circ} \qquad n = 80$$

Le foret fraîchement affûté grattait très peu à 60 kilogrammes de pression, l'effort $P_1'$ était de 3 kilogrammes.

Vers 100 kilogrammes, la prise est bien accusée; les avances s'accentuent

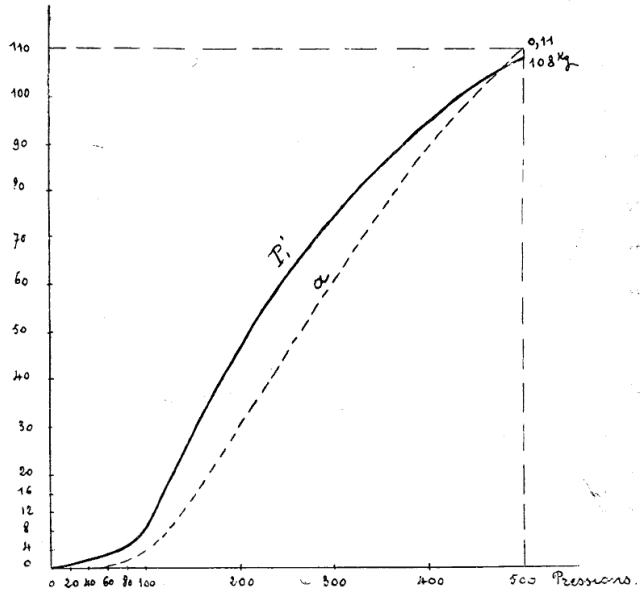



Fig. 1352. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 50$ $\Phi = 100^{\circ}$ $n = 80$.

proportionnellement avec les pressions jusqu'à 500 kilogrammes; sous cette pression, l'avance est de 0,11 et l'effort $P_1'$, de 108 kilogrammes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pièce et le foret étaient très échauffés à la fin des opérations. On déduit les valeurs suivantes de R et de $R_1$ par les relations

$$R = 0{,}0524\ \frac{P}{a} \qquad R_1 = 0{,}272\ \frac{P_1'}{a}.$$

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,004 | 0,008 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,08 | 0,10 | 0,11 |
| P = | 100 | 120 | 130 | 170 | 200 | 270 | 380 | 460 | 500 |
| R = | 1310 | 785 | 682 | 445 | 350 | 283 | 250 | 242 | 238 |
| $P_1'$ = | 10 | 17 | 20 | 34 | 46 | 65 | 88 | 102 | 108 |
| $R_1$ = | 680 | 580 | 542 | 462 | 415 | 354 | 300 | 277 | 268 |
| R'' = | 1470 | 980 | 870 | 642 | 543 | 464 | 391 | 368 | 358 |
| $\tau_1$ = | 205 | 136 | 121 | 89 | 76 | 64 | 54,5 | 51 | 49,5 |

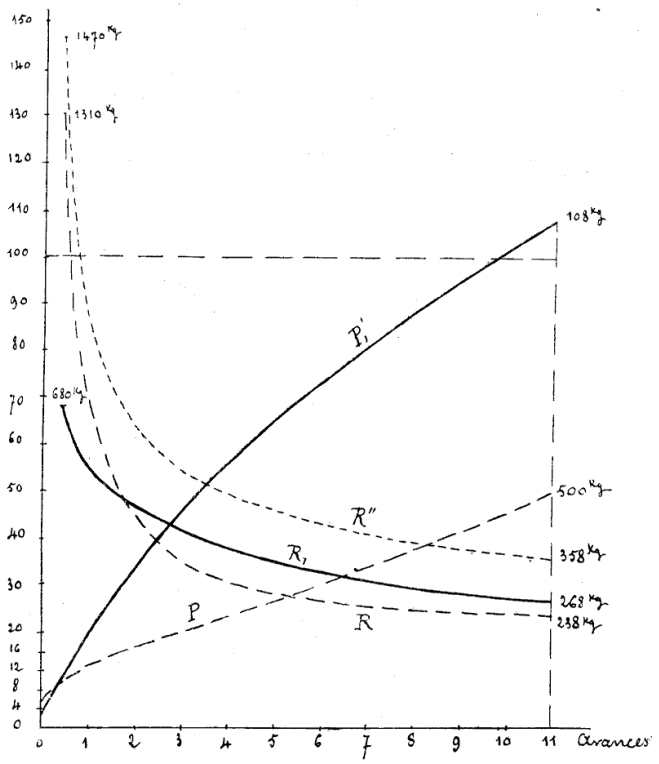



Fig. 1353. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 30$ mm. $\Phi = 100°$ $n = 80$.

Les formules à appliquer en considérant les avances 0mm,01 et 0mm,10 pour le calcul des constantes, sont

$$R = 184 + \frac{5}{a}, \qquad R_1 = 245 + \frac{3}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces valeurs sont sensiblement plus élevées que celles relatives au bronze, pour lesquelles nous avons trouvé :

$$R = 53{,}5 + \frac{6{,}3}{a} \qquad R_1 = 136 + \frac{2{,}77}{a}.$$

*Forage de fonte sous pression constante. Foret à pointe* (fig. 1354) :

$d = 50^{mm}$ $\Phi = 100°$ $n = 80$ $P = 500$ kg.

En vue de vérifier les lois de forage sous pression constante, nous avons opéré dans de la fonte avec le foret à pointe de 50 millimètres de diamètre, sous

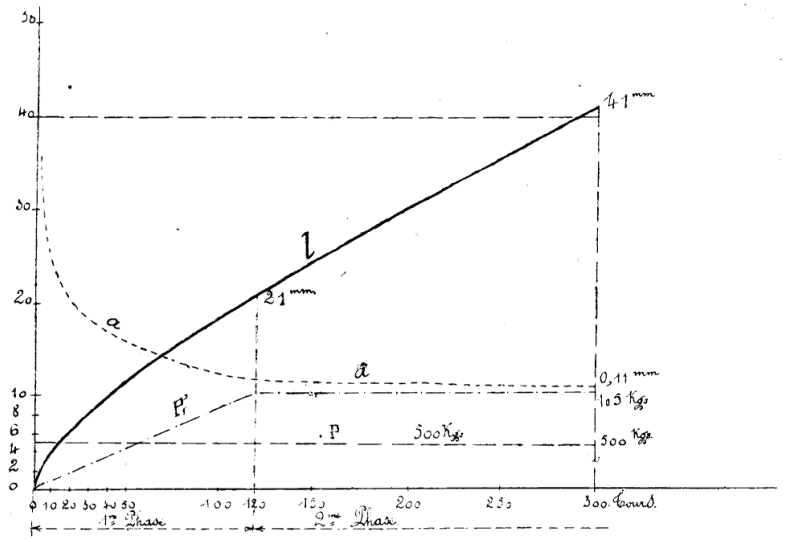



Fig. 1354. — Forage de fonte douce sous pression constante.
Foret à poiute $d = 50$ mm. $\Phi = n = 80$ P $= 500$ kg.

une pression de 500 kilogrammes, exercée dès le début de l'opération sur la pointe.

Nous avons obtenu les résultats (fig. 1354) qui concordent bien avec les relations établies dans l'un des précédents chapitres.

Il suffit de s'arrêter aux courbes ou droites des pénétrations $l$, des avances $a$ des efforts tangentiels $P_1'$ pour reconnaître les lois de l'opération qui s'est faite très régulièrement.

La fonte se prête bien à un tel essai; les efforts $P'_1$ ont progressé d'une façon continue sans à-coups.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous n'avons pas poursuivi jusqu'à la troisième phase, parce qu'il est plus difficile de la réussir sans risquer de briser le foret; et d'autre part, comme la pointe ne le guide plus, il se produit une surface ondulée, les efforts $P'_1$ accusent des variations brusques qui faussent les résultats.

*Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1355-1356) :

$$d = 25 \qquad \Phi = 120 \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},30$$

L'arête extrême du foret hélicoïdal donne lieu à un retard à la pénétration plus accentuée qu'avec le foret ordinaire à pointe réduite; il s'ensuit que, dans la première phase, les avances ne sont pas constantes.

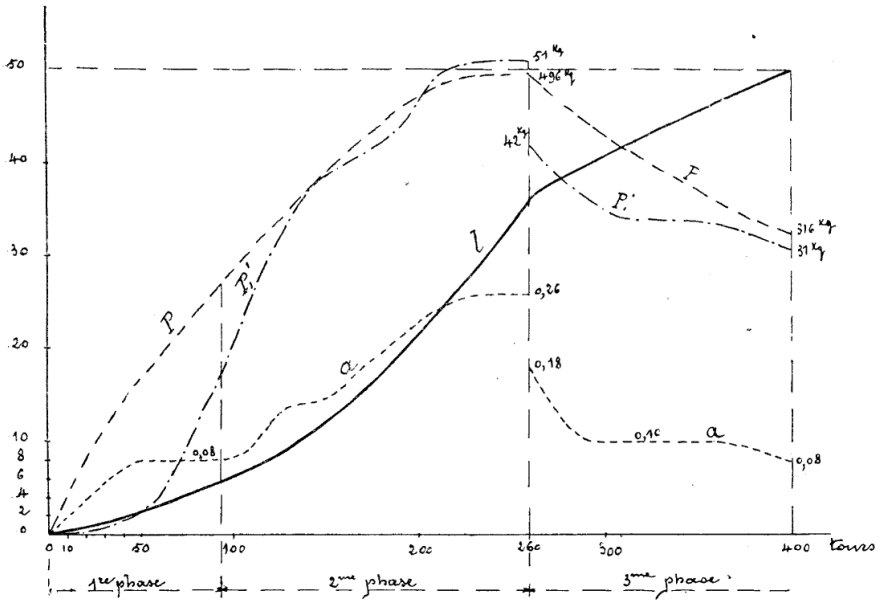



Fig. 1355. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi$ 120° $n = 36$ $a = 0,30$.

L'avance est devenue constante et égale à $0^{mm},08$ à partir de 50 tours. A 92 tours, la tête du foret était complètement engagée. Vers la fin de la deuxième phase, la pression est restée constante et égale à 495 kilogrammes; de même l'avance égale à 0,26 ne variait plus; le foret n'engageait pas.

Dès le débrayage à 260 tours, il y a eu chute de l'avance à $0^{mm},18$, chute cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

respondante de $P'_1$ à 42 kilogrammes. Entre 300 et 360 tours, l'avance est restée de 0,10 et les pressions diminuaient, il y avait donc un certain effet de vissage du foret dû à la profondeur du trou (40 millimètres).

Nous avons suspendu l'opération à 400 tours, afin de ne pas faire dépasser

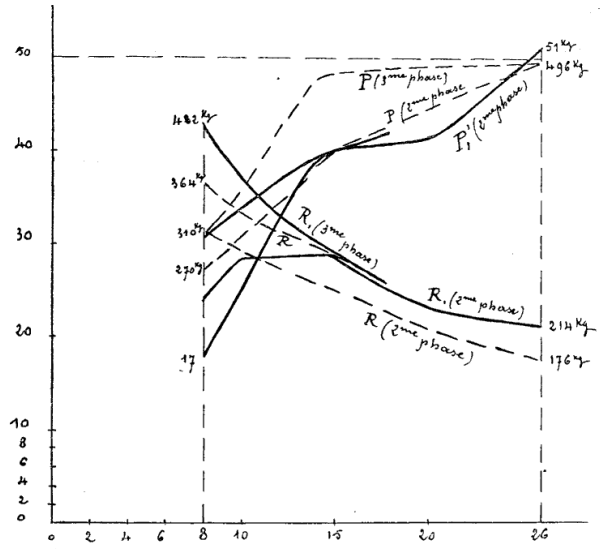



Fig. 1356. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a = 0.30$

l'outil qui aurait pu se rompre avec une pression de 300 kilogrammes déterminant une avance trop forte à la fin de la quatrième phase :

On obtient, pour

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $a$ = | 0,08 | 0,10 | 0,15 | 0,18 | 0,20 | 0,26 |
| 2e phase. | P = | 270 | 310 | 400 | 425 | 445 | 496 |
| | R = | 310 | 288 | 247 | 219 | 206 | 176 |
| | $P_1'$ = | 17 | 26 | 39 | 41 | 41,5 | 51 |
| | $R_1$ = | 232 | 283 | 284 | 250 | 226 | 214 |
| 3e phase. | P = | 316 | 360 | 480 | 496 | | |
| | R = | 364 | 334 | 296 | 255 | | |
| | $P_1'$ = | 31 | 34 | 40 | 42 | | |
| | $R_1$ = | 422 | 370 | 292 | 255 | | |

Les courbes des R pour les deuxième et troisième phases ne se raccordent pas comme celles des $R_1$ (fig. 1356).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1357-1358) :

$$d = 25 \qquad \Phi = 120 \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25$$

Essai des plus réguliers; les courbes de P et des $P'_1$ n'ont pas de perturbations. A 200 tours, fin de la deuxième phase, l'effort P = 384 kilogrammes; $P'_1 = 38$ kilogrammes, avance $a = 0,16$. La troisième phase est très étendue, de

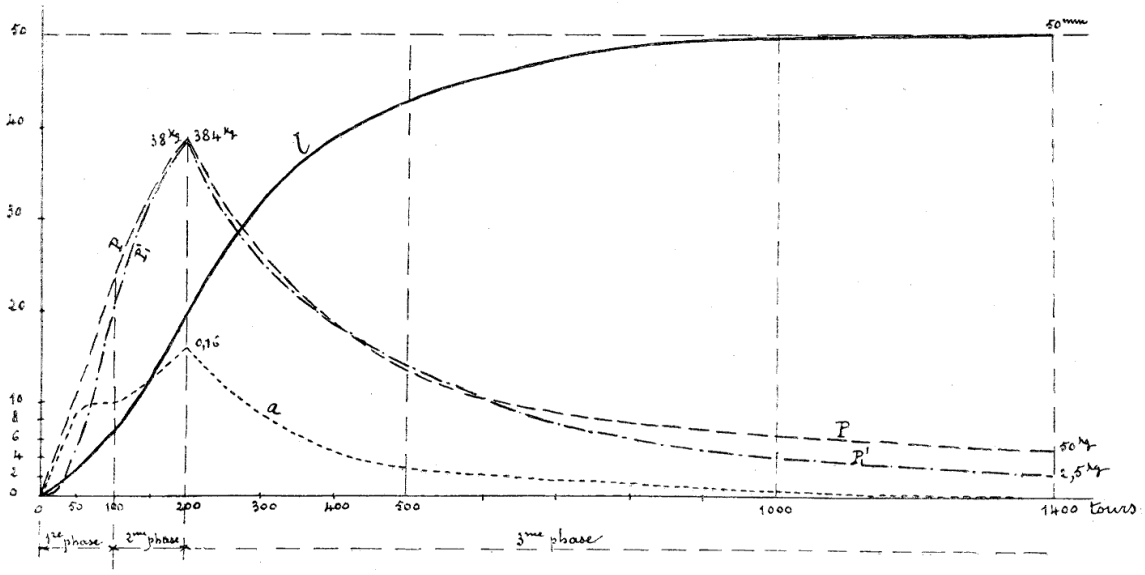



Fig. 1357. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

200 à 1 400 tours avec pression finale de 50 kilogrammes; effort $P'_1 = 5$ kilogrammes, avance nulle et pénétration totale de 50 millimètres.

Les valeurs de R et de $R_1$ relatives à la troisième phase sont, pour

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,16 |
| P = | 75 | 98 | 190 | 270 | 384 |
| R = | 695 | 454 | 352 | 250 | 244 |
| $P_1'$ = | 6 | 9,5 | 19 | 26 | 38 |
| $R_1$ = | 650 | 546 | 415 | 284 | 268 |
| $R''$ = | 953 | 710 | 544 | 379 | 362 |
| $\tau_1$ = | 90 | 76 | 58 | 39 | 37 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1359-1360) :

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

Dans cet essai, nous avons réalisé les quatre phases. La courbe des pénétra-

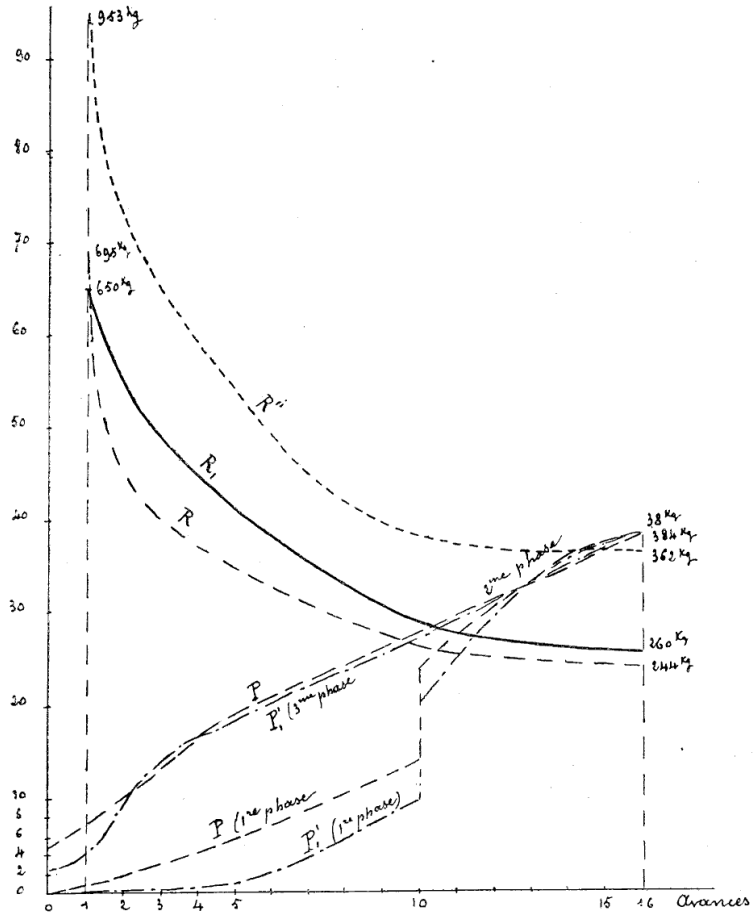



Fig. 1358. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe à double biseau $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

tions accuse des avances croissantes pendant les deux premières phases de 0 à 300 tours parce qu'une pression initiale de 40 kilogrammes s'exerçait sur l'outil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la troisième phase, 300 à 450 tours, les avances diminuent, puis, pendant la quatrième phase, 450 à 490 tours, elles se relèvent rapidement.

Les pressions P s'abaissent en tendant vers 270 kilogrammes dans la qua-

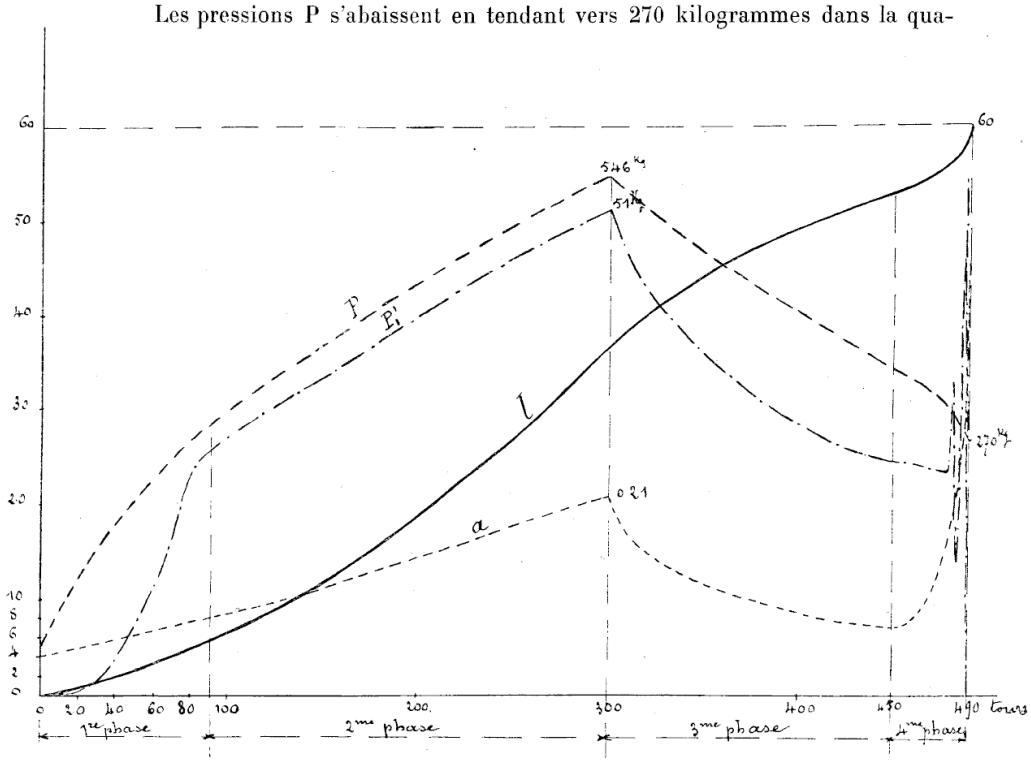



Fig. 1359. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret $c$ à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

trième phase, tandis que les efforts $P'_1$ varient, subissent des fluctuations importantes par suite des coupes défectueuses qui se produisent à la fin de l'opération.

En considérant la deuxième phase, on obtient, pour

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ | = 0,08 | 0,10 | 0,15 | 0,21 |
| P | = 280 | 325 | 440 | 546 |
| R | = 374 | 300 | 268 | 240 |
| $P_1'$ | = 25 | 30 | 40 | 51 |
| $R_1$ | = 340 | 327 | 290 | 265 |
| $R''$ | = 505 | 444 | 395 | 357 |
| $\tau_1$ | = 47 | 45,5 | 40 | 37 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1361-1362) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25.$$

Les avances croissent jusqu'à 60 tours ; la pointe est, à ce moment, en prise complète; puis les tranchants droits s'amorcent ; l'avance décroît, attendu que les tranchants droits exigent une pression supplémentaire donnée par un

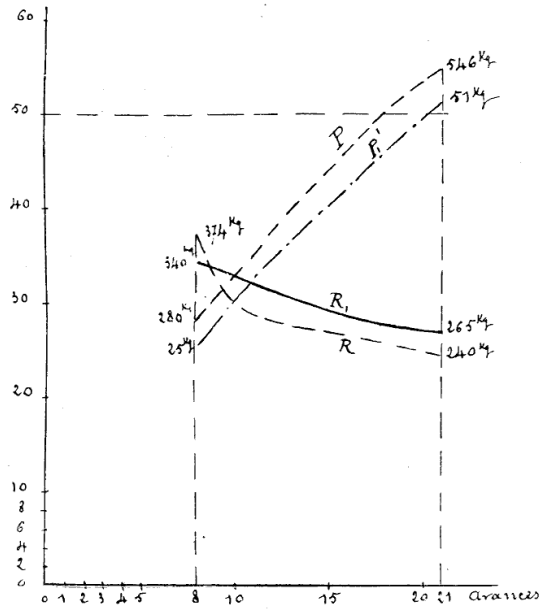



Fig. 1360. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

certain nombre de tours déterminant l'avance du chariot et la surtension du ressort.

A 100 tours, l'avance progresse de nouveau jusqu'à $0^{mm},20$, fin de la deuxième phase à 300 tours, où se produit le débrayage. La courbe des P (fig. 1361) s'est relevée et s'est maintenue pendant la troisième phase à des valeurs un peu trop grandes parce que le trou était bourré. A 460 tours, la pointe débouche et caractérise une quatrième phase; à 480 tours, une rondelle de $0^{m},5$ d'épaisseur se détache brusquement. L'effort $P'_1$ prend une valeur assez grande avant de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devenir nulle. En considérant les valeurs de P et $P'_1$ de la deuxième phase, on déduit, pour

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,06 | 0,08 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| P = | 190 kil. | 220 | 250 | 340 | 460 |
| R = | 253 | 220 | 200 | 182 | 184 |
| $P_1'$ = | 17 | 21 | 24 | 32,5 | 42 |
| $R_1$ = | 309 | 286 | 262 | 236 | 230 |
| $R''$ = | 339 | 361 | 329 | 298 | 298 |
| $\tau_1$ = | 44 | 40 | 36,5 | 33 | 32 |

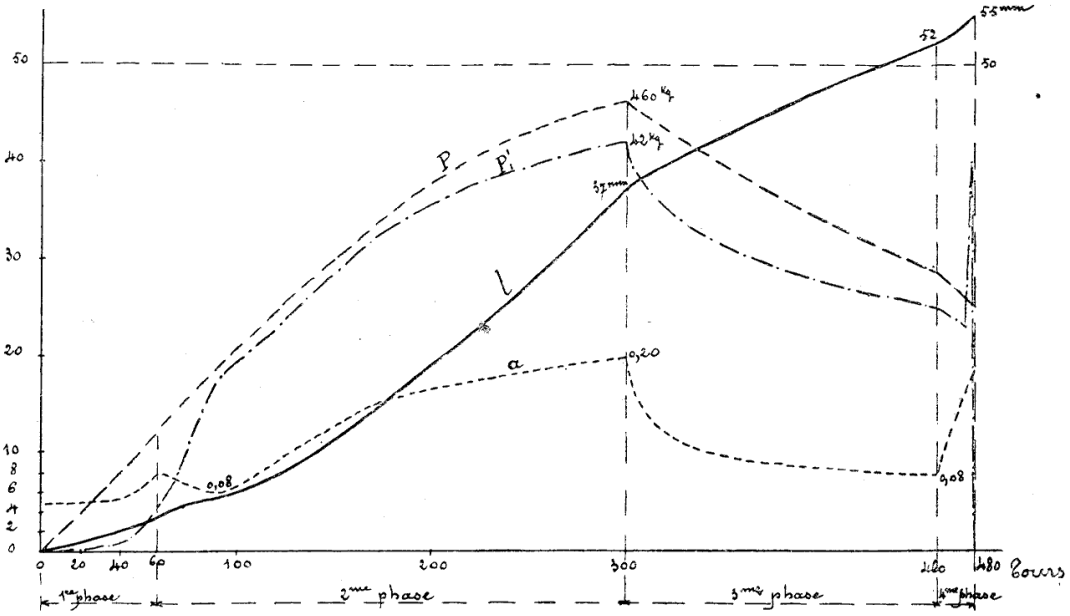



Fig. 1361. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

*Forage de fonte sous avance constante.* — Comme il nous était plus facile de multiplier les essais comparatifs avec la fonte qu'avec les autres métaux, nous avons opéré sous *avance constante*. N'ayant pas à notre disposition de foreuse à avance continue, et comme une foreuse avec avance intermittente à encliquetage donnait plus de chances d'irrégularités qu'une fraiseuse universelle dont la tête porte-outil était actionnée automatiquement pour la descente, nous nous sommes servi de cette dernière machine (modèle Huré); elle nous a permis d'opérer sous des avances $a$ de 0,175 et 0,25 de millimètre.

La pièce était une barre de fonte douce bien homogène, de 40 millimètres d'épaisseur, provenant d'un essai au choc, et dont les deux morceaux permettaient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de percer des trous à volonté avec les trois forets employés. La barre était placée sur le plateau à billes posé sur une bascule de 500 kilogrammes. Dans ces essais nous avions soin de limiter les oscillations de l'index au jeu (2 millimètres) qui existait entre l'armature supérieure et la barrette qui soulève au repos le levier de la romaine.

A l'aide du curseur, on déterminait facilement la pression qui ne variait guère dans la période principale, soit celle de pleine prise du foret et quand l'avance était devenue constante.

Dans ces essais, il faut avoir grand soin de mesurer directement les péné-

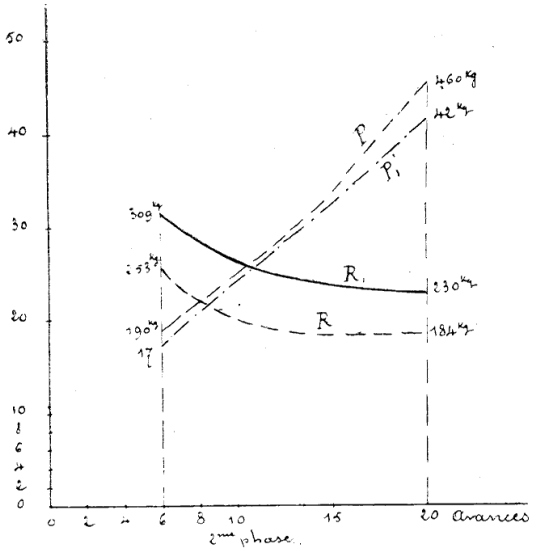



Fig. 1362. — Forage de fonte sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 36$ $a_1 = 0{,}25$.

trations $l$ parce qu'elles diffèrent plus ou moins des déplacements théoriques en fonction du nombre de tours.

La fraiseuse devenue foreuse avait son renvoi commandé par un dynamomètre de rotation donnant ainsi les efforts $P''_1$, qui ont été indiqués sur les diverses figures.

Une telle machine peut être complètement assimilée à une foreuse radiale. L'ensemble du mécanisme, à partir du dynamomètre de commande jusqu'au foret, comprenait huit couples d'organes intermédiaires, dont un harnais de 4 roues cylindriques et quatre couples de roues coniques.

Le module de ce mécanisme est déduit en considérant :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Énergie motrice à la poulie du dynamomètre par seconde

$$\tau_m = \frac{\pi D l P_1''}{60} = \frac{3{,}14 \times 360 \times 160}{60} \times P_1 .$$

Énergie à l'outil par seconde

$$\tau_u = \frac{2\pi L P_1' l'}{60} = \frac{2 \times 3{,}14 \times 85 \times 16}{60} \times P_1 ,$$

soit :

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = \frac{2 L l'}{D l} \frac{P_1'}{P_1''} = \frac{170 \times 16}{360 \times 160} \frac{P_1'}{P_1''} = 0{,}0472 \frac{P_1'}{P_1''}.$$

*Foret hélicoïdal* (fig. 1363) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^\circ \qquad n = 16 \qquad a_1 = 0{,}175.$$

La droite $l_1$ représente les déplacements théoriques, tandis que la courbe $l$

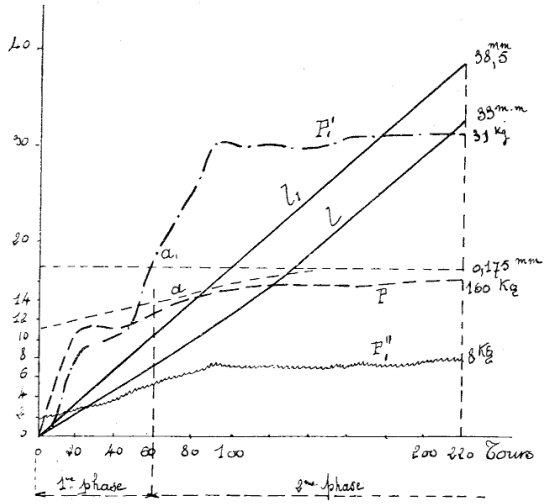



Fig. 1363. — Forage de fonte sous avance constante.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi$ 120° $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

est relative aux pénétrations réelles. Ce n'est qu'à partir de 130 tours que l'avance devient constante et égale à $a_1 = 0{,}175$.

Les avances croissent de $0^{mm},11$ à $0^{mm},175$. De 130 à 220 tours, la pression est restée voisine de 160 kilogrammes. De même $P'_1$ n'a guère varié dans cette

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

période de l'essai. Nous déduirons simplement R et $R_1$ pour l'avance 0,175, soit

$$R = 0{,}0925 \quad \frac{P}{a} = 0{,}0925 \quad \frac{160}{0{,}175} = 84 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 1{,}09 \quad \frac{P_1'}{a} = 1{,}09 \quad \frac{31}{0{,}175} = 194 \text{ kg.}$$

Faisons ressortir aussi le rapport

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}0472 \quad \frac{P_1'}{P_1''} = 0{,}0472 \quad \frac{31}{7{,}5} = 0{,}195$$

valeur faible à cause du grand nombre d'intermédiaires que comporte le mécanisme.

*Forage de fonte sous avance constante. Foret hélicoïdal* (fig. 1364) :

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

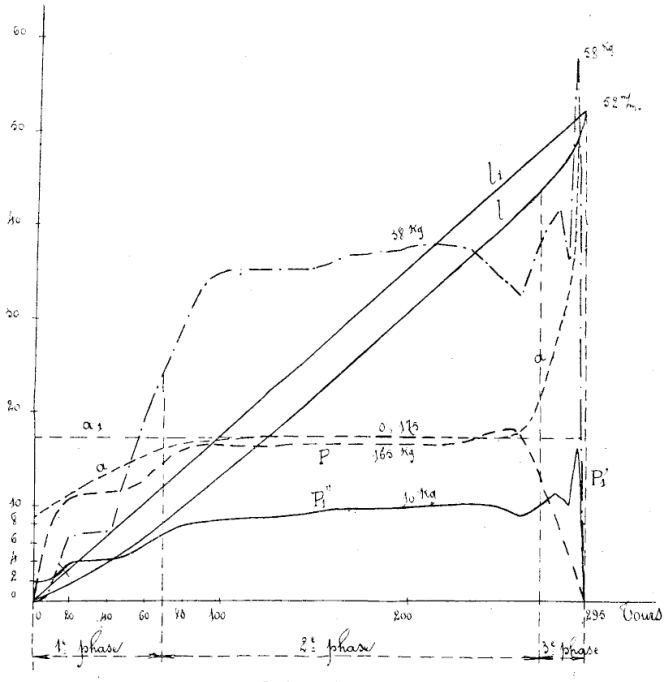



Fig. 1364. — Forage de fonte douce sous avance constante.
Foret hélicoïdal $d$ 25 $\Phi = 120°$ $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

Dans ce deuxième essai, sous même avance de $0^{mm},175$, nous avons voulu contrôler le premier et poursuivre l'opération jusqu'à travers la pièce.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous relevons, pendant la première et la deuxième phase, pour les courbes des $l$, des P et des $P'_1$, des allures analogues à celles de l'essai qui précède; elles se modifient pour la troisième phase. Les avances s'accentuent, les pressions diminuent rapidement, les efforts de coupe $P'_1$ ont des soubresauts prononcés.

On peut prendre 165 kilogrammes comme moyenne de P et 38 kilogrammes pour $P_1'$, soit

$$R = 0{,}0925 \quad \frac{P}{a} = 0{,}0925 \quad \frac{165}{0{,}175} = 87 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 1{,}09 \quad \frac{P_1'}{a} = 1{,}09 \quad \frac{38}{0{,}175} = 238 \text{ kg.}$$

Ces valeurs sont un peu plus élevées que dans le premier essai, probable-

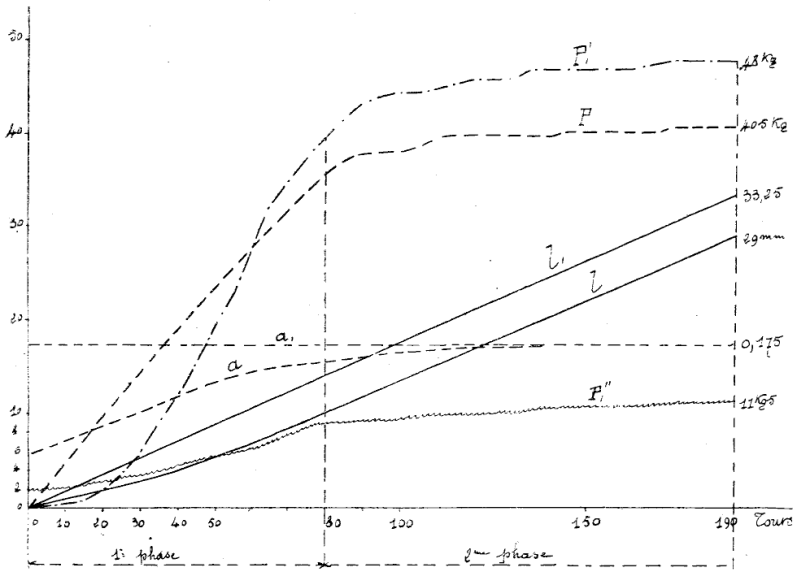



Fig. 1365 — Forage de fonte sous avance constante.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120$; $n = 16$ $a_1 = 175$.

ment parce que le foret avait été fraîchement affûté, et que, déjà dans le second essai, les tranchants étaient moins vifs.

Le rendement ressort à

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}0472 \quad \frac{38}{10} = 0{,}180.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous avance constante. Foret hélicoïdal* (fig. 1365 *bis*) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 16 \qquad a_1 = 0{,}25.$$

Sous avance de $0^{mm},25$, la pression P a atteint plus rapidement sa valeur maximum 400 kilogrammes, qui est restée constante d'une façon parfaite entre

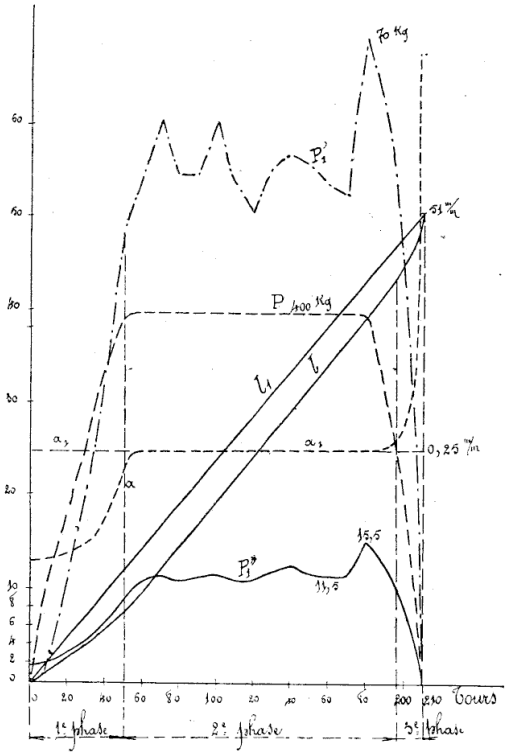



Fig. 1365 *bis*. — Forage de fonte douce sous avance constante.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120$ $n = 16$ $a_1 = 0{,}25$.

60 et 80 tours, tandis que $P'_1$ variait beaucoup ; la moyenne est de $P'_1 = 56$ kilogrammes. On déduit

$$R = 0{,}0925 \times \frac{400}{0{,}25} = 148 \text{ kg.}$$

$$R_1 = 1{,}09 \frac{56}{0{,}25} = 244 \text{ kg.}$$

Le rapport :

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}0472 \frac{56}{11{,}5} = 0{,}230.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rendement a augmenté un peu, l'énergie totale développée étant plus grande que dans les deux premiers essais.

*Forage de fonte sous avance constante. Foret à pointe* (fig. 1365-1367) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 16 \qquad a_1 = 0{,}175.$$

Dans un premier essai avec ce foret, nous l'avons arrêté pendant la deuxième phase (fig. 1365), tandis que dans un second nous avons traversé la pièce et réalisé la troisième phase (fig. 1366). Les valeurs de P pour $a = 0^{mm},175$ sont

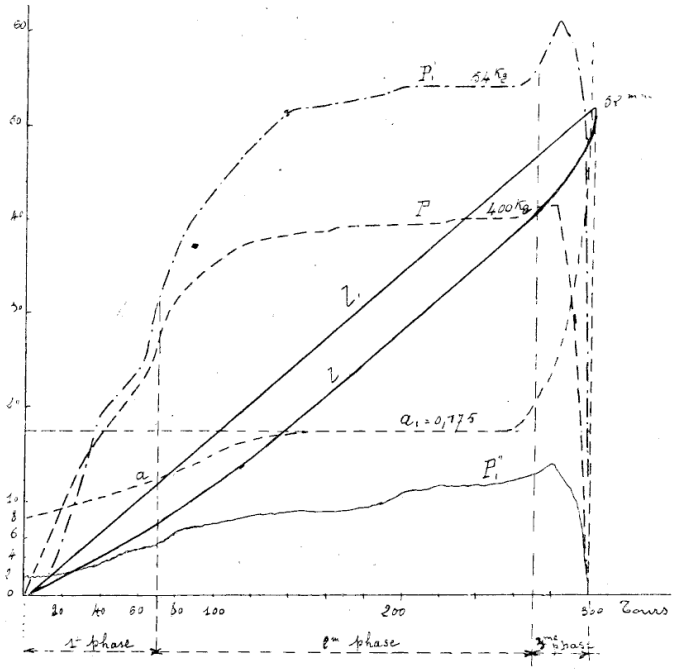



Fig. 1366. — Forage de fonte sous avance constante.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

très peu différentes, tandis que la moyenne de $P'_1$ est de 47 kilogrammes (1er essai), de 53 kilogrammes (2e essai). Il ne faut pas s'étonner de telles différences dans ces opérations, d'autant plus que les efforts $P'_1$ oscillent plus ou moins à chaque instant. On déduit :

1er essai. $R = \dfrac{0{,}0925 \times 400}{0{,}175} = 211$ $\qquad R_1 = \dfrac{0{,}109 \times 47}{0{,}175} = 294$ $\qquad \dfrac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}202$

2e essai. $R = \dfrac{0{,}0925 \times 400}{0{,}175} = 211$ $\qquad R_1 = \dfrac{0{,}109 \times 54}{0{,}175} = 338$ $\qquad \dfrac{\tau_u}{\tau_m} = 0{,}213.$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sous avance de $0^{mm},25$ (fig. 1367), l'opération a encore été très régulière. Les efforts P et $P'_1$ varient peu lorsque l'avance est devenue constante. On obtient

$$R = \frac{0,0925 \times 480}{0,25} = 178 \text{ kg.}$$

$$R_1 = \frac{0,109 \times 56}{0,25} = 245 \text{ kg.}$$

$$\frac{\tau_u}{\tau_m} = \frac{0,0472 \times 55}{14} = 0,186.$$

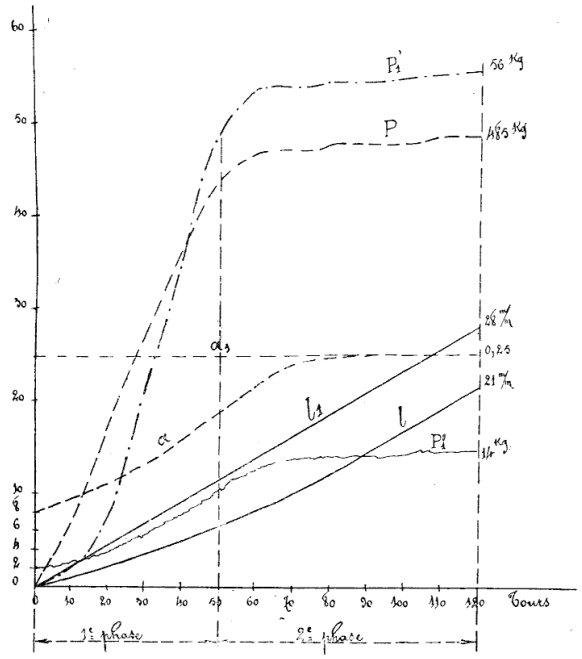



Fig. 1367. — Forage de fonte sous avance constante.
Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 16$ $a_1 = 0,25$.

*Forage de fonte sous avance constante. Foret droit* (fig. 1368-1369) :

$$d = 25 \qquad n = 16 \qquad a_1 = 0,175.$$

Nous avons fait deux essais sous avances de 0,175; ils sont des plus concordants.

On trouve :

1er essai. $R = \frac{0,08 \times 380}{0,175} = 174$ kg. $\quad R_1 = \frac{1,09 \times 41}{0,175} = 255 \quad \frac{\tau_u}{\tau_m} = 0,175$

2e essai. $R = \frac{0,08 \times 390}{0,175} = 178$ kg. $\quad R_1 = \frac{1,09 \times 42}{0,175} = 262 \quad \frac{\tau_u}{\tau_m} = 0,175.$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

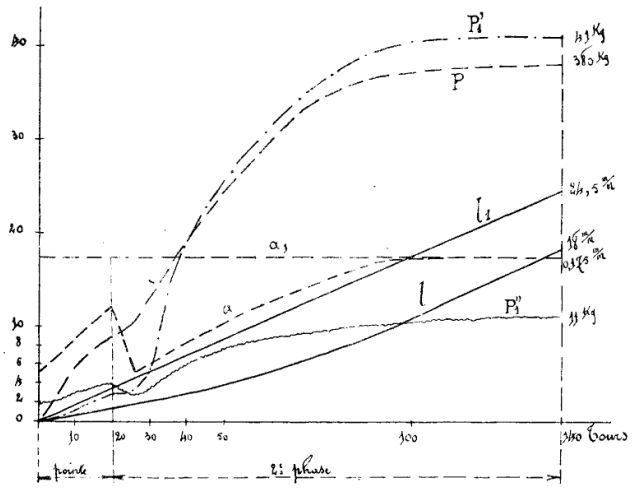



Fig. 1368. — Forage de fonte douce sous avance constante.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

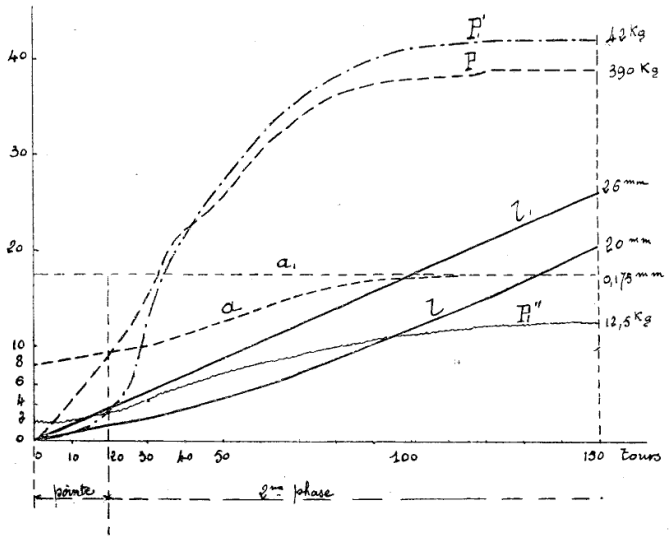



Fig. 1369. — Forage de fonte douce sous avance constante.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 16$ $a_1 = 0{,}175$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si nous comparons les résultats des trois forets, il vient en prenant les moyennes des essais répétés

| | $a =$ 0mm,175 | $a =$ 0,25 | $a =$ 0,175 | $a =$ 0,25 |
|---|---|---|---|---|
| Foret hélicoïdal. . . | R = 85 kil. | 148 | $R_1$ = 216 | 244 |
| Foret à pointe.. . . | R = 211 | 178 | $R_1$ = 294 | 245 |
| Foret droit. . . . . | R = 176 | » | $R_1$ = 258 | » |

Sous avance de 0,175, le foret hélicoïdal exigeait la moindre pression et le moindre effort de coupe; puis venait le foret droit. Sous avance de 0,25, les

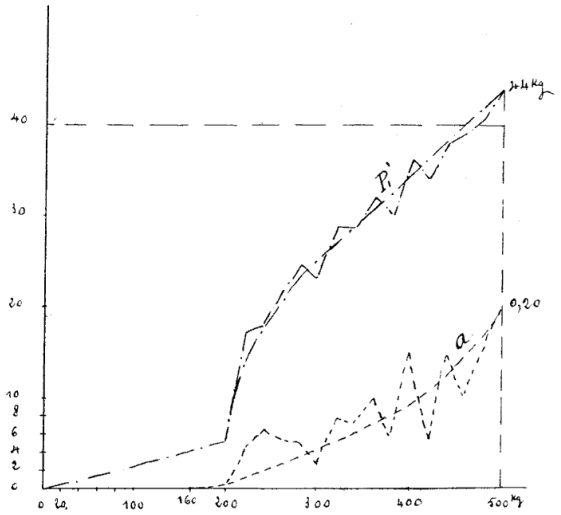



Fig. 1370. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi$ 120° $n = 80$.

efforts de coupe étaient égaux pour le foret à pointe et le foret hélicoïdal, tandis que la pression était plus faible pour le foret hélicoïdal.

On voit, par ces quelques exemples, que la méthode sous avance constante pourrait donner des valeurs de R et de $R_1$ pour des avances inférieures à l'avance $a_1$, mais il est préférable d'opérer sous pressions constantes, les opérations sont moins longues et plus faciles à multiplier, ainsi que nous l'avons déjà dit.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1370-1371) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120 \qquad n = 80.$$

Dans une première série d'essais, nous avons opéré en augmentant la pression P de 20 en 20 kilogrammes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'à 160 kilogrammes, le foret frottait; de 160 à 200, il grattait, à 220 l'attaque s'accentue avec une avance de $0^{mm},04$. Ensuite, nous avons relevé des

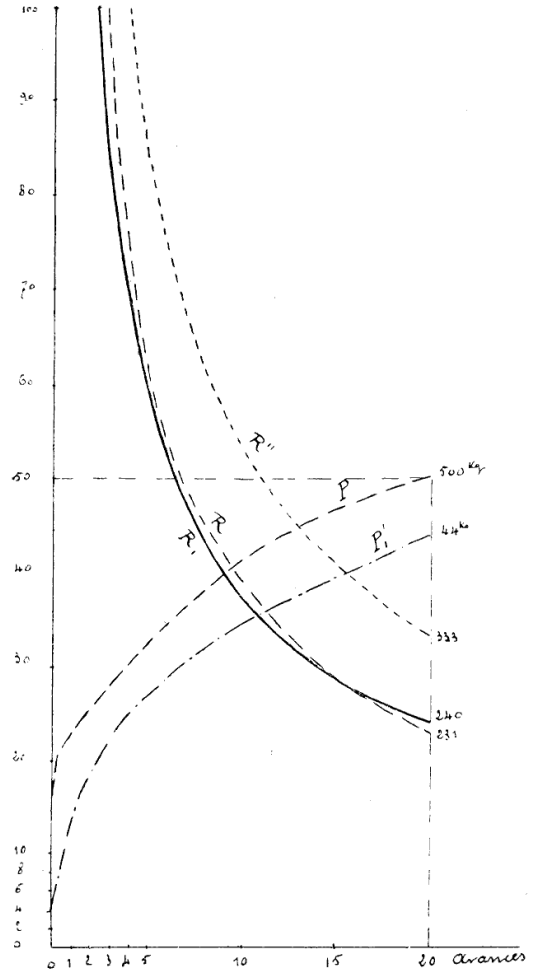



Fig. 1371. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ Φ $120°$ $n = 80$.

valeurs très variables des avances (fig. 1370); le foret engageai' ou se dégageait, il était des plus capricieux.

Il convient de considérer la courbe moyenne des avances, et de même la courbe moyenne de $P'_1$ dont les variations étaient moins arbitraires que celles de $a$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans la courbe des $P_1'$, on distingue bien la partie relative aux frottements sans attaque appréciable. On obtient, pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm.01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| P = | 230 | 260 | 325 | 415 | 470 | 500 |
| R = | 2130 | 1200 | 600 | 385 | 290 | 231 |
| $P_1'$ = | 14 | 18,5 | 27 | 34,5 | 39,5 | 44 |
| $R_1$ = | 1530 | 1050 | 590 | 375 | 287 | 240 |
| $R''$ = | 2620 | 1595 | 842 | 537 | 408 | 333 |
| $\tau_1$ = | 213 | 140 | 82 | 52 | 40 | 33,5 |

Les irrégularités de cet essai nous ont conduit à opérer en faisant décroître les pressions de 50 en 50 kilogrammes, à partir de 500 kilogrammes, et sur des éprouvettes distinctes à chaque fois, de manière que la profondeur du trou prît moins d'importance sur le vissage de l'outil, fait déjà signalé, le foret héli-

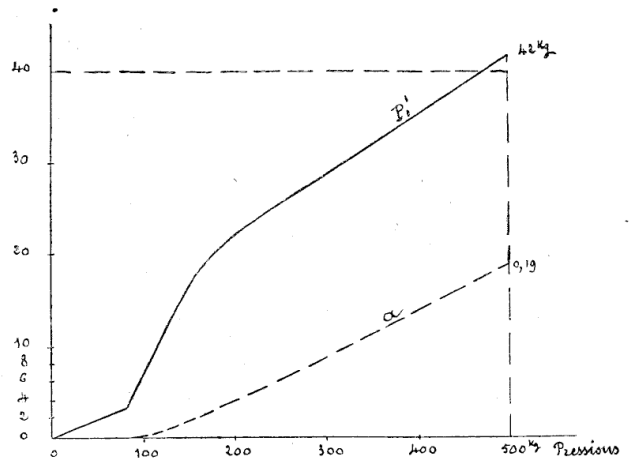



Fig. 1372. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

coïdal ayant d'autant plus tendance à engager que le trou est plus profond et la pression plus élevée.

Nous avons ainsi obtenu des résultats dont la grande régularité nous a surpris; ils accusent les courbes fig. 1372-1373. Les ascisses étant les pressions, la courbe des avances se confond avec une droite; celle des $P_1'$ comprend deux portions de droites raccordées et une partie droite qui correspond aux efforts des frottements jusqu'à la pression de 80 kilogrammes, moitié plus petite que celle (160 kilogrammes) du premier essai. Ces nombres montrent combien sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parfois variables les pressions de prise de ce foret et d'ailleurs de tous les outils coupants dont l'angle de dépouille $\beta$ est assez petit ou quand l'arête est un peu

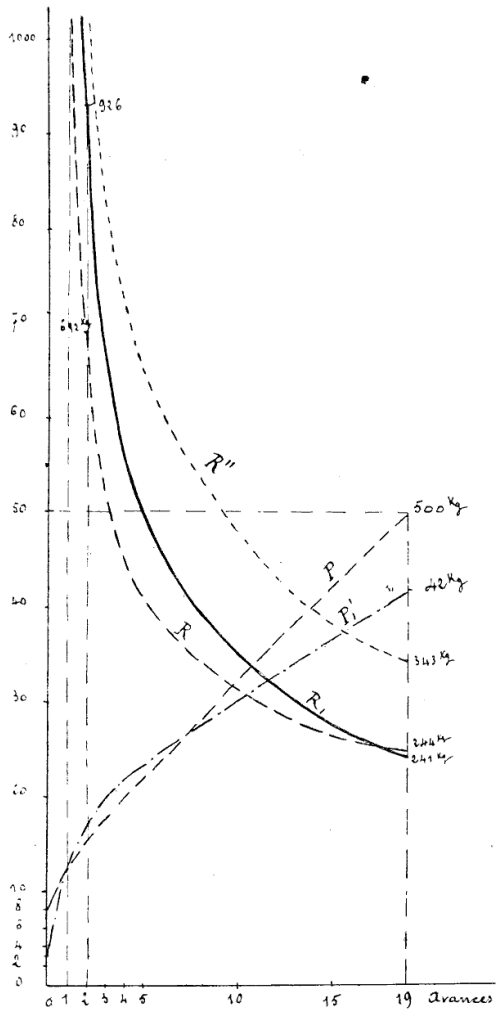



Fig. 1373. — Forage de fonte sous pressions croissantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

émoussée. Les abscisses étant les avances (fig. 1373), les courbes des pressions P et des efforts P′ affectent les formes déjà rencontrées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les divers éléments constatés ou calculés sont

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,19 |
| P = | 125 kil. | 150 | 220 | 325 | 425 | 500 |
| R = | 1155 | 692 | 407 | 300 | 262 | 244 |
| P′ = | 13 | 17 | 23 | 30 | 37 | 42 |
| $R_1$ = | 1420 | 926 | 500 | 378 | 268 | 241 |
| R″ = | 1830 | 1160 | 645 | 482 | 575 | 343 |
| $\tau_1$ = | 196 | 128 | 69 | 52 | 37 | 33,5 |

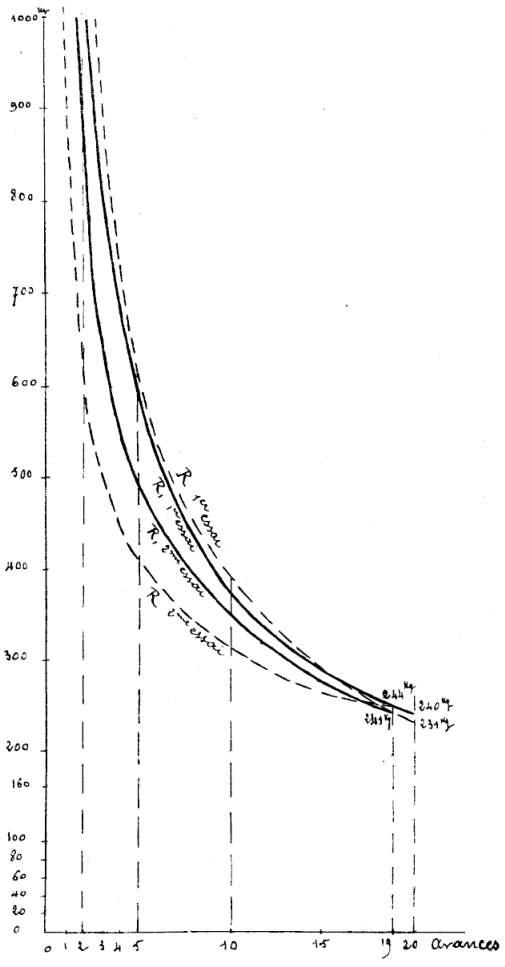



Fig. 1374. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$. Valeurs comparatives de R et de $R_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les courbes des R et des $R_1$ de ces deux dernières séries d'essais sont faciles à comparer (fig. 1374). Les R s'écartent assez, tandis que les $R_1$ diffèrent peu à partir de $a = 0{,}10$.

En tablant sur les valeurs de la deuxième série, on en déduit

$$R = 190 + \frac{10}{a}$$

$$R_1 = 163 + \frac{15{,}2}{a}.$$

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1375-1376).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

De nouveau, nous avons opéré en faisant croître la pression de 50 en 50 kilo-

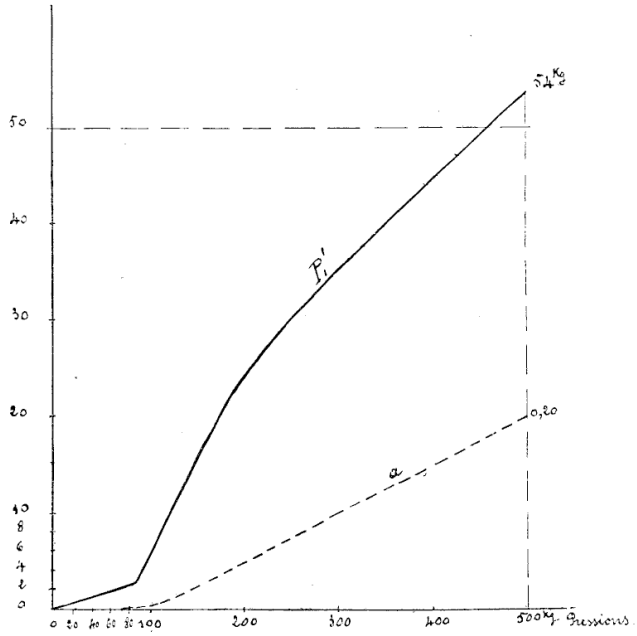



Fig. 1375. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

grammes à partir de 100 kilogrammes, valeur pour laquelle le foret ne faisait que gratter. Nous avons obtenu des valeurs de P et de $P_1'$, un peu irrégulières

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quand on prend pour abscisses les avances (fig. 1376). On obtient les valeurs suivantes pour

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0mm,20 |
| P = | 105 | 140 | 198 | 320 | 395 | 500 kil. |
| R = | 970 | 650 | 365 | 296 | 243 | 231 |
| $P_1'$ = | 9 | 12 | 20 | 34 | 46 | 58 |
| $R_1$ = | 980 | 655 | 436 | 370 | 334 | 316 |

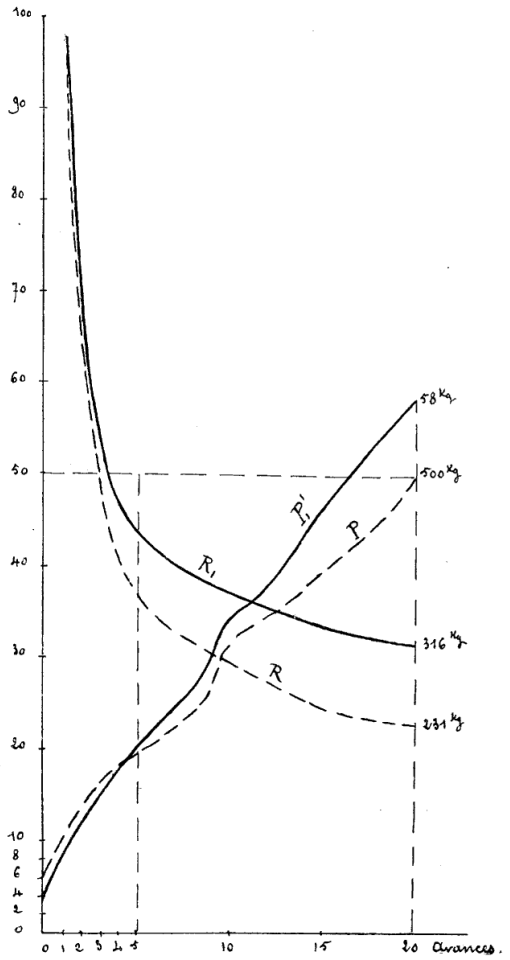



Fig. 1376. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans une deuxième série, les pressions décroissant de 50 en 50 kilogrammes à partir de 500 kilogrammes, nous avons constaté plus de régularité.

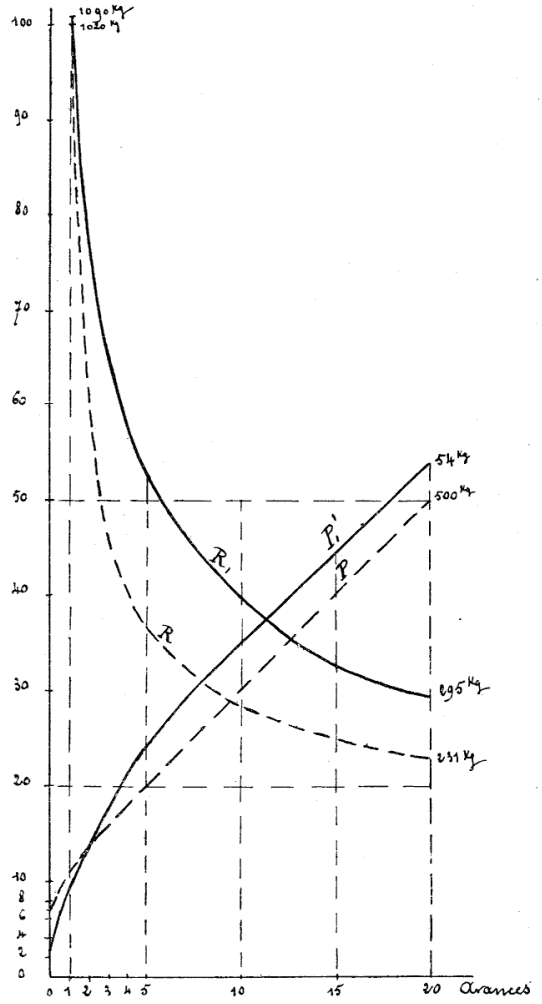



Fig. 1377. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

La pression de prise s'est abaissée à 70 kilogrammes avec effort $P_1' = 2{,}5$ kg.

Les courbes des P et des $P_1'$ (fig. 1377) ont une grande ressemblance avec celles du foret hélicoïdal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On en déduit

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| P = | 110 | 140 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| R = | 1020 | 648 | 370 | 279 | 247 | 231 |
| $P_1'$ = | 10 | 14 | 24 | 35 | 44 | 54 |
| $R_1$ = | 1090 | 763 | 523 | 382 | 320 | 295 |
| $R''$ = | 1490 | 1000 | 641 | 473 | 404 | 375 |
| $\tau_1$ = | 152 | 106 | 72 | 53 | 45 | 41 |

$$R = 183 + \frac{9,25}{a}$$

$$R_1 = 242 + \frac{10,4.}{a}$$

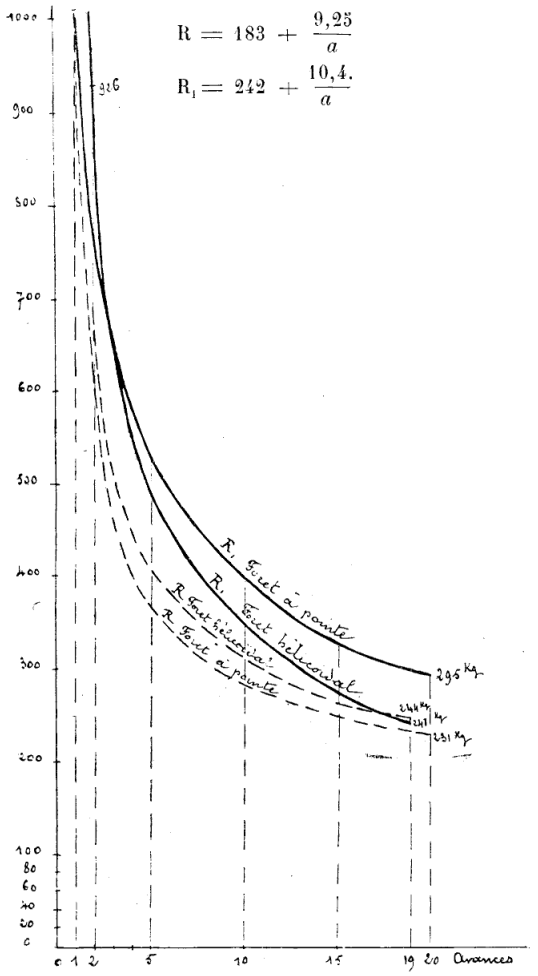



Fig. 1378. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal et foret à pointe. Comparaison des valeurs de R et de $R_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour des avances égales, le foret ordinaire a exigé des pressions moindres que celles du foret hélicoïdal lorsque celui-ci n'engage pas, mais à partir de $a = 0{,}03$ les efforts $P_1'$, sont plus élevés pour le premier foret que pour le second, dans les proportions qu'indique la figure 1378.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées avec trou de 5 millimètres percé au préalable dans la pièce. Foret hélicoïdal* (fig. 1379-1380).

$$d = 25 \qquad \Phi = 120^\circ \qquad n = 80$$

En vue de rechercher l'influence de l'arête extrême sur les pressions, nous avions d'abord opéré avec du bronze, mais le métal n'était pas assez dur, le foret engageait sous de très faibles pressions, l'essai était des plus difficiles à conduire. L'engagement est favorisé, parce que le foret est moins bien guidé que lorsque sa pointe entre en jeu; le foret s'excentre et attaque d'une façon défectueuse comme par exemple fig. 1379, laquelle se rapporte à un foret hélicoïdal dans du bronze.

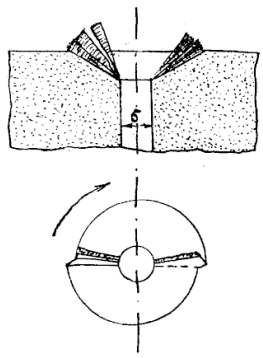


Fig. 1379.

Avec de la fonte, métal de plus grande dureté, l'opération s'est bien comportée.

A la pression de 100 kilogrammes, le foret chante, gratte très peu. A 150 kilogrammes, le foret chante encore en accusant une avance de $0^{mm},0025$; à 200 kilogrammes le foret attaque relativement fort sous avance de 0,11; à 250 kilogrammes l'avance est de 0,29. Au-dessus de 250 kilogrammes le foret engage, il n'est plus possible d'opérer d'une manière régulière.

On constate ainsi la grande utilité de la pointe pour retenir et surtout guider le foret lorsque la pièce n'est pas bien assujettie et lorsque l'arbre porte-foret n'est pas équilibré ni maintenu rigide latéralement, ce qui est difficile avec le grand déplacement longitudinal qu'il doit pouvoir prendre. C'est pourquoi, lorsqu'on agrandit un trou avec un foret de ce genre, il importe de ne pas exercer une pression trop forte si l'on veut opérer d'une façon correcte et prévenir la rupture de l'outil.

Le foret à trois ou quatre tranchants se guide mieux dans ce cas, parce qu'il est mieux équilibré et qu'il divise l'avance $a$ en trois ou quatre copeaux.

En opérant sous pressions décroissantes de 20 en 20 kilogrammes à partir de 150 kilogrammes, nous avons obtenu la dernière prise de l'outil à 80 kilogrammes et les courbes des P et des $P_1'$ (fig. 1380) dont nous avons déduit les coefficients

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R et $R_1$ en considérant les formules qui tiennent compte du diamètre $d' = 5$ millimètres de l'avant-trou, soit

$$R = \frac{2\,P}{a\,(d - d')} = \frac{2\,P}{a\,(25 - 5)} = 0{,}1\,\frac{P}{a},$$

$$R_1 = \frac{8\,Mr}{a\,(d^2 - d'^2)} = \frac{8 \times 85 \times P_1'}{a\,(\overline{25}^2 - \overline{5}^2)} = 1{,}133\,\frac{P_1'}{a}.$$

Pour

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,29 mm. |
| P = | 110 | 135 | 160 | 195 | 210 | 225 | 240 | 250 kil. |
| R = | 1 110 | 675 | 320 | 195 | 140 | 112 | 96 | 87 |
| $P_1'$ = | 13 | 16 | 22 | 38 | 36 | 42 | 48 | 52 |
| $R_1$ = | 1 730 | 1 060 | 585 | 400 | 318 | 280 | 255 | 239 |

En comparant les R et $R_1$ de cet essai à ceux du trou plein, il vient, pour

| | $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 mm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trou plein . . . | R = | 1 135 | 692 | 407 | 300 | 262 | 240 kil. |
| | $R_1$ = | 1 420 | 926 | 500 | 378 | 268 | 240 |
| Trou percé de 5 millim . . . | R = | 1 110 | 675 | 320 | 195 | 140 | 112 |
| | $R_1$ = | 1 730 | 1 060 | 585 | 400 | 318 | 280 |

On constate que les coefficients de pression R sont notablement plus faibles avec le trou percé lorsque l'avance augmente, soit lorsque le foret a davantage tendance à engager; au contraire, les coefficients de coupe $R_1$ sont plus élevés, mais dans une proportion moindre, ce qui s'expliquerait par la tendance au vissage qui réduit R mais augmente $R_1$. La fig. 1380 permet de mieux apprécier les différences en considérant les courbes A et B qui se rapportent au foret hélicoïdal perçant un trou plein.

Le perçage d'un petit trou au préalable n'aurait donc qu'une influence relative sur l'énergie dépensée, attendu que l'énergie de pression est négligeable. L'avant-trou aurait l'inconvénient d'obliger à modérer l'avance, c'est-à-dire motiverait une perte de temps si on n'augmente pas la vitesse de rotation. En revanche, il a le grand avantage de livrer passage, dans le cas de fonte, aux poussières qui déterminent le bourrage. En tout cas, un avant-trou exige l'emploi de foreuses et de pièces très rigides, bien guidées si l'on veut opérer sous avances prononcées, prévenir la rupture du foret ou la défectuosité du trou, sinon la pointe, lorsqu'elle n'est pas exagérée, constitue un élément du foret qui favorise le guidage, à telle preuve que, quand on doit fraiser un trou avec le foret ordinaire, on a soin de donner au foret une forte épaisseur, parce qu'avec un foret coupant trop bien, il se produit des à-coups, des ondulations défectueuses. Si, d'autre part, l'opération se fait mieux avec un foret à 4 tranchants ou avec une fraise proprement dite, c'est grâce aux nombreux tranchants qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

assurent un meilleur appui de l'outil et parce que le métal est enlevé sous faible épaisseur exigeant une plus grande pression totale sans crainte d'engagement.

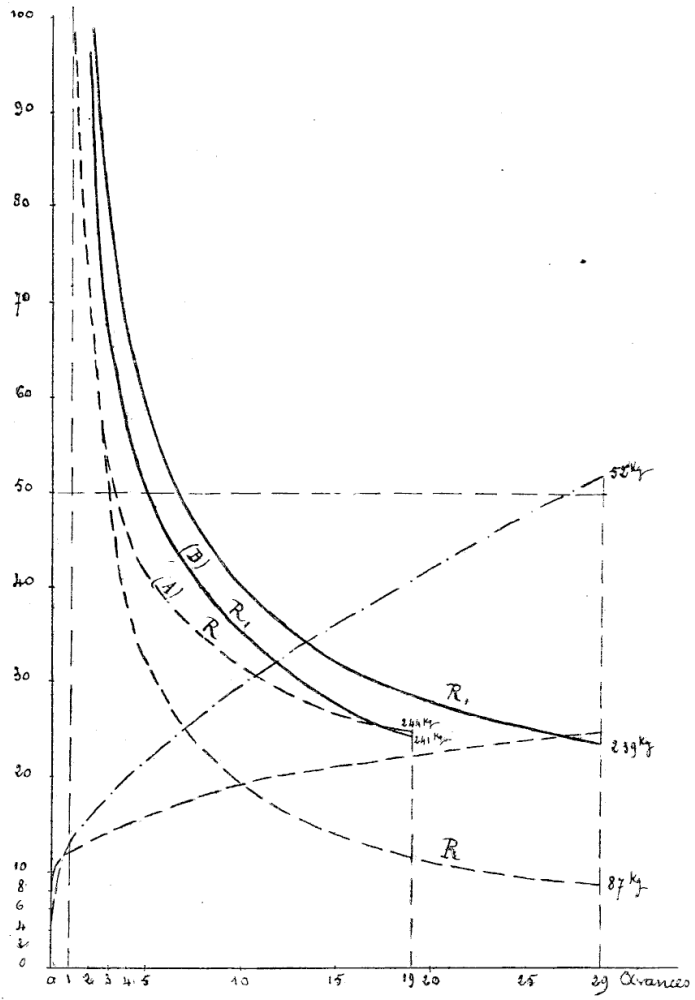



Fig. 1380. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Pièce percée d'un trou de 5 mm. de diamètre. Foret hélicoïdal $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

L'avant-trou est cependant à préconiser pour les diamètres supérieurs à 50 millimètres ; on fatigue moins les foreuses ou on peut faire usage de foreuses moins robustes puisque le travail est divisé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées, la pièce étant percée d'un avant-trou de 5 millimètres. Foret à pointe* (fig. 1381).

$$d = 25 \qquad \Phi = 120 \qquad n = 80.$$

Le foret à pointe a moins tendance à engager que le foret hélicoïdal, mais

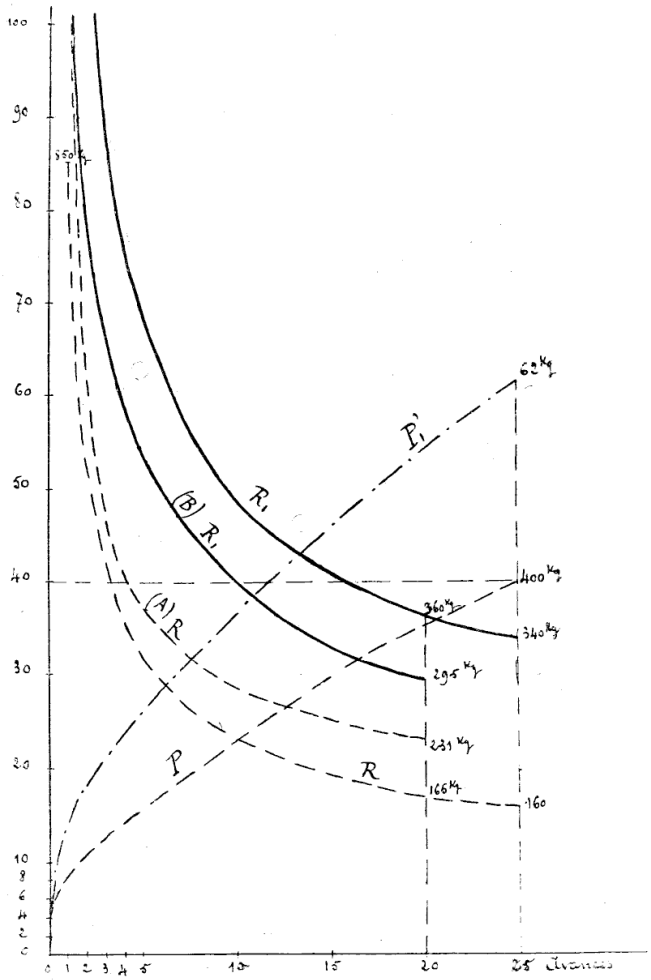



Fig. 1381. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées
Pièce percée d'un trou de 5 mm de diamètre. Foret à pointe $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

avec de petites pressions, il se produit des vibrations et une surface de trou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ondulée. Nous avons cependant obtenu des efforts $P'_1$ peu variables et des avances régulières donnant les valeurs suivantes :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,25 mm. |
| P = | 85 | 105 | 160 | 230 | 330 | 400 kil. |
| R = | 850 | 525 | 320 | 230 | 165 | 160 |
| $P'_1$ = | 13 | 18,5 | 26 | 36,5 | 54 | 62 |
| $R_1$ = | 1 330 | 1230 | 690 | 485 | 360 | 340 |

De même qu'avec le foret hélicoïdal, les coefficients R sont plus petits que dans le cas du trou plein, et les coefficients de coupe sont plus élevés dans une proportion assez grande, facilement appréciable par les courbes A et B (fig. 1381) qui se rapportent au trou plein.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchants brisés* (fig. 1382-1386).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Deux séries d'essai A et B ont été faites avec ce foret (fig. 1382) : 1° en faisant croître la pression de 50 en 50 kilogrammes, sans dégager les copeaux et

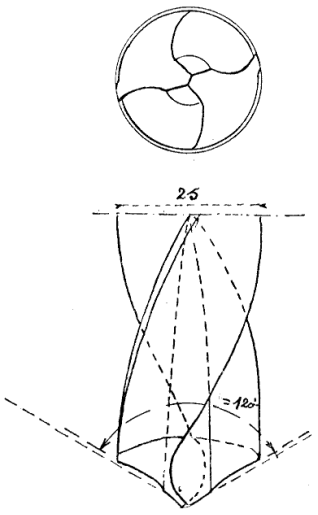



Fig. 1832.

poussières; 2° en faisant décroître P et en retirant à chaque fois les déchets.

Les copeaux affectent les formes (fig. 1383); leur rupture donne lieu à plus de poussière qu'avec les copeaux (fig. 1384) du foret hélicoïdal ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les valeurs de $a$ et de $P_1'$ sont indiquées en fig. 1385.
La première série a donné des avances peu différentes de celles de la deuxième,



Fig. 1383. — Foret hélicoïdal de 25 à tranchants brisés.



Fig. 1384. — Foret hélicoïdal ordinaire.

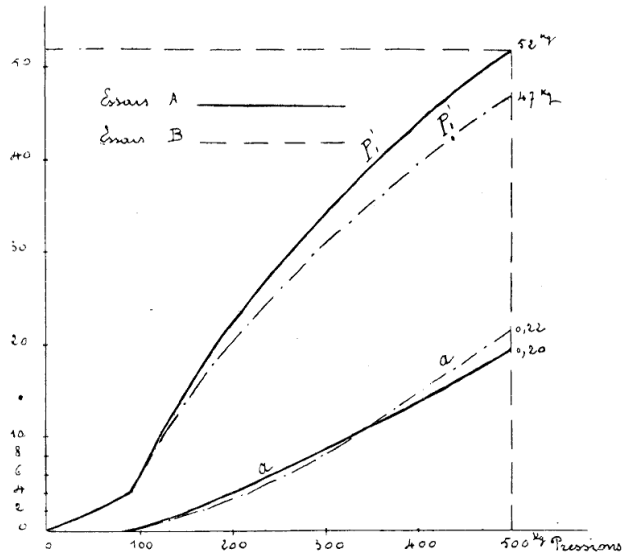



Fig. 1385. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

mais les efforts $P_1'$ sont plus élevés. Dans quelques-unes des opérations sous pressions croissantes supérieures à 400 kilogrammes, le foret engageait, ce qui conduisait à répéter les essais ; la pièce chauffait assez fort. Pour le calcul des R

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et des $R_1$ nous avons admis (fig. 1385-1386) les courbes moyennes des P et des $P'_1$

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 mm. |
| P = | 120 | 155 | 225 | 320 | 410 | 480 kil. |
| R = | 1 110 | 720 | 415 | 297 | 253 | 222 |
| $P_1'$ = | 12 | 16,5 | 25 | 36 | 43 | 49 |
| $R_1$ = | 1 310 | 900 | 545 | 382 | 312 | 267 |
| $R''$ = | 1 780 | 1 150 | 685 | 484 | 402 | 347 |
| $\tau_1$ = | 182 | 125 | 76 | 53 | 43 | 37 |

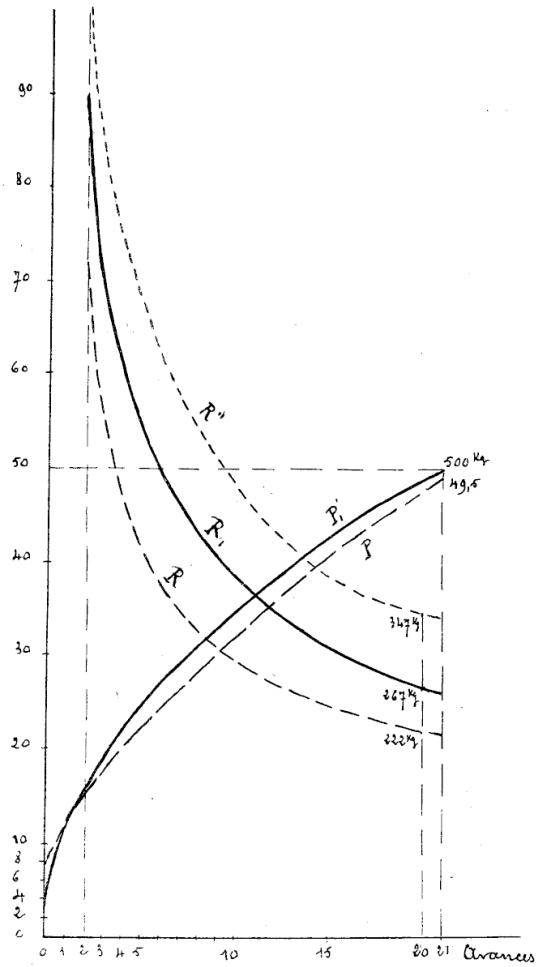



Fig. 1386. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En comparant ces résultats à ceux du foret hélicoïdal ordinaire, on constate qu'il n'y a que des petites différences qui permettent de considérer ces deux modèles comme équivalents en ce qui concerne les pressions et les énergies. Nous avons déjà indiqué les inconvénients des tranchants brisés.

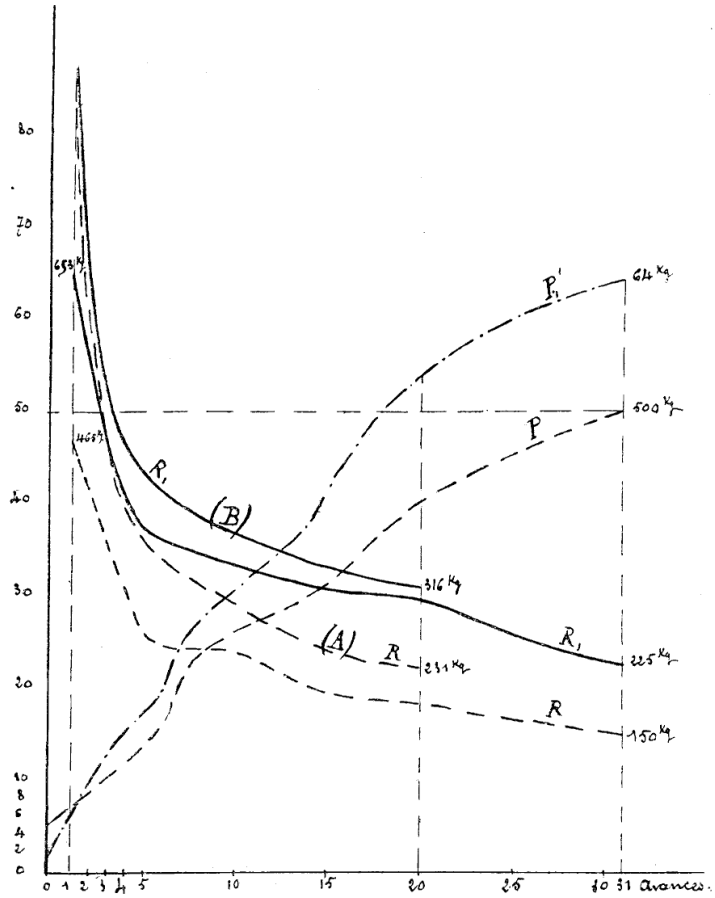



Fig. 1387. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe avec gorges $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$ $n = 80$.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe à gorges* (fig. 1387) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 80.$$

Les courbes des P et des $P'_1$ dénotent des fluctuations qui se retrouvent dans les courbes des R et des $R_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foret à gorges accuse des coefficients R et $R_1$ plus faibles que ceux du foret ordinaire dans les proportions qui ressortent de la comparaison avec les courbes A et B qui se rapportent à ce foret (fig. 1387).

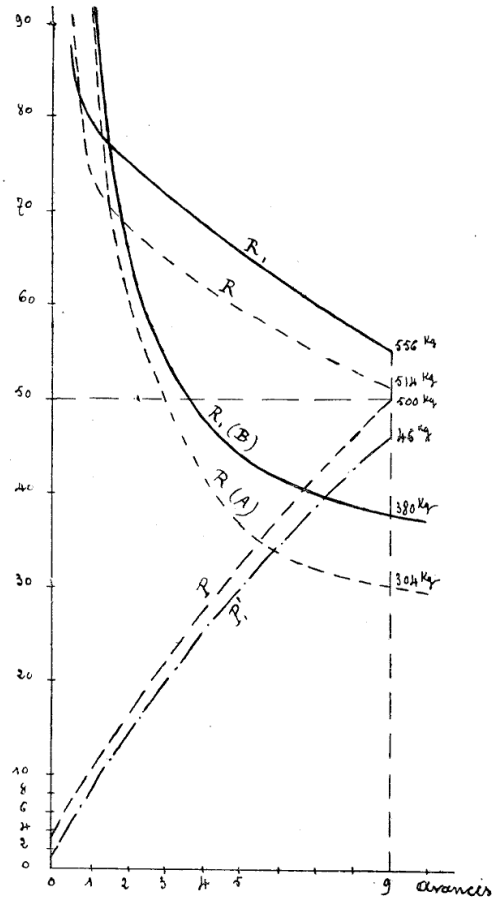



Fig. 1388. — Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe à deux biseaux $d = 25$ $\Phi = 120°$ $n = 80$.

Les valeurs relatives au foret à gorges sont :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,30 | 0,31 mm. |
| P = | 70 | 90 | 140 | 260 | 315 | 400 | 495 | 500 kil. |
| R = | 465 | 416 | 259 | 240 | 195 | 185 | 153 | 150 |
| $P_1'$ = | 6 | 10 | 17 | 31 | 42 | 54 | 63,5 | 64 |
| $R_1$ = | 653 | 545 | 370 | 337 | 305 | 295 | 230 | 225 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret à deux biseaux* (fig. 1388).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Avec ce foret, les efforts P et $P'_1$ donnent des courbes régulières voisines de lignes droites. Les résistances sont beaucoup plus grandes qu'avec le foret ordinaire. La pièce et le foret s'échauffaient beaucoup. Sous la pression 500 kilogrammes, l'avance était seulement de 0,09, tandis qu'avec le foret ordinaire, elle était de 0,20.

Les valeurs de R et de $R_1$ sont, pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,09 mm. |
| P = | 100 | 160 | 325 | 500 kil. |
| R = | 925 | 740 | 600 | 514 |
| $P_1'$ = | 8 | 14,5 | 30 | 46 |
| $R_1$ = | 875 | 792 | 652 | 556 |

Les courbes A et B relatives aux valeurs de R et $R_1$ du foret ordinaire permettent de comparer ces éléments.

*Forage de fonte sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1389-1393).

$$d = 25 \quad \text{et} \quad d = 58 \qquad n = 80.$$

Les abscisses étant les avances, on obtient, pour les pressions P et les efforts $P'_1$ des droites qui se raccordent avec l'axe des ordonnées. On déduit pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 mm, |
| P = | 130 | 160 | 240 | 380 | 500 kil. |
| R = | 1040 | 640 | 384 | 305 | 267 |
| $P_1'$ = | 8 | 11 | 19 | 33 | 45 |
| $R_1$ = | 872 | 600 | 415 | 360 | 328 |
| $R''$ = | 1360 | 877 | 565 | 472 | 423 |
| $\tau_1$ = | 131 | 83 | 58 | 50 | 45,5 |

$$R = 210 + \frac{8,6}{a},$$

$$R_1 = 285 + \frac{6,28}{a}.$$

La valeur de $P_1$ pour $a = 0,15$ est :

$$P_1 = 6,8 \quad P_1' = 6,8 \times 45 = 306 \text{ kg}.$$

Les efforts $p'\ p\ p''$ sont respectivement, pour

| | |
|---|---|
| $a$ = 0,01 | 0,15 mm. |
| $p$ = 5,2 | 20 kil. |
| $p'$ = 4,3 | 24,6 |
| $p''$ = 6,75 | 32,5 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 1391-1392 indiquent les directions de $p''$ pour les deux cas considérés.

Une autre série d'essais avec un foret droit à gorges de 58 millimètres de

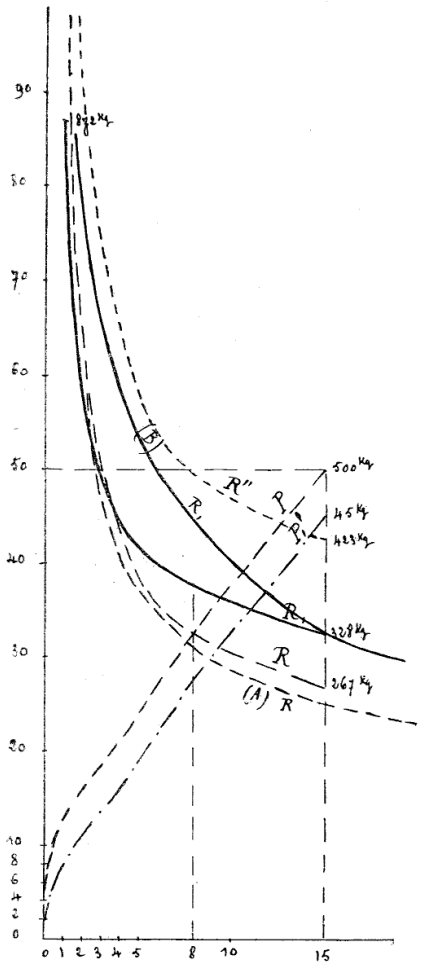



Fig. 1389.

Foret droit ordinaire $d = 25$ $n = 80$.

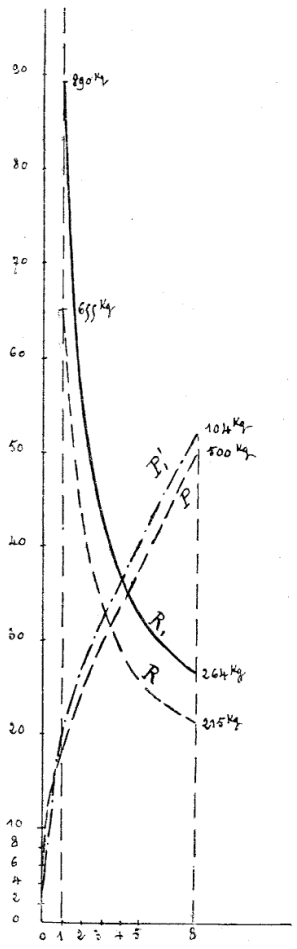



Fig. 1390.

Foret droit avec gorges $d = 58$ mm. $n = 80$.

Forage de fonte sous pressions constantes prolongées.

diamètre (fig. 1393) a donné des courbes de P et $P'_1$ (fig. 1390) très régulières.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le calcul de R et de $R_1$, les relations sont :

$$R = \frac{2P}{ad} = \frac{2a}{58} \times \frac{P}{a} = 0{,}344 \frac{P}{a},$$

$$R_1 = \frac{8 M'}{a d^2} = \frac{8 \times 85}{58^2} \frac{P_1'}{a} = 0{,}202 \frac{P_1'}{a}.$$

Pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,08 mm. |
| P = | 190 | 250 | 340 | 370 | 500 kil. |
| R = | 655 | 430 | 293 | 255 | 215 |
| $P_1'$ = | 44 | 54 | 72 | 80 | 104 |
| $R_1$ = | 890 | 548 | 363 | 324 | 264 |

On voit que les valeurs de R et de $R_1$ sont insensiblement moindres avec ce foret qu'avec le précédent.

Si nous comparons le foret droit de 25 millimètres au foret hélicoïdal et au

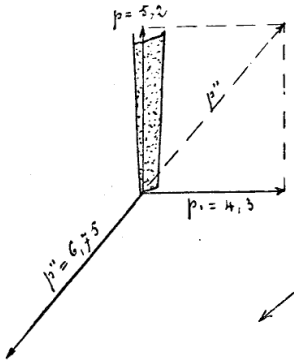



Fig. 1391.

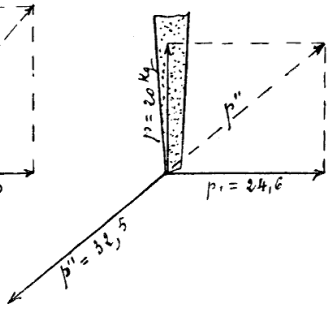



Fig. 1392.

foret à pointe ordinaire, on constate que le foret à pointe perce plus rapidement ; ainsi, sous la même pression (500 kilogrammes), l'avance du foret à pointe

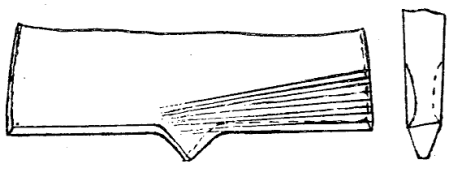


Fig. 1393.

était de $0^{mm},20$, celle du foret hélicoïdal était peu inférieure ou égale, celle du foret droit s'élevait à $0^{mm},15$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'ailleurs, il suffit de rapprocher les valeurs de R et de $R_1$, relatives à ces trois forets.

| | | $a =$ 0mm,05 | 0,10 | 0,15 |
|---|---|---|---|---|
| Foret droit. . . . . | R = | 384 kil. | 305 | 267 |
| Foret à pointe . . . | | 370 | 279 | 247 |
| Foret hélicoïdal. . . | | 407 | 300 | 262 |
| Foret droit. . . . . | $R_1$ = | 415 | 360 | 328 |
| Foret à pointe . . . | | 523 | 382 | 320 |
| Foret hélicoïdal. . . | | 500 | 378 | 268 |

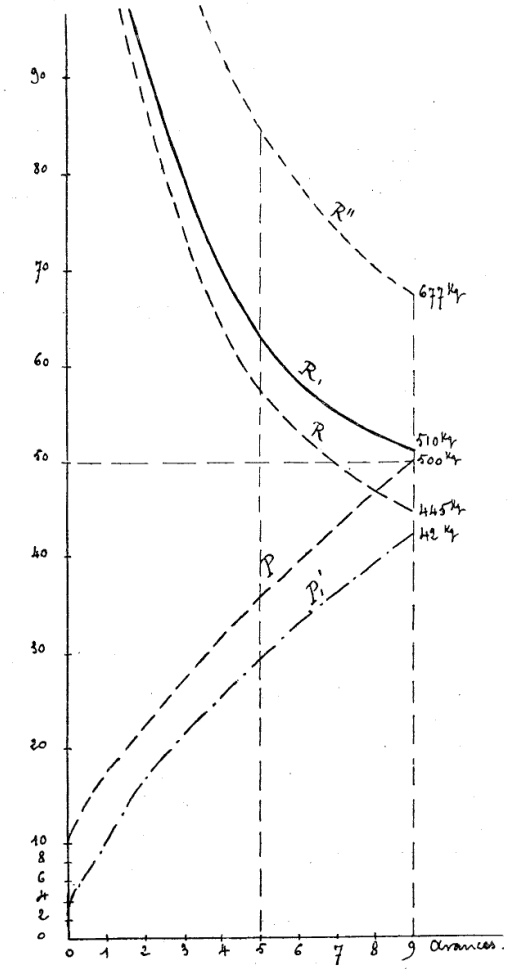



Fig. 1394. — Forage de fonte dure sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm. $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est le foret à pointe qui exigeait le moins de pression.

Mais, en ce qui concerne les efforts de coupe, selon la valeur de l'avance, chacun de ces forets peut venir en première ligne. Pour l'avance 0,10, ils sont, pour ainsi dire, équivalents.

Nous avons reporté sur la figure 1389 les valeurs de R et de $R_1$ relatives au foret à pointe, courbes A et B. Les formules générales moyennes applicables à ces divers forets, pour la fonte douce tenace, seraient dans les limites des valeurs de $a$ que comportaient les essais :

$$R = 200 + \frac{10}{a},$$

$$R_1 = 230 + \frac{10}{a}.$$

Pour de la fonte très douce, ces coefficients sont plus faibles.

Divers essais avec le foret droit dans de la fonte dure nous ont donné, selon la variété, des valeurs plus ou moins élevées, pour R et $R_1$. Le foret s'émoussait assez rapidement malgré une trempe dure et une vitesse réduite; la pièce chauffait. Une fonte d'acier n'a pu être entamée par des forets constitués avec des aciers spéciaux trempés au maximum; ils s'émoussaient tous. Une variété intermédiaire entre cette extrême dureté et celle de la fonte douce a accusé les diagrammes (fig. 1394) et pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,09 mm. |
| P = | 175 | 220 | 360 | 500 kil. |
| R = | 1400 | 880 | 575 | 445 |
| $P_1'$ = | 10 | 17 | 29 | 42 |
| $R_1$ = | 1090 | 928 | 632 | 510 |
| R'' = | 1770 | 1280 | 855 | 677 |
| $\tau_1$ = | 152 | 128 | 88 | 71 |

$$R = 325 + \frac{10,8}{a},$$

$$R_1 = 438 + \frac{6,54}{a}.$$

(*A suivre.*)



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# AGRICULTURE

NOTE SUR L'UTILISATION DES FRUITS DU SAPINDUS UTILIS, par **M. Ach. Livache,** *membre du Conseil* (1).

Dans une publication spéciale du Gouvernement général de l'Algérie (*Informations agricoles. Bulletin n° 11, 1895*), le Service botanique a fait connaître un arbre du genre *Sapindus*, importé en Algérie en 1845. Cet arbre est le *Sapindus utilis*, dit aussi *Sapindus savonnier*.

Le Sapindus utilis donne un fruit qui, mûr, est glabre, charnu, de la grosseur d'une châtaigne, devenant, par la dessiccation à l'air, un peu coriace, gommeux, translucide; la couleur varie du vert jaunâtre au brun, l'intérienr du fruit est une graine noire, lisse, sphérique, contenant une amande huileuse.

Le Sapindus utilis, multiplié par graines, a produit un certain nombre de races ou variétés, dont la distinction a une assez grande importance quand il s'agit de choisir des boutures, car le rendement peut varier dans des proportions énormes d'une variété à l'autre.

Le Sapindus se multiplie avec la plus grande facilité; après deux années, une bouture bien soignée arrive à mesurer trois mètres; dans un sol profond, frais, il peut entrer en rapport à six ans, mais, pendant de longues années, la production augmente régulièrement; un arbre adulte donne de 25 à 100 kilos de fruits faciles à cueillir vers la fin de l'automne, et même dans le courant de l'hiver.

M. Revoil, Gouverneur général de l'Algérie, m'invita à chercher une utilisation de ces fruits, dont il mit à ma disposition un lot assez important. On sait que ces fruits sont employés comme succédanés du savon, en Chine, au Japon, dans l'Inde, aux Antilles; ils sont, en effet, comparables au bois de Panama par la saponine qu'ils contiennent et, de plus, il renferment une matière gommeuse qui donne une sorte d'apprêt aux tissus de laine et de soie lavés dans une décoction de ces fruits.

*Composition des fruits du Sapindus utilis.* — Si l'on traite par l'eau les fruits du Sapindus simplement desséchés à l'air et débarrassés de la graine qu'ils renferment, on obtient une solution savonneuse, mais il faut un temps relativement assez long pour que le pouvoir détersif soit suffisant, par suite de la matière gommeuse qui empêche la dissolution rapide de la saponine. Si, pour hâter l'action de l'eau, on veut réduire la coque en poudre, on n'y parvient qu'avec les plus grandes difficultés, parce qu'elle s'écrase, glisse dans les dents du broyeur et les encrasse rapidement.

J'ai pensé alors à soumettre ces fruits, préalablement débarrassés de la graine, à une torréfaction; il suffit, en effet, de les exposer à une température de 130-140° pen-

(1) Communication faite à l'Office du Gouvernement général de l'Algérie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dant 3 ou 4 heures, pour obtenir, après refroidissement, une substance cassante, friable et pouvant être facilement amenée à l'état de poudre homogène. La perte de poids due à cette torréfaction est de 10 p. 100 environ.

Mais il était important de voir si la torréfaction ne fait pas subir de modifications trop grandes à la composition des fruits, principalement au point de vue de la matière utile, la saponine, et du principe gommeux constitué par des matières pectiques. A cet effet, j'ai soumis des échantillons à l'analyse et j'ai obtenu les nombres suivants :

| | Fruits simplement desséchés à l'air. | Fruits torréfiés à 140° ayant repris de l'humidité pendant la pulvérisation. |
|---|---|---|
| Eau . . . . . | 8,94 | 4,02 |
| Partie soluble dans l'eau. . . . . | 73,92 | 78,89 |
| Partie insoluble dans l'eau. . . . | 17,14 | 17,09 |
| | 100,00 | 100,00 |

La torréfaction n'a donc eu qu'une action très faible sur la composition du fruit, consistant dans la solubilisation d'une petite quantité des principes insolubles dans l'eau.

Si l'on pousse plus loin l'analyse, on trouve comme composition :

| | | Fruits simplement desséchés à l'air. | Fruits torréfiés à 140° ayant repris de l'humidité pendant la pulvérisation. |
|---|---|---|---|
| | Eau. . . . . | 8,94 | 4,02 |
| Partie insoluble dans l'eau. . | Partie insoluble dans l'alcool à 90° à froid. . . . . | 21,23 | 15,33 |
| | Comptée comme *saponine*. | | |
| | Partie soluble dans l'alcool à 90° à froid. . . . . | 52,69 | 63,56 |
| Partie soluble dans l'eau. . | Soluble dans l'acide chlorhydrique . . . . . | 5,12 | 5,53 |
| | Acide pectique . . . . . | 5,31 | 4,57 |
| | Cellulose , , . . . . . | 6,71 | 6,99 |
| | | 100,00 | 100 00 |

Cette analyse montre donc la forte teneur en saponine des fruits du Sapindus, même si l'on tient compte des matières étrangères qui, avec le mode d'analyse adopté, peuvent forcer un peu le chiffre de la saponine. M. Mercier avait du reste indiqué, pour certains échantillons, jusqu'à 37,76 p. 100; or, l'écorce de bois de Panama ne contient que 8,65 de saponine.

A la vérité, la torréfaction diminue la teneur de la saponine, mais la poudre obtenue en renferme encore une teneur supérieure à celle de la Saponine d'Orient qui en contient 14 p. 100. Ajoutons que la partie soluble dans l'alcool à froid et que l'on ne peut regarder comme de la saponine, fait cependant fortement mousser l'eau avec laquelle on l'agite. Elle renferme peut-être un principe analogue à l'aphrodescine trouvée par Rochleder dans les marrons d'Inde, qui est très voisine de la saponine, quant à ses propriétés, mais qui s'en distingue par sa solubilité dans l'alcool.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Torréfaction et pulvérisation des fruits du Sapindus.* — Par la torréfaction à 130°-140° et un simple passage au moulin, on obtient aisément une poudre dont les éléments solubles dans l'eau entrent facilement et rapidement en dissolution. Cette poudre ne reprend pas sensiblement d'humidité quand on la laisse à l'air et peut, sans se modifier, se conserver et être expédiée en sacs.

*Agglomération de la poudre en pains.* — La poudre de Sapindus peut être facilement mise en pains analogues à des pains de savon. A cet effet, il suffit de malaxer cette poudre avec 26 à 28 p. 100 d'eau; la poudre prend alors une coloration rouge qui passe au brun; en même temps, les composés peptiques se gonflent et forment un véritable ciment; il est facile de donner à cette pâte une forme marchande, en pains ou en barres.

L'addition d'eau doit être faite avec beaucoup de soin. Si, en effet, la quantité d'eau est insuffisante, la pâte est trop lourde à travailler; si, au contraire, l'eau est en excès, elle devient trop fluente et n'a plus la consistance voulue pour être moulée.

La dessiccation des pains se fait lentement à l'air libre, et ils acquièrent, après avoir perdu un tiers environ de l'eau ajoutée, une compacité et une solidité parfaites; lorsque, ensuite, on les utilisera pour le savonnage du linge, comme on ferait d'un savon ordinaire, ils ne s'effriteront pas, mais pourront être consommés en conservant bien leur forme.

*Utilisation du Sapindus torréfié.* — La poudre de Sapindus torréfiée, mise dans l'eau tiède, donne immédiatement une mousse abondante. A la dose de 10 à 15 grammes par litre d'eau, on a un liquide qui donne, pour le lessivage, d'excellents résultats, tout à fait comparables aux meilleurs lessives employées; des expériences comparatives qui ont été faites ne laissent aucun doute sur le résultat. La seule précaution à prendre consiste dans un rinçage plus complet pour enlever la couleur jaunâtre donnée à l'eau par les principes qui ont subi un commencement de décomposition lors de la torréfaction et pour bien débarrasser le linge des petits fragments insolubles de la poudre. Du reste, pour éviter ce dernier inconvénient, on aurait peut-être avantage à bien agiter la poudre avec de l'eau tiède et à décanter la partie claire pour l'employer au lessivage.

Un avantage sérieux du Sapindus torréfié est qu'il peut être employé sans crainte de détérioration des linges de couleur, puisque son action se produit sans addition de produits alcalins.

La poudre, mise en pains, peut être de même employée pour le nettoyage, tout comme on emploie un pain de savon ordinaire.

*Étude de la graine.* — On a vu que le fruit du Sapindus renferme une graine qui contient une amande.

L'examen de l'amande montre qu'elle est assez riche en huile; mais cette huile n'est pas siccative et, par suite, il ne semble pas qu'il puisse y avoir avantage à en pratiquer l'extraction.

La seule utilisation de la graine serait de la faire servir de combustible pour la torréfaction des coques de Sapindus qui, ainsi pratiquée, se ferait dans d'excellentes conditions.

*Conclusion.* — En résumé, il est possible d'utiliser les coques du Sapindus utilis en les transformant par torréfaction et pulvérisation en une poudre facile à transporter ainsi qu'à employer et suceptible d'être mise sous forme de pains et de barres.

La poudre et les pains constituent des produits marchands pouvant être utilisés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

directement pour le lessivage où ils remplaceront avantageusement le bois de Panama. Ils pourraient également être usagés comme parements (1).

L'outillage nécessaire pour effectuer les opérations de torréfaction et de pulvérisation peut être tout à fait primitif pour une petite fabrication.

Le combustible nécessaire pour la torréfaction serait constitué pour la majeure partie, sinon pour la totalité, par les graines des fruits dont le poids représente presque la moitié de celui des coques (44 p. 100).

Il semble donc, en dehors des usines qui pourraient avoir avantage à obtenir en grands ces produits, qu'il serait facile de créer une véritable petite industrie familiale, ne demandant ni outillage compliqué, ni achat de combustible ou de matières accessoires et qui, cependant, pourrait être assez rémunératrice, puisqu'elle utiliserait un produit pour lequel, actuellement, on n'a pas encore trouvé d'utilisation régulière.

## ARTS CHIMIQUES

### EXPOSÉ DES RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES DE **peintures au blanc de céruse et au blanc de zinc,** EXÉCUTÉES A L'ANNEXE DE L'INSTITUT PASTEUR (2)

La Commission des expériences comparatives de peintures au blanc de zinc et de peintures au blanc de céruse, exécutées à l'annexe de l'Institut Pasteur, 62, rue d'Alleray, au mois d'août 1902 (3), avait décidé de se réunir tous les ans pour juger de l'état des échantillons faits par ses soins.

La première de ces réunions a eu lieu le 23 octobre dernier, sur la convocation faite par M. le Dr Louis Martin. Étaient présents à cette réunion :

Pour la *Société de médecine publique et de génie sanitaire :*

MM. le Dr Louis Martin, Livache, Dutheil, Porée, Montheuil;

MM. Vaillant, Bartaumieux, Lucas, architectes.

Pour la *Chambre syndicale des entrepreneurs de peinture :*

MM. Diolé, Manger, Wernet, Lefèvre et Rigolot.

Après un examen attentif de chacun des échantillons faits l'année dernière, il a été reconnu, qu'actuellement, aucune différence appréciable ne s'était manifestée dans la façon dont se sont relativement comportés, vis-à-vis des agents atmosphériques, les échantillons faits d'une part au blanc de zinc, d'autre part au blanc de céruse, et que, jusqu'à présent, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, les résultats sont absolument comparables.

Pour la Commission :
K. RIGOLOT,
*Entrepreneur de peinture.*

(1) D'après le répertoire de la Direction générale des Douanes, on désigne sous le nom de parements les compositions qui servent à encoller ou à parer les fils destinés au tissage, afin de les rendre moins résistants à l'action du peigne et à apprêter les tissus, c'est-à-dire à leur donner du corps et du brillant.

(2) *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, novembre 1902.

(3) Voir le détail des expériences dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1902 (2e semestre), p. 690.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

## LA MANIPULATION MÉCANIQUE DES MATÉRIAUX, d'après *M. G. F. Zimmer* (1).

La substitution du travail des machines au travail manuel, dans toutes les manufactures, est aussi essentielle au progrès des industries que le graissage pour la suppression des frottements ; on estime, qu'en moyenne, l'économie du salaire d'un ouvrier justifie l'achat de 25 000 francs de machines. La meunerie présente un exemple caractéristique de l'emploi exclusif des machines pour les manutentions ; le grain peut y être déchargé du navire, emmagasiné, nettoyé, classé, ensaché, pesé et réexpédié, sans l'intervention d'un travail manuel. On rencontre les appareils élévatoires et de manipulation automatique dans presque toutes les industries sous les principales formes suivantes : *élévateurs* levant les charges verticalement ; *conveyeurs* les transportant horizontalement, et *mixtes*, agissant simultanément comme conveyeurs et élévateurs.

### ÉLÉVATEURS

Les élévateurs sont constitués essentiellement par une chaîne ou courroie à godets passant sur deux poulies qui l'entraînent.

Les élévateurs à grains sont enfermés dans des gaines en bois ou en tôle, presque toujours verticaux, et à courroies en cuir, coton ou caoutchouc toilé ; ceux pour minerais, charbon, ciments... sont à chaînes, généralement inclinés, et guidés par des rails graissés, avec, comme les précédents, au bas, des moyens de régler la tension de la chaîne. Avec les grands élévateurs, on emploie plusieurs cours de chaînes, mais il est difficile de les maintenir d'égale tension, de sorte que leurs godets cessent d'être parallèles ; il vaut mieux employer des chaînes renforcées ou à doubles maillons. Cet inconvénient ne se présente pas avec les chaînes en fonte malléable ou en fer ; à joints sur boulons ajustés exactement, et qui devraient être toujours employées dans les grands élévateurs.

Les élévateurs pour matières légères peuvent marcher à très grandes vitesses, qui briseraient des charbons par exemple, et ne dégradent pas les grains, de sorte que les élévateurs verticaux, marchant à $1^m,50$ et $1^m,80$ par seconde, ne conviennent pas aux matières lourdes, pour lesquelles les élévateurs doivent être inclinés et marcher à des vitesses de 25 à 80 centimètres par seconde, avec des chaînes et des augets amplifiés en conséquence. En outre, dans l'élévateur incliné, une partie de la charge est sup-

(1) *Institution of Civil Engineers*, London, 24 février 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

portée par les guides, ce qui en facilite la conduite ; cette inclinaison varie entre 45° et 60° sur l'horizontale.

La vitesse des élévateurs verticaux à grains dépend du diamètre des poulies parce que ce grain doit être projeté à environ 30 centimètres de la poulie du haut de manière à dégager de l'auget qui précède celui qui se décharge, et cet effet est produit par la

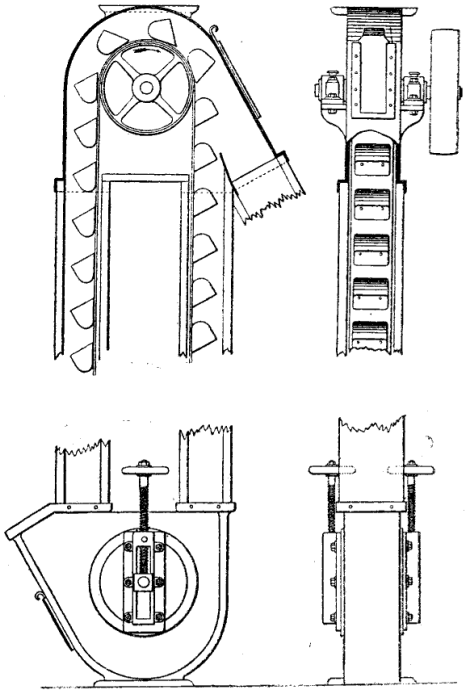


Fig. 1. — Élévateur à grains.

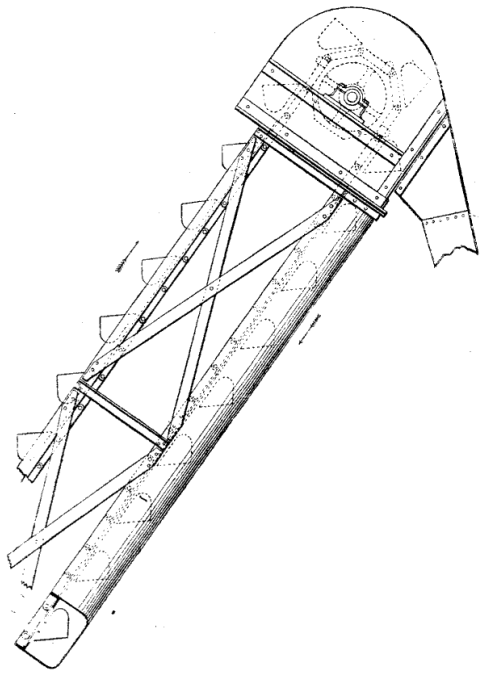


Fig. 2. — Élévateur à minerais.

force centrifuge, qui varie comme le produit du diamètre de la poulie par le carré de sa vitesse de rotation, Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques normales de ces élévateurs,

**Vitesses et débits des élévateurs à grains.**

| Diamètre des poulies. Millimètres. | Largeur des poulies. | Largeur des augets. | Tours par minute. | Débit par heure. Tonnes. |
|---|---|---|---|---|
| 460 | 280 | 230 | 60 à 65 | 15 |
| 530 | 330 | 280 | 55 à 60 | 30 |
| 610 | 380 | 330 | 50 à 55 | 45 |
| 685 | 430 | 380 | 45 à 50 | 60 |
| 760 | 480 | 430 | 40 à 45 | 75 |
| 840 | 530 | 480 | 35 à 40 | 90 |
| 915 | 585 | 530 | 30 à 35 | 105 |
| 990 | 635 | 585 | 25 à 30 | 120 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse des élévateurs à charbons varie de 45 à 65 centimètres par seconde, suivant la nature et la friabilité des charbons ; celle des élévateurs à coke varie de 25 à 45 centimètres ; celle des élévateurs à minerais peut atteindre 60 et 80 centimètres. Le tableau ci-dessous donne quelques renseignements sur la capacité des élévateurs de charbons.

**Vitesses et débits des élévateurs à charbon.**

| Largeur des augets. Millimètres. | Écartements. | Vitesse en mètres par seconde. | Débit par heure. Tonnes. |
|---|---|---|---|
| 300 | 460 | 0,60 | 20 |
| 460 | 460 | 0,60 | 30 |
| 610 | 460 | 0,60 | 40 |

Les figures 2 et 3 représentent le type classique d'élévateur pour minerais. La figure 4 répond au cas où l'on ne peut décharger la matière directement des augets et

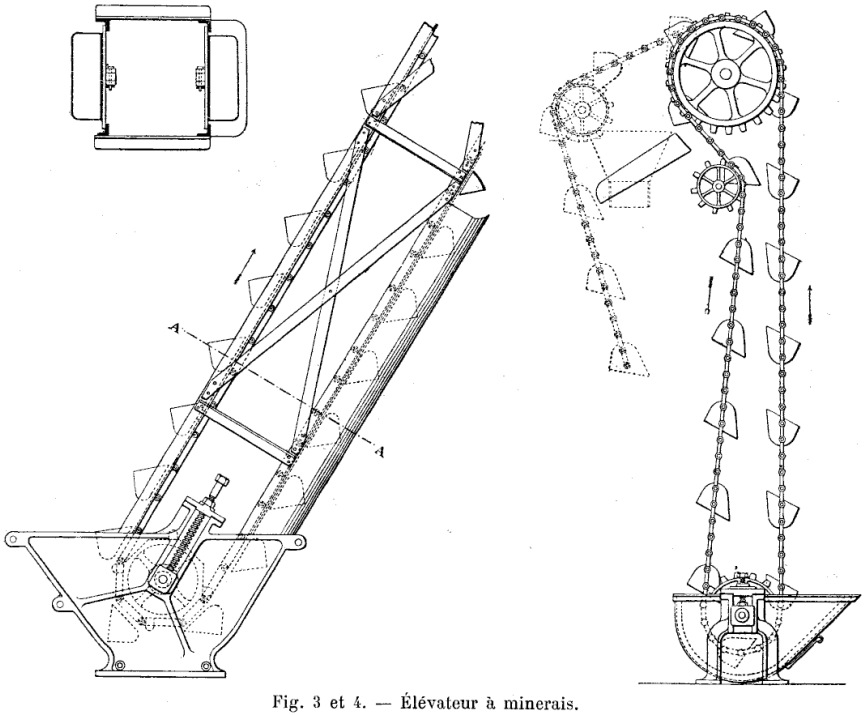


Fig. 3 et 4. — Élévateur à minerais.

où l'on a besoin d'une inclinaison de plus de 60° ; ce type d'élévateurs exige l'emploi de deux chaînes : une de chaque côté des augets, avec roues guides de renvoi.

Les figures 5 et 6, pour grains et pour minerais, sont du type à suites d'augets continues, de grande capacité et d'un débit plus uniforme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La puissance nécessaire pour la commande d'un élévateur doit être évaluée au double, au moins, de la puissance théorique donnée par son débit en poids monté par heure.

Les déversoirs qui reçoivent la matière élevée doivent être en fer ou mieux en fonte, ou, pour les petits élévateurs à grains, en bois garni de tôle. La fonte même s'use très

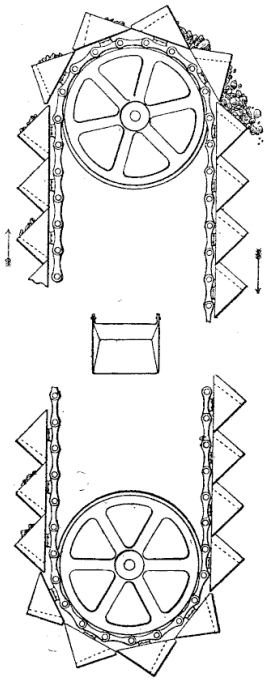


Fig. 5. — Élévateur continu à minerais.

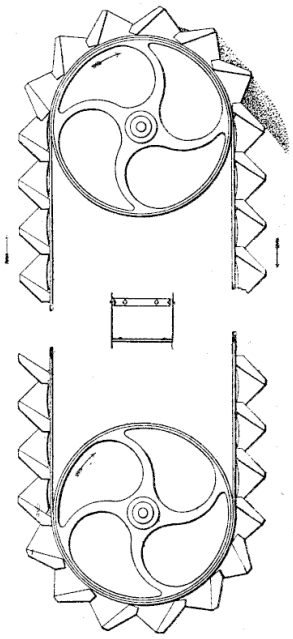


Fig. 6. — Élévateur continu à grains.

vite au frottement des grains ; une feuille de caoutchouc de 12 millimètres d'épaisseur, et recevant le choc des grains, dure plus longtemps qu'une plaque de fonte de même épaisseur ; ces déversoirs doivent être inclinés de 10 p. 100 de plus que l'angle de repos des matières.

### CONVEYEURS

Les *conveyeurs à vis*, dérivés de la vis d'Archimède, d'abord en bois (fig. 7), puis (fig. 8) en fonte sur carrelet en fer, sont actuellement (fig. 9 à 11) en tubes de fer et tôle d'acier, ailettes ou spirale continue, pleine ou (fig. 11) ajourée, et très simple. Le rapport du pas au diamètre varie, suivant la nature de la matière, depuis 3/1 jusqu'à l'unité, et même moins. La puissance nécessaire pour commander l'élévateur augmente avec le pas ; ce pas est, en conséquence, grand pour les matières légères et faible pour les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lourdes, comme le ciment. Le tableau ci-dessous donne quelques renseignements sur ces conveyeurs à vis du type continu (fig. 9) avec pas égal à la moitié du diamètre ; le débit des types figures 10 et 11 est un peu moindre. Les conveyeurs à double filet ont un débit double.

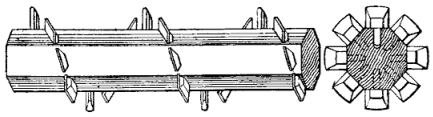


Fig. 7. — Ancien conveyeur pour farines.

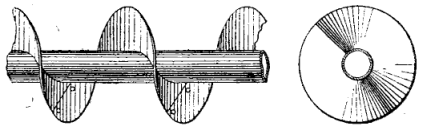


Fig. 8. — Conveyeur à vis continue.

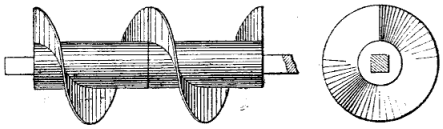


Fig. 9. — Conveyeur à vis.

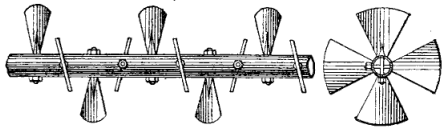


Fig. 10. — Conveyeur hélicoïdal à aillettes.

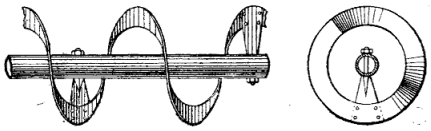


Fig. 11. — Conveyeur spirale entre fraction.

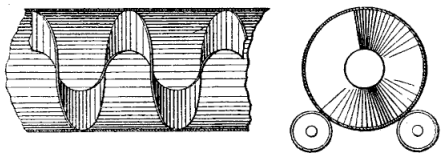


Fig. 14. — Conveyeur tubulaire.

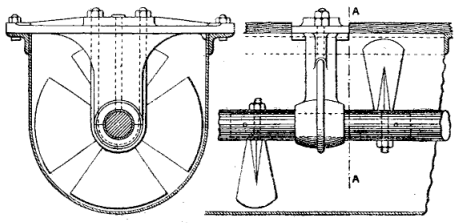


Fig. 12.

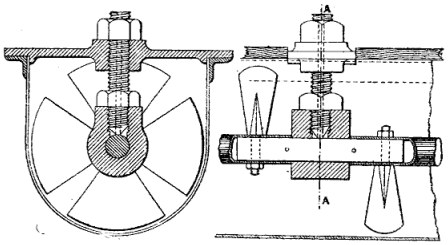


Fig. 13.

**Débit des conveyeurs à vis.**

| Diamètre de l'hélice. Millimètres. | Pas. | Diamètre de l'arbre creux. Intérieur. | Diamètre de l'arbre creux. Extérieur. | Tours par seconde. | Débit en mèt. cubes par heure. Vis continue. | Débit en mèt. cubes par heure. Ailettes. en hélice. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 50 | 25 | 35 | 130 | 1,56 | 1,30 |
| 150 | 75 | 38 | 50 | 120 | 4,25 | 3,5 |
| 200 | 100 | 38 | 50 | 100 | 8,50 | 7 |
| 250 | 125 | 38 | 50 | 100 | 13,6 | 11 |
| 305 | 150 | 50 | 62 | 90 | 17 | 14 |
| 355 | 180 | 50 | 62 | 90 | 28 | 23 |
| 405 | 200 | 50 | 62 | 80 | 39 | 32 |
| 460 | 230 | 50 | 62 | 70 | 54 | 45 |
| | | | | 60 | 65 | 54 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces conveyeurs tournent dans des auges en bois ou en fer avec un jeu de 3 à 6 milli

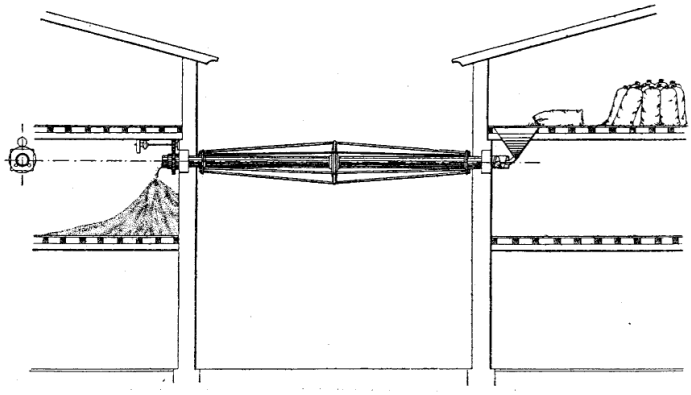


Fig. 15. — Conveyeur tubulaire entre deux bâtiments.

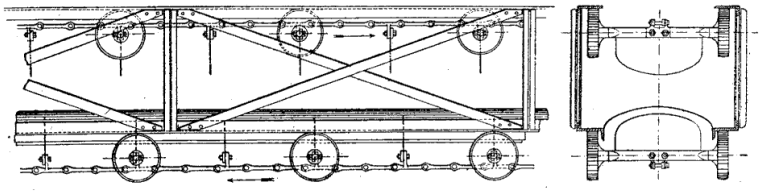
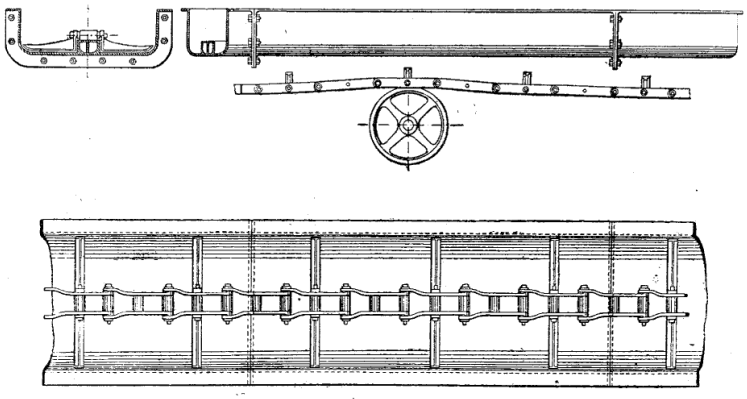


Fig. 16. — Conveyeur avec chaine en dessus.



Eig. 17. — Conveyeur à palettes avec chaine dans le bas.

mètres; ils sont supportés à des longuenrs de $2^m,40$ pour des diamètres de 100 millimètres, $2^m,40$ à 3 mètres pour 150 à 250 millimètres, 3 mètres et $3^m,60$ pour des diamètres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 460 millimètres, les vis continues (fig. 9) sont plus rigides et exigent des supports moins rapprochés. Les paliers intermédiaires doivent être peu encombrants, d'une seule pièce, en bronze phosphoreux comme en figure 13, ou en deux pièces (fig. 14) ; le graissage peut se faire par le tube de la vis. L'auge du conveyeur est pourvue d'ouvertures disposées suivant la répartition voulue du débit, et le couvercle doit pouvoir céder en cas d'encombrement pour ne pas fausser la vis.

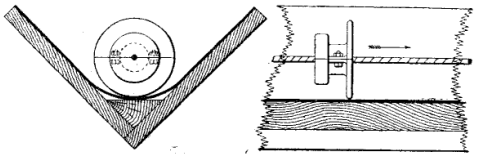


Fig. 18. — Conveyeur à câble avec canal en V.

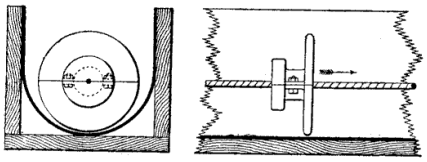


Fig. 19. — Conveyeur à câble avec bac en U.

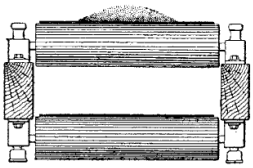


Fig. 20.

Le conveyeur tubulaire figure 14 (1), avec vis à l'intérieur d'un tube roulant sur des galets, convient, par exemple, pour le transport de grains horizontalement d'un bâtiment

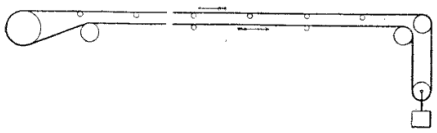


Fig. 21.

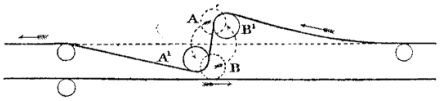



Fig. 23.

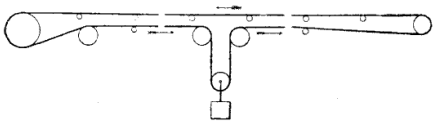


Fig. 22.

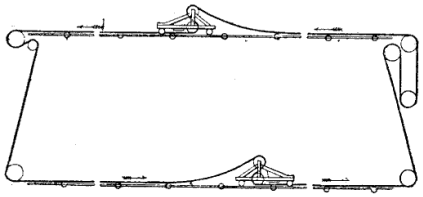


Fig. 24.

à un autre (fig. 15) où l'on ne peut pas installer un pont ou un autre type de conveyeur ; le tube est souvent renforcé, comme en fig. 15, par des contrefiches. A partir d'une certaine vitesse, le débit de ce conveyeur diminue par le fait de la force centrifuge. Un conveyeur de ce type, de 150 millimètres de diamètre, à pas de 50 millimètres et hélice de 63 millimètres de large, débitait, par heure, 790 litres à la vitesse de 60 tours par

(1) Voir *Revue de mécanique* d'août 1897, p. 744, le type de *Gulbrandsen*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

minute, 1 mètre cube à 80 tours, 850 litres à 100 tours et plus rien à 140 tours, le grain restant collé au tube; avec une vis de 300 millimètres 100 de pas et de 3m,60 de long, le débit, maximum à 60 tours, s'élevait à 6t,75 par heure, avec une puissance de 0ch,12 par mètre de longueur. Le meilleur pas, pour ces conveyeurs, est des 2/3 du diamètre.

Un conveyeur à vis du type continu, de 45 à 50 centimètres de diamètre, marchant à 61 tours, exigerait, pour transporter 100 tonnes de grain par heure à 30 mètres, une

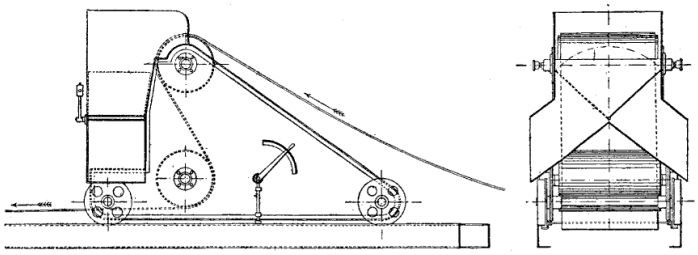


Fig. 25. — Chariot de décharge.

puissance de 18 à 19 chevaux. Du ciment exigerait une plus grande puissance, en raison de son frottement sur l'auge et la vis.

Les principaux avantages de ces conveyeurs sont leur simplicité et leur bon marché; ils conviennent aussi spécialement quand il faut mélanger différentes matières en les transportant, comme, par exemple, du ciment et du sable. Leurs inconvénients

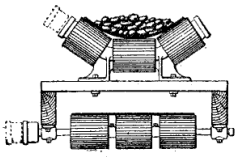


Fig. 26.

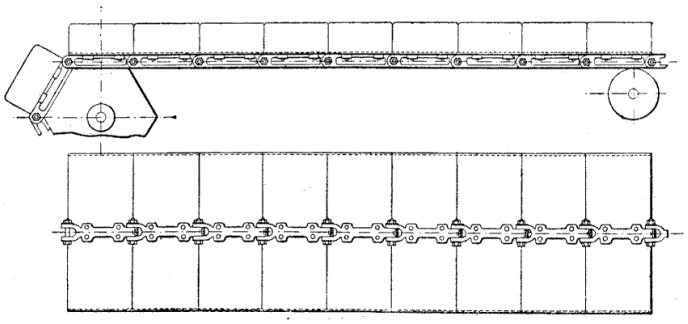


Fig. 27. — Conveyeur à bac continu.

sont leur mauvais rendement, l'usure du conveyeur et le froissement de la matière transportée.

Les *conveyeurs à plaques* dérivent des précédents par le remplacement des augets par des plaquettes sur chaînes (fig. 16); ces plaquettes, fixées à la chaîne en leur milieu ne touchent pas le fond de l'auge, elles sont guidées sur rails par des frotteurs ou des galets; parfois (fig. 17) le fond de l'auge porte un chemin sur lequel glisse la chaîne qui attaque ainsi les plaques très près de leur centre. Le retour de la chaîne se fait soit,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme en figures 16 et 17, au-dessous de la chaîne, soit au-dessus s'il faut déverser la matière le long de l'auge sans qu'elle tombe sur la chaîne.

L'écartement des plaques varie de 46 à 90 centimètres et leur vitesse de 30 à 90 centimètres par seconde; elle ne doit guère dépasser 50 centimètres pour le coke et les

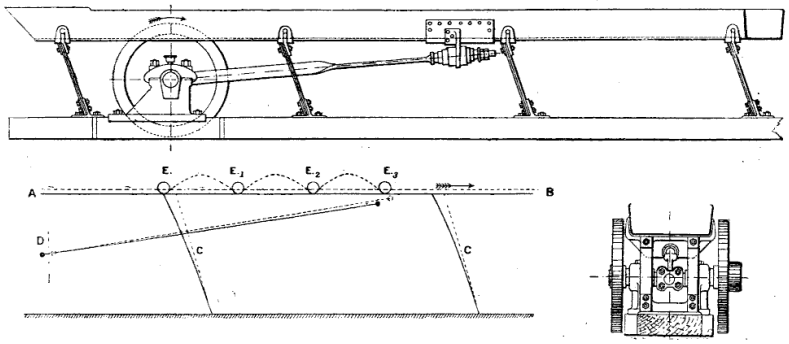



Fig. 28. — Conveyeur oscillant.

substances friables. Un conveyeur à plaques de 60 centimètres de large, écartées de 60 centimètres et marchant à $0^m,50$ par seconde, pourrait débiter 30 tonnes de charbon par heure; avec une auge de $0^m,50$ de large et des plaques écartées de 46 centimètres,

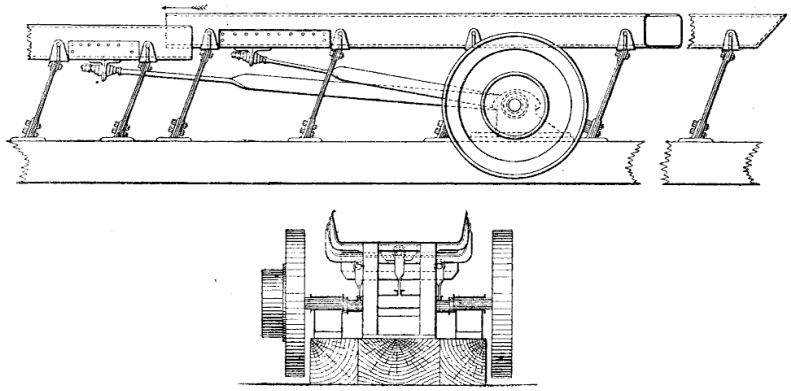


Fig. 29. — Conveyeur oscillant équilibré.

il débiterait 40 tonnes de charbon en marchant à 90 centimètres par seconde. Un conveyeur pour coke chaud, avec auge de $0^m,68$ et plaques de fonte malléable de $0^m,60$ d'écartement, débite 20 tonnes de coke par heure à la vitesse de 24 centimètres.

Les conveyeurs à plaques ne conviennent pas pour les matières dures et coupantes; la puissance qu'ils exigent est très variable. Comme exemple, un conveyeur de 30 mètres de long, débitant 50 tonnes de charbon par heure, exigera 12 chevaux.

Les conveyeurs à câbles armés de disques fonctionnent (fig. 18) dans des auges

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

triangulaires en V ou en U (fig. 19), garnies de tôle, droites et inclinées; la vitesse est de $0^m,50$ à $0^m,90$ par seconde.

Les *conveyeurs à bandes* ou à courroies datent d'une trentaine d'années et constituent l'un des meilleurs moyens de transporter à de grandes distances de grosses

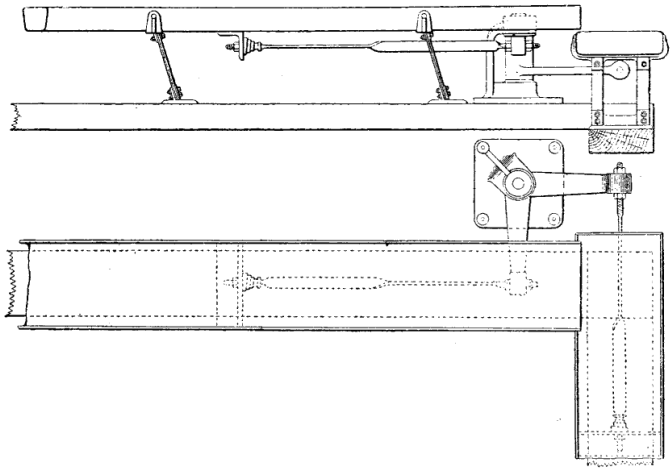


Fig. 30. — Conveyeur oscillant coudé.

masses de matières de toute sorte. Leurs bandes sont en toile, caoutchouc toilé, cuir, toiles métalliques, passant, d'un tambour à l'autre, sur des galets supports plus fré-

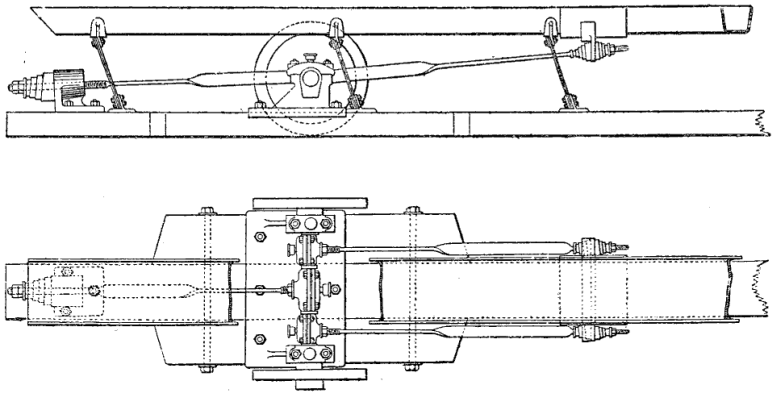


Fig. 31. — Conveyeur oscillant équilibré.

quents (fig. 20 et 21) sous le brin chargé. Ces conveyeurs ont supplanté les autres presque complètement pour le transport des grains à des distances supérieures à 15 mètres.

Dans la crainte de voir le grain se perdre sur une bande plate, on la supporta

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

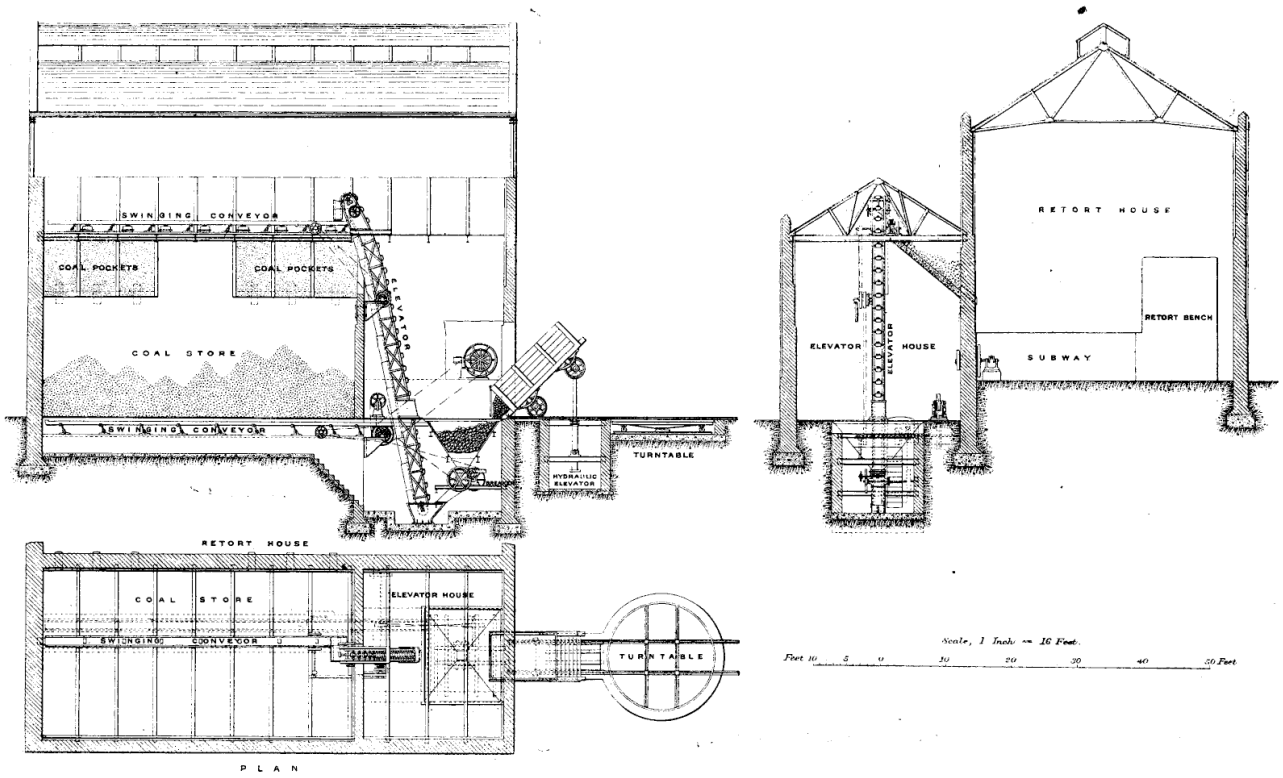



Fig. 32. — Manutention des charbons à l'usine à gaz de *Brentwood*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'abord sur des galets concaves de manière à lui donner une forme d'auge; mais la bande s'usait très rapidement en raison de son glissement sur ces galets qui n'avaient pas, partout, la même vitesse périphérique; actuellement, on n'emploie que des galets ou rouleaux plats, sauf à la recette même du grain, où l'on emploie deux rouleaux qui donnent à la bande un léger creux. Les rouleaux, de 100 à 150 millimètres de diamètre, sont en bois ou en tubes d'acier, écartés de $1^m,50$ sous le brin chargé et de $3^m,60$ sous l'autre. Lorsqu'on charge à la fois les deux brins d'aller et de retour, il faut augmenter le diamètre de la poulie de manière à assurer, entre les brins, la distance nécessitée par l'épaisseur de leur charge, et l'on peut, par l'emploi de deux poulies de renvoi (fig. 24) augmenter indéfiniment cet écartement; l'on a indiqué, sur cette figure, deux chariots déverseurs des charges, un en haut, l'autre en bas. La tension se règle (fig. 21 et 22) par des contrepoids. Les deux galets du chariot déverseur peuvent se placer (fig. 23) dans la position active A'B' ou inactive AB; en A'B', quand le grain arrive à la poulie supérieure, il le déverse dans une trémie qui fait partie du chariot et qui le dirige dans un déverseur latéral (fig. 25), à droite ou à gauche, suivant la position de sa vanne.

La vitesse de ces conveyeurs est de $2^m,25$ à 3 mètres par seconde avec les grains, sans dépasser $2^m,25$ avec les grains à menus, qui seraient soufflés à la vitesse de $2^m,50$; l'orge supporte des vitesses de $2^m,80$ et le maïs, ainsi que les graines lourdes, le maximum de 3 mètres.

Le tableau ci-dessous donne les débits de conveyeurs à bande de 100 à 610 millimètres de large, aux différentes vitesses.

**Vitesses et débits des conveyeurs à bandes.**

| | Vitesses en mètres par seconde. | | |
|---|---|---|---|
| | $2^m,25$ | $2^m,50$ | 3 mèt. |
| Largeur de la bande. Millimètres. | Tonnes par heure. | | |
| 200 | 6 | 7 | 8 |
| 250 | 9 | 10 | 12 |
| 300 | 18 | 20 | 22 |
| 350 | 26 | 30 | 34 |
| 400 | 36 | 40 | 44 |
| 460 | 45 | 50 | 55 |
| 500 | 60 | 65 | 70 |
| 560 | 70 | 80 | 90 |
| 610 | 90 | 100 | 110 |

Avec les grains, ces conveyeurs exigent moins de puissance que tous les autres; un conveyeur de 150 mètres de long sur 460 de large marchant à $2^m,50$ par seconde, et débitant 50 tonnes de grain par heure, exige $4^{ch},5$.

Les conveyeurs pour charbons et autres matières dures exigent des bandes plus fortes, surtout au milieu, plus exposé à l'usure que les bords; elles doivent être recouvertes de caoutchouc au moins dans les parties qui passent sur les rouleaux; la face qui reçoit la charge doit être en caoutchouc d'épaisseur décroissante vers les bords. Le brin chargé est porté par des galets disposés (fig. 26) de manière à le courber en auge, avec, sur les bords, de petits galets pour la maintenir dans l'axe. La vitesse varie avec la densité et surtout la dimension des morceaux de la matière à transporter: de 70 centimètres à 1 mètre par seconde avec les gros morceaux, de $2^m,50$ à 3 mètres avec les



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

petits. L'inclinaison peut atteindre 26° sans affecter sensiblement la capacité de ces convéyeurs.

Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques de ces conveyeurs pour charbons horizontaux, et de 30 mètres de long.

**Vitesses et débits des conveyeurs à bandes pour charbons.**

| Largeur de la bande. | Vitesse en mètres par seconde. | Débit en tonnes par heure. | Dimensions des charbons. | Puissance en chevaux pour un conveyeur de 15 mèt. de long. |
|---|---|---|---|---|
| 300 | 0m,75 à 3 mètres | 10 à 35 | de 50 m/m de côté | 3,2 |
| 460 | | 50 à 175 | 100 à 20 | 4,8 |
| 610 | | 125 à 475 | 150 à 25 | 6 |
| 760 | | 250 à 900 | 180 à 50 | 7,6 |
| 915 | | 350 à 1500 | 230 à 50 | 9,2 |

Le principal avantage des conveyeurs à bandes est leur excellent rendement mécanique; ils ne dégradent pas la matière, s'usent peu, et marchent sans bruit, mais ils ne peuvent se décharger en des points intermédiaires que par l'emploi de chariots déverseurs compliqués; en outre, le graissage des nombreux rouleaux, marchant à 150 et 600 tours par minute, doit être très soigné.

Les conveyeurs à baquets continus sont (fig. 27) intermédiaires entre les conveyeurs à bandes et les conveyeurs oscillants; ils sont formés de courts baquets sur chaîne, constituant par leur emboîtement une auge continue marchant avec la chaîne; leur vitesse varie de 30 à 60 centimètres par minute; leur débit est le produit de leur section transversale par cette vitesse. Ils sont un peu meilleurs que les conveyeurs à plaques comme rendement mécanique et ménagement des matières.

Les *conveyeurs oscillants* sont constitués par des auges animées d'un mouvement d'oscillation et qui transportent ainsi la matière d'un bout à l'autre de leur longueur; ce mouvement oscillatoire est commandé par bielle et manivelle ou par cames, et le conveyeur repose sur des galets ou des menottes, ou encore (fig. 28) sur des lames élastiques. En figure 28, les lignes pleines et pointillées indiquent l'amplitude du mouvement de la bielle D, ainsi que du fond B de l'auge, et les trajectoires successives E E'... de la matière transportée. Le déplacement horizontal de l'auge est d'environ 25 millimètres, et le vertical de 3 millimètres seulement; la matière avance d'une pièce, sans frottement interne ni sur les parois de l'auge. Le type fig. 28 convient pour des longueurs de jusqu'à 15 mètres et des largeurs de 60 centimètres; pour des longueurs plus grandes, les conveyeurs sont (fig. 29) en deux pièces dont l'une se décharge dans l'autre à 50 millimètres en contre-bas, et commandées par des manivelles à 180°, sur lesquelles elles s'équilibrent.

En figure 30, les deux parties du conveyeur, aussi équilibrées, sont à angle droit.

Ces conveyeurs sont actionnés en leur milieu; celui de la figure 31 est commandé à son extrémité, et l'équilibrage est réalisé par le ressort à boudin que l'on voit à gauche, attelé à l'une des manivelles.

La vitesse de transport des matières varie de 20 à 35 centimètres par seconde quand le conveyeur marche entre 300 et 350 tours par minute. Les bielles l'attaquent par des ressorts qui en amortissent les chocs. Leur longueur paraît illimitée; il en est de 90 mètres de long sur 2 mètres de large, et ces dimensions ne sont pas des maxima. Ces appareils sont remarquables par leur simplicité, leur excellent rendement mécanique, leur douceur de marche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau ci-dessous donne quelques renseignements sur leur capacité.

**Débits des conveyeurs oscillants pour charbons.**

| Profondeur des auges. | Largeur des auges. Débit en tonnes par heure. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 300 m/m | 300 | 400 | 500 | 610 | 660 | 1m,22 | 1m,50 | 1m,80 |
| 100 m/m | 6 à 7 | 7 à 8 | 8 à 9 | 10 à 12 | 13 à 15 | | | | |
| 150 m/m | 9 à 10 | 12 à 13 | 13 à 15 | 16 à 18 | 18 à 20 | 30 à 32 | 35 à 40 | 45 à 50 | 50 à 60 |
| 200 | | | | | 25 à 30 | 35 à 40 | 50 à 60 | 60 à 75 | 70 à 80 |

Une inclinaison descendante de 5 p. 100 augmente cette capacité d'environ 10 p. 100; l'inverse aurait lieu pour une inclinaison montante. Un conveyeur horizontal de 30 mètres de long, transportant 50 tonnes de charbon par heure, exige environ 8ch,75.

Ces conveyeurs peuvent transporter des matériaux de toutes dimensions et très friables, sans les briser ni faire de poussières. On peut, en y perçant des portes, décharger où l'on veut; il n'y a qu'une manivelle et quelques portées à graisser, quelle que soit la longueur du conveyeur; enfin, avec les types équilibrés les vibrations sont réduites.

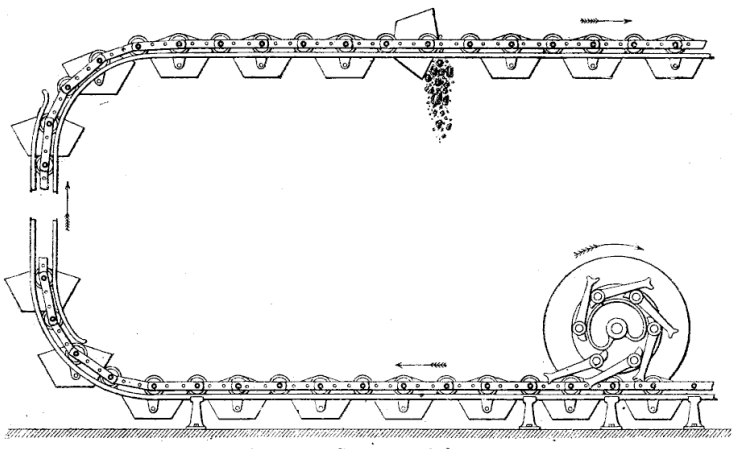


Fig. 33. — Conveyeur à bennes.

La figure 32 représente une installation très complète et compacte de l'usine à gaz de Brentwood, où le charbon, basculé par un cylindre hydraulique des wagons dans une trémie, puis concassé, est élevé à un conveyeur oscillant qui le distribue soit au magasin soit aux bacs qui alimentent les cornues à gaz. Du magasin, ce charbon est ramené, par un second conveyeur oscillant, à l'élévateur qui le porte aux bacs des cornues.

Le tableau ci-dessous donne la puissance absorbée par différents types de conveyeurs de 50 tonnes par heure et de 30 mètres de long.

| | Chevaux. |
|---|---|
| Conveyeur à bande pour grains | 4,8 |
| — minerais | 5 |
| Conveyeur oscillant équilibré | 8 |
| — non équilibré | 8,75 |
| Conveyeur à plaques | 12,8 |
| — à vis | 18,38 |
| — tubulaire à vis | 25 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau ci-dessous en donne les vitesses moyennes en mètres par seconde.

| | Mètres. | Vitesses moyennes. |
|---|---|---|
| Conveyeur à bande, de. . . . . | 1,25 à 3 | 2,13 |
| — à plaques. . . . . | 0,30 à 0,90 | 0,60 |
| — à câble. . . . . | 0,50 à 0,60 | 0,55 |
| — continu. . . . . | 0,30 à 0,60 | 0,45 |
| — à vis . . . . . | 0,20 à 0,30 | 0,25 |
| — oscillant. . . . . | 0,20 à 0,35 | 0,28 |

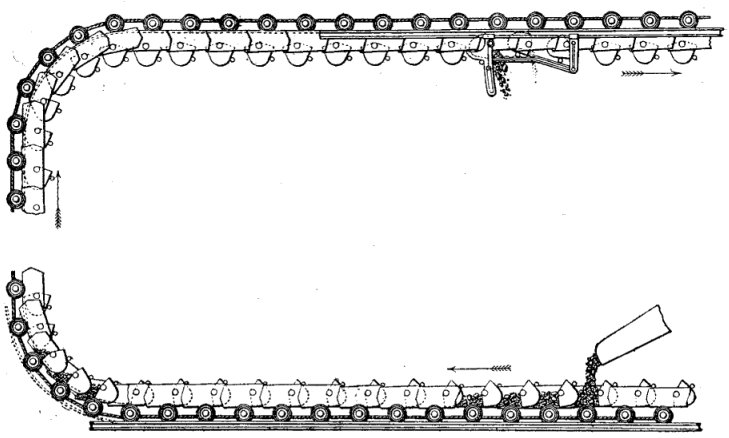


Fig. 34. — Conveyeur à bennes continu.

Le tableau ci-dessous donne les prix de revient d'établissement et d'entretien des différents types en question.

**Dépenses d'établissement et d'entretien des conveyeurs et élévateurs.**

| | Prix d'établissement | | | | Réparation et entretien | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | total. francs. | par mètre courant. francs. | Tonnes transportées. | Distances parcourues. mètres. | total. francs. | par tonne. fr. c. | par 10 mètres de parcours. fr. c. | Matière transportée. |
| Élévateur . . . . . | 38 900 | 330 | 335 237 | 32 | 2 150 | 0,6 | 0,27 | Charbon. |
| | 20 500 | 525 | 178 541 | 17,50 et 22 | 17 000 | 9,13 | 4,10 | Coke chaud. |
| | 10 600 | 450 | 37 685 | 12 | 180 | 0,46 | 0,4 | Oyxde de fer et chaux. |
| Conveyeur à plaques. | 6 400 | 200 | 149 350 | 9 | 1 800 | 1,13 | 1,3 | Charbon. |
| | 37 200 | 430 | 29 769 | 27<br>27<br>32 | 27 500 | 8,91 | 3 | Coke chaud. |
| Conveyeur à plaque et courroie . . . . | 50 700 | 300 | 149 350 | 38<br>38<br>38<br>34<br>14 | 57 800 | 37,14 | 7 | — |
| Conveyeur à bande de toile. . . . . | 11 100 | 370 | 10 000 | 30 | 1 000 | 10 | 3,3 | Petit coke. |
| | 7 500 | 200 | 149 330 | 9 | 1 750 | 1,13 | 1,2 | Charbon. |
| | 4 300 | 90 | 2 180 | 33 | 1 050 | 46 | 14 | Sulfate d'ammoniaque. |
| Conveyeur oscillant. | 44 250 | 85 | 250 000 | 21 conveyeurs total 517 mètres. | 375 | 1,14 | 0,001 | Charbon. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

APPAREILS MIXTES : ÉLÉVATEURS ET CONVEYEURS COMBINÉS

L'auteur n'eu décrit que deux types : les conveyeurs à bennes oscillantes et les élévateurs pneumatiques.

Les conveyeurs à bennes oscillantes sont (fig. 33 et 34) constitués par un cours de chaine entraînant sur rails, guides et galets, des bennes susceptibles d'osciller pour

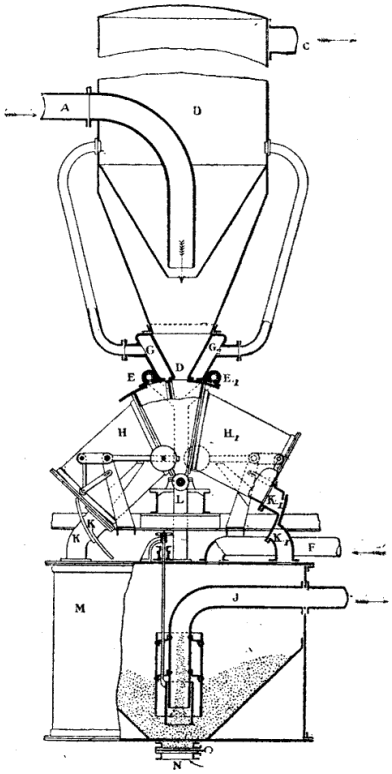



Fig. 35. — Élévateur pneumatique à grain.

suivre les sinuosités du parcours et se déverser au point voulu de ce parcours. Ces bennes restent toujours verticales, quelle que soit la direction du parcours, jusqu'au point de déversement. Ces conveyeurs, tous employés eu Amérique, permettent de faire, avec un seul appareil, par exemple, la levée et la distribution du charbon dans un magasin d'entrepôt ou d'usine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le type (fig. 33) bien connu de nos lecteurs (1), la chaîne est commandée par une série de poussoirs articulés sur une roue; mais cette commande se fait, le plus souvent, par des roues de chaînes spécialement étudiées.

Le chargement des bennes de manière à ne pas gaspiller la matière se fait soit par une série de déversoirs constituant, au-dessus des bennes, une sorte de chaîne continue, soit, comme en figure 34, directement dans les bennes disposées de manière à constituer une sorte d'auge continue pendant leur parcours horizontal, puis se remplissant automatiquement et isolément dès leur passage sur le parcours vertical, et demeurant ensuite isolés jusqu'à leur déversement final.

La vitesse de ces conveyeurs ne dépasse guère 7 à 13 centimètres par seconde, et la puissance exigée dépend surtout de leur longueur; leur rendement mécanique est, en général, excellent. Ils n'endommagent aucunement la matière, permettent de desservir toute une installation avec un seul moteur central, et se déversent n'importe où sur leur parcours; en revanche, il s'y trouve de nombreux axes à graisser.

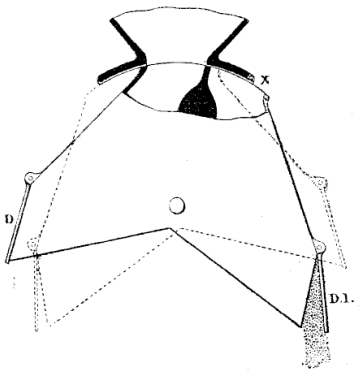



Fig. 36. — Élévateur pneumatique à grains. Détail de la boîte de décharge par gravité.

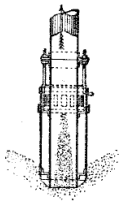


Fig. 37.



Fig. 38.

Les *élévateurs pneumatiques* ont été introduits pratiquement en Angleterre, en 1895, par M. Duckham, aux docks de Milwall (2). Ils consistent essentiellement (fig. 35) en un réservoir B, dans lequel on fait le vide par un tuyau C, et qui communique avec un tuyau A, dont l'extrémité plonge, par un aspirateur approprié (fig. 37), dans la masse du grain à élever. Le vide de B entraîne ainsi, dans A, un courant d'air qui y flotte le grain et l'élève en B, d'où il passe, en D, alternativement, aux cylindres oscillants H et H′, qui le distribuent, par les orifices K et K′, au réservoir M. Ce réservoir reçoit en F de l'air comprimé, qui en refoule le grain par le tuyau J, et il peut aussi se vider directement par N. Les canaux GG′ et EE′ permettent d'égaliser les pressions entre B, H ou H′ juste avant leur remplissage, et entre M, H ou H′ juste avant leur vidange.

(1) *Bulletin* de décembre 1895, p. 1376.

(2) Pour plus de détails, voir la *Revue de mécanique*, août 1898, p. 181. Voir aussi au *Bulletin* d'avril 1899, p. 513, les élévateurs pneumatiques *Farcot*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si, après cette vidange, le grain peut atteindre sa destination finale par gravité, l'appareil se simplifie, comme en figure 36, où la vidange se fait par deux clapets D et D′, garnis de caoutchouc. Pendant le remplissage, ces clapets sont fermés par le vide du compartiment en remplissage, et, dès que rempli, ce compartiment, par sa bascule, s'ouvre en X et détruit le vide automatiquement.

Le tuyau d'aspiration, de 150 millimètres de diamètre, en tôle et caoutchouc toilé, se termine, au débit, par un tuyau de deux ou trois fois son diamètre et long de cinq à dix fois ce diamètre (fig. 38).

Le vide doit atteindre environ 250 millimètres de mercure ; le grain marche à des vitesses de 15 à 25 centimètres par seconde dans le tuyau d'aspiration, qui débite ainsi 30 à 40 tonnes par heure, soit 50 à 60 tonnes pour un réservoir B à deux tuyaux. La puissance nécessaire est d'environ 3 chevaux par tonne de grain élevée par heure, dépense assez forte, mais rachetée par la simplicité de l'appareil et le peu de main-

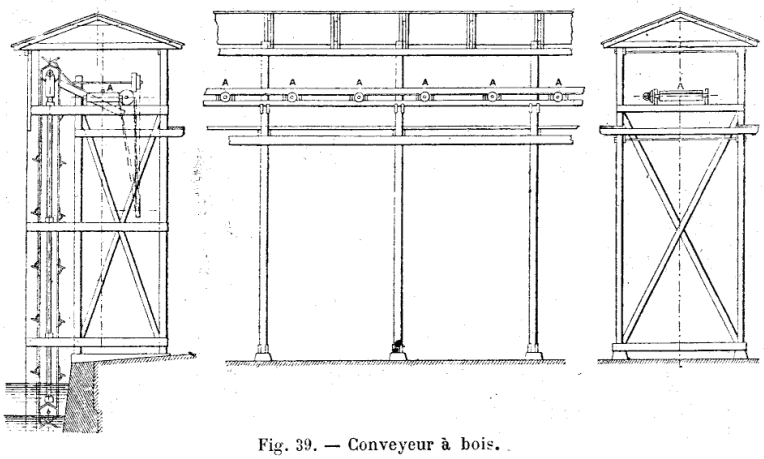


Fig. 39. — Conveyeur à bois.

d'œuvre qu'il exige ; c'est incontestablement le meilleur pour les grandes manutentions très rapides.

Les docks de Milwall ont, en outre, un élévateur à bois (fig. 39), dont la bande est entraînée par des rouleaux moteurs en fonte A, de 250 millimètres de diamètre sur 75 centimètres de long, espacés de $1^{m},50$ et commandés, d'un arbre de 25 millimètres de diamètre, par des engrenages à réduction de 3/1, et à la vitesse de 60 à 80 tours par minute. Les billes de bois avancent à la vitesse de $0^{m},70$ à 1 mètre par seconde, et doivent avoir au moins 3 mètres de long, de manière à reposer sur au moins 2 cylindres. Le parcours comporte plusieurs courbes de 50 à 60 mètres de rayon, auxquelles se prête l'arbre de 25 millimètres. La puissance est fournie par une dynamo de 5 chevaux tous les 15 mètres, et les vitesses des galets sont graduées de manière à augmenter de 10 centimètres par seconde à chaque section de 15 mètres, de manière à éviter les collisions aux raccordements de ces sections.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## SCIE A RUBAN HORIZONTALE RANSOME

Cette scie, du type Landis, permet de débiter les bois en grumes très rapidement, aussi vite que trois scies verticales à bandes eucadrées, avec une surveillance plus facile et des fondations extrêmement réduites.

Les poulies AA (fig. 40) de cette scie ont $1^m,37$ de diamètre et peuvent recevoir des

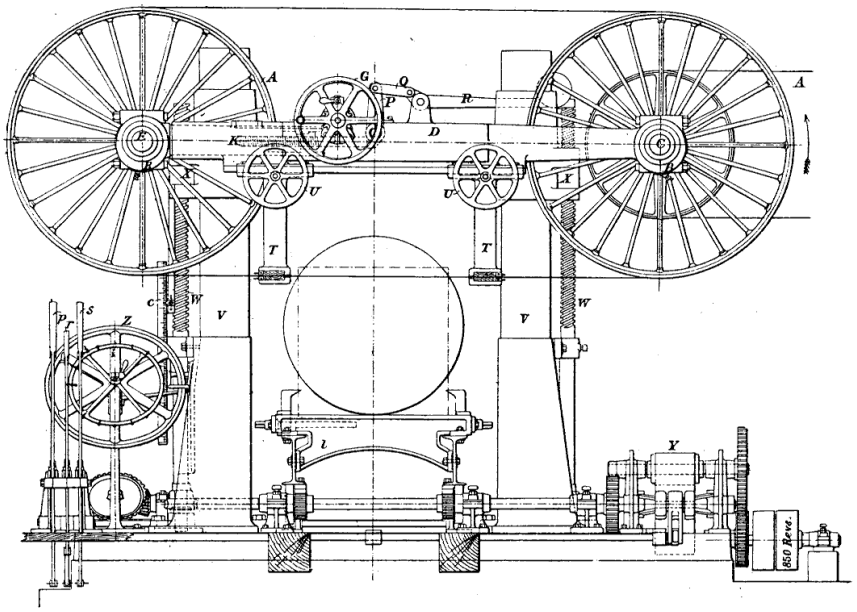



Fig. 40. — Scie *Ransome*, élévation.

rubans de 140 millimètres de large; elles sont, avec moyeux en fonte, rais en fer, équilibrées sur arbre en acier qui tourne dans des paliers autograisseurs BB, sur antifriction, et fermés contre la poussière. Les paliers de l'arbre moteur C sont portés par deux bras du chariot D, dans lequel glissent les supports en fonte FF de l'arbre entraîné E; la tension de la scie est donnée par la manette G (fig. 41) qui, par la transmission à vis sans fin HJH′, commande les vis K, en prise dans les écrous en bronze phosphoreux L de FF. Lorsque ces vis ont suffisamment tendu la scie, elles appuient sur les petits bras des leviers PP du train PP′QR, à levier R, chargé par un contrepoids qui maintient automatiquement la tension de la scie et en limite la grandeur d'après la position. Ainsi que le montre la figure 42, la manette G entraîne la vis H par un cliquet MN, que l'on peut débrayer de manière à ne faire tourner que la vis sans fin H′, et à dévoyer légèrement la poulie entraînée afin que les dents de la scie dépassent les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

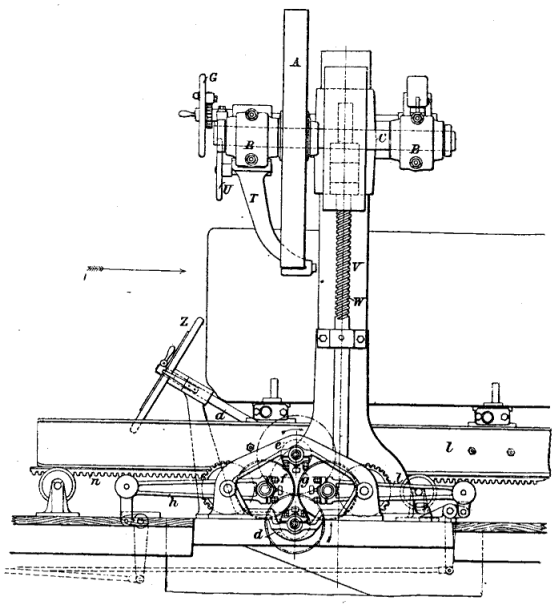


Fig. 41 — Scie *Ransome*, vue par bout.

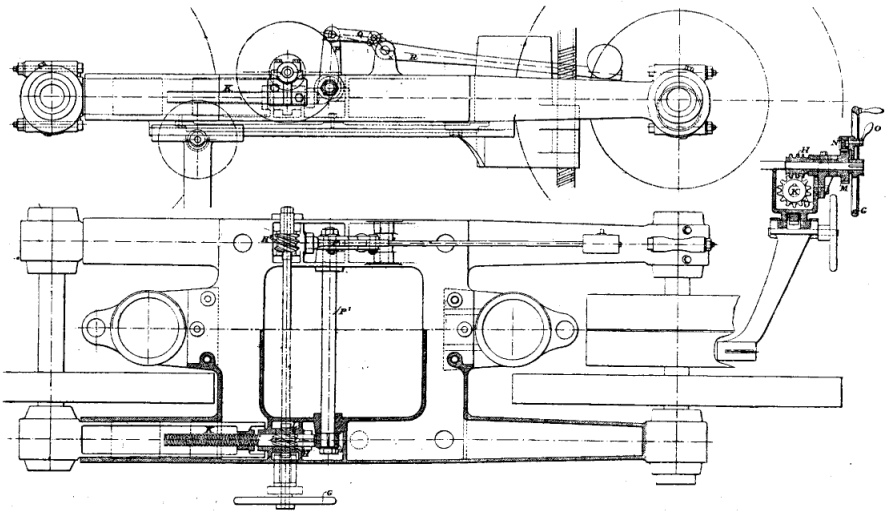


Fig. 42. — Scie *Ransome*, détail du serrage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jantes des poulies et n'en soient pas endommagé es, Les vis K permettent une variation de $0^m,60$ dans la longueur de la scie.

**La levée du chariot D sur les montants W** est commandée, des écrous en bronze

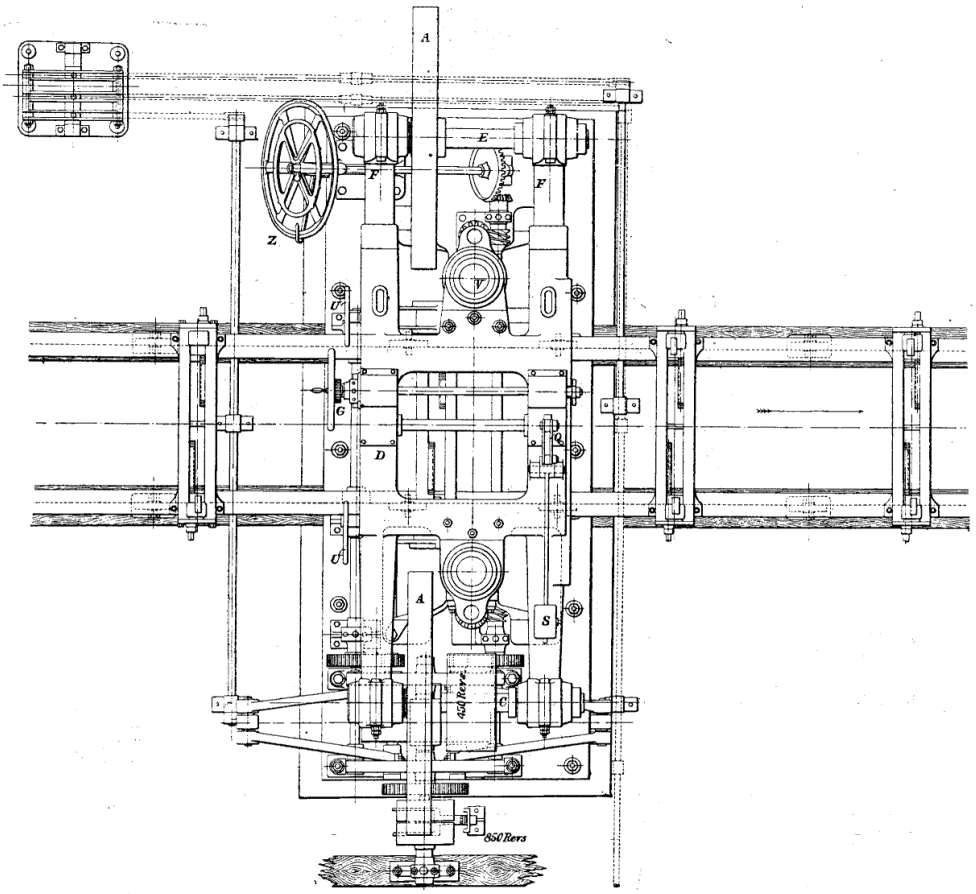



Fig. 43 à 45. — Scie *Ransome*, plan.

phosphoreux XX et des vis WW, à butées sur billes, par le train Y, et aussi à la main par le train *Zab*, dont un tour de Z déplace le chariot d'un pouce, et cette manette est graduée avec échelle *c*, permettant de régler très exactement la hauteur de la scie et l'épaisseur des planches débitées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La commande de l'avancement de la table se fait par deux galets de friction *d* et *e* (fig. 2) tournant toujours, et en sens contraires, alternativement en prise avec l'un des galets de friction *f* ou *g*. Les galets *d* et *e*, conjugués par des engrenages, sont commandés d'un train de poulies folle et fixe marchant à 850 tours, et les galets *d* et *f*, qui attaquent le chariot *l* par pignons et crémaillères *n*. sont manœuvrés par les renvois *h* et *i*.

Toutes les manœuvres de la machine se font des leviers *p*, *r* et *s*.

La scie à bande fait environ quatre fois moins de déchet que la grande scie circulaire correspondante, et elle peut débiter entièrement sa pièce sans avoir à déplacer cette pièce. Ces machines peuvent débiter, par minute, environ $3^{m2},70$ dans du chêne ou de l'orme et $7^{m2},4$ dans les bois tendres; la vitesse de retour de la table est de 1 mètre par seconde; puissance, en bois dur, 35 chevaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# PROCÈS-VERBAUX

## DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

*Séance du 23 octobre* 1903.

Présidence de *M. Le Chatelier*, vice-président.

*M. le Président* fait part des décès de *MM. Bunel* et *Dufrêne de Saint-Léon*, membres du Conseil; *Casalonga*, *Gilbert* et *Idrac*, membres de la Société; il se fait, auprès de leurs familles, l'interprète des très vifs regrets du Conseil.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

*M. G. Lafosse*, employé à l'usine élévatoire d'assainissement de Colombes, demande un brevet pour un *appareil de navigation*. (Arts mécaniques.)

La *Société des Arts* de Londres envoie le programme d'un concours pour un *respirateur arrête-poussières*. Les concurrents devront envoyer leurs appareils avant le 31 décembre 1903 au secrétariat de la Société des Arts, John Stt, Adelphi, London.

*M. Larnigaudière*, à Chigny (Marne), demande le concours de la Société pour la construction d'un *aviateur*. (Arts mécaniques.)

*M. Guillard*, soldat au 2e étranger à Ed-Bar, demande un brevet pour un nouveau *mode de rivetage*. (Arts mécaniques.)

*M. Huygens* demande le renouvellement d'une annuité de brevet pour un *robinet automatique*. (Arts mécaniques.)

*M. Canovetti*, à Brescia, demande une subvention pour continuer ses travaux sur la *résistance de l'air*. (Arts mécaniques.)

*M. Bidon*, inspecteur du matériel au chemin de fer de Smyrne à Cassaba, 153, rue d'Alésia, présente une *chaudière locomotive à deux foyers*. (Arts mécaniques.)

*M. Stahl*, 119, rue Saint-Sauveur, demande un brevet pour un *Cyclo-clinoprisme*. (Arts économiques.)

*M. Salmon*, 57, rue Saint-Fuscien, Amiens, présente un *appareil de sécurité pour tramways*. (Arts mécaniques.)

L'*American Society of Civil Engineers*, de New-York, informe les membres de la Société d'Encouragement qu'elle sera heureuse de recevoir ceux d'entre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

eux qui visiteront l'Exposition de Saint-Louis dans la salle qu'elle s'est réservée dans le bâtiment des Arts libéraux de cette exposition. M. le Secrétaire remercie vivement la Société américaine de cette offre des plus obligeantes.

*M. de Redon de Colombier*, 16, chaussée d'Antin, demande des renseignements sur le traitement de certains *minerais de fer magnésiens d'Algérie*. (Arts chimiques.)

M. le Directeur de l'*Office national de la propriété industrielle* demande que la Société d'Encouragement veuille bien conseiller les inventeurs peu fortunés pour la rédaction de leurs brevets conformément aux nouvelles exigences de l'arrêté ministériel du 14 août 1903. (Commerce.)

*M. Poillon*, ingénieur à Amiens, présente une *grille de chaudière*. (Arts mécaniques.)

*M. Pargent*, 118 *bis*, rue de la Roquette, présente un *compteur à gaz*. (Arts chimiques.)

*M. Bodin*, président de la *Société des Ingénieurs civils de France*, remercie la Société d'Encouragement de la subvention qu'elle a accordée à *M. Tellier* sur la demande de la Société des Ingénieurs civils.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 534 du *Bulletin* d'octobre.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

*M. Julien-Lavollée*, membre du Conseil, comme *membre à vie;*

*M. Arnal* (Roger), ingénieur civil des mines à Dombrowa (Russie), présenté par *M. Dumas;*

*M. Marsy*, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur à Dombrowa, présenté pas *M. Dumas;*

*M. Follin*, ingénieur conseil à Paris, présenté par *M. G. Richard.*

Rapports des Comités. — Sont lus et approuvés les rapports présentés au nom du Comité des Arts mécaniques par :

*M. Imbs*, sur les travaux de *M. Lagard* sur les *Conditions du travail dans la filature et le moulinage de la soie;*

*M. Simon*, sur une étude du *décatissage* par *M. R. Menocchio.*

Communication. — *M. Lecomte* fait une communication sur les *Appareils de chauffage et d'éclairage au gaz* de la *Société française de chaleur et de lumière.*

*M. le Président* remercie M. Lecomte de son intéressante communication, qui est renvoyée au Comité des *Arts économiques.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Séance du 13 novembre* 1903.

Présidence de *M. Linder*, président.

*M. le Président* annonce que *M. Gilbert*, fabricant de crayons à Givet, a légué à la Société d'Encouragement une somme de 20000 francs *pour être employée de la façon que notre Société jugera la plus favorable à encourager l'industrie française.* M. le Président se fait, auprès des membres de la famille de M. Gilbert, l'interprète de la vive reconnaissance de la Société d'Encouragement : le nom de M. Gilbert sera inscrit parmi ceux des bienfaiteurs de la Société, et son legs sera mentionné dans notre programme des prix, en y reproduisant la clause si libérale de son testament.

Correspondance. — *M. Collignon*, secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part du décès de *M. J.-E. Velter*, membre de la Société, ingénieur des Arts et Manufactures, à Paris.

*M. Pauly*, directeur de l'École pratique de l'industrie de Morez (Jura), envoie un mémoire intitulé : *Travail permanent obtenu sans dépense par la chaleur de l'atmosphère.* (Arts mécaniques.)

*M. Bléry*, à Raismes-les-Valenciennes, demande un brevet pour une *horloge à marche continue.* (Arts mécaniques.)

*MM. Arnal et Marsy* remercient le Conseil de leurs nominations comme membres de la Société d'Encouragement.

Correspondance imprimée. — *M. Collignon* présente au ons eil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 692 du présent *Bulletin*.

Nominations de membres de la Société. — Sont nommés membres de la Société :

M. le comte *Vittorio de Asarta*, à Fraforenao (Italie), présenté par *MM. Lindet* et *Boucher ;*

*M. Lordier* (Charles), inspecteur du matériel à la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, présenté par *M. Sauvage.*

Communication. — *M. le Dr Barot* fait une communication sur l'*Inventaire méthodique des ressources de l'Afrique occidentale française.*

*M. le Président* remercie *M. le Dr Barot* de sa très intéressante communication, qui est renvoyée au Comité du *Commerce.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# BIBLIOGRAPHIE

**Les Pompes,** par M. R. Masse. In-8°, 528 p., 957 fig. Paris, Dunod, 530 p.

Nous ne saurions mieux faire connaître à nos lecteurs cet important ouvrage qu'en reproduisant la préface même dont il a été honoré par M. Haton de la Goupillière.

Il m'est très agréable de présenter au public l'ouvrage de M. Masse, et encore plus de lui présenter l'auteur lui-même, bien qu'il n'en ait nul besoin. M. Masse a été l'un de mes plus brillants élèves, et l'un de ceux dont j'ai suivi avec le plus d'intérêt la laborieuse carrière. Elle s'est développée avec un égal talent dans des sens très divers, mais tout spécialement dans la voie de la mécanique. Aussi n'ai-je pas hésité, lorsque je me suis vu appelé à la présidence du Comité de rédaction de la *Revue de Mécanique*, à faire appel à la plume de cet ingénieur. ainsi que plus tard, au moment où ce même Comité a entrepris la publication, aujourd'hui terminée, de la *Mécanique à l'Exposition de* 1900. Les études qu'il a alors effectuées sur les pompes l'ont mis sur la voie de l'important ouvrage qui paraît aujourd'hui.

Les progrès rapides de l'électricité, entraînant ceux des appareils destinés à produire la force motrice qu'elle réclame, ont eu pour conséquence, depuis plusieurs années, de cantonner trop exclusivement les techniciens dans l'étude des machines génératrices ou motrices. De nombreux ouvrages s'adressant à des milieux divers le manifestent surabondamment.

Mais d'autres branches de l'industrie mécanique se sont développées parallèlement et méritent aujourd'hui de fixer l'attention.

C'est cette considération qui a amené M. Masse à coordonner et à compléter les notes qu'il a publiées sur les *Pompes* dans les deux publications dont je viens de parler. Des opuscules, des notices avaient bien été publiées sur tel ou tel genre de pompe, mais souvent sous la forme d'un prospectus rédigé par les constructeurs eux-mêmes. Il manquait, en cette matière, un ouvrage complet et méthodique, capable de guider l'industriel dans ses projets, l'ingénieur dans ses recherches, le constructeur pour l'étude d'appareils nouveaux ou plus perfectionnés.

C'est cette lacune que l'important travail de M. Masse vient combler aujourd'hui. Cet ouvrage très complet présente deux particularités que nous devons signaler ici : le développement tout spécial du chapitre *Généralités*, et un essai de classification des pompes qui, pour n'être pas encore peut-être définitif, n'en constitue pas moins un jalon essentiel.

Dans les généralités, après un rappel des notions indispensables d'hydraulique, et quelques renseignements généraux nécessaires à la compréhension du fonctionnement des différents systèmes de pompes, l'auteur n'a pas craint de consacrer un certain nombre de pages à une étude, nécessairement abrégée, des moteurs susceptibles d'être utilisés pour la commande de ces appareils. Il y avait là une réelle difficulté, tenant à la fois à l'ampleur du sujet, à la nécessité d'être bref, à l'obligation de rester clair. M. Masse s'en est heureusement tiré; son exposé est concis, très net, et suffisamment complet pour permettre au lecteur de comprendre et de mieux apprécier les renseignements présentés au cours de l'ouvrage, ainsi que les très nombreux exemples qui en forment le commentaire et l'illustration.

L'industriel, dont le temps est précieux, pourra ainsi se documenter rapidement sur le choix du moteur qui convient le mieux à tel ou tel genre d'installation, ou inversement choisir en connaissance de cause un type de pompe approprié à la force motrice dont il dispose.

A la fin de cette première partie de l'ouvrage, l'auteur a réservé une place aux appareils qui élèvent l'eau par transport. Les uns ne présentent plus qu'un intérêt historique, les autres sont encore employés et ont même reçu récemment divers perfectionnements. Il était donc bon de les signaler, et c'est la transition naturelle qui amène le lecteur à l'objet principal du volume.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Masse expose, dans son Introduction, la classification qu'il a adoptée. Si elle n'est pas à l'abri de certaines critiques, qu'il s'empresse de reconnaître, il semble que cela tienne à la nature même et à la très grande diversité des types étudiés, en même temps qu'à la multiplicité de leurs usages. Elle a du moins le mérite d'être simple, et de se prêter convenablement à l'étude et à la comparaison des divers systèmes de pompes, ainsi qu'aux recherches pratiques que peuvent avoir à effectuer les lecteurs.

Un coup d'œil jeté sur la table des matières donne de suite une idée du nombre considérable des organismes qui ont été envisagés dans cet ouvrage et de la méthode suivie pour leur étude. De plus (et il faut lui en savoir gré), l'auteur n'a pas perdu de vue que son livre devait s'adresser aussi bien au constructeur qu'à l'industriel. Pour le premier, des détails de construction ont été accumulés, accompagnés de figures cotées toutes les fois que c'était possible. Pour le second, on a enregistré des résultats d'expériences ou d'exploitation, et parfois même décrit des installations complètes.

Nous pensons que M. Masse a rendu un réel service à l'industrie mécanique et à l'ingénieur hydraulicien, ainsi qu'à l'enseignement technique, pour une branche d'études sur laquelle on pouvait être tenté de glisser, faute d'une codification suffisante. J'ai le bon espoir de me rencontrer dans cette conviction avec le jugement du public éclairé, qui a toujours le dernier mot en pareille matière.

**Traité de la condensation,** par M. F.-J. Weiss, ingénieur civil à Bâle, traduit par M. E. Hennebicque. In-8°, 510 p., 116 fig. Paris, Dunod, 20 francs.

Voici comment la traduction de cet ouvrage, des plus précieux pour tous ceux qui s'occupent de machines à vapeur, le présente au public :

La question de la condensation de la vapeur d'échappement a, de nos jours où le prix du combustible va sans cesse en augmentant, une importance telle que tout ingénieur, soucieux des intérêts qui lui sont confiés, ne doit plus rien ignorer des différentes considérations, tant théoriques que pratiques, qui sont du domaine de cette branche spéciale de la mécanique.

Bien que cette question ne soit plus nouvelle, puisque la machine de Watt possédait déjà un condenseur, les progrès relatifs à la condensation sont cependant récents, et c'est seulement au cours de ces dernières années que l'on est arrivé à construire des condenseurs perfectionnés au point de permettre la réalisation industrielle de vide physiquement possible, tout en ne dépensant que la quantité d'eau froide strictement nécessaire.

Ces progrès ont été faits principalement en Allemagne, où les résultats économiques obtenus en installant un condenseur unique destiné à recevoir toute la vapeur d'échappement d'une usine, ont été si concluants, dès le début, que successivement, et dans l'espace de quelques années seulement, presque toutes les mines et les grandes usines, non seulement de cette contrée, mais encore d'Autriche-Hongrie, de Russie et des États-Unis d'Amérique, ont monté des condensations centrales.

A l'heure actuelle, en France, les installations de ce genre sont encore très peu nombreuses ; il n'est cependant pas douteux qu'il se dessine, en ce moment, dans notre pays, un mouvement d'opinion favorable à la condensation centrale ; mais, faute d'ouvrages techniques renseignant clairement sur ce sujet, c'est-à-dire traitant d'une façon rationnelle et complète les différentes questions, tant théoriques que pratiques et économiques qui se rattachent à la condensation centrale, la Grande Industrie de notre pays semble hésiter encore à entrer dans la même voie que les usines étrangères.

C'est dans le but de combler cette lacune qu'il nous a paru utile de faire connaître, — en publiant sa traduction, — un ouvrage qui, paru en Allemagne, il y a dix-huit mois seulement, a déjà obtenu un grand succès.

Le succès de ce livre a été fait non seulement par le réel intérêt qu'il présente pour tous les propriétaires, les constructeurs d'appareils à vapeur et les ingénieurs ; mais il est dû aussi à la notoriété, en matière de condensation, dont jouit son auteur dans tous les pays de langue allemande.

M. F.-J. Weiss, de Bâle, a, en effet, consacré les années de sa carrière, déjà longue, d'ingénieur civil à l'étude exclusive de la condensation, et il nous suffira, pour faire connaître toute sa compétence en cette matière, de rappeler simplement qu'il a réussi à créer un système de condenseur suffisamment parfait pour produire, comme nous le verrons plus loin dans le cours de cet ouvrage,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le maximum d'effet utile avec la dépense de puissance minima, c'est-à-dire un condenseur fonctionnant dans les conditions les plus économiques qu'il soit possible de réaliser (1).

La création de ce condenseur et son application à la condensation centrale, ont été le fruit de laborieuses années d'études et de recherches, au cours desquelles M. Weiss a peu à peu établi et coordonné tous les éléments qui, plus tard, devaient composer son traité de la condensation.

Son livre n'est donc pas celui d'un théoricien, mais bien d'un ingénieur qui, souvent, s'est trouvé aux prises avec des difficultés qu'il a dû surmonter; aussi, est-il riche en enseignements pratiques, comma il est facile de s'en convaincre en parcourant la table des matières ci-jointe.

Ces renseignements pratiques permettront à l'ingénieur qui se trouvera en présence d'un projet de condensation à élaborer — qu'il s'agisse d'une condensation indépendante, ou d'une condensation centrale — de se faire immédiatement une opinion sur le système de condensation à adopter et sur le rendement économique à en tirer. Quant au projet lui-même, ce traité indique d'uue façon détaillée comment on doit procéder pour calculer tous les éléments constitutifs d'une condensation; l'exposé des calculs est, dans chaque cas particulier, afin de pouvoir servir de modèle, développé tout au long; ces calculs, en plus des conclusions définitives auxquelles ils aboutissent, sont toujours suivis d'un exemple numérique se rapportant, en général, à des installations existantes. Il en résulte que ce livre, au lieu d'être réservé aux seuls ingénieurs, comme cela peut paraître lorsqu'on le feuillette rapidement, s'adresse encore à ceux auxquels les calculs pourraient être peu familiers.

Ce traité ne contient pas de détails techniques relatifs à la construction proprement dite des condenseurs, des pompes, des canalisations, etc.; nous estimons, en effet, que ces détails sont plutôt du domaine des constructions mécaniques et les ouvrages ne manquent pas, dans lesquels ces détails de construction pourront être étudiés (2).

Il débute en faisant la *distinction entre la condensation à circulation parallèle et celle à circulation méthodique;* cette distinction, qui a été établie par l'auteur dès 1888, se retrouve dans toutes les questions relatives à la condensation, qu'il s'agisse de la *condensation par mélange* (Chapitre I) ou de la *condensation par surface* (Chapitre II).

La *détermination des dimensions de la pompe à vide* (Chapitre I, 3) est faite en supposant tout d'abord que le volume de la masse d'air qui arrive à l'intérieur du condenseur est connu, et c'est en partant de cette hypothèse que toutes les formules et règles générales ont été établies. On passe ensuite à l'évaluation des différents volumes partiels composant le volume total de cette masse d'air; on aboutit ainsi à la notion et à la fixation d'un *coefficient relatif au défaut d'étanchéité d'une condensation.*

Autrefois, quand on avait à calculer les dimensions d'une pompe à vide, on prenait pour ce coefficient une valeur tout à fait arbitraire et on s'exposait naturellement ainsi à obtenir des résultats complètement erronés. C'est au moyen de formules empiriques, basées sur des données de la pratique, que l'auteur est arrivé à fixer la valeur de ce coefficient relatif au défaut d'étanchéité.

Dans le chapitre V, — *Utilité de la condensation* — lorsqu'il s'est agi d'établir l'équation du travail dans les machines à vapeur, on a adopté la méthode habituellement suivie pour évaluer le travail effectué par la vapeur du côté où elle agit sur le piston, c'est-à-dire que l'on a calculé le *coefficient de pression* à l'arrière du piston — coefficient qui dépend uniquement de la fraction d'admission (et par suite de la distribution) ainsi que du volume de l'espace nuisible — et ce coefficient multiplié par la pression de la vapeur à l'admission a donné la pression moyenne à l'arrière du piston.

Généralement, une fois que la pression moyenne à l'arrière du piston a été ainsi déterminée, on se contente d'évaluer ensuite très sommairement le travail de la contrepression : on se borne simplement à distinguer le cas de l'échappement à l'air libre de celui de la marche à condensation, et à prendre, dans chacun des deux cas, pour contrepression, une valeur approximative qui, fréquemment, s'écarte beaucoup de la valeur réelle.

Cette façon de procéder n'est pas rationnelle et il est tout indiqué de faire pour la contrepression ce que l'on fait déjà pour la pression; en d'autres termes. on doit l'évaluer exactement en calculant un *coefficient de contrepression* — coefficient qui dépend uniquement de la compression et de la dimension de l'espace nuisible — et ce coefficient, multiplié par la pression à l'échappement, donne ensuite la pression moyenne à l'avant du piston, c'est-à-dire la contrepression moyenne.

C'est précisément ce qui a été fait dans ce traité.

(1) *Bulletin* de février 1903, p. 300.

(2) Citons, entre autres, l'article de M. Nadal publié par la *Revue de Mécanique* et le rapport de voyage de M. Sohm publié par le *Bulletin technologique de l'Association des anciens Élèves des Écoles nationales d'arts et métiers.*



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux coefficients de pression et de contrepression ont été calculés pour différentes dimensions de l'espace nuisible et pour toutes les dispositions possibles de distribution (et, par conséquent, pour toutes les valeurs de l'admission et de la compression qui peuvent se présenter dans la pratique) ; les résultats de ces calculs ont été mis sous forme de tableaux et de graphiques d'où il est facile de déduire, pour n'importe quel cas particulier, des valeurs de ces coefficients qui sont absolument exemptes de toute espèce de supposition arbitraire.

Possédant ces deux coefficients, on a la possibilité de calculer rapidement le travail représenté par la surface d'un diagramme tel que celui indiqué en trait fort figure 35 ; ce travail correspond donc à des valeurs réelles, non hypothétiques, de la pression à l'échappement, de la longueur de compression et du volume de l'espace nuisible ; il reste ensuite, pour obtenir exactement le travail indiqué, à retrancher de la surface précédente, les pertes de diagramme, et en prenant pour ces pertes, qui sont inévitables, des valeurs moyennes déduites d'observations pratiques, on a finalement écarté toute chance d'erreur appréciable.

En résumé, au lieu d'accepter dès le début des valeurs moyennes arbitraires (et combien souvent inacceptables !) pour la contrepression, la compression et l'espace nuisible, l'auteur a poussé le calcul aussi loin que cela était faisable et c'est seulement quand le calcul n'a plus été applicable, qu'il a adopté les données moyennes de la pratique. En suivant sa méthode, c'est-à-dire après avoir dressé d'avance, une fois pour toutes, deux tables établies chacune pour l'un des deux coefficients précédents et une autre table donnant les petites pertes de surface des diagrammes, on a le moyen de *calculer en quelques instants*, et en éliminant toute chance d'erreur, *un cylindre à vapeur* dont les dimensions sont réellement basées sur des considérations rigoureuses exemptes de toute hypothèse arbitraire.

Dans cet ouvrage, tous les calculs et les graphiques relatifs à la question précédente ont été établis en admettant que la détente et la compression se font suivant la loi de Mariotte $pv^n$, où $n = 1$. Certains auteurs admettent cette loi pour la détente ; mais, dans le cas de la compression, prennent pour $n$ une valeur supérieure à l'unité. Il est bien évident que l'on peut prendre pour cet exposant n'importe quelle valeur sans avoir rien à changer à la méthode que nous avons indiquée et dont l'exemple page 193 montre toute la généralité d'application.

Cette méthode de calcul est, en particulier, appliquée chapitre VIII — *Régulation des machines à condensation* — où elle est d'une grande utilité pour déterminer la *compression la plus avantageuse* sous le rapport de la consommation de vapeur utile. On voit dans ce même chapitre le rôle important que joue l'*effet thermique de la compression* au point de vue de la perte de vapeur qui se produit, par suite de la condensation, sur les parois intérieures des cylindres, au moment de l'admission. L'auteur montre aussi dans ce chapitre, en s'appuyant sur les considérations des pages 265 et suivantes, tout l'intérêt qu'il y a, non pas à chercher à augmenter la surface du diagramme en utilisant une compression relativement faible, mais, au contraire, à donner à cette compression la plus grande longueur possible ; les figures 56 et 58 traduisent clairement les résultats de cette démonstration.

Dans la construction des machines à vapeur, on apporte, en général, tous ses soins à perfectionner la régulation du côté de l'admission, et il ne se passe pas d'année sans qu'il apparaisse de nouveaux systèmes de distribution plus perfectionnés les uns que les autres. Il n'y a cependant plus rien à gagner de ce côté ; du côté de l'échappement, au contraire, il y a un grand intérêt à posséder une distribution permettant de donner, d'une façon simple, à l'avance à l'échappement et à la compression les valeurs les plus considérables qui, pratiquement, sont réalisables.

C'est en suivant cet ordre d'idées que l'auteur a été amené — chapitre IX — à exposer l'étude d'un système de *distribution par tiroir*, qui, spécialement destinée aux machines à condensation, est incontestablement *supérieure à la distribution par tiroir plan ordinaire* et qui, dans la plupart des cas, donne des résultats sensiblement équivalents à ceux des distributions les plus compliquées.

Le chapitre X — *De la condensation dans les machines à consommation de vapeur variable* — présente un intérêt tout particulier en ce qui concerne les machines d'extraction, les machines motrices de laminoirs et les machines à vapeur des usines d'électricité dans lesquelles, comme on le sait, la consommation de vapeur varie dans des proportions énormes d'un instant à l'autre ; l'auteur définit, dans ce chapitre, la propriété des condenseurs, en vertu de laquelle la température de l'eau chaude et par suite le vide se modifient, non pas instantanément, comme le fait la consommation de vapeur, mais seulement peu à peu ; cette propriété, dénommée *l'inertie des condenseurs*, est étudiée rationnellement au moyen des formules établies dans les chapitres précédents ; cette étude conduit à des conclusions pratiques très importantes relativement à la *provision d'eau* qui doit toujours se trouver en réserve *à l'intérieur du condenseur*, et de ces conclusions pratiques découle naturellement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la notion de l'*accumulateur à eau froide*, dispositif tout récemment imaginé (il n'en est même pas question dans l'édition allemande) qui permet d'augmenter, dans de notables proportions, la stablilité du vide dans les machines à consommation de vapeur variable, sans augmenter la consommation d'eau froide nécessaire à la condensation (1).

Il était tout indiqué de terminer ce traité par des considérations relatives au *refroidissement artificiel*, au moyen de l'air, *de l'eau servant à la condensation*, car cette question prend, de jour en jour, une importance plus considérable. L'auteur s'est efforcé de fixer les lois suivant lesquelles s'opère ce refroidissement; mais la question est très complexe. Il arrive cependant, sinon à établir une méthode directe de calcul donnant immédiatement et sans difficulté, dans chaque cas particulier, les dimensions des appareils réfrigérants, du moins à montrer dans quelles circonstances et sous quelles conditions ces appareils doivent fonctionner pour donner les meilleurs résultats.

En particulier, le diagramme, figure 106, de la chaleur totale cédée par l'eau pourra, dans toutes les questions relatives au refroidissement de l'eau au moyen de l'air, rendre de grands services; car, complété du tableau page 439, il permet de résoudre, en un instant, des questions très embrouillées pour lesquelles le calcul ne conduit qu'à des relations extrêmement compliquées.

Ce diagramme peut également être utilisé pour des *déterminations météorologiques;* l'auteur en donne deux exemples.

Le court exposé qui précède sera suffisant, nous l'espérons, pour montrer au lecteur studieux tout le parti qu'il peut tirer de ce traité qui, comme on vient de le voir, et malgré son titre, ne se rapporte pas uniquement à la condensation, dans le sens étroit du mot, mais constitue bien un ensemble dans lequel ont été envisagées toutes les questions connexes de la condensation.

Certaines de ces questions mises au point, étant donné l'avancement actuel des connaissances pratiques en matière de condensation, ne doivent pas être considérées comme résolues définitivement: nous souhaitons, en conséquence, que ce livre suscite de nouvelles recherches et contribue ainsi au progrès de la condensation.

**Histoire du fer au point de vue : 1° de la technique; 2° de son influence sur le développement de la civilisation** (*Die Geschichte des Eisens in technischer und Kulturgeschichtlicher Beziehung*), par M. le Dr L. Beck, 5e partie, le XIXe siècle de 1860 à la fin. In-8°, de 1419 p. et 342 fig. Librairie de Friedr. Vieweg et J. Sohn, Braunschweig. Prix : 40 mk.

Ce très important ouvrage étudie la fabrication du fer de 1861 à 1870 (p. 1 à 230), puis de 1871 à la fin du XIXe siècle (p. 301 à 1390). Les études principales concernent le procédé Bessemer, les gazogènes et régénérateurs Siemens, l'acier Martin pour la première période, et, pour la deuxième période, la déphosphoration, le procédé Thomas, le procédé basique, les appareils à air chaud de Cooper-Whithell, les applications de l'hydraulique et de l'électricité, les dispositions mécaniques automatiques. Il relève en second lieu la production dans les différents pays (p. 231 à 300 et 895 à 1388).

Il renferme aussi la bibliographie de 1861 à 1870 (p. 7 à 12); et celle depuis 1870, (p. 319 à 336).

(1) *Revue de mécanique*, juillet 1902, p. 93.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

## D'OCTOBRE A NOVEMBRE 1903

*Du ministère de l'Industrie et du Travail de Belgique.* **Rapports annuels de l'inspection du travail.** (Année 1902). In-8°, 304 p., Bruxelles, Lebègue.

**L'année technique** 1902-1903, par M. A. Da Cunda. In-8°, 300 p., 130 fig. Paris, Bernard.

**La régle à calcul,** par M. A. Jully. In-18, 130 p. Paris, Bernard.

De la *Royal Society-London.* **Reports of the Sleeping Sickness commission.** 4 br. in-8°.

*De l'Institution of civil Engineers.* London, **Proceedings,** vol. CLIII.

*De M. J. Garçon.* **The empire of business,** par M. A. Carnegie. In-8°, 350 p. Londres, Harper and brothers.

*De la Bibliothèque de l'élève ingénieur.* **Grandeurs géométriques,** par J. Pionchon. In-8°, 130 p. Paris, Gauthier-Villars.

*Du ministère du Commerce.* **Exposition de 1900.** Rapport du Jury. Groupe IV. **Mécanique générale,** par M. Masson. **Machines-outils,** par M. Manelon. In-8°, 600 p. Imprimerie nationale. Groupe XVIII. **Armées de terre et de mer** et **Rapport général,** vol. VII.

*De l'Académie royale d'Amsterdam.* Section des Sciences, Proceed., vol. V, et mémoires divers.

**Principales découvertes et applications concernant l'électricité de 1362 à 1900,** par MM. E. Sarteaux et Alliamet. In-8°, 200 p., 205 fig. Paris, Rueff.

*Du ministère des Travaux publics.* **Notice sur le port de La Palice,** par MM. Viennot et Meyer. In-8°, 102 p. Paris, Imprimerie nationale.

**Le laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers,** *section des métaux,* par M. P. Brenel. In-8°, 47 p. Extrait du journal *le Génie civil.*

**État actuel du labourage électrique,** par M. E. Guarini. In-8°, 16 p. Extr. du *Génie civil.*

**La chimie physique et ses applications.** Leçons faites à l'Université de Chicago en juin 1901, par M. Van't Hoff. In-8°, 80 p. Paris, Hermann.

*De la direction générale des Douanes.* **Tableau général du commerce et de la navigation.** France, avec les colonies et les puissances étrangères. In-4°, 805 p. Paris, Impr. nationale.

**Le gaz à l'Exposition de Dusseldorf,** par M. A. Bouvier. In-8°, 212 p. Paris, Mouillot.

**Procédés mécaniques spéciaux et tours de main,** par M. R. Grunshau, 1re série, traduite par M. Lattugo. In-8°, 400 p. Paris, Gauthier-Villars.

**Cours d'électricité,** par M. Pellat, vol. II. Électrodynamique, magnétisme, induction, mesures électromagnétiques. In-8°, 550 p., 220 fig. Paris, Gauthier-Villars.

**Manuel du mécanicien,** par M. G. Franche. 3 vol. in-18, 120 p. Paris, Tignol.

**Traité pratique de traction électrique,** par MM. Barbillon et Greffish, vol. II. In-8°, 730 p. Paris, Bernard.

*Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.* **Réunion des Sociétés des départements** (1903). In-8°, 750 p. Paris, Plon.

**Guide pratique de mesures et essais industriels,** par MM. Montpellier et Aliamet. Vol. II. Instruments et méthodes de mesure des quantités négatives. In-8°, 160 p., 75 fig. Paris, Dunod.

**La télégraphie sans fil.** L'œuvre de Marconi, par M. Guarini, traduit du *Scientific american.* In-8°, 54 p. 88 fig. Paris, Dunod.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIÉTÉ

**Du 15 Octobre au 15 Novembre 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP.* . . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . Engineering.
*E'.* . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . Industrie électrique.
*Im* . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*Ln* . . . La Nature.
*Lo.* . . . La Locomotion.
*Ms.* . . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . Nature (anglais).
*PC* . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . Revue technique.
*Ru.* . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*Va.* . . . La Vie automobile.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Aplatisseurs de grains.* *Ap.* 12 *Nov.*, 646.
*Asperge en grande culture.* *Ap.* 20 *Oct.*, 569; 5 *Nov.*, 600.
**Bétail.** Traitement du piétin. *Ap.* 22 *Oct.*, 540.
— Engraissement du bœuf. *Ap.* 5-12 *Nov.*, 599, 634.
— Race bovine bordelaise. *Ap.* 12 *Nov.*, 644.
*Beurres*, industrie dans l'Argentine. *Ap.* 5 *Oct.*, 606.
*Blés* à grands rendements (Schribaux). *Ap.* 29 *Oct.*, 566; 7 *Nov.*, 730.
*Cultures dérobées d'automne.* *Ap.* 22 *Oct.*, 535.
*Engrais.* Phosphates algéro-tunisiens. *Ap.* 22 *Oct.*, 652.
*Faucardeuse* Amiet. *Ap.* 22 *Oct.*, 503.
*Forêts.* Incendies; moyens d'y remédier. *Ap.* 12 *Nov.*, 642.
*Fourrages* en Tunisie. *Ag.* 31 *Oct.*, 692; 7 *Nov.*, 733.
*Irrigations* au sud de l'Afrique. *E'.* 13 *Nov.*, 467.
*Laiterie* de Dubolstein. *Ap.* 12 *Nov.*, 635.
*Maïs fourrage* (Récolte du). *Ap.* 5 *Nov.* 605.
*Peupliers.* Plantations de. *Ap.* 22 *Oct.*, 541.
*Vignes.* Greffes-boutures en Champagne. *Ap.* 24 *Oct.*, 655.

## CHEMINS DE FER

*Attelages* Westhingouse et Whrigh. *RM. Oct.*, 408.
*Chauffage* des trains par la vapeur et l'air comprimé. Réseau de l'Est (Lancrenon). *Rgc. Nov.*, 323.
**Chemins de fer** du London Brighton. Élargissement du. *E.* 30 *Oct.*, 585; 13 *Nov.*, 651.
— Métropolitain à Paris. *VDI.* 7-14 *Nov.*, 1617, 1659.
— anglais. Statistique 1901. *Rgc. Nov.*, 351.
— aux États-Unis. (*id.*), 371.
— *Électriques* Saint-Georges de Commiers-La Mure. Continu à 2400 v. *EE.* 24 *Oct.*, 130. Accélération des. *E'.* 6 *Nov.*, 443.
— — Banlieue berlinoise. *Elé.* 7 *Nov.*, 297.
— — Berlin-Rossen. *Ri.* 7 *Nov.*, 441.
*Chemins de fer électriques* Fribourg, Morat, Anet. Saint-Georges de Commiers-La Mure. *Rgc. Nov.*, 364, 367; *Ie.* 10 *Nov.*, 498.
— — La Valteline. *Pm. Nov.*, 102.
*Automotrices* à vapeur Purrey. *PO. E'.* 24 *Oct.*, 559.
— à essence Daimler. État du Wurtenberg. *Rgc. Nov.*, 348.
*Éclairage des trains.* Différents systèmes (Goetre). *EE.* 24 *Oct.*, 139.
— par le gaz. *Ri.* 7 *Nov.*, 442.
— Électrique Mac Elroy. *Ri.* 31 *Oct.*, 443. *Elé.* 7 *Nov.*, 300.
— — *Frein* Synnestvedt. *RM. Oct.*, 409; Westinghouse (*id.*), 411.
*Gares* dans la région nord de Berlin. *Gc.* 7 *Nov.*, 1.
**Locomotives.** Compound du sud de l'Italie. Expériences. *E'.* 23 *Oct.*, 393.
— Américaines. Proportions des (*id.*), 411.
— Express chemins russes. *E'.* 23 *Oct.*, 405.
— du Glasgow and S. W. à 6 roues couplées. *E'.* 13 *Nov.*, 486.
— 4 cylindres (de Gleen). *E'.* 30 *Oct.*, 415, 430.
— du concours allemand. *RM. Oct.*, 395.
— à vapeur surchauffée. *RM. Oct.*, 401.
— à 8 roues couplées du Bengal Nagpur. *E'.* 6 *Nov.*, 449. du Chicago Alton. *RM. Oct.*, 400.
— Double Malet du Baltimore-Ohio. *E'.* 30 *Oct.*, 426.
— Chaudières et foyers. *EM. Nov.*, 216.
— Entretoise Busse. *RM. Oct.*, 403.
— — Cylindres Vauclain. *RM. Oct.*, 406.
— Distribution Vauclain. *RM. Oct.*, 403.
— — Tiroirs cylindriques Hibbard et Barrows. *RM. Oct.*, 407.
— Essai d'une locomotive américaine. *E'.* 13 *Nov.*, 484.
*Résistance de l'air aux trains.* *E'.* 13 *Nov.*, 479.
*Ressorts.* Machine à essayer. *E'.* 30 *Oct.*, 423.
*Signaux* William. *Dp.* 31 *Oct.*, 700.
**Voie.** Raccordements paraboliques (Decourtye). *Bam. Oct.*, 1093.
— Tire-fond. Grange et Michaux. *Ri.* 24 *Oct.*, 426.
— Aiguillages divers. *Dp.* 24 *Oct.*, 677.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles** (Les) (W. Beaumont. *SA.* 23-30 *Oct.*, 903, 919; 6 *Nov.*, 932.
— Dérapage (Résal). *Gc.* 24 *Oct.*, 407.
— Réglementation des vitesses. Rapport. De Dion. *Lo.* 12 *Nov.*, 721.
— Autocontrôleurs de vitesse Chauvin et Arnoux. *Va.* 24 *Oct.*, 693.
— à pétrole. Moteur Olds. *AMA.* 14 *Nov.*, 1520.
— — Voiture De Dion 8 chevaux. *Va.* 14 *Nov.*, 729.
— Résistance au roulement. *RM. Oct.*, 393.
— Motocyclettes diverses. *Dp.* 24 *Oct.*, 580.
— — Griffon. *Va.* 31 *Oct.*, 698.
**Tramways** de Paris et de la Seine. *Ac. Nov.*, 169.
— *Electriques* de Bruxelles. *Elé.* 24 *Oct.*, 259; *EE.* 7 *Nov.*, 201.
— — à contacts. General Electric C°. *Elé.* 31 *Oct.*, 275.
— — En Angleterre (*id.*), 281.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

*Acétylène.* Élimination des impuretés (Bullier et Maquenne). *EE.* 24 *Oct.*, 143.
**Acides** sulfurique. Procédé au contact. *Cs.* 31 *Oct.*, 1128.
— ferro et ferrocyanhydrique. Équilibre chimique (Prudhomme). *ScP.* 5 *Nov.*, 1010.
— picrique. Dérivés (Jackson et Earle). *CN.* 13 *Nov.*, 240.
*Argon.* Dosage dans l'air atmosphérique (Moissan). *CR.* 19 *Oct.*, 600.
*Beurre de cacao* épuré (Lahache). *RCp.* 14 *Nov.*, 455.
*Brasserie.* Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1142.
*Capillarimètre* Tassilly et Champerland. *CN.* 27 *Oct.*, 645.
*Carbone* vaporisé; (état du). (Berthelot). *CR.* 19 *Oct.*, 589.
*Catalyse* (La) (Simon). *ScP.* 5 *Nov.*, 1.
*Chaleur latente atomique de fusion* (Crompton). *CN.* 14 *Nov.*, 237.
*Caoutchouc.* (Machine à couper le). Bridge. *E.* 13 *Nov.*, 649.
*Céruse* (La). *E'.* 13 *Nov.*, 472.
**Chaux et ciment.** Ciment de laitiers (Dellin). *Bam. Oct.*, 1156.
**Chaux et ciment.** Influence du chlorure de calcium sur le ciment portland (*Le ciment*). *Oct.*, 150.
*Diamant.* Tentatives de production (Combes). *MS. Nov.*, 785.
*Distillerie.* Appareils à multiple effet, transmission de la chaleur (Sckutowitz). *IC. Sept.*, 203.
— Distillation économique de l'eau. *E'.* 30 *Oct.*, 433.
*Eau* salée. Épuration par le chlorure de baryum (Arth et Ferry. *ScP.* 5 *Nov.*, 1005.
— Stérilisation Lawrance. *E.* 13 *Nov.*, 673.
*Éclairage.* Alcool. Becs Roger et de la Société française d'incandescence par le gaz. *Rt.* 25 *Oct.*, 719, 723.
— Air carburé. *E'.* 6 *Nov.*, 445.
— Gaz : chargeur de cornue électrique Sarrazin. *Pm. Nov.*, 169.
*Égouts* à Hebden Bridge. *E'.* 23 *Oct.*, 397.
*Essences et parfums.* Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1146.
*Fusibilité* des mélanges de soufre et de bismuth (Pelabon). *CR.* 27 *Oct.*, 648.
*Graines et huiles.* Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1136.
**Laboratoire.** Analyse des minerais de fer dits minettes (Wencelius). *RgC.* 18 *Oct.*, 400.
— — des pyrites et détermination de l'acide sulfurique (Lunge). *Ms. Nov.*, 849.
— Dosage calorimétrique du bismuth (Planès). *Pc.* 1 *Nov.*, 385.
— — des traces d'arsenic dans le malt (Thomson). *CN.*, 6 *Nov.*, 228.
— — volumétrique du mercure et de l'acide hydrocyanique (Andrews). *CN.* 13 *Nov.*, 239.
— — du manganèse dans le fer et l'acier (*id.*), 241.
— Titrage à l'iodate de potasse (Andrews). *CN.* 30 *Oct.*, 214.
— Or. Dosage dans les solutions de cyanure de potassium (Carter). *MS. Nov.*, 848.
— Plomb et manganèse. Séparation électrolytique (Linn). *MS. Nov.*, 842.
— Séparation de l'iode des iodures en présence de bromures et chlorures. *CR.* 27 *Oct.*, 650.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Laboratoire.** Dosage du fer et de l'acide phosphorique dans les eaux (Causse). *CR.* 2 *Nov.*, 708.
— Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1148.
— Séparation de l'iode sous forme d'iodure cuivreux dans un mélange de chlorures, bromures et iodures alcalins (Baubigny et Rivals). *CR.* 9 *Nov.*, 753.
*Loi périodique* des éléments (Ramsay). *Rcp.* 15 *Nov.*, 449.
**Optique.** Spectre des arcs métalliques dans le vide (Fowler). *RsL.* 19 *Oct.*, 253.
— Objectifs symétriques. Théorie (Chalmers). *RsP.* 19 *Oct.*, 267.
— Réfractomètre à réflexions (Vautier). *CR.* 19 *Oct.*, 615.
— Théorie électromagnétique de la lumière (Quesneville). *Ms. Nov.*, 860.
— Théorie d'Airy sur l'arc-en-ciel (Hammer). *Fi. Nov.*, 335.
*Or colloïdal.* Phénomènes d'absorption. Allotropie Blake. *American Journal of Science. Nov.*, 381.
*Papier* (Fabrication du). *Dp.* 24 *Oct.*; 14 *Nov.*, 683, 729.
*Peintures et vernis.* Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1138.
— Couleurs d'antimoine *Cosmos.* 14 *Nov.*, 625.
*Pétrole.* Brûleur Johnstone. *E'.* 30 *Oct.*, 431.
*Photographie.* Divers. *MS. Nov.*, 800, 815.
*Radio-activité.* Composés radiants du bismuth tiré de la pechblende. *CN.* 6 *Nov.*, 224.
— Thorium radiant (Zerban). *CN.* 6 *Nov.*, 226.
**Radium.** Spectre ultra-violet (Crookes). *RsL.* 19 *Oct.*. 295; *CN.* 23 *Oct.*, 202.
— Composés du (Ackroyd). *CN.* 23 *Oct.*, 205.
— Recherche sur les substances radioactives (Curie). *AcP. Nov.*, 289.
— Phosphorescence scintillante sous l'action des rayons du radium (Becquerel). *CR.* 27 *Oct.*, 629.
*Savons.* (Dosage de la glycérine dans les). (Martin). *Ms. Nov.*, 797.
*Sucres.* (Polyrotation des) (Roux). *ACP. Nov.*, 422.
**Teinture.** Théorie (Georgiewics). *CN.* 23 *Oct.*, 207.
— Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1123, 1126.
— Emploi des hydrosulfites stables en impression. *MC.* 1 *Nov.*, 421.
**Teinture.** Chauffage des bacs de teinture et séchage des tissus par l'eau surchauffée (*id.*), 323.
— Noir d'aniline Goppelrsœder. Constitution (Vidal). *Ms. Nov.*, 798.
— Teinture en rouge turc. Perfectionnement (Ritter). *MS. Nov.*. 793.
*Thorium.* Détermination dans les sables monazités (Benz). *Ms. Nov.*, 832.
*Tropine.* (Synthèse du groupe de la) (Willstatter). *Ms. Nov.*, 793.
*Verre.* Fabrication électrique. *E'.* 23 *Oct.*, 395.
*Zinc.* Composition du peroxyde (Kuriloff). *CR.* 19 *Oct.*, 618.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

*Accidents du travail* aux États-Unis. *Ef.* 24 *Oct.*, 573.
*Angleterre.* Exportations houillères. *Ef.* 24 *Oct.*, 569.
— Régime des sucres. *SL. Nov.*, 434.
*Banques d'émission.* Situation en avril 1903. *SL. Oct.*, 424.
*Colonies.* Facteurs de l'expansion coloniale. *E.* 24 *Oct.*, 567.
*Électricité.* Industries en Allemagne. *E.* 24 *Oct.*, 568.
*États-Unis.* Industrie électrique. *Ef.* 31 *Oct.*, 601.
— Construction mécanique (*id.*), 637.
— Coton (*id.*), 14 *Nov.*, 672.
— — *Fonds d'État.* (Cours des). *Ef.* 24 *Oct.*, 563.
**France.** Situation financière des départements. *Ef.* 24 *Oct.*, 575.
— Accroissement de population. *Ef.* 31 *Oct.*, 597, 606; 7 *Nov.*, 633.
— Enseignement colonial à Bordeaux. *RSO.* 1 *Nov.*, 644.
— Bureaux de placement (*id.*), 635.
— (Géographie agricole de la). (*id.*), 639
— Grèves d'Armentières. *EF.* 14 *Nov.*, 665.
— Influence des lois successorales sur l'expansion de la France. *Rso.* 14 *Nov.*, 730.
*Impôt sur le revenu* (J. Roche). *Revue des Deux Mondes.* 15 *Nov.*, 241.
*Japon* au xx^e^ siècle. *E.* 12 *Nov.*, 667.
— (Finances du). *Ef.* 14 *Nov.*, 674.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Jardins ouvriers* (Les). *Rso.* 14 *Nov.*, 745.
*Hygiène et démographie.* Congrès de Bruxelles. *Ef.* 14 *Nov.*, 760.
*Ouvriers anglais* et américains. *E.* 24 *Oct.*, 572.
*Plâtre.* Production et commerce en France. *Ef.* 31 *Oct.*, 603.
*Richesse et revenus* en France, Prusse et Hongrie. *Ef.* 14 *Nov.*, 687.
*Russie.* Tarif général des douanes. *SL.*
*Sucres* (Régime des). Angleterre, Autriche, Belgique. *SL.* 434, 436, 444.
*Travail.* Réglementation dans l'industrie. *Ef.* 24 *Oct.*, 567.
— Rémunération. Modes divers (Lecler). *Pm. Nov.*, 170.
*Trust* (Formation des). *E.* 24 *Oct.*, 571.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Béton armé.* Résistance des planchers. *Gm. Oct.*, 285.
*Maisons ouvrières* de Mulhouse. *Ri.* 14 *Nov.*, 455.
**Ponts** de l'Adda en maçonnerie. *Gc.* 24 *Oct.*, 409.
— de Frans sur la Saône à Villefranche. Reconstruction. *Gc.* 31 *Oct.*, 417.
— de Vernisson. Rhône. *Ac. Nov.*, 162.

## ÉLECTRICITÉ

*Accumulateur* Edison. *Va.* 14 *Nov.*, 721.; *Ie.* 10 *Nov.*, 493.
*Avertisseur électrique de chauffe* Kilrog. *Elé.* 7 *Nov.*, 293.
*Bobine d'induction.* Forme des courants (Armagnat). *EE.* 14 *Nov.*, 241.
*Commutateurs* Dorman et Smith, *Ri.* 14 *Nov.*, 454.
*Courants alternatifs.* Solutions graphiques (Orlich). *EE.* 31 *Oct.*, 180.
*Distribution.* Lignes de transmission à grandes distances (Cowan). *EE.* 14 *Nov.*, 270,
**Dynamos** à courants directs (Poole). *Fi. Nov.*. 365. Continu. Formules de comparaison (Hospitalier Picon). *EE.* 14 *Nov.*, 255. Pertes dans les noyaux d'induits (Fauster). *Elé.* 24 *Oct.*, 267.
— Formules de comparaison. *Ie.* 25 *Oct.*, 469.
**Dynamos.** Aciers employés dans la construction des dynamos(Charpy). *EE.* 31 *Oct.*, 169.
— Alternateurs de 1500. Rw. *Elé.* 3750, *Nov.*; Dick. Kerr. *E.* 30 *Oct.*, 598; *E'.* 30 *Oct.*, 432.
— Mise en marche en parallèle (Goergos). *Ie.* 10 *Nov.*, 500.
— *Moteur* à induction (le) (Hoxie). *Fi. Nov.*, 351.
— — Mise en marche Helios pour moteurs asynchrones. *EE.* 14 *Nov.*, 259.
**Éclairage.** Intensités lumineuses horizontales et sphériques (Russell). *EE.* 31 *Oct.*, 193.
— Électricité et gaz, prix comparatifs. *E.* 6 *Nov.*, 637.
— Arc. Lampe Leymans. *Elé.* 31 *Oct.*, 285.
— Lampes à vapeur de mercure. Amorçage. *Elé.* 7 *Nov.*, 291.
**Électro-chimie.** Production du bisulfure de carbone au four électrique (Taylor). *EE.* 24 *Oct.*, 153.
— Chlore et Alcalis. Fabrication électrolytique par le procédé au mercure Solvay-Kellner (Glaser). *Ms. Nov.*, 815.
— Acide hypochloreux et ses sels (Foerster et Muller (*id.*), 819.
— Raffinage de l'or, de l'argent et du nickel (Tuttle et Ukan (*id.*), 830.
— Divers. *Cs.* 31 *Oct.*, 1134.
— Fabrication électrolytique des tubes de cuivre Harrisson et Day. *EE.* 7 *Nov.*, 224.
— Électro-métallurgie du fer et de l'acier, du ferro-silicium et du cuivre (Keller) (*id.*), 224-242.
— Four à résistances Frolich. *Elé.* 7 *Nov.*, 293.
— Électrolyse. Théories actuelles. *E.* 13 *Nov.*, 650.
— Électrolyseurs à diaphragme. Théorie (Guye). *EE.* 14 *Nov.*, 279.
— Installations galvanoplastiques. *EE.* 14 *Nov.*, 280.
*Générateur d'électricité* par les gaz Reid. *Elé.* 7 *Nov.*, 299.
*Interrupteur* Wehnelt. *EE.* 24 *Oct.*, 145.
*Mesures.* Compteurs alternatifs Westinghouse. *Elé.* 7 *Nov.*, 289.
*Résonance* dans les circuits. Étude oscillographique (Field). *Sie. Août*, 358.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Résistances liquides* Wolliscroft. *Elé.* 24 *Oct.*, 257.
*Stations centrales* de Dartmouth. *E'.* 23 *Oct.*, 399.
**Télégraphie** *sans fil.* Conférence de Berlin. *EE.* 31 *Oct.*, 161.
— Tesla, Forest, Guarani (*id.*), 186, 190.
— *Sous-marines.* Bateau à câbles Stephan. *VDI.* 31 *Oct.*, 1581.

## HYDRAULIQUE

*Filtration industrielle* (Marre). *Rcp.* 18 *Oct.*, 397.
— (Diemert). *Rgds.* 30 *Oct.*, 1051.
*Turbines.* Installation de Rossie Priory. *E.* 24 *Oct.*, 566.
— Usine électrique d'Avignonet. *Gc.* 14 *Nov.*, 17.
*Pompes.* Émulseurs à air comprimé (Maxwell). *E.* 13 *Nov.*, 675.

## MARINE, NAVIGATION

*Cales sèches* du port de Kiel. *Gc.* 24 *Oct.*, 404.
*Cloisons étanches.* Stone Lloyd. *E.* 6 *Nov.*, 623.
*Compas enregistreur* de route. Heit. *Ie.* 25 *Oct.*, 471.
*Contrôleurs de vitesse* Castelli. *Ri.* 17 *Oct.*, 414.
*Gouvernail télémoteur* Brown. *RM. Oct.* 390.
**Machines marines.** Moteurs à pétrole Thornycroft. *E.* 6 *Nov.*, 627. Sur les voiliers de pêche. *Gc.* 31 *Oct.* 423.
— du Kaiser Wilhelm II. *RM. Oct.*, 373.
— Turbines. Croiseur Amethyst. *E'.* 13 *Nov.*, 476.
**Marine de guerre.** Guerre hispano-américaine aux Philippines (Motsh). *Rmc. Oct.*, 2318.
— Armement en artillerie des bâtiments nouveaux (Nicolas) (*id.*), 2354.
— Croiseur à turbines Amethyst. *E.* 13 *Nov.*, 476.
*Marine marchande néerlandaise* au 31 décembre 1902. *Rmc. Oct.*, 2365.
*Paquebot* Yongala. *E'.* 30 *Oct.*, 424.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

*Accouplement* Brotherhood et Bryant. *RM. Oct.*, 412.
*Aviation.* Expériences récentes. *Gc.* 7 *Nov.*, 9.
*Broyeur* Humphrey. *Eam.* 24 *Oct.*, 625.
*Changements de marche.* Fellows, Mors, Holroyd-Smith. Schneible. *RM. Oct.*, 415.
— *de vitesse* progressif. Vauthrin. *Va.* 14 *Nov.*, 733.
*Chaînes* Morse, Perrot-Duval. *RM. Oct.*, 4121.
**Chaudières.** Tubulaire Castin. *Ri.* 31 *Oct.*, 433.
— à tubes d'eau circulation. *E'.* 6 *Nov.*, 451.
— Épuration des eaux. *EM. Nov.*, 231.
— Fumivorité (la). *E.* 13 *Nov.*, 667.
— Purgeur de l'American Blover Co. *Ri.* 17 *Oct.*, 413.
— Soupapes de sûreté (les) (Sinigaglia). *RM. Oct.*, 325.
— Surchauffe. Théorie (Berner). *VDI*, 24-31 *Oct.*, 1545-1586.
*Chronomètres.* Influence de la pression atmosphérique (Dikishem-Guillaume). *CR.* 2 *Nov.*, 700-703.
*Compresseur* Zollich. *RM. Oct.*, 417.
— Nordberg Davy-Paxmann (*id.*), 421.
*Dynamomètres* Froude, Digeon, Leverkus, Muller. *RM. Oct.*, 421-426.
*Dragues* Smulders. *E'.* 13 *Nov.*, 474.
*Embrayages* électriques Croker Wheeler. Schuster et Heinrich, Le Pontois. *EE.* 24 *Oct.*, 123.
*Engrenages* à vis sans fin (Demogeot). *Bam. Oct.*, 1208.
— Obliquité de la ligne d'engrènement (Dubosc). *RM. Oct.*, 36.
*Essoreuses électriques. EE.* 24 *Oct.*, 121.
*Froid.* Conservation des viandes. *Dp.*. 31 *Oct.*, 694.
— Abattoirs de Dijon, *Ln.* 7 *Nov.*, 365.
*Indicateur* de vitesses Chauvin et Arnoux. *Elé.* 31 *Oct.*, 273.; *Ie.* 25 *Oct.*, 474.
— de pression à ressort différentiel. Elliott. *E.* 13 *Nov.*, 675.
**Levage.** Pont roulant de Kiel. *SZOI.* 16 *Oct.*, 544.
— Grue portique de 2 tonnes Wilson. *Ri.* 24 *Oct.*, 425. Pour la manutention des minerais. *SuE.* 15 *Oct.*, 1125.
— Crochet de 150 tonnes. *AMa.* 14 *Nov.*, 1516.
— Grue électrique Barlow. *E.* 13 *Nov.*, 661.
— Cableways modernes. *Société d'Encouragement de Berlin. Oct.*, 191.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Levages.** Espitalier. *Gm. Oct.*, 319.
**Machines-outils.** Ateliers américains. Organisation (Muller). *VDI.* 24-31 *Oct.*, 14 *Nov.*, 1556, 1552, 1594; *EM. Nov.*; 169-250. Borsig. *E.* 30 *Oct.*, 587; 6 *Nov.*, 620. Applications de l'électricité (Williamson). *EE.*, 31 *Oct.*, 196.
— Alésoir Swift. *E'.* 6 *Nov.*, 453.
— Fraiseuse Brown et Sharpe. *AMa.* 7 *Nov.*, 1485.
— Limeuse Willis. *AMa.* 14 *Nov.*, 1513.
— Marteaux à étampe. *E.* 6 *Nov.*, 617.
— Meules. Ruptures de (Benjamin). *AMa.*, 24 *Oct.*, 1431.
— Outils rapides. Essais Nicholson. *E.* 30 *Oct.*, 590; 6 *Nov.*, 639; 13 *Nov.*, 654; *E'* 30 *Oct.*, 430.
— Presse à forger de 2000 tonnes des ateliers Borsig. *E.* 24 *Oct.*, 551.
— Perceuses Asquith. *E'.* 13 *Nov.*, 482.
— Raboteuse-profileuse Kendall et Gent. *E'.* 30 *Oct.*, 418.
— — pour hélices. *Gc.* 14 *Nov.*, 28.
— Soudure électrique M. Thompson. *Elé.* 14 *Nov.*, 692.
— Tours à bancs trempés. *AMa.* 24 *Oct.*, 147.
— — à cuivre Holroyd. *E.* 13 *Nov.*, 653.
— — Harnais divers (Coombs). *AMa.* 31 *Oct.*, 1459.
— *Vis.* (Vérificateur de). *E.* 13 *Nov.*, 660.
— *à bois.* Saboteuse pour traverses Cochet. *Ri.* 17 *Oct.*, 413.
— — à rogner les bois durs Ransome. *E.* 6 *Nov.*, 448.
**Machines à vapeur** de Newcomen (Davey). *E.* 24-30 *Oct.*, 577, 611.
— Nouvelles (Dubbet). *VDI.* 14 *Nov.*, 1669.
— Courbes de détente. *N.* 22 *Oct.*, 599.
— Pistons (Résistance des) Codron. *RM. Oct.*, 340.
— Pompe à air Franklin. *E'.* 23 *Oct.*, 406.
— Tiroir-piston Ward. *E'.* 23 *Oct.*, 405.
— **à gaz** Korting de 700 chevaux. *E.* 30 *Oct.*, 596.
— — de 100 chevaux avec gazogène, *Dp.* 31 *Oct.*, 691.
— — à gaz pauvres. *Rt.* 10 *Nov.*, 745.
— — Allumage bougie Selbach. *Va.* 24 *Oct.*, 682. Delahaye. *Lo.* 29 *Oct.*, 695. Avance à l' (Petin). *Gc.* 14 *Nov.*, 26.
**Machines à gaz.** Refroidissement. *Ri.* 17-24-31 *Oct.*, 7 *Nov.*, 415, 423, 435, 1444.
— Gazogènes (Les). *EM. Nov.*, 205 Des champs. *Ic.*, *Sept.*, 257.
*Résistance des matériaux.* Cuivre. Propriétés mécaniques et physiques (Gally Aché). *ACP. Nov.*, 326.

## MÉTALLURGIE

*Alliages.* Aluminium-étain (Anderson). *RSL.* 19 *Oct.*, 277.
*Aluminium* (Richards). *Ms. Nov.*, 831.
*Aluminothermie* (Matignon) *Rgds.* 15 *Nov.*, 1075. (Procédés d'). Dieudonné. *Rt.* 25 *Oct.*, 715.
*Cuivre.* Métallurgie Schnabel. *VDI.* 24 *Oct.*, 1567; *Pm. Nov.*, 174.
— (Situation du). *E.* 30 *Oct.*, 602.
— Essai au cyanure. *Eam.* 17 *Oct.*, 581.
— Propriétés mécaniques et physiques (Galy-Aché) (Cautier). *ACP. Nov.*, 326.
**Fer et acier.** Production au four électrique (Goldsmith). *EE.* 24 *Oct.*, 148.
— Progrès en Angleterre. *E'.* 13 *Nov.*, 482.
— Acier au nickel. Propriétés et applications (Colby). *AMa.* 24 *Oct.*, 1429.
— Soufflures des lingots. *VDI.* 14 *Nov.*, 1675.
— Laminoirs; profils ondulés. *E'.* 30 *Oct.*, 425. Tracé des cannelures (Kirchberg). *SnE.* 15 *Oct.*, 1101.
— Fabrication des moules à lingots à Sharpeville. *E.* 24 *Oct.*, 576.
— Fontes. Propriétés physiques et chimiques (Johnson). *AMa.* 24 *Oct.*, 1424. Moule permanent. *Gc.* 24 *Oct.*, 411.
— Hauts fourneaux Schneider, à Cette. *Rt.* 26 *Oct.*, 701.
— — de la Société Elba. *VDI* et *Gc.* 24 *Oct.*, 1559-401; 7 *Nov.*, 1625.
— Thermo-viseur Morse. *AMa.* 14 *Nov.*, 1515.
**Or.** Cyanuration (Notes sur la). *Eam.* 24 *Oct.*, 623. des sables (Denny). *Eam.* 10 *Oct.*, 542.
— Dosage colorimétrique en solutions cyanurées. *Eam.* 30 *Oct.*, 660.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Or.** Traitement à l'Alaska Treadwell. *Eam.* 10 *Oct.*, 544.
— — Des slimes ou Rand (Denny). *Eam.* 17 *Oct.*, 619.
— Séparation à sec Edison. *Gc.* 24 *Oct.*, 412.

## MINES

*Alaska* Treadwell (Mines de l'). *Eam.* 17, 31 *Oct.*, 583, 659.
*Bitume* d'Albanie (Gonnot). *AM. Juillet*, 5.
*Carrières* de la Colombie britannique. *EM. Nov.*, 236.
*Cuivre.* District de Grand-Escapement. *Eam.* 24 *Oct.*, 618.
*Électricité.* Treuils et pompes. *E'.* 13 *Nov.*, 469.
*Fer.* Gisements de l'Erzberg (Styrie), Taffanel. *AM. Juillet*, 24.
— — scandinaves (de Launay). (*id.*), 49.
— — de Baraboo (Wisconsin). *Eam.* 24 *Oct.*, 615.
*Houille.* Inde du Sud-Ouest. *Eam.* 17 *Oct.*, 577.
— Houillères anglaises. *Em. Nov.*, 193.
*Hydraulique.* Minage hydraulique à Queensville. *Eam.* 31 *Oct.*, 657.
*Inde* (Minerais de l'). *E.* 13 *Nov.*, 668.
*Kimberley.* Équipement électro-mécanique. *EM. Nov.*, 177.
*Mercure.* Gisements de l'Orégon. *Eam.* 10 *Oct.*, 539.
*Or.* Dragage des sables. *Gc.* 24 *Oct.*, 413.
— District de Heidelberg (Transvaal). *Eam.* 17 *Oct.*, 587.
— — du Witwatersrand (*id.*), 31 *Oct.*, 658.
— — de Siskiou (Californie). (*id.*), 31 *Oct.*, 653.
*Perforateurs.* Affûteuse Challenge. *E.* 24 *Oct.*, 562.
*Préparation mécanique.* Séparateur électro-magnétique Knowles. *Ri.* 24 *Oct.*, 422.
— — Bocards rapides. *Eam.* 24 *Oct.*, 622.
*Roulage.* Frein de bennes. *Eam.* 10 *Oct.*, 550.

---

*Le Gérant :* Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

102e ANNÉE. DÉCEMBRE 1903.

BULLETIN

DE

LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

## ARTS CHIMIQUES

RAPPORT présenté par **M. Baclé**, au nom du *Comité de chimie*, sur le *laminoir* **Grey** *pour la fabrication des poutres à larges ailes.*

M. Grey est l'inventeur d'un procédé de laminage faisant l'objet d'un brevet pris par lui sous le numéro 285 619, à la date du 4 février 1899, pour la fabrication des poutres à larges ailes.

Ce procédé comporte l'emploi d'un laminoir spécial disposé de façon à permettre l'obtention de profilés de dimensions extraordinaires, de grande hauteur d'âme et de grande largeur d'ailes, qu'il serait impossible d'obtenir avec les appareils ordinaires.

Ce laminoir est installé actuellement dans les grandes usines de Differdange, qui en ont fait une étude spéciale de concert avec M. Grey, et nous avons pu constater que le fonctionnement actuel en est très satisfaisant. Nous avons pu assister, en effet, au laminage de grandes barres de 60 mètres de longueur, n'ayant pas moins de 65 et 75 centimètres de hauteur d'âme et 300 millimètres de largeur d'ailes, dépassant ainsi de beaucoup les dimensions habituelles des grands profilés de fabrication courante; on sait, en effet, qu'elles comportent en général une hauteur d'âme de 25 à 30 centimètres avec une largeur d'ailes de 15 à 18 centimètres.

Ces dimensions excessives sont obtenues, du reste, sans rien sacrifier



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des qualités du métal ni de la bonne exécution des pièces, et on a pu constater, au contraire, comme nous le verrons plus loin, que le laminoir Grey assure même ces qualités dans des conditions beaucoup plus efficaces que ne peut le faire le procédé ordinaire de laminage, ce qui lui donne dès lors un intérêt tout particulier.

Nous n'avons pas à décrire ici les puissantes et curieuses installations qui caractérisent l'usine de Differdange, aussi bien pour la production de la fonte et de l'acier que pour celles des profilés de toutes sections, et qui en font l'un des spécimens les plus intéressants parmi les usines européennes munies de tous les perfectionnements modernes ; nous signalerons uniquement celles qui se rattachent à l'application du procédé Grey proprement dit; nous indiquerons d'abord la disposition générale de l'atelier, et nous nous attacherons ensuite exclusivement à l'étude du laminoir.

L'atelier où s'opère cette fabrication reçoit directement les lingots venant de l'aciérie pour être transformés en poutrelles. Ceux-ci sont déposés d'abord dans une série de fosses à gaz verticales, où ils sont réchauffés; l'enfoncement des lingots, puis le déchargement sur la table du laminoir s'opèrent à l'aide d'un pont roulant desservant toutes les fosses.

De là, les lingots passent dans un laminoir à blooms spéciaux de $1^m$, 12 de diamètre, qui agit déjà pour donner une première ébauche de la forme de la poutrelle.

Les extrémités des blooms dégrossis sont ensuite affranchis par l'action d'une cisaille hydraulique située à 25 mètres devant le train à blooms, après quoi ceux-ci sont amenés sur la table du laminoir Grey par un ripeur spécial. Un four à réchauffer, situé à proximité, peut recevoir au besoin les blooms dont la température serait trop refroidie.

Quant au laminoir Grey, il est réversible, et comporte deux cages parallèles actionnées par une machine à trois cylindres d'une puissance de 4000 à 5000 chevaux. Il est desservi, de chaque côté, par une table à rouleaux qui n'a pas moins de 60 mètres de longueur. Des scies à chaud mobiles affranchissent les extrémités des poutrelles aux longueurs nécessaires.

L'installation comprend enfin une aire de très grande surface desservie par des ripeurs, sur laquelle les poutrelles se refroidissent de façon régulière et bien graduée, sans déformation.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## LAMINOIR GREY

Nous n'avons pas besoin de rappeler que les laminoirs ordinaires se composent essentiellement de deux cylindres horizontaux portant des cannelures appropriées dans lesquelles on introduit la pièce à profiler. Celle-ci, dans son passage entre les cylindres, se trouve soumise à des pressions verticales qui ont pour effet de diminuer l'épaisseur du métal compris entre les parties saillantes des cannelures en l'obligeant à refluer sur les côtés pour pénétrer dans les gorges verticales qu'elles peuvent présenter. Il se produit ainsi des poussées latérales qui peuvent atteindre une valeur excessive si le tracé est mal étudié ou le refoulement trop difficile; et, dans ce cas, le métal, trop tendu, peut se déchirer, à moins que la réaction de la cannelure ne retienne la barre trop fortement emprisonnée et ne provoque ainsi l'arrêt de la machine.

On voit par là que les nervures saillantes longitudinales, comme les ailes des profilés, peuvent être obtenues seulement par refoulement, en employant un métal bien chaud, pourvu encore que la hauteur de cette aile ne soit pas trop importante; et, en fait, les laminoirs ordinaires ne permettent guère de dépasser, comme nous le disions plus haut, une largeur d'ailes de 15 à 18 centimètres, avec une hauteur d'âme de 25 à 30 centimètres.

Encore faut-il ajouter que les ailes sont mal travaillées dans ce cas, car le métal qui vient y refluer se refroidit directement pour ainsi dire, sans subir le travail de compression qui serait nécessaire pour en améliorer la qualité.

Cet effort s'exerce, en effet, de façon à peu près exclusive sur l'âme du profilé, et c'est là un résultat d'autant plus fâcheux que, dans la plupart des cas, l'âme n'a aucun effort à supporter. Lorsque le profilé est mis en place pour constituer une poutre horizontale par exemple, ce sont les ailes seules qui travaillent, et il serait d'autant plus désirable de pouvoir améliorer la qualité du métal dont elles sont formées.

Les métallurgistes se sont déjà sans doute préoccupés de cette question, et ils ont obtenu effectivement un premier résultat satisfaisant par l'application du laminoir universel comportant deux galets verticaux placés devant ou derrière les cylindres horizontaux, et qui sont disposés de façon à pouvoir appuyer sur les deux faces extérieures de la pièce à travailler avant qu'elle entre dans le laminoir horizontal ou après qu'elle en est sortie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le laminoir universel donne bien des résultats excellents avec les larges plats, car il soumet le métal à un véritable refoulement latéral et il assure en outre une netteté de section qu'on n'obtiendrait pas autrement, mais sur les ailes des profilés, les avantages ne sont plus aussi marqués.

Le refoulement opéré par les galets n'agit alors, en effet, que pour dresser la face extérieure, et comme, en même temps, le métal n'est pas soutenu intérieurement, il ne subit en réalité aucun travail mécanique comme ce serait le cas si les deux faces de l'aile étaient comprimées à la fois; aussi, en fait, ce type de laminoir est-il rarement appliqué à la fabrication des profilés.

On ne peut donc obtenir un résultat satisfaisant qu'à la condition d'assurer la compression simultanée de toutes les parties du contour du profilé, aussi bien des ailes que de l'âme, en la faisant porter en outre sur les faces intérieures et extérieures, et même aussi sur le bord extrême des ailes afin d'assurer la netteté de la section et de travailler le métal en tous les points de celle-ci.

C'est le problème auquel s'est attaché M. Grey, et qu'il a résolu de la façon suivante :

Son appareil comprend deux cages parallèles aussi rapprochées que possible, elles sont disposées l'une devant l'autre, à une distance de 50 centimètres au plus, de façon que la pièce soit engagée à la fois dans les deux.

L'une d'elles est un train ordinaire, servant uniquement au laminage des bords des ailes (fig. 1). L'autre, qui caractérise plus spécialement l'appareil Grey, est un laminoir universel modifié, comportant deux cylindres horizontaux avec deux galets verticaux disposés de façon que les quatre axes soient situés dans le même plan vertical (fig. 2); il agit sur l'âme et les ailes de la pièce pour leur donner les dimensions prévues.

Le bloom grossièrement ébauché passe et repasse successivement dans les deux cages sans aucun retournement, et il est amené graduellement au profil désiré en donnant aux divers cylindres lamineurs un serrage convenable après chacune de ces passes.

La cage qui forme les bords des ailes est disposée en avant sur le passage du bloom venant du dégrossisseur de façon à faciliter l'engagement dans l'appareil lors de la première passe; autrement, en effet, il se produirait des frottements excessifs, si le bloom pénétrait directement dans la cage universelle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les cylindres de cette première cage sont disposés de manière à agir dans les dernières passes seulement sur les bords des ailes en fig. 1, et alors, en effet, ils ne portent plus sur l'âme ni sur les faces intérieures. Ces cylindres n'ont ainsi qu'un faible effort à exercer; ils sont constitués par de simples manchons portant en saillie l'ébauche de la section du pro-

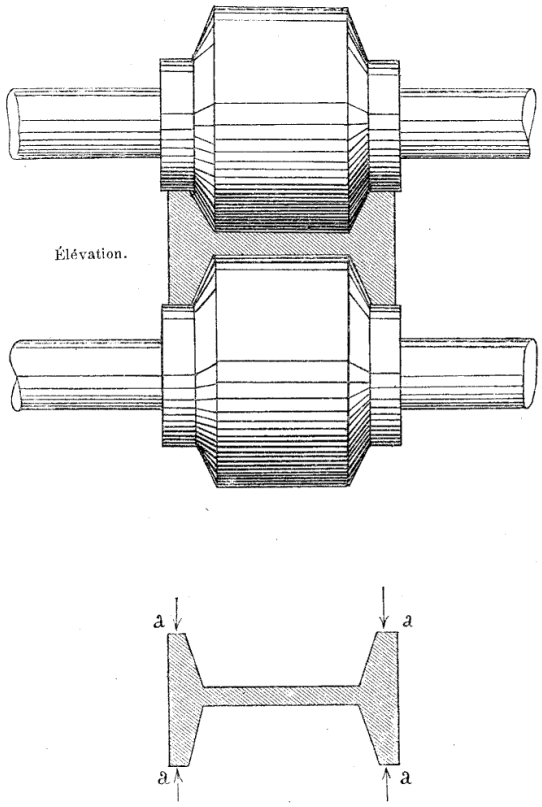



Fig. 1. — Train ordinaire préparant les bords *a* des ailes dans le laminoir Grey.

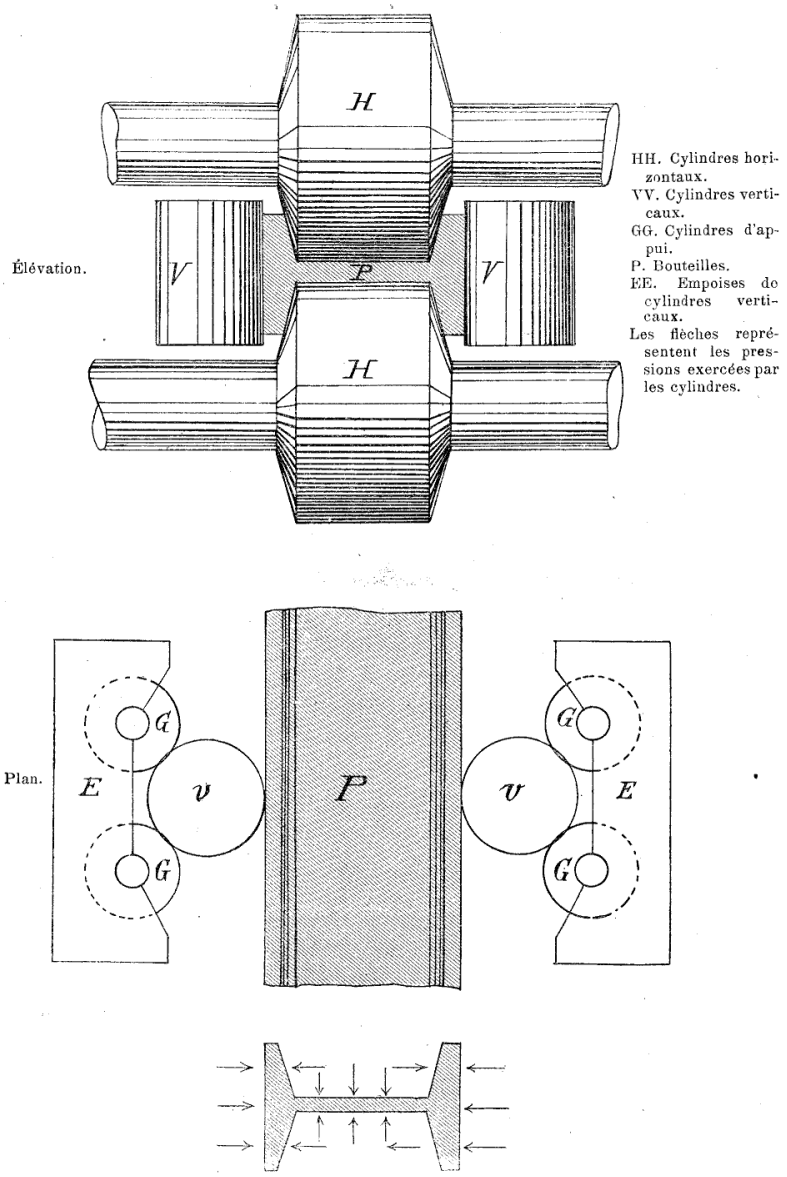
filé à l'intérieur des ailes, et qui sont montés sur deux arbres horizontaux. Le cylindre supérieur est équilibré par des pistons hydrauliques qui maintiennent ses empoises appliquées par des vis de serrage.

L'écartement des cylindres se règle facilement au moyen d'un petit moteur électrique qui vient agir sur ces vis.

L'homme chargé de la manœuvre a sous les yeux un tableau réducteur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

renfermant toutes les indications nécessaires pour le guider dans ce travail.




HH. Cylindres horizontaux.
VV. Cylindres verticaux.
GG. Cylindres d'appui.
P. Bouteilles.
EE. Empoises de cylindres verticaux.
Les flèches représentent les pressions exercées par les cylindres.

Fig. 2. — Train universel spécial du laminoir Grey.

Quant à la cage universelle, qui constitue la partie essentielle de l'ap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pareil, elle comporte, ainsi que nous l'avons indiqué et comme le montre la figure 2, quatre cylindres, dont deux horizontaux H sont entraînés par la machine motrice.

Ces cylindres sont taillés suivant le profil intérieur de la pièce à obtenir, ils agissent en pressant le métal en tous les points de ce profil comme l'indiquent les flèches pendant que les galets verticaux V compriment les ailes sur les faces extérieures.

Le cylindre supérieur est équilibré par des pistons hydrauliques, et il a son mouvement de déplacement commandé par un petit moteur électrique.

Les deux cylindres verticaux sont entraînés par simple frottement sur la pièce laminée; mais pour résister à la poussée latérale, ils sont contrebutés par deux autres galets verticaux G placés un peu en arrière et qui sont entraînés par le frottement.

Les cylindres verticaux situés aux deux extrémités des laminoirs horizontaux sont reliés entre eux par des tirants à vis, et peuvent être déplacés sous l'action d'un moteur électrique.

Dans le cours du laminage on rapproche simultanément les cylindres verticaux et les cylindres horizontaux suivant une loi déterminée à l'avance, de façon à obtenir graduellement le profil désiré.

Les mêmes cylindres horizontaux peuvent servir d'ailleurs pour plusieurs profils, tant que la hauteur de l'âme reste constante, puisqu'ils ne servent pas à régler la largeur des ailes, comme dans le cas du laminage ordinaire.

En dehors des cylindres verticaux réglant l'épaisseur des ailes, l'appareil comprend en outre des guides et redresseurs latéraux disposés à la sortie du laminoir, pour retenir la poutrelle en prévenant les ondulations latérales qu'elle pourrait prendre, de façon à la maintenir bien rectiligne. Ces guides sont munis d'un dispositif de rapprochement analogue à celui des cylindres verticaux, permettant d'en régler la distance suivant les besoins.

Tel qu'il est installé à Differdange, le laminoir Grey permet d'obtenir, ainsi que nous l'avons indiqué, tous les profils de poutrelles, depuis le type de $0^m,25$ de hauteur et $0^m,25$ de largeur d'aile, pesant 81 kilogrammes environ, jusqu'aux grands profils de $0^m,75$ de hauteur et $0^m,35$ de largeur d'aile dont le poids peut atteindre 260 kilogrammes par mètre; nous avons pu constater d'ailleurs que l'aspect des poutrelles ainsi obtenues est bien satisfaisant, car la surface du métal est parfaitement lisse et les arêtes sont d'une grande netteté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut observer d'ailleurs que la méthode de laminage adoptée contribue par elle-même à ce résultat, car le métal subit une pression énergique sur toutes les faces de la pièce, aussi bien dans les ailes que dans l'âme.

L'âme présente une épaisseur généralement plus faible que dans les laminés obtenus d'après le procédé ordinaire, et les ailes sont beaucoup mieux travaillées.

Il y a lieu de penser, dès lors, que les poutrelles Grey doivent présenter une résistance supérieure à celle des profilés ordinaires de même section, mais nous ne pensons pas que ce point ait jamais fait, jusqu'à présent, l'objet d'aucune expérience comparative.

Nous citerons seulement, d'après la communication qui nous en a été faite, les résultats obtenus dans les essais à la traction effectués au laboratoire de Charlottenbourg sur des barrettes détachées sur une poutrelle de 318 × 302 de section, fabriquée à Differdange.

Trois barrettes ont été prélevées à cet effet, l'une *a* sur le bord de l'aile, une seconde *b* au milieu de la hauteur de l'âme, et la troisième *c* à la jonction de l'âme et de l'aile, elles ont donné les chiffres suivants :

| N° de l'éprouvette. | Limite élastique. Kilogr. | Rupture. Kilogr. | Allongement p. 100 sur 200 m/m |
|---|---|---|---|
| En long *a* . . . . . | 26,5 | 38 | 32,7 |
| — *b* . . . . . | 29 | 45,2 | 27 |
| — *c* . . . . . | 28,4 | 42,3 | 28,7 |
| En travers *a* . . . . . | 23,3 | 38,0 | 16,8 sur 80 m/m |
| — *b* . . . . . | 27,2 | 41,9 | 22,3 sur 80 m/m |

On voit que ces résultats sont fort satisfaisants, et on remarquera, en particulier, que le métal des ailes, qui correspond à la partie la plus fatiguée de la section, présente une résistance à la rupture suffisamment grande, avec un allongement important, excluant toute idée de fragilité.

Le métal de l'âme possède une résistance plus forte avec un allongement moindre, témoignant de l'écrouissage qu'il a subi au laminage.

Ces résultats semblent indiquer que, même pour les profils courants, les poutrelles Grey doivent être préférées aux laminés ordinaires; mais c'est surtout dans la préparation des grands profils spéciaux que se manifeste la supériorité du procédé, puisqu'il donne des profils qu'on ne peut pas obtenir autrement par laminage direct; il faut, en effet, recourir néces-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sairement à des assemblages par rivets dont la solidité n'est jamais absolument certaine.

Les grandes poutrelles fabriquées à Differdange peuvent se substituer avantageusement aux poutres rivées, et trouver leur utilisation directe, par exemple comme longerons dans les ponts à faible portée ou même comme pièces transversales dans les grands ponts.

Comme la répartition du métal est alors plus rationnelle, il est possible d'obtenir des profilés ayant les mêmes moments d'inertie suivant les deux axes principaux et de les faire travailler comme colonnes par flambement dans des conditions particulièrement favorables.

Dans tous les cas, elles présentent plus de légèreté que les poutres ordinaires ou assemblées, puisqu'elles ont moins d'épaisseur d'âme que les premières et qu'elles suppriment les pièces accessoires d'attaches et de renforcement nécessaires dans les secondes.

Nous n'avons pas à examiner ici la question du prix de revient des profilés Grey, mais il ne nous paraît pas douteux que l'emploi de ce procédé ne doive entraîner une économie importante par rapport au laminage ordinaire, pourvu toutefois que la production conserve une activité suffisante. Il faut observer déjà, en effet, que toutes les opérations de manœuvre sont effectuées mécaniquement, de sorte que la main-d'œuvre est réduite au strict minimum.

L'atelier de Differdange peut produire, suivant les cas, 200$^{t}$ à 500$^{t}$ par journée de 10 heures, et, cependant, il n'occupe pas plus de 24 hommes, tant pour le service du laminoir dégrossisseur avec sa cisaille que pour celui du laminoir Grey avec les scies pour affranchissement des bouts.

On peut observer, d'autre part, que le déchet total ne dépasse pas 12 p. 100, dont 10 p. 100 forment des *scraps* pouvant être utilisés comme ferrailles au four Martin.

Ajoutons aussi que les cylindres Grey sont beaucoup moins lourds et encombrants que les cylindres ordinaires, ils peuvent donc se changer avec grande facilité. En outre, ces changements sont moins fréquents, puisque les mêmes cylindres peuvent servir, ainsi que nous l'avons remarqué, pour tous les profilés de même hauteur, différant seulement par la largeur des ailes.

On voit, par ce court résumé, toute l'importance des services que les profilés ainsi obtenus peuvent rendre dans les constructions métalliques. On appréciera en même temps l'intérêt tout spécial qui s'attache à l'instal-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lation, jusqu'à présent unique en Europe, qu'en a faite l'usine de Differdange, et dont elle a réussi à assurer le fonctionnement dans des conditions parfaitement satisfaisantes, non encore réalisées auparavant.

Dans ces conditions, nous avons l'honneur de vous proposer, au nom du Comité de chimie, d'adresser nos remerciements à M. Prince, représentant de M. Grey, qui nous a fourni les éléments de cette communication, ainsi qu'à M. Meyer, directeur des usines de Differdange, qui nous a donné toutes facilités pour visiter et apprécier l'installation qu'il a faite du procédé, et nous vous demandons de vouloir bien décider que le présent rapport sera inséré au *Bulletin* de la Société.

*Signé :* M. Baclé, *rapporteur*.

*Lu et approuvé en séance, le 18 décembre 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS MÉCANIQUES

RAPPORT fait par **M. Édouard Simon,** *au nom du Comité des Arts mécaniques,* SUR LES LUNETTES DE PROTECTION, brevetées S. G. D. G., de **M. le Dr Détourbe,** 206, boulevard Raspail, Paris.

MESSIEURS,

Les lunettes qui vous sont présentées aujourd'hui, comme les *masques respirateurs contre les poussières*, dont notre collègue M. Bérard vous avait signalé les mérites (1), ont été créées par M. le Dr Détourbe, pour répondre au programme de l'un des concours annuels de l'*Association des industriels de France contre les accidents du travail* (2).

M. le Dr Détourbe ne s'est point contenté des résultats acquis à la date de ce concours, il a perfectionné avec une méthode scientifique tous les détails de ses lunettes protectrices ; il en a, de plus, étendu le champ d'application à mesure que des besoins spéciaux lui ont été indiqués.

Suivant que les lunettes sont destinées à protéger *contre les éclats et les projections, contre les poussières, contre une lumière trop vive, contre l'atteinte de liquides* ou *de gaz irritants et toxiques, contre le vent, etc.*, les divers modèles présentent nécessairement des particularités, mais tous, comme le *masque respirateur* dont vous rendait compte M. Bérard en 1896, ont l'avantage de s'appliquer exactement sur la face, de s'adapter aisément aux contours des organes qu'ils doivent garantir, sans en occasionner l'échauffement.

Ces lunettes sont constituées (fig. 1 à 4) par deux pièces latérales en

(1) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 1896, t. I, p. 12. — Rapport fait au nom du *Comité des Arts chimiques*, par *M. E. P. Bérard*, sur deux appareils respiratoires.

(2) *Ibid.*, 1893, p. 275. Compte rendu du concours ouvert par l'*Association des industriels de France contre les accidents du travail,* pour la création d'un type de *lunettes d'atelier*, par *M. H. Mamy*, directeur de cette association, 1894, p. 595. — Compte rendu, par le même, du concours pour la création d'un *masque respiratoire contre les poussières.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aluminium, que réunit une pièce médiane en maillechort, cette dernière doublée d'un cuir échancré pour le passage du nez. Les pièces latérales ont la forme d'un tronc de cône, la grande base, dite par le Dr Détourbe *base d'application*, a été étudiée suivant la structure générale des régions (front, tempes, pommettes, nez) sur lesquelles elle doit reposer. Une double courbe de flexion, ménagée sur la pièce inclinée à 45° qui réunit les deux monocles, permet d'augmenter ou de diminuer la concavité de cette base, d'élargir ou de rétrécir l'échancrure destinée à loger le nez. L'ajourage du tronc de cône facilite encore le refoulement en avant ou en arrière, sur un ou plusieurs points (et sous l'influence de pressions modérées) de la base d'application. Il en résulte une sorte de moulage — et c'est là un caractère essentiel — qui assure l'interception des corps étrangers, sans gêne, sans irritation locale, pour le porteur de lunettes.

La petite base des monocles forme la monture des verres, blancs ou autres, d'épaisseur variable. La surface ajourée, qui limite ces chambres tronconiques, véritables chambres à air, peut être garnie soit d'un réseau métallique, dont les mailles diffèrent aussi d'après le service auquel les lunettes sont destinées, soit d'une simple toile de lin formant un excellent écran contre les fines poussières.

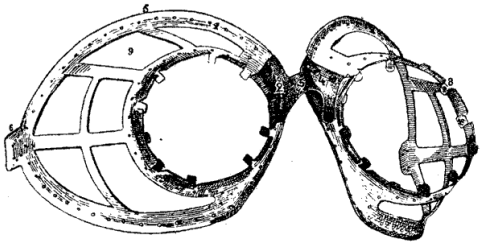


Fig. 1. — Lunettes contre les éclats et les projections, partie métallique nue.
1. Pièces latérales. — 2. Pièce médiane. — 3. Partie moyenne. — 4. Parties latérales. — 5. Base d'application. — 6. Prolongements rectangulaires. — 7. Échancrure nasale. — 8. Monture des verres (ses segments et ses crochets). — 9. Surface ajourée.

Une bande élastique munie d'un large anneau que l'on engage avec facilité dans un crochet fixé à la monture, contourne la partie postérieure de la tête et maintient tes lunettes. La *mise* et l'*enlèvement* se font ainsi rapidement sans l'aide du miroir.

Afin de compléter l'étanchéité, lorsqu'il s'agit de poussières, la garniture en cuir de la base d'application, parfaitement suffisante contre les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Fig. 2. — Lunettes contre les éclats et les projections, vue de face. —

1. Base d'application et bordure de cuir. — 2. Prolongement rectangulaire gauche et bande élastique. — 3. Prolongement rectangulaire droit et agrafe à long crochet. — 4. Pièce de cuir nasale. — 5. Son extrémité supérieure. — 6. Surface ajourée et toile métallique. 7. Verre et monture.

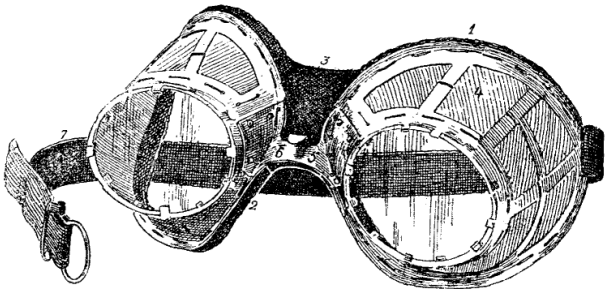


Fig. 3. — Lunettes contre les poussières.

I. Base d'application et ruban de feutre. — 2. Échancrure nasale et ruban de feutre. — 3. Pièce de feutre frontale. — 4. Surface ajourée et toile de lin. — 5. Partie de la pièce médiane. — 6. Languette recourbée maintenant la ligature, qui relie les lunettes au respirateur. — 7. Bande élastique.

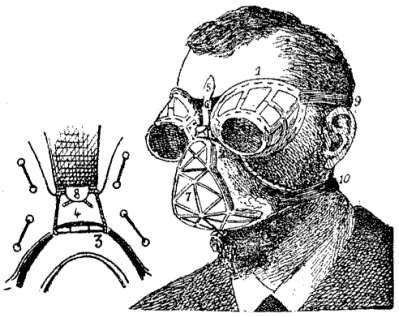


Fig. 4. — Lunettes contre les poussières, adaptées au respirateur.

1. Base d'application garnie de feutre. — 2. Échancrure nasale, bordée de feutre et ajustée à la moitié supérieure du respirateur. — 3. Charnière du respirateur. — 4. Partie moyenne de la pièce médiane des lunettes. — 5. — Levier du respirateur (sa courbe de flexion est cachée par la partie moyenne de la pièce médiane des lunettes). — 6. Orifices d'attache de la bande élastique supérieure, enlevée. — 7. Surface ajourée de la porte treillissée. — 8. Languette recourbée de la partie moyenne de la pièce médiane des lunettes, maintenant la ligature qui relie les deux appareils. — 9. Bande élastique des lunettes. — 10. Bande élastique inférieure du respirateur.



Fig. 5. — Lunettes de route.

1. Base d'application et bordure de cuir. — 2. Prolongement rectangulaire gauche et bande élastique. — 3. Prolongement rectangulaire droit et agrafe à long crochet. — 4. Pièce de cuir nasale. — 5. Son extrémité supérieure. — 6. Surface ajourée et toile métallique. — 7. Verre et monture.

Fig. 2 à 4. — Lunettes de protection de M. le Dr *Détourbe*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

éclats, est remplacée par une garniture en feutre. Dans d'autres circonstances, il peut être préférable d'employer un ruban d'amiante, une bordure de caoutchouc. Les verres sont *droits* ou *coquilles ;* la grandeur en a été portée au maximum afin d'étendre le champ visuel autant que possible : 90° pour les lunettes contre les éclats, 100° pour les lunettes contre les poussières, 142° pour les lunettes de route. Avec les premières, l'épaisseur du verre varie de 4 à 5, voire 7 millimètres, suivant la nature des travaux.

Les *verres fumés* contre la lumière, sans nuance secondaire de nature à altérer la couleur naturelle des objets et à irriter la rétine, sont doublés, en arrière, d'un verre clair, athermane, afin d'empêcher tout rayonnement de chaleur vers les yeux.

Les *verres coquilles*, utilisés surtout pour les lunettes de route, sont périscopiques et permettent de voir, sans tourner la tête, avec une égale netteté dans toutes les directions. Leur valeur dioptrique est vérifiée par le laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers, dont ils portent la marque C. A. M. Elles sont fort appréciées par les conducteurs d'automobiles.

Si l'on ajoute que la monture des lunettes permet aux myopes et aux presbytes de conserver les verres dont ils sont obligés de faire usage; que, de plus, il est facile de réunir les lunettes contre les poussières et le respirateur, pour en faire un ensemble utilisable dans les milieux où il importe de protéger simultanément les yeux et les voies respiratoires, vous reconnaîtrez que le Dr Détourbe a solutionné de façon simple et pratique une série de problèmes des plus délicats et des plus importants pour l'hygiène de certains travaux. Le nombre des applications, l'importance des établissements qui font couramment emploi de ces lunettes de protection, en consacrent l'utilité. Le Comité des Arts mécaniques vous propose, Messieurs, de remercier M. le Dr Détourbe de sa très intéressante communication et de voter l'insertion au *Bulletin* du présent Rapport avec les dessins et légendes utiles à la description de divers modèles de lunettes protectrices.

*Signé : Le rapporteur*, Édouard Simon.

*Lu et approuvé en séance, le 18 décembre 1903.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ARTS CHIMIQUES

## ÉTUDE DE QUELQUES LABORATOIRES INDUSTRIELS DE L'ALLEMAGNE,

par **M. A. Granger.**

Les renseignements que peuvent donner les laboratoires de science pure ne sont plus suffisants pour les besoins de l'industrie moderne. Une grande partie des importants progrès réalisés jusqu'à ce jour est due à l'interprétation industrielle des résultats du laboratoire. Les savants ont cherché à utiliser dans la pratique les données de l'expérience, ils ont créé des établissements où, laissant de côté les préoccupations théoriques, on a étudié les questions industrielles en empruntant à la science sa méthode et en tirant parti des faits acquis. Nous avons eu l'occasion d'examiner tout spécialement cette question, à la demande de la Chambre syndicale de la Céramique et de la Verrerie, et ce travail donnera une idée de ce qui a été fait en Allemagne, tant par l'industrie privée que par le gouvernement.

Nous allons étudier successivement : *Le laboratoire de la Tonindustrie Zeitung*, la *Versuchs-Anstalt de Charlottenburg*, et la *Material-Prüfungs-Anstalt de Nuremberg*.

Le premier de ces établissements est une entreprise privée, les deux autres sont des établissements créés et entretenus par les royaumes de Prusse et de Bavière.

### LABORATOIRE DE LA TONINDUSTRIE ZEITUNG

Fondé par le professeur Seger et le Dr Aron, ce laboratoire se trouve maintenant sous la direction de M. Cramer et des Drs Hecht et Möckler. Ces trois chimistes, qui ont repris l'entreprise à leur compte, s'occupent de la rédaction du journal la *Tonindustrie Zeitung* et de la direction du laboratoire. Ils ont su obtenir la confiance des industriels allemands, et, présentement, leur publication est l'organe d'un certain nombre d'unions de fabricants :

Union allemande de l'industrie de l'argile, du ciment et de la chaux (*Deutscher Verein für Thon, Cement und Kalkindustrie*);

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

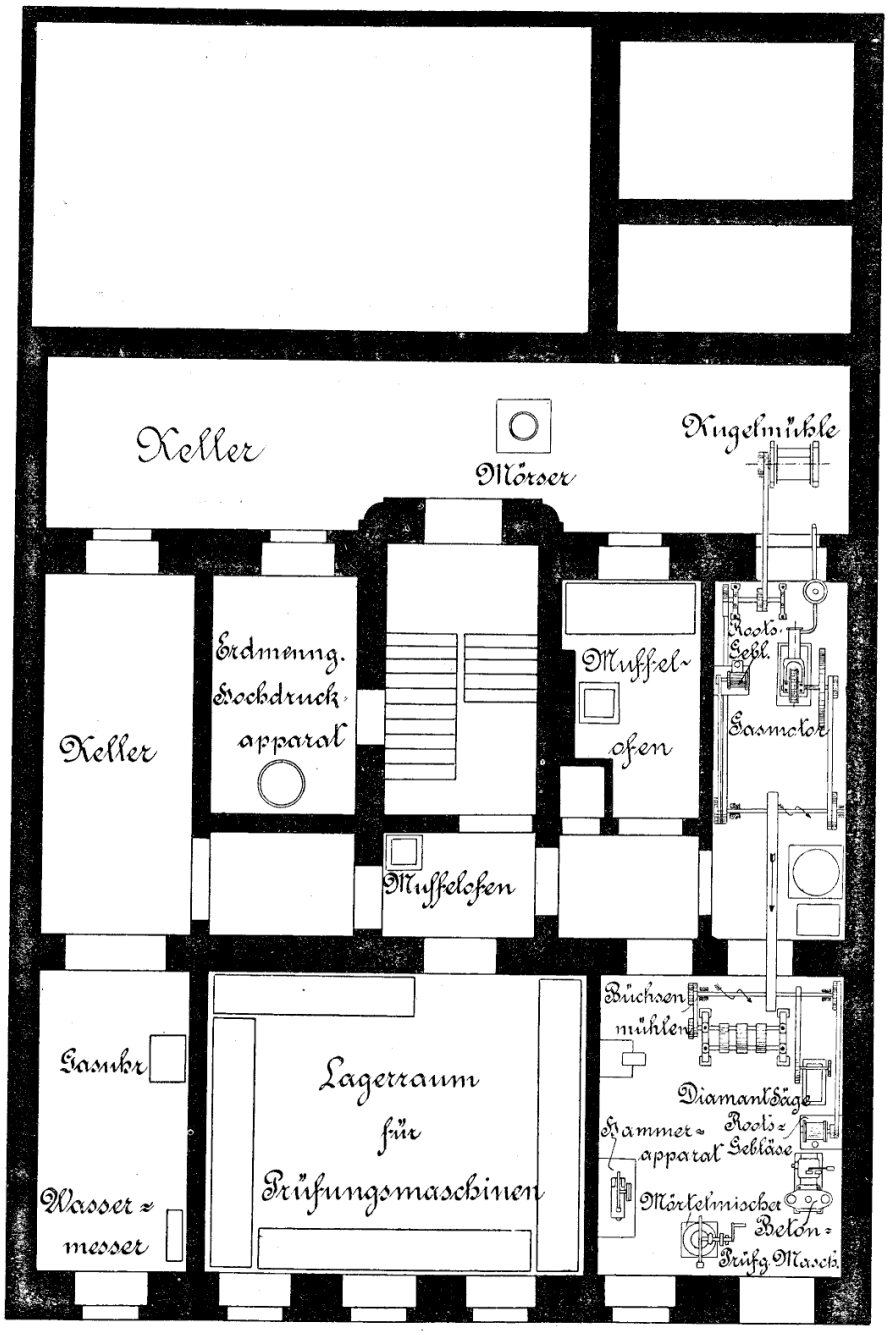



Fig. 1.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

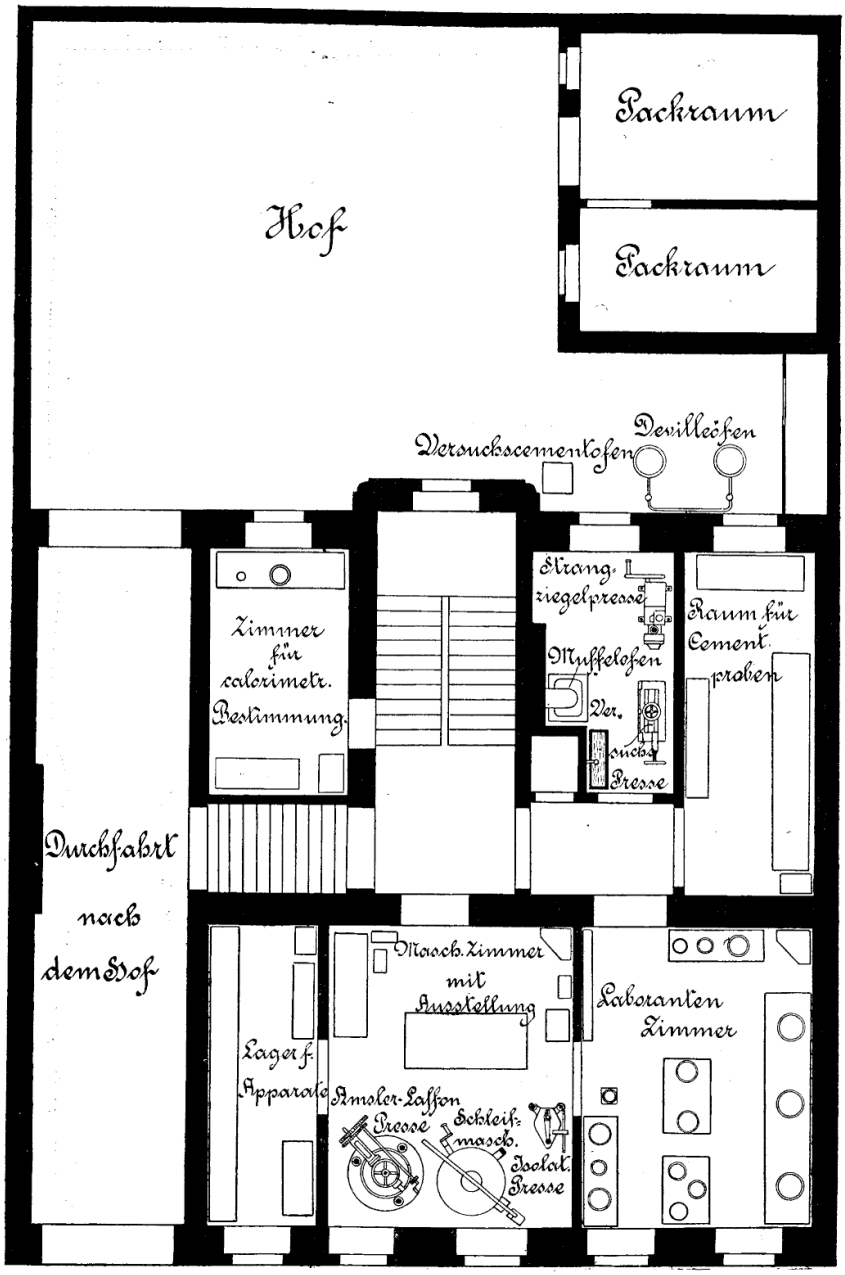



Fig. 2.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Union allemande des fabricants de ciment de Portland (*Verein deutscher Portland Cement-Fabrikanten;*

Union des fabriques allemandes de produits réfractaires (*Verein deutscher Fabriken feuerfester Produkte;*

Associations de la poterie (*Töpferei Berufsgenossenschaft*);

Association de la briqueterie (*Ziegelei-Berufsgenossenschaft*);

Union des industriels céramistes (*Verband deutscher Tonindustrieller*);

Union allemande du béton (*Deutscher Betonverein*);

Union allemande du plâtre (*Deutscher Gipsverein*);

Union des fabriques de briques en sable et chaux (*Verein der Kalksandstein-fabriken*).

Cette situation a mis le laboratoire en rapport avec un nombre considérable d'industriels, aussi lui a-t-elle permis, en se spécialisant pour ces industries, d'installer l'entreprise largement.

La *Tonindustrie Zeitung* occupe une maison à trois étages, Kruppstrasse, 6, dans le nord-ouest de Berlin; à part un étage pour la rédaction et les bureaux, l'immeuble entier est consacré au laboratoire. Grâce aux plans et dessins que nous donnons, il est facile de se faire une idée de l'importance de l'établissement.

Voici comment sont disposés les services du laboratoire et de la rédaction. Le sous-sol (*Kellergeschoss*) (fig. 1) renferme un moteur à gaz (*Gasmotor*), qui sert à actionner deux souffleries (*Roots-Gebläse*), un moulin à billes (*Kugelmühle*), placé derrière lui, et une série de moulins (*Büchsenmühle*) désignés en allemand sous le nom de « moulins à boîtes ». Leur dispositif, peu connu en France, vaut la peine d'être rappelé; le moulin proprement dit est une boîte cylindrique de grand rayon et de faible hauteur, posée sur deux arbres parallèles mobiles *a* et *b*. La figure montre la disposition du système. On met dans la boîte la matière à broyer, des billes et de l'eau (si l'on broie à l'eau), on ferme et on pose sur les arbres, dont un seul reçoit le mouvement de la machine. La boîte prend un mouvement de rotation en sens contraire, et entraîne à son tour le second arbre, dont ici le rôle est celui d'un support. Comme on le voit, le *Büchsenmühle* est un moulin à billes à dispositif simplifié. On peut, avec ce genre d'aménagement, placer un très grand nombre de boîtes. Une scie à diamant (*Diamant-Gäge*), destinée à entamer les matières dures est placée à côté des *Büchsenmhüle*, et peut être mise en mouvement au moyen d'une courroie reliée à l'axe de transmission sur lequel tous les appareils, disposés dans la pièce du coin inférieur droit du plan, viennent prendre l'énergie nécessaire à leur fonc-

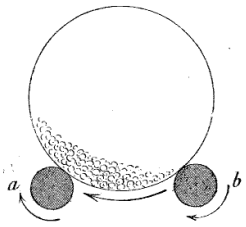


Fig. 3.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tionnement. Dans cette pièce, se trouvent encore un mélangeur pour mortier, une machine à essayer le béton, et un appareil à marteau pour essais de ciments; ces instruments sont respectivement appelés sur le plan : *Mörtelmischer*, *Beton Prüfungs maschine*, et *Hammerapparat*. En suivant, à gauche, sur

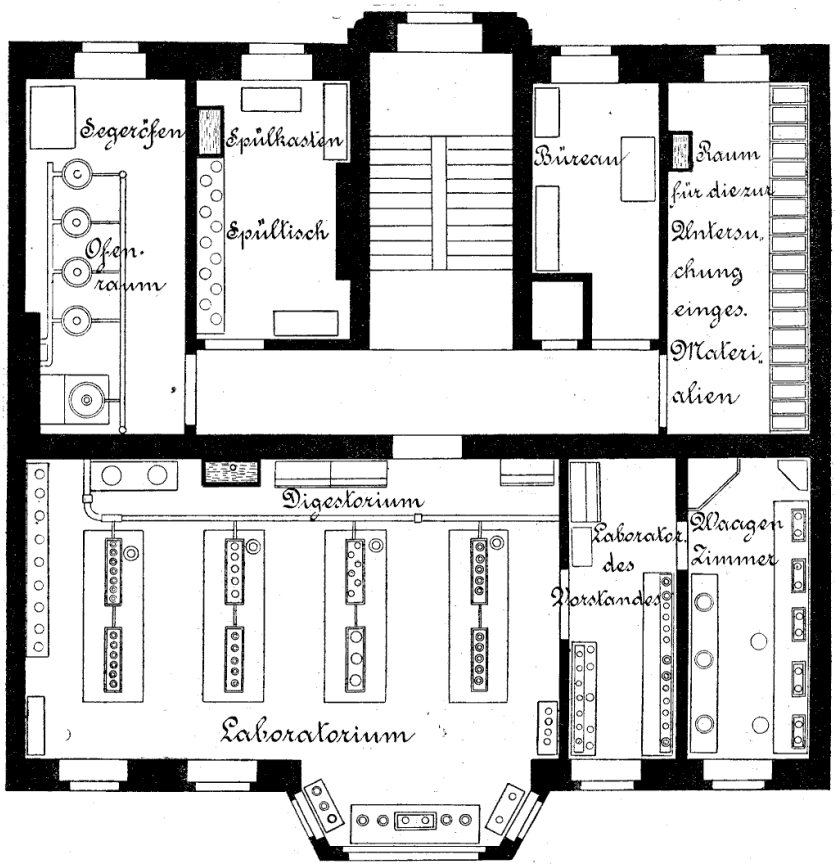



Fig. 4.

le plan, nous rencontrons une pièce où sont disposées les machines d'essais (*Lagerraum für Prüfungsmaschinen*), la salle des compteurs d'eau (*Wassermesser*) et de gaz (*Gasuhr*), une cave (*Keller*), puis une cave plus grande, où se trouvent un mortier (*Mörser*), et un moulin à billes, dont nous avons déjà parlé; avoisinant l'escalier, nous rencontrons trois petites pièces, dont deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

renferment des moufles (*Muffelöfen*), et la troisième un appareil pour exercer de fortes pressions (*Hochdruckapparat*).

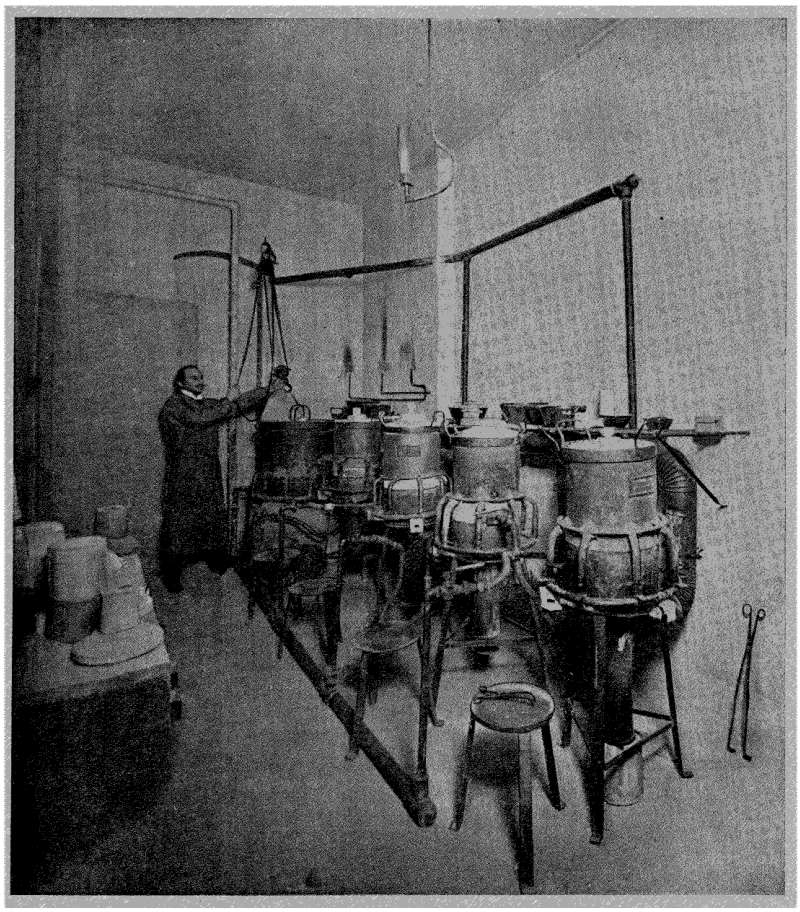


Fig. 5.

Au rez-de-chaussée (fig. 2), nous trouvons à droite de l'escalier une salle où sont exposés des appareils, dont quelques-uns servent en outre à des démonstrations et à des mesures et sur lesquelles nous reviendrons plus loin. Une salle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour préparer les essais fait suite, puis viennent une salle pour les essais de ciments et une salle contenant une presse à briques à filière (*Strangziegelpresse*), une petite presse pour recherches (*Versuchs-Presse*) et une moufle (*Muffelofen*). Une dernière pièce du rez-de-chaussée, séparée des autres par l'escalier

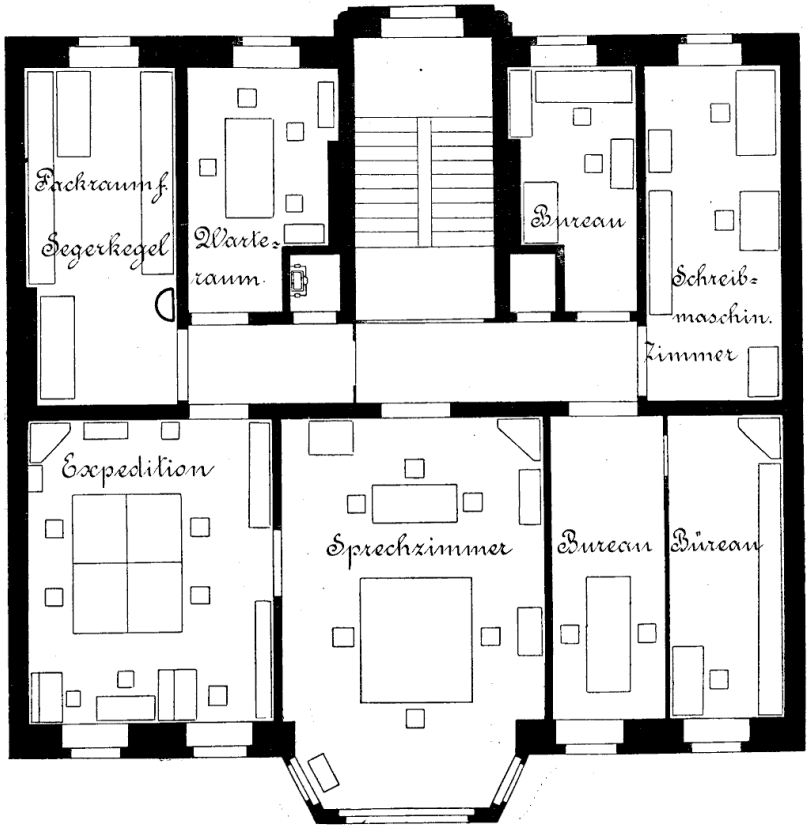



Fig. 6.

(*Zimmer für calorimetrischen Bestimmungen*) est consacrée aux déterminations calorimétriques. Dans la cour sont installés un four pour cuire des essais de ciment (*Versuchscementofen*) et deux fours Deville (*Devilleöfen*).

Au premier étage (fig. 4) les diverses pièces sont utilisées par les services suivants : 1° Salle de lavages, contenant des caisses de lavages (*Spülkasten*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et une table pour préparer les échantillons (*Spültisch*); 2° Salle des fours (*Ofenraum*), où est disposée une batterie de quatre fours de Seger (fig. 5), dont un pouvant recevoir de l'air comprimé pour atteindre de hautes températures, et un four du même inventeur, mais de dimensions plus grandes. Ce four, vu

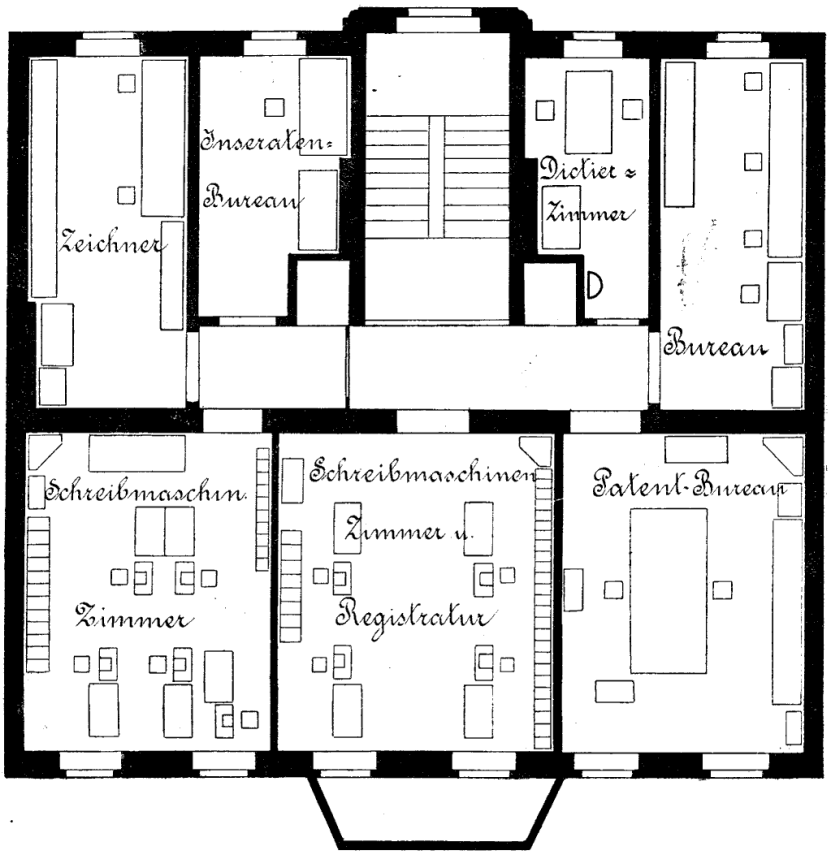



Fig. 7.

sa grandeur ne permet pas d'atteindre des températures très élevées, mais il donne les températures suffisantes pour les essais de briques, c'est-à-dire de la montre 0,10 à la montre 05;

3° Laboratoire comprenant quatre tables occupées chacune par deux chimistes;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Laboratoire du chef du laboratoire (*Laboratorium des Vorstandes*);

5° Salle des balances (*Waagen Zimmer*);

6° Salle pour l'étude des matériaux. (*Raum für die zur Untersuchung Materialien*);

7° Bureau.

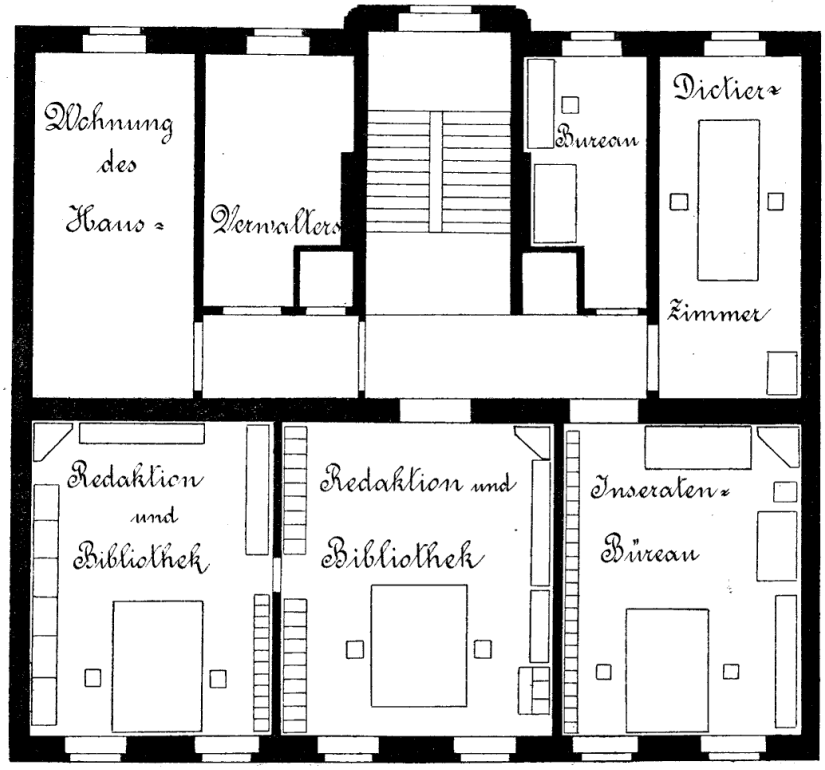



Fig. 8.

Le deuxième étage (fig. 6) appartient presque en entier à la rédaction de la *Tonindustrie Zeitung*. Voici la désignation des différentes pièces du plan : salle d'attente (*Warteraum*), empaquetage des montres de Seger (*Packraum für Segerkegel*), expédition, salle de réception (*Sprechzimmer*), bureaux, salle des machines à écrire (*Schreibmaschinen Zimmer*).

Au troisième étage (fig. 7) sont des services annexes : bureau des bre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vets (*Patent bureau*), dessinateur (*Zeichner*), etc. Au quatrième (fig. 8) se trouve la continuation de ces services : bureau des annonces (*Inseraten-bureau*), etc.

Voici quels sont les principaux travaux exécutés pour les industriels :

L'étude des différentes sortes d'argiles ou de matériaux et l'examen de leurs aptitudes aux différentes fabrications : terres cuites, produits réfractaires, faïences, grès, porcelaines et ciments comportent une série de recherches dont toutes ne sont peut-être pas bien connues de nos lecteurs. Nous allons décrire celles dont la connaissance nous semblera la moins répandue en indiquant qu'elles sont les méthodes que l'on suit au laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung*.

A. — Essais des matières premières au point de vue physique et chimique. — 1) La première opération à faire subir aux argiles brutes est un lavage. Ce lavage permet de séparer la partie argileuse fine des morceaux plus gros non plastiques, formés par des débris de roches. Rapidement et avec une précision suffisante, on peut employer le procédé indiqué par M. Schlœsing. D'autres expérimentateurs préfèrent adopter un dispositif qui sectionne la matière lavée en portions de différentes grosseurs, tel est le dispositif de Schulze, qui emploie une série de verres disposés en cascade et traversés par un courant d'eau qui arrive à leur partie inférieure et sort à leur partie supérieure. L'appareil de Schöne, qui a une certaine faveur en Allemagne, est moins connu en France, nous allons le décrire.

La partie principale de l'appareil est un tube en U. L'une des branches a une forme cylindro-conique ; ce tube est traversé par un courant d'eau venant par D. Au-dessus de la partie cylindrique se trouve un goulot dans lequel entre un tube E F G. Au point F on a percé un trou de $1{,}5^{mm}$, par lequel s'échappe l'eau qui a traversé l'appareil. La partie F G du tube, qui est verticale est divisée ; on lit dans cette partie la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice d'écoulement et par suite la pression.

Pour faire un lavage d'argile, on prend 100 grammes environ de substance séchée à l'air, tamisée dans un tamis à mailles de 2 millimètres. On délaie l'argile dans l'eau distillée, après avoir ajouté 1 centimètre cube de solution de soude pour obtenir une division plus rapide des particules d'argile et on chauffe le tout en agitant avec une baguette de verre. On laisse refroidir et reposer. On décante après repos et on soumet seule au lavage la partie déposée. Pour cela on fait arriver lentement un courant d'eau dans le tube, et quand le niveau arrive vers B, on fait tomber la matière au moyen d'un jet d'eau, puis on assujettit le manomètre et on dispose un récipient sous F. Pour une vitesse déterminée du courant d'eau on peut admettre que l'on entraîne des grains de même grosseur et de même poids spécifique. On peut donc, en employant des pressions diffé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rentes, faire des sectionnements de la matière et, par pesée des différents dépôts, conclure à la composition de l'échantillon au point de vue physique.

Ce dispositif, tel que le décrit Bischof (1), a été modifié et dans les instructions, recommandées par le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* (2), on adopte un processus et un dispositif différents.

Au lieu d'un tube laveur on en emploie deux, un petit et un grand. La

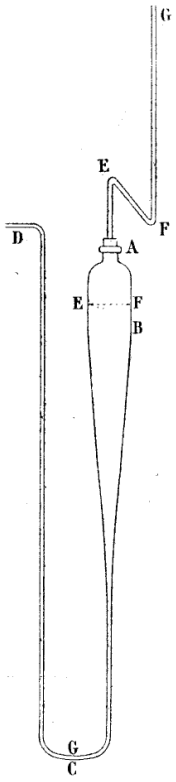



Fig. 9.

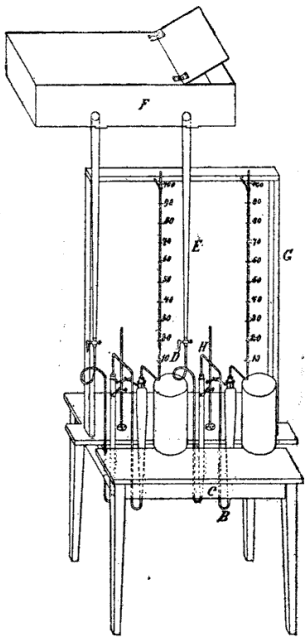



Fig. 10.

partie cylindrique du grand laveur a 10 centimètres de longueur et 5 centimètres de diamètre, puis depuis la base du cylindre jusqu'à la courbure, le tube conique a 50 centimètres de longueur. Son diamètre le plus faible est de 5 millimètres et ce diamètre est conservé dans la partie C D. Un tube analogue de dimensions plus restreintes H est placé avant lui; il reçoit le dépôt fourni

(1) *Die feuerfesten Thone*, 2e édit., 1895, 76.
(2) *Tonindustrie Zeitung*, 1899, n° 92.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le lavage de la terre, tandis que la partie liquide est versée dans B. Pour alimenter régulièrement d'eau le système laveur, on indique de prendre le liquide dans un réservoir de 30 litres, à large section et supporté par un bâti.

2) La détermination de la plasticité de l'argile a été l'occasion de plusieurs propositions qui jusqu'ici n'ont pas donné une satisfaction absolue. Voici un moyen qui est employé pour comparer les argiles de diverses plasticités. On mélange l'argile avec du ciment et on prend l'argile et le ciment dans un rapport

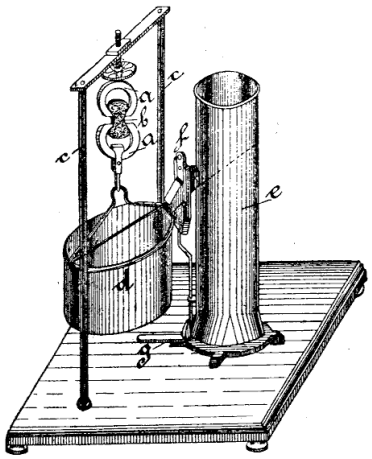



Fig. 11.

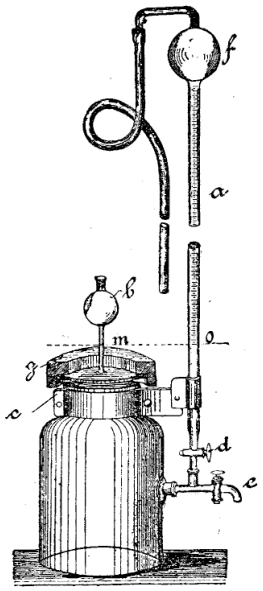



Fig. 12.

tel que l'argile représente le volume des pores du ciment. Pour cela on a déjà déterminé le poids d'un litre de ciment, puis sa porosité. Ainsi supposons qu'un vase de 8 litres contienne 14,530 gr. de ciment et que le volume laissé libre par les grains de ciment soit de 2,54. Les grains de ciment prennent un volume de $\frac{14,530}{2,54} = 5,72$ litres. Il faut donc ajouter 8 — 5,72 litres, soit 2,28 litres d'argile; connaissant la densité de cette dernière, 2,40, on trouve qu'il faut prendre 5,472 grammes de terre. On fera donc un mélange de terre dans le rapport 14,5 à 5,5. L'argile est mouillée d'abord, puis on incorpore dans sa masse le ciment en grains. Si la pâte obtenue est trop molle, on la laisse raffermir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans un endroit chaud jusqu'à ce qu'elle soit pétrissable. On introduit ensuite le mélange façonné au préalable en balles de $2 \times 3 \times 7{,}5$ centimètres dans une forme en 8 et on laisse sécher. Ces éprouvettes sont ensuite placées dans les pinces $a$ et $a$ de l'appareil représenté fig. 11. On mesure alors l'effort nécessaire pour les briser. Le seau $d$ reçoit des grains de plomb tombant de $e$. Quand la rupture a lieu, le seau tombe en $g$ et fait remonter un levier qui ferme le canal $f$. Le poids des plombs tombés, ajouté au poids fixe de la partie mobile donne la valeur de l'effort exercé sur la section $s$ de rupture.

Le nombre obtenu ne mesure pas exactement la plasticité de l'argile, mais bien sa « *Bindefähigkeit* », suivant l'expression allemande, c'est-à-dire son pouvoir liant.

3) La mesure de la porosité des matériaux céramiques se fait au voluménomètre; on détermine également avec cet appareil le volume des échantillons. L'appareil imaginé par Seger (fig. 12) se compose d'un flacon de verre auquel est adaptée une burette $a$. Le bouchon $c$ est traversé par un tube $b$ et maintenu par un collier de plomb $g$. On commence par remplir l'appareil de liquide et l'on en introduit au moyen de $b$ une quantité suffisante pour dépasser un trait $m$; au moyen du robinet $e$, on fait couler suffisamment de liquide pour faire affleurer le niveau dans le tube $b$ en $m$. On lit alors quelle division de la burette $a$ se trouve sur la même horizontale. Le corps dont on veut mesurer le volume a été d'abord immergé dans le liquide de manière à en être saturé (ce qui demande de 1 à 2 heures). On aspire par le tube de caoutchouc, adapté en $f$, du liquide de manière à remplir la boule supérieure aux 3/4 et on ferme de manière à laisser un vide dans l'appareil, puis après avoir enlevé le couvercle on introduit le corps essuyé extérieurement. Le couvercle étant remis en place, on laisse alors couler du liquide de manière à revenir au niveau $m$. Au bout de 10 minutes on lit à nouveau et l'on fait redescendre du liquide si cela est nécessaire. Le nombre de centimètres cubes lu alors au-dessus de l'horizontale passant par $m$ exprime le volume du corps.

Pour déduire de ce volume V le volume $v$ réellement occupé par le corps, sans tenir compte de ses pores, on commence par déterminer le poids du corps absolument sec. Le corps sec est saturé d'eau, essuyé et pesé, ce qui permet de comparer les poids $p$ du corps sec et $\pi$ saturé d'eau. L'eau absorbée a donc pour poids $\pi - p$ et le véritable volume $v$ du corps est $v - (\pi - p)$. Le poids spécifique vrai D sera $\frac{p}{v-(\pi-p)}$. Si $v-(\pi-p)$, que nous appellerons $a$ pour abréger, a été calculé pour 1 centimètre cube du corps, nous dirons que les pores représentent $\frac{100\,a}{v}$ p. 100 du volume du corps.

4) La détermination de la fusibilité des matériaux céramiques ne peut pas se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déduire d'une manière précise de leur composition. D'autre part, il est facile de passer un produit au four, dans la fabrication courante, un échantillon du produit à essayer. Dans certains cas, il peut être nécessaire de connaître dans quelles conditions un corps argileux peut être employé.

L'argile est prise sous forme de petites pyramides qui mesurent 1 centimètre carré de base et 2 centimètres de haut. Si la terre est souillée de matières organiques, on commence d'abord par chauffer les essais au rouge faible jusqu'à combustion complète du charbon. L'argile, façonnée comme nous venons de le dire, est chauffée dans un creuset très réfractaire placé dans un four genre Deville. Le creuset est fait avec un ciment d'un mélange à parties égales de kaolin de Zettlitz et d'alumine auquel on ajoute la quantité de kaolin, du même gisement, nécessaire pour pouvoir façonner. Le four de Deville (1), comme on le sait, est cylindrique, mais la partie où brûle le combustible est légèrement conique; ses parois sont en magnésie dans la partie la plus fortement chauffée et dans la partie supérieure en un mélange de 90 parties de magnésie calcinée et 10 parties de kaolin de Zettlitz. Les creusets employés pour ces essais résistent à la fusion de la montre 36 de Seger, ils sont faits en argile schisteuse de Rakonitz.

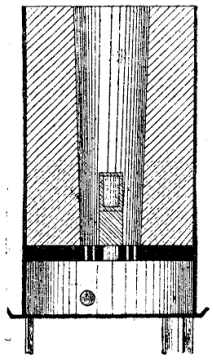


Fig. 13.

Pour faire une détermination on place une montre fusible à côté des échantillons dans le creuset et on allume du charbon de bois (200 grammes) avec 30 grammes de papier tassé et froissé. On donne le vent (avec 25 coups de pédale à la minute si l'on n'a pas l'air comprimé), puis on ajoute 900 grammes de charbon de cornue et on double le vent. Le combustible est employé à la grosseur de noisettes. Avec les quantités indiquées, on arrive à la fusion de la montre 26. Pour obtenir des températures plus élevées on procède avec des additions successives de 25 grammes de combustible. Le four employé à ces essais a 35 centimètres de hauteur, 9 centimètres de diamètre à sa partie inférieure et 11 centimètres à sa partie supérieure. L'épaisseur des parois va en diminuant de la base à l'ouverture de charge, elle est forte de 6 centimètres dans la partie basse jusqu'à environ 12 centimètres du fond.

5) L'étude des matières premières comprend leur analyse chimique. Les méthodes sont suffisamment connues pour que nous ne les reproduisions pas ici. Nous nous contenterons de remarquer que les successeurs de Seger semblent

(1) Il est décrit aux *Annales de Chimie et de Physique* [3], XLVI, **1856**, 190 et diffère un peu de celui que nous décrivons. Sa largeur est de 18 centimètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avoir, pour les usages industriels, laissé de côté le traitement à l'acide sulfurique pour l'analyse des matériaux argileux; du moins c'est ce que laisse croire la lecture du journal qui cite presque toujours les résultats des traitements classiques au carbonate et à l'acide fluorhydrique.

Pour le dosage rapide de l'acide carbonique, dans l'industrie du ciment par exemple, on utilise des appareils qui effectuent le dosage en volume et non en poids. Les deux appareils qui m'ont semblé réunir les suffrages sont l'appareil de Cramer et l'appareil de Dietrich-Frühling. Dans le premier de ces appareils on mesure, sur le pétrole pour éviter des pertes par dissolution, le volume de gaz dégagé pendant l'attaque de la matière carbonatée. Le second de ces instruments recueille le gaz à mesurer sur l'eau, il nécessite donc une correction.

6) On sait que, dans la fabrication des briques, il arrive souvent que les briques après dessiccation ou après cuisson se recouvrent d'un dépôt blanc, composé pour la plus grande partie de sulfates et en particulier de sulfate de chaux. Cet accident est évité en ajoutant à la masse du carbonate de baryte; il ne reste plus alors que des corps insolubles et, par suite, incapables de venir ressuer et cristalliser à la surface des produits.

Pratiquement, il n'y a pas lieu de songer à faire un dosage d'acide sulfurique, le briquetier n'est pas installé pour de semblables déterminations. Voici un processus qui permet de résoudre facilement la question et de déterminer la quantité de baryte à ajouter pour éviter la production des accidents que nous venons de signaler.

On introduit dans une série de flacons de 500 centimètres cubes des prises de 100 grammes d'argile et on ajoute de l'eau en quantité suffisante pour remplir le vase aux 3/4. Après agitation convenable, la terre s'est divisée et forme un dépôt dans le flacon quand on a laissé le récipient en repos pendant quelque temps. La détermination de l'acide sulfurique va se faire en introduisant une solution de chlorure de baryum renfermant 0,01 gramme de sel par centimètre cube. Cette solution est versée dans les flacons numérotés, dans l'ordre suivant, 1 centimètre cube dans le premier, 2 centimètres cubes dans le second, etc. Le mélange est agité et abandonné au repos au bain-marie après addition d'un peu de lait de chaux pour accélérer le dépôt de l'argile. En faisant un essai sur une portion filtrée de la liqueur du flacon 1, on voit s'il y a de l'acide sulfurique en excès; s'il n'y a pas d'excès de réactif, on essaie le contenu du flacon suivant et l'on va de proche en proche jusqu'à ce que l'on rencontre un flacon dont le liquide se trouble par addition d'acide sulfurique (acide étendu de 3 volumes d'eau). Le numéro du flacon donne le nombre de centimètres ajoutés, soit 4, on sait alors que l'argile additionnée de 3 centimètres cubes ne renferme pas d'excès de réactif. Une table faite à l'avance permet de déduire d'après le nombre de centimètres cubes la quantité soit de chlorure, soit de carbonate de baryum à ajouter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B. — Étude de la cuisson. — 1) La pyrométrie céramique se trouve bien de l'emploi des montres fusibles de Seger et c'est à Berlin dans le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* qu'elles sont fabriquées sous un contrôle sérieux. Les indications actuelles données dans beaucoup d'ouvrages allemands sont rapportées à la fusion des montres de Seger.

Ces instruments, dont l'emploi s'est considérablement généralisé, sont assez

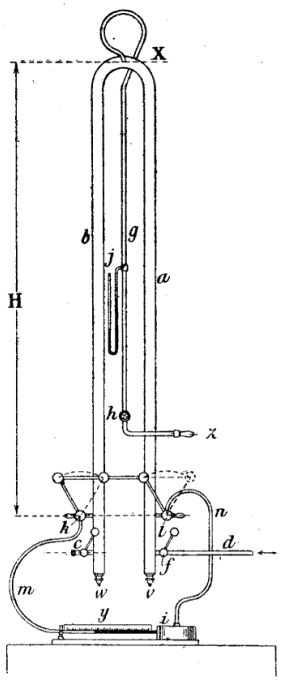



Fig. 14.

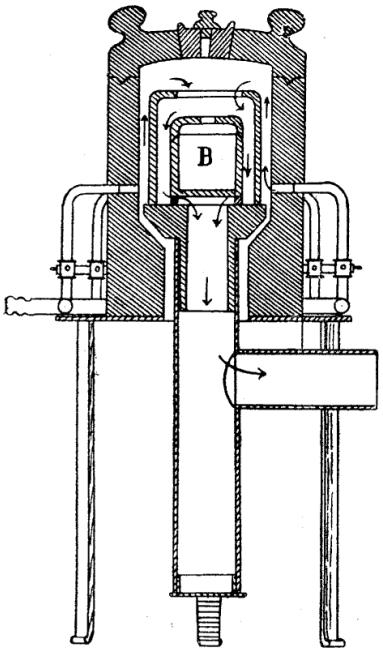



Fig. 15.

anciens pour que nons pensions inutile de rappeler ici leur principe, leur emploi et leur fabrication. On trouvera à ce sujet tous les détails désirables soit dans le mémoire original de Seger (1), soit dans l'ouvrage de MM. Le Chatelier et Boudouard sur la mesure des températures élevées (2).

2) On semble attacher assez d'importance, en Allemagne et dans d'autres pays également, à l'analyse de gaz. Nous n'entamerons pas ici une discussion sur les difficultés inhérentes à l'analyse des gaz des fours et sur les déductions pratiques à tirer des résultats trouvés. C'est l'appareil d'Orsat plus ou moins modifié qui sert à ces analyses. Quand on cherche seulement à se rendre compte

(1) *Seger's Schriften,* Berlin Verlag der Tonindustrie Zeitung, 1896, p. 177.
(2) Lib. Naud, Paris, 1900, p. 184.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la teneur en gaz carbonique des gaz de la combustion, on peut se contenter de la Balance à gaz de Krell.

L'appareil se compose, dans ses parties essentielles, d'un tube en U renversé, c'est-à-dire présentant sa courbure à sa partie supérieure. Au milieu de la courbure est adapté un tube que l'on peut relier à un aspirateur. Les deux branches *a* et *b* du tube sont fermées à leur partie inférieure; chaque extrémité est reliée avec deux robinets *e*, *k* et *f*, *l*. Les deux robinets *e*, *f* s'ouvrent dans l'atmosphère, les deux autres *k*, *l* sont reliés à l'appareil de mesure qui se compose d'un tube capillaire, auquel fait suite une boîte *i*; les deux robinets *k* et *l* sont à trois voies. On a introduit dans la boîte *i* de l'alcool coloré en noir; ce liquide se

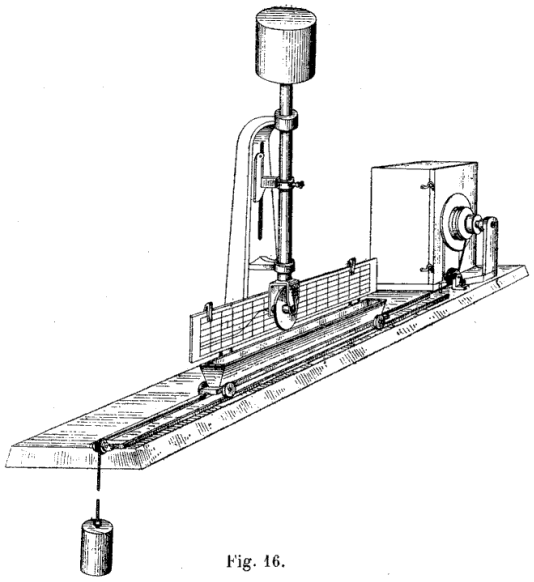


Fig. 16.

répand en partie dans la tige *y* du tube. Vient-on par exemple à ouvrir *k* et *l* de manière à réaliser la communication de *b* avec *y* et *a* avec *i*, le liquide prend dans *y* une certaine position. En refaisant l'expérience avec un gaz lourd tel que le gaz carbonique en *a* et de l'air en *b*, le liquide quitte son point d'arrêt primitif et se dirige à gauche vers *b* et prend une nouvelle position, on comprend donc que, le zéro étant établi une fois pour toute, chaque fois que l'on remplira *b* d'air et *a* d'un mélange d'air et de gaz carbonique, il se produira un mouvement du liquide d'autant plus accentué que le gaz de la branche *a* sera riche en gaz carbonique. Pour accentuer l'effet produit, on donne une légère obliquité au tube *y*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faire une mesure, on produit une aspiration par $g$ et on ouvre $e$, pour laisser arriver l'air, et $f$, qui est relié au milieu gazeux à étudier, pour introduire le gaz. Par une manœuvre d'une tige reliant les manettes des robinets $k$ et $l$, on peut d'un seul coup ouvrir ou fermer la communication de $a$ et $b$ avec $i$ et $y$. On lit ensuite l'indication du manomètre $y$ et d'après une table on déduit le pourcentage en $CO^2$. L'appareil peut être doté d'un dispositif enregistreur photographique.

C. — Essais céramiques. — Dans les essais céramiques (études de pâtes, couleurs, couvertes), il est nécessaire d'effectuer des cuissons. Il n'est pas possible dans la pratique d'entretenir un four de grandes dimensions, aussi a-t-on recours à des appareils de laboratoire de dimensions restreintes pouvant atteindre une température relativement élevée.

Seger a renversé le dispositif du four de Perrot, au lieu de chauffer le corps avec la partie moyenne de la flamme et de faire faire retour à la pointe de la flamme vers la base de l'appareil, il chauffe un premier mur de poterie avec la moitié inférieure de la flamme et envoie la pointe chauffer la région où se trouvent les matières à chauffer. La figure 15 montre le dispositif et l'on voit facilement la marche des flammes en suivant les flèches. Ce modèle a reçu de nombreuses modifications depuis, tel qu'il est disposé il permet d'atteindre jusqu'à la cuisson de la porcelaine dure.

Pour des températures n'allant pas au delà de la fusion de l'or, de semblables fours sont inutiles, et l'on peut très bien utiliser des moufles chauffés soit au gaz, soit au bois ou au charbon.

D. — Essai des ciments. — 1) La mesure du temps de prise des ciments peut s'effectuer avec l'appareil bien connu sous le nom d'aiguille de Vicat.

Un appareil plus récent, automatique, mérite une mention (fig. 16).

L'appareil automatique pour mesurer la prise des ciments se compose d'un chariot roulant sur rails et relié avec un mouvement d'horlogerie. On peut à volonté donner à la machine des vitesses différentes afin d'avoir la latitude de faire des essais soit sur des ciments à prise lente, soit sur des ciments à prise rapide. Les différentes poulies sur lesquelles on enroule le fil tirant le chariot permettent de réaliser ce desideratum. Le chariot se déplace par le moyen d'un poids et le mouvement d'horlogerie sert de régulateur du déplacement.

Pour faire un essai le chariot est amené au voisinage de la boîte renfermant le mouvement et le fil est enroulé sur une des trois poulies; ensuite on remplit la petite auge que supporte le chariot avec environ 300 grammes de mortier à consistance normale. On place sur une règle parallèle à la voie du chariot une feuille de papier quadrillé et l'on plonge dans l'extrémité de l'auge une tige que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on voit sur la figure et qui est terminée par une roulette. Cette tige porte un crayon qui vient s'appuyer sur le papier, tant qu'elle repose sur le fond de l'auge elle vient tracer une ligne horizontale sur le papier, si l'on met le chariot en mouvement. A mesure que la prise s'effectue la roulette se trouve soulevée et il en résulte une courbe qui se trace sur le papier et dont il est facile de lire le commencement et la fin.

2) La détermination des variations de volume des ciments peut être obtenue aisément avec l'appareil de Bauschinger. Cet instrument est formé d'un étrier

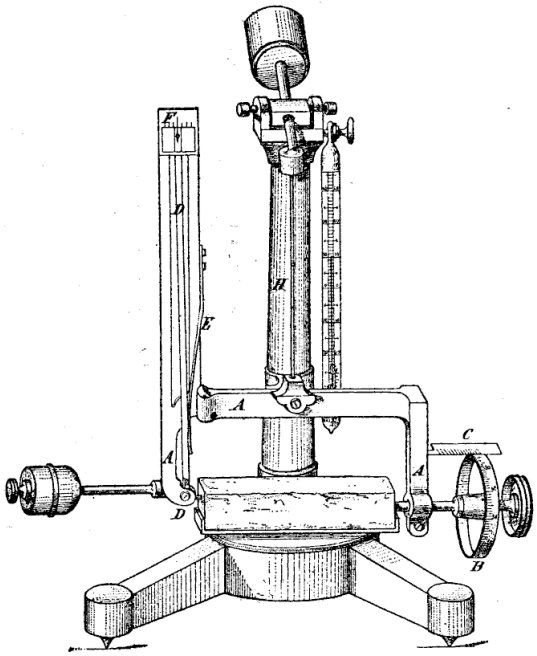



Fig. 17.

portant en A une vis micrométrique et en D un levier coudé à branches inégales dont la plus petite bute sur l'éprouvette et la plus grande se déplace sur un cadran divisé. Un pied métallique, muni d'une plate-forme D destinée à recevoir l'éprouvette, supporte tout le système. L'éprouvette est parallélipipédique. Après avoir placé l'éprouvette sur la plate-forme et avoir protégé ses extrémités contre une détérioration, par l'action des pointes de la vis et du levier au moyen de plaquettes de verre ou de métal, on lit la position de la vis après avoir amené le levier à occuper sur l'arc D une position qui correspond au zéro de la graduation. Quand la vis est au zéro l'espace qui sépare les pointes est de 95 millimètres



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme la vis a un pas de $0^{mm},5$ et une tête divisée en 100 parties égales, on lit par son déplacement le $\frac{1}{200}$ de millimètre. S'il a fallu 9,56 tours de vis pour arriver au contact la longueur de l'éprouvette est de $\frac{9,56}{2} + 95$, soit $99^{mm},78$.

Un thermomètre fixé près de la colonne permet de réaliser les corrections relatives à la température.

3) Pour les essais relatifs à la résistance, à la traction et à la pression il faut prendre les éprouvettes sous le même état, la même section et la même forme.

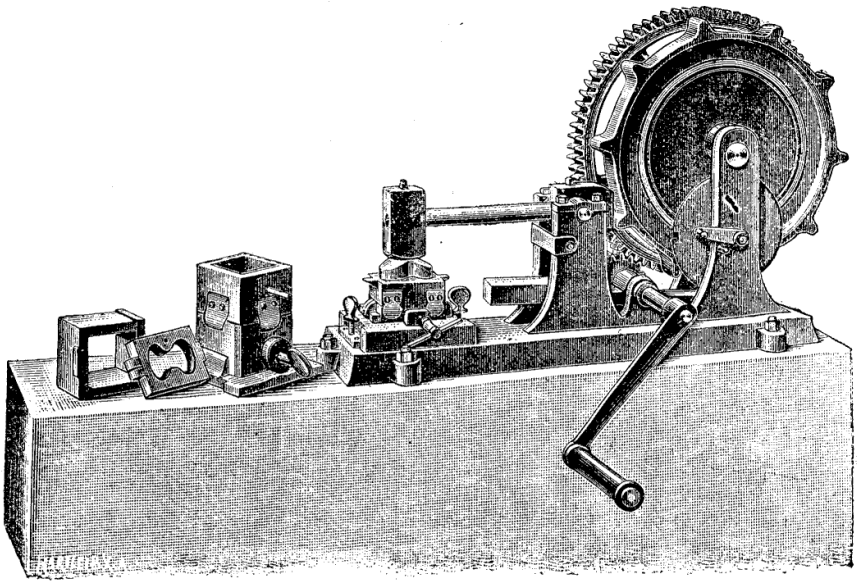


Fig. 18.

Les éprouvettes seront moulées dans des formes, telles que le représentent les figures ci-jointes, puis battues avec l'appareil à marteau de Böhme.

Pour préparer les échantillons on commence par poser sur une plaque de verre ou de métal cinq feuilles de papier buvard, puis cinq formes que l'on a mouillées au pinceau. On pèse 250 grammes de ciment et 750 grammes de sable et on mêle les deux matières ensemble. Sur ce mélange on verse alors 100 grammes d'eau et on remue la masse pendant cinq minutes.

En opérant de cette manière on a presque toujours de l'eau en excès, 10 p. 100 environ. On frappe alors avec une spatule de fer la masse introduite dans les moules, de manière non seulement à les remplir complètement mais à laisser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un excédent de matière donnant à la surface un aspect bombé. Sous cette action l'eau en excès s'échappe. A l'aide d'un couteau on unit la surface. Les éprou-

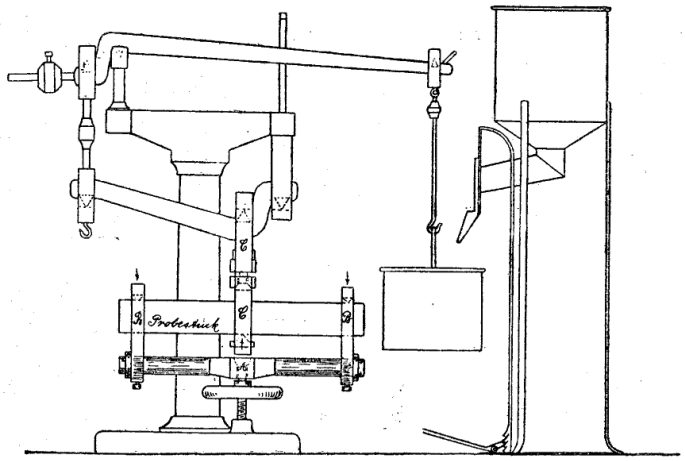


Fig. 19.

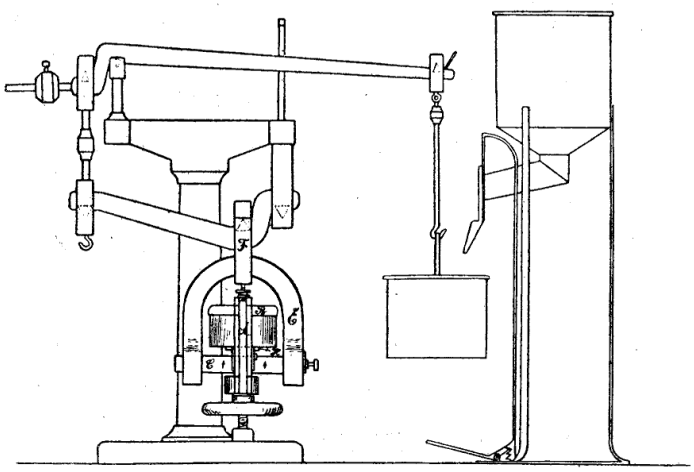


Fig. 20.

vettes sorties du moule sont déposées dans une caisse remplie d'eau et y séjournent 24 heures.

Mécaniquement on peut préparer les éprouvettes pour les déterminations de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

résistance à la traction et à la pression au moyen de l'appareil à marteaux auquel on fait donner 150 coups pendant $2\frac{1}{2}$ à 3 minutes.

La machine à marteaux de Böhme est facile à comprendre à la seule inspection de la figure. On voit que la manivelle met en mouvement un pignon actionnant une roue dentée tournant sur le même axe qu'une roue à cames venant frapper sur le bas du manche du marteau et le forçant à se relever. Klebe de Munich construit un appareil analogue comme effet, mais un peu différent comme mécanisme. Le marteau est vertical et peut tomber à des hauteurs de 25 ou 50 centimètres.

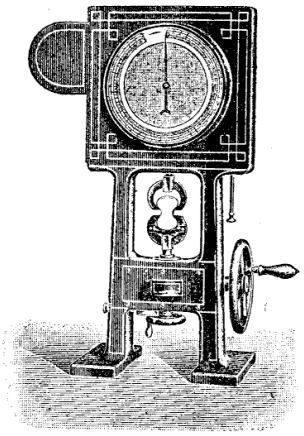


Fig. 21.

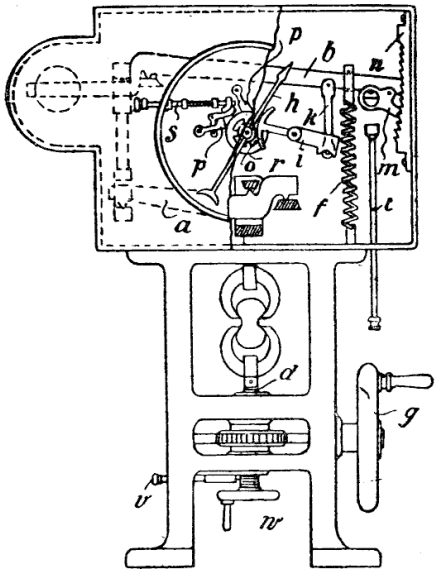



Fig. 22.

Nous avons déjà décrit un type de machines servant à déterminer la résistance à la traction à propos de la mesure de la plasticité des argiles. Au lieu d'une argile moulée on emploie un mortier; la manœuvre de l'instrument reste la même. Les figures qui précèdent montrent l'appareil disposé pour des essais de résistance à la flexion et la perforation.

L'appareil (fig. 21) a été modifié sous le nom de Frühling et Michaelis. On voit sur le dessin les deux pinces qui saisissent l'éprouvette qu'il s'agit de briser et qui sont fixées verticalement, l'une à la partie supérieure à l'extrémité d'un système de leviers (sensiblement disposé comme dans la balance de Michaelis) et l'autre à une tige filetée, passant dans un écrou maintenu dans le pied de l'ap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pareil. Vient-on à actionner la manivelle, que l'on distingue à droite au bas de l'appareil; la vis que fait tourner la manivelle entraîne le mouvement de l'écrou et, par suite, celui de la pince inférieure qui se met à descendre. La traction se transmet aux leviers supérieurs dont l'action est contre-balancée par celle d'un ressort. Pendant que s'effectue la traction, une aiguille mobile sur un cadran et actionnée par un arc denté relié au levier supérieur marque à chaque instant l'effort exercé. Pour éviter, au moment de la rupture, un brusque retour de l'appareil en arrière, le levier supérieur *b* vient, au moyen d'une pièce additionnelle, s'encliqueter dans l'arc denté *n*, de sorte qu'il est possible de lire sur l'échelle le nombre correspondant à l'arrêt de l'appareil; ce nombre donne l'effort exercé sur une section de 1 centimètre carré. La tige *t* sert à détruire l'encliquetage de *a* et à permettre le retour en place des leviers, une fois la lecture faite.

La machine construite par Amsler Laffon (fig. 23) pour la détermination de la résistance à la pression donne de bons résultats; elle est désignée aussi sous le nom de *Normal-Maschine*. C'est une presse hydraulique composée dans ses parties principales d'un réservoir K, plein d'huile de ricin, dans lequel se meuvent deux pistons A et L. C'est à l'aide de A que l'on exerce la pression; sur l'extrémité de sa tige se trouve une vis que l'on fait mouvoir au moyen d'un système de roues O, P, S, R commandé par la manivelle N. Quand on fait mouvoir la manivelle N dans le sens de la flèche le pignon engrène sur P, de sorte que l'on obtient une rotation relativement lente et un enfoncement faible du piston. Au contraire dans la rotation en sens inverse le système RS qui n'avait joué aucun rôle pendant la pressée se trouve embrayé, tandis que N et P deviennent libres. Le recul du piston peut se faire plus rapidement que son avancement.

L'éprouvette est placé en E entre le butoir G et la tête de piston. Pour mesurer la pression, le constructeur a employé un manomètre à mercure disposé avec beaucoup d'ingéniosité. Dans le fond de la chambre où se trouve l'huile on a ménagé un canal cylindrique droit dans lequel est engagé un piston qui vient buter sur un piston C reposant dans l'huile. Au-dessous de l'huile se trouve du mercure alimentant le manomètre. Dans la construction de la machine on a choisi des rapports tels entre ces différents organes qu'une colonne de mercure de faible hauteur puisse équilibrer une forte pression.

Une autre machine employée avec succès a été construite par le professeur Martens, directeur de la Versuchs-Anstalt de Charlottenbourg.

E. — Essai des produits fabriqués. — Parmi les conditions que doivent remplir les produits dans l'industrie céramique, se trouvent certaines qualités de résistances et de dureté. Nous n'avons pas à revenir sur l'étude de la résistance, les appareils cités précédemment et ceux dont nous parlerons plus tard

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

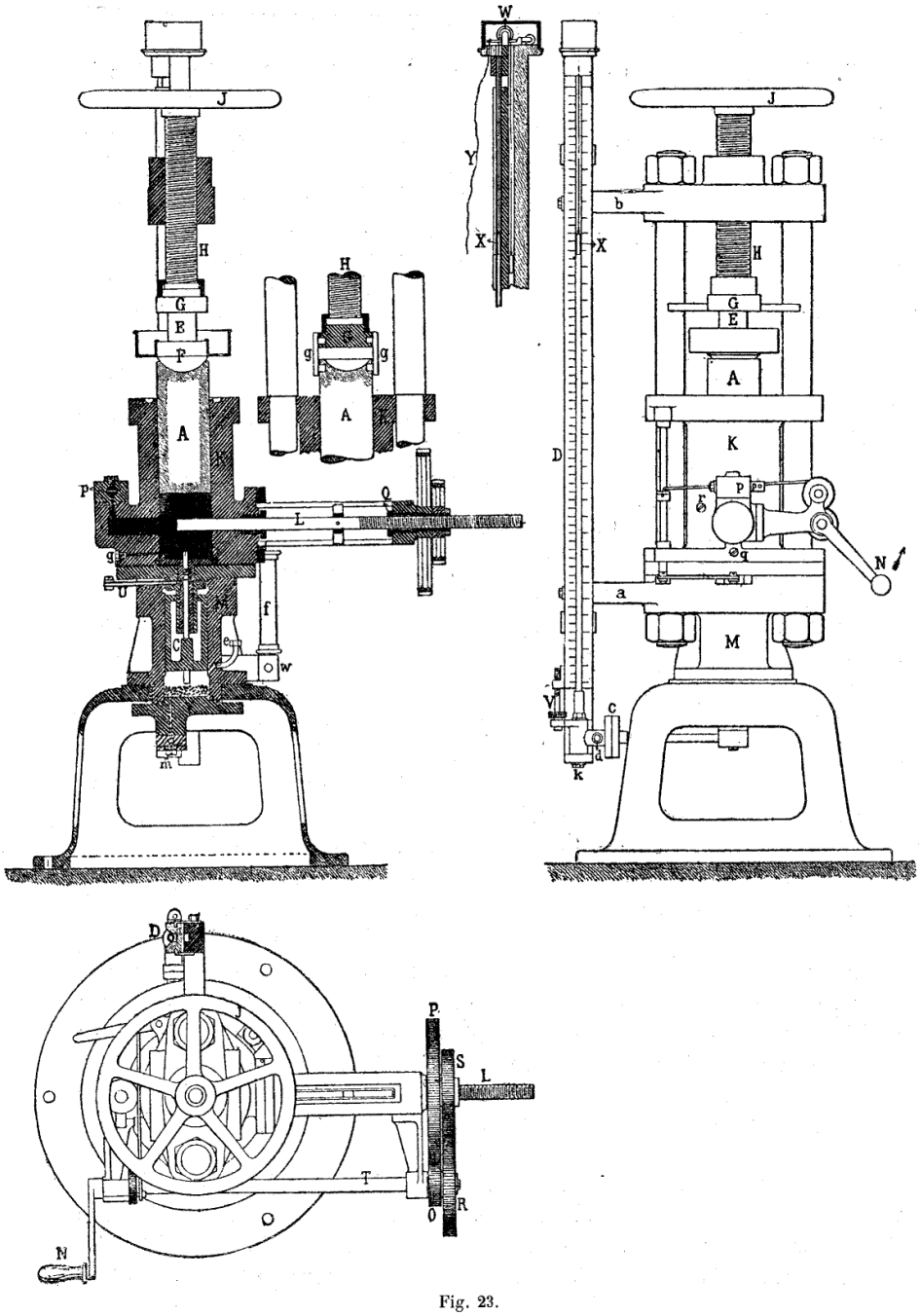



Fig. 23.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donneront une idée suffisante des déterminations à effectuer et des appareils à employer. Nous insisterons seulement sur la mesure de la dureté.

Les essais de dureté se font aisément au moyen de la machine de Böhme. La machine se compose d'un plateau de fer horizontal, tournant A sur lequel on appuie au moyen d'un levier, maintenu par un poids C, le corps à étudier fixé en B. En mettant de l'émeri sur le plateau on accentue l'action du frottement. Pour un essai on jettera 20 grammes d'émeri au début de l'expérience et on renouvellera la charge tous les 22 tours. Au bout de 110 tours, on pèsera le corps

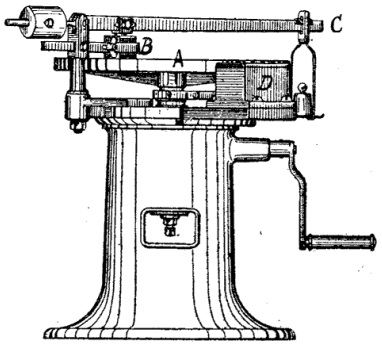



Fig. 24.

(déjà pesé avant l'expérience) pour connaître la perte de poids. On recommencera quatre fois cette opération, de sorte que l'on fera en tout 440 tours. La dureté s'exprime rapportée au centimètre carré.

*
* *

Nous ne pousserons pas plus loin la description des méthodes de travail employées au laboratoire de la « Tonindustrie Zeitung ». Notre rôle n'est que de donner une idée de ce qui s'y fait et non de traiter la question des essais des matériaux de construction. Le laboratoire sert aussi de conseil, ses directeurs sont à la disposition des industriels pour l'étude des questions techniques : *forages de puits pour étudier les gisements de terres, examen des accidents de fabrication*, etc.

L'établissement se charge de l'étude et de la demande des brevets, de la vente de tous les appareils d'étude et de contrôle utilisables dans l'industrie de la céramique et du ciment. Comme on le voit, le programme embrassé est des plus vastes et des plus complets. Cette installation est unique, à ma connaissance; le plus grand éloge que l'on puisse en faire, c'est la constatation de son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

succès. Le personnel actuellement employé est de 50 personnes, c'est dire l'importance de l'entreprise. Les frais occasionnés par les recherches ne sont pas très élevés étant donné que la surveillance des travaux est faite avec le plus grand soin.

Le laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* n'est pas le seul établissement de ce genre, mais il est le plus important comme travail et comme aménagement, il est donc inutile de reproduire ici des descriptions dont l'intérêt serait secondaire.

## II. — KÖNIGLICHE MECHANISCH-TECHNISCHE VERSUCHS-ANSTALT DE CHARLOTTENBOURG

Le laboratoire de recherches mécaniques et techniques est installé à Charlottenbourg. Il est destiné à étudier un certain nombre de matières et à donner son appréciation sur leur valeur. Cet établissement a pris progressivement de l'importance et actuellement il se trouve à l'étroit dans les locaux qu'il occupe dans le jardin de l'École Technique supérieure de Charlottenbourg; une partie de ses services a dû être installée dans une maison privée, Uhlandstrasse. C'est en 1880 qu'un décret ministériel a créé une station d'essai de matériaux de construction; au début, elle était chargée de trancher les différends qui pouvaient s'élever au sujet de la qualité des ciments entre les fabricants et les services de la construction. En 1882, un nouveau décret étendit ses attributions à l'examen des métaux et des pièces de construction.

Actuellement la Versuchs-Anstalt est chargée d'entreprendre des recherches d'un intérêt général et scientifique; elle doit faire des essais pour s'assurer de la qualité des matières que lui soumettent soit les administrations de l'État prussien, soit les particuliers. C'est ainsi que l'article premier de son règlement a défini ses attributions.

La « Versuchs-Anstalt » comprend maintenant quatre sections :

I. Essai des métaux sous la direction du professeur Rudeloff;

II. Essai des matériaux de construction sous la direction de l'ingénieur Garry;

III. Essai des papiers et textiles sous la direction de l'ingénieur Herzberg;

IIII. Essai des huiles et matières grasses sous la direction du docteur Holde.

A la tête de ces services se trouve un directeur, le professeur Martens, qui a sous ses ordres les chefs des quatre services que nous venons d'indiquer. Chaque service a son chef particulier et son personnel, de sorte que, dans chaque branche de recherches, les travailleurs ont l'autonomie indispensable pour ce genre de travaux. Le compte rendu de 1899 indique que le personnel comprenait à cette époque 46 personnes : le directeur et ses quatre chefs de services, 4 col-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laborateurs, 13 préparateurs, 3 employés de bureau, 1 mécanicien, 19 ouvriers remplissant les fonctions d'aides de laboratoire et 1 garçon de bureau.

Les essais portent sur les transformations que subissent les matières examinées sous l'influence de la pression, de la traction, de la flexion, de la torsion; ils étudient aussi la résistance à la rupture et à la découpure. Les substances qui peuvent être soumises aux études de la Versuchs-Anstalt sont : les métaux, le bois, le cuir, les textiles (étoffes et papiers), les pierres de construction, les ciments, les mortiers.

Les graisses et matières lubrifiantes sont aussi l'objet d'examens.

Les travaux sont dirigés au point de vue des capacités techniques des substances.

Le réglage des appareils d'essais est aussi du domaine de l'établissement de recherches.

### § 1. — **Essais des Métaux.**

Ce service est surtout adonné aux recherches d'ordre physique et mécanique. L'étude des constantes physiques des métaux et alliages présente un grand intérêt. Les résistances à la rupture, par traction ou compression, sont des données qu'il ne faut pas négliger de se procurer. Enfin la métallographie, telle qu'elle est comprise maintenant, aide aussi dans l'examen des alliages. Ces groupes de travaux forment le fond des recherches de ce laboratoire de mécanique appliquée; le rôle que joue la chimie est des plus effacés. On rencontre dans cette section une organisation très complète qui va s'accroître certainement quand les services seront installés dans les nouveaux locaux qu'on leur prépare.

Pour les essais on doit envoyer au moins cinq échantillons de la matière à examiner. Ces échantillons permettront de se faire une idée des propriétés moyennes de la masse; dans certains cas on ne peut pas déduire de moyennes avec certitude.

Les échantillons sont préparés en les découpant dans des blocs; on ne doit pas employer le travail au marteau ou l'étirage pour les amener à la forme voulue. La Versuchs-Anstalt se charge de faire exécuter avec le soin voulu le travail des échantillons, par exemple pour faire un cylindre de 60 à 70 centimètres de hauteur, et de 30 à 40 millimètres de diamètre, les frais varient de 3 fr. 75 à 6 fr. 25.

1. Pour les essais relatifs *à la traction* on a adopté les formes déterminées pour les pièces à section ronde ou à section carrée. Ces formes normales sont employées pour les déterminations de la limite d'élasticité et du module d'élasticité. On trouvera dans les *Vorschriften für die Benutzung der Königlichen mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt*, page 8, les divers profils adoptés. Nous ne les reproduisons pas ici.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2. La *résistance à la pression* se détermine sur des dés ou des cylindres dont voici les dimensions :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Longueur du dé ou du cylindre. . . | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 mm. |
| Diamètre du cylindre. . . . . | 11,3 | 16,9 | 22,6 | 28,2 | 33,9 | 45,1 | 56,4 — |

3. Les essais relatifs à la *flexion* sont effectués sur des corps de section carrée; la longueur des échantillons est 40 fois le côté de la section. Cette section peut avoir de 10 à 80 millimètres. Les essais technologiques se font en prenant les rapports $a : b : L = 1 : 3 : 18$; pour des tiges tournées dans lesquelles on aurait $b < 3a$ on conserve leurs dimensions si $a < 30$ millimètres, autrement on diminue $a$ de $\frac{1}{3}$ de $b$.

4. La *rupture* s'étudie sur des solides de formes variées (cubes, poutres, cylindres allongés).

Pour les recherches relatives *à la torsion* on prend des matières façonnées, telles que cylindres, axes, pièces courbes.

5. L'examen de *la solidité*, c'est-à-dire de *la résistance à la charge* augmentée jusqu'à la rupture, ne nécessite pas de formes spéciales. On prend les objets sous la forme qu'ils ont reçue pour l'usage.

Les limites acceptées pour les dimensions des pièces sont ainsi déterminées :

*a*) Traction, long. : 17 mètres, larg. : $0^m,750$.

Les chaînes d'une longueur plus étendue que la limite fixée peuvent toutefois être étudiées dans leurs diverses portions sans qu'il soit nécessaire de les couper.

*b*) Pression et rupture; long. : 16 mètres, larg. : $0^m,750$, le plus grand effort est de 500 tonnes.

*c*) Flexion; long. : $3^m,200$ avec un effort limité de 100 tonnes.

S'il s'agit de plaques, la longueur sera réduite à $1^m,200$ et la largeur maxima sera de même valeur.

*d*) Torsion; long. : 3 mètres, larg. : $0^m,20$.

On peut néanmoins dépasser ces limites dans quelques cas, mais il faut alors s'entendre avec l'établissement pour les dimensions à adopter.

On peut exercer jusqu'à 2200 tonnes par $cm^2$.

6. Des essais de *coupage* peuvent être effectués sur des échantillons rectangulaires ayant jusqu'à $220 \times 60$ millimètres; les échantillons cylindriques seront façonnés aux dimensions suivantes :

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diamètre. . . . | 7 | 9 | 10 | 13 | 15 | 19 | 22 | 24 | 30 | 40 mm. |
| Longueur. . . . | 25 | 32 | 35 | 45 | 52 | 65 | 75 | 85 | 100 | 140 — |

L'effort maximum est de 100 tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

7. Pour le *perçage* on peut envoyer des plaques ayant jusqu'à 30 millimètres d'épaisseur. Les trous peuvent atteindre jusqu'à 300 millimètres de diamètre, s'il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre une force atteignant 500 tonnes.

Présentement il existe un matériel pour essayer des échantillons ayant jusqu'à 15 millimètres d'épaisseur et percer des trous allant jusqu'à 40 millimètres de diamètre.

8. Les pièces dont on doit essayer la résistance au choc avec le grand mouton de l'établissement peuvent avoir $1^m,5$ de long (rails et poutrelles), mais on reçoit entiers les essieux, roues et boulons de cuirassement.

S'il s'agit de pièces ne nécessitant qu'un petit mouton, on prendra : *a*) pour les essais d'*écrasement* les éprouvettes suivant les instructions du paragraphe 2.

*b*) Pour les essais de *déchirement* on se conformera aux indications du paragraphe 1.

*c*) Pour les essais de *flexion* on prendra des éprouvettes de section carrée dont la longueur L sera 27 fois le côté *a* de la section, ce côté *a* pouvant avoir de 10 à 30 millimètres.

*d*) Les essais de *déformation* s'effectueront sur des plaques carrées dont le côté atteindra au maximum 50 centimètres.

*e*) En se conformant aux prescriptions des paragraphes 6 et 7 on obtiendra des éprouvettes qui seront essayées, si on le désire, au point de vue du coupage et du perçage.

9. Les coupes pour l'*examen microscopique* ne devront avoir une forme spéciale que si le métal est très dur. Dans ce dernier cas on ne donnera pas aux échantillons une épaisseur supérieure à 2 centimètres; leur surface plane devra avoir au moins cette superficie. Au besoin on peut se contenter d'échantillons ayant $5 \times 5 \times 1$ millimètres; il faut alors envoyer de 5 à 10 morceaux.

On n'acceptera que des échantillons à cassure fraîche.

10. Il est nécessaire dans l'intérêt des personnes consultant la *Versuchs-Anstalt* d'indiquer les traitements auxquels ont été soumises les pièces mises en expérience (par exemple, si elles ont subi un recuit, une trempe, un laminage à froid, un étirage, un martelage, etc.). Pour la fonte et les alliages on devra également mentionner les conditions dans lesquelles se sont effectuées la fusion et la solidification.

Le matériel employé par la section comprend diverses machines que nous nous contenterons d'énumérer. La description complète de ces machines ne saurait trouver place ici, car elle allongerait indéfiniment ce travail; nous nous bornerons à donner le principe de quelques-uns de ces instruments et nous indiquerons les sources bibliographiques de manière à permettre, au lecteur désireux d'aller plus avant, d'étudier les moyens d'investigation de la *Versuchs-Anstalt* dans tous leurs détails.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Presses hydrauliques.* — L'appareil le plus puissant a été construit par C. Hoppe (Berlin). Il travaille avec trois pompes commandées par des poulies qui lui permettent de fonctionner à des vitesses différentes. La pression maxima peut dépasser 400 atmosphères; ordinairement l'appareil n'en supporte que 200. Une soupape de sûreté limite l'effort à 450 atmosphères. L'alimentation se fait au moyen d'une distribution d'eau à forte pression qui dessert, du reste, tout l'établissement (1).

Max Hasse et C^ie^ (Berlin) ont construit une deuxième machine un peu moins puissante, mais qui permet d'atteindre 300 atmosphères. Elle comprend une machine à colonne d'eau agissant sur une pompe différentielle (2).

Un accumulateur permet de régler la pression jusqu'à 100 atmosphères (3).

*Bancs d'épreuves.* — C'est à C. Hoppe que l'on doit l'établissement d'un appareil permettant de réaliser un effort de 500 tonnes.

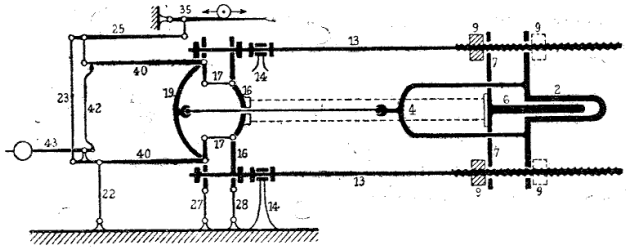



Fig. 25.

Cette machine dont on n'a construit que l'exemplaire possédé par la *Versuchs-Anstalt* de Charlottenbourg, a une partie utilisable de 17 mètres pour les essais de traction et de 15 mètres environ pour les essais de compression.

Le schéma que nous donnons permettra de comprendre la disposition générale.

La partie essentielle est une presse hydraulique dont le cylindre 2 est fixé dans une pièce de fonte 3. Ce système forme un chariot mobile avec le tirant et la pièce 4. Le chariot roule sur des rails 8 posés sur le lit 1 de la machine; les rails sont formés par deux poutrelles de fer fondu, maintenues par des supports horizontaux et scellées dans le soubassement.

Le piston 6 est relié avec la traverse 7; par les yeux percés dans cette dernière pièce ainsi que par ceux ménagés dans le bloc 3, peuvent passer les deux tiges principales de la machine servant de guides. Sur environ 12 mètres de leur

(1) Martens, *Materialienkunde für den Maschinenbau*, chez Julius Springer, Berlin, 298.
(2) *Loc. cit.*
(3) *Loc. cit.*, planche 9.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longueur on a ménagé un pas de vis. Au moyen de boulons glissant sur ce pas de vis on peut fixer le cylindre ou le piston à une place déterminée et le maintenir solidement à cet endroit.

S'il s'agit d'essais de traction on fixe, en 9, deux solides buttoirs; alors, lorsqu'on fait arriver l'eau dans la presse, le piston reste immobile, puisqu'il ne peut se déplacer, tandis que le cylindre resté libre s'avance vers la droite, exerçant ainsi une traction.

Pour faire agir la presse en machine de compression on place les buttoirs 9 dans la position figurée en pointillé à droite; le cylindre est alors immobilisé et le piston au contraire chassé vers la gauche.

L'instrument est complété par un manomètre de construction spéciale. Quand on fait une traction, l'effort exercé par la pièce 4 se transmet par le moyen du corps en expérience en 19. La traverse 19 est alors sollicitée de se rapprocher de 16, dont la position reste fixe par suite de l'apposition de buttoirs posés sur 13. Si l'on exerce une compression le corps vient appuyer sur 16, 19 étant immobilisé par les buttoirs placés derrière lui, c'est alors 16 qui se rapproche de 19. Le mécanisme comprend un système de leviers coudés 40 dont les petits bras viennent agir en 17 et par suite sur 16. Ces leviers 40 appuient sur 19 dans des crapaudines. On voit donc que le mouvement de 19 vers la droite ou du buttoir 16 vers la gauche produira un mouvement de même ordre (1).

Citons à la suite de cette machine les appareils de Werder (2) et de Pohlmeyer (3) disposés tous deux pour les déterminations de résistance à la traction, à la pression et à la flexion. La première de ces machines peut servir à d'autres essais, tels que les essais de torsion. Toutes deux peuvent développer 100 tonnes.

Parmi les appareils moins puissants citons les machines de Martens (4), une seconde machine de Pohlmeyer, dont les effets sont limités à 50 tonnes, de Wedding allant jusqu'à 40 tonnes, puis deux autres instruments plus modestes, destinés à l'essai des petites pièces, construits par Martens et développant 5 et 1 tonnes.

Pour les déterminations de résistance à la torsion, l'établissement possède un appareil système Martens-Becker (5) qui peut développer 2 200 000 kilogrammes-centimètres; cet appareil sert spécialement à étudier les arbres et les pièces de machines. Le professeur Rudeloff a imaginé également une machine pour effectuer les mêmes mesures, elle est construite pour essayer des fils ayant jusqu'à 10 millimètres de diamètre.

(1) *Loc. cit.*, 405, et planche 10.
(2) *Loc. cit.*, p. 398, planche 9.
(3) *Loc. cit.*, p. 404, planches 3-5.
(4) *Ibid.*. p. 566.
(5) *Ibid.*, p. 322.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le professeur Martens a contribué beaucoup à la création du matériel de la station d'essais et on lui doit de nombreux dispositifs.

L'appareil le plus puissant dont on dispose pour étudier la résistance au choc est un mouton de 600 kilogrammes avec une hauteur de chute de 10 mètres.

Nous citerons aussi pour terminer une installation très complète pour la photomicrographie.

### § 2. — Essais des Matériaux de Construction.

Les essais portent sur les propriétés physiques générales des matériaux artificiels et naturels tels que la pierre, le bois, le verre, la terre cuite, le ciment, la chaux, le plâtre, etc.

L'exposé que nous avons fait des travaux de la première section et du laboratoire de la *Tonindustrie Zeitung* suffit pour donner au lecteur une idée des études auxquelles peut se livrer cette section. Il est superflu d'entrer dans le détail des méthodes qu'elle emploie, car nous nous exposerions à des redites.

Les échantillons doivent être envoyés sans travail préalable. L'établissement se charge du travail nécessaire pour amener les échantillons à la forme voulue pour les essais. Cette disposition a pour but de prévenir les variations de résistance qu'amènerait une préparation non étudiée des éprouvettes.

Pour les essais concernant la résistance à la pression et aux intempéries, l'absorption de l'eau, le poids spécifique, la dureté, l'élasticité, le degré réfractaire, l'aptitude à la construction, l'usure, etc., on demande en moyenne une douzaine d'échantillons de même forme.

Quand il s'agit de pierres autres que les pierres artificielles, on amène les échantillons à la forme soit de dés ayant 7 à 4 centimètres de côté suivant que la pierre est tendre ou dure, soit de plaquettes de $10 \times 10 \times 6$ à $4 \times 4 \times 2{,}4$ centimètres ou bien encore de prismes ayant de $7 \times 7 \times 17{,}5$ centimètres à $4 \times 4 \times 10$ centimètres.

Les essais portant sur les ciments nécessitent l'envoi de 2 tonneaux de matière; dans le cas où l'on n'effectue que certaines mesures on peut se contenter de 10 kilogrammes du ciment employé.

### § 3. — Essais des Papiers et Textiles.

#### A. — *Papiers.*

La section mesure la résistance des papiers et étudie leurs propriétés physiques et chimiques. Ses travaux s'étendent aussi aux textiles.

L'étude complète comprend, d'après les prescriptions ministérielles:

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° La détermination de la résistance et de l'allongement à la traction suivant deux directions;

2° La mesure de la résistance au froissement et au frottement;

3° La détermination du poids de cendres;

4° La recherche qualitative de la pâte de bois;

5° La recherche microscopique des constituants du papier;

6° La recherche de l'encollage.

On ne doit pas fournir moins de 10 feuilles, ayant au minimum les dimensions du papier dit de chancellerie ($33^{cm} \times 21^{cm}$). Ces échantillons doivent être exempts de froissures, déchirures ou taches. Les papiers qui ne sont employés qu'en petit format devront être envoyés en quantité plus grande que celle indiquée ci-dessus. Les essais portant sur les tissus (toile à voiles, étoffes pour vêtements, etc.) nécessitent 2 mètres de tissus quand on désire déterminer leur résistance. Pour les autres déterminations une quantité moindre suffit. S'il s'agit de fils il faut au moins 50 mètres.

1° Avant de procéder aux déterminations il est nécessaire de connaître le sens dans lequel le papier a été travaillé; on obtient facilement ce renseignement par le procédé que nous allons indiquer. On découpe un cercle de papier d'environ 10 centimètres de diamètre et on laisse le papier flotter sur l'eau pendant quelques secondes. Au moyen d'une petite pince on saisit le disque et l'applique sur le plat de la main en ayant soin de ne pas le laisser se coller. Les bords du papier se relèvent alors et la ligne qui se creuse indique la direction du travail du papier pendant la fabrication. Si l'ou se trouve en présence d'un papier non collé, il est nécessaire de l'encoller, ce que l'on fait au moyen d'une solution de colophane dans l'alcool absolu. Le papier perd par suite sa porosité et l'essai que nous venons d'indiquer peut s'effectuer sans difficulté.

Il est important de bien couper les bandes de papier qui vont servir aux essais, car une mauvaise manœuvre fausse les résultats. A la « Versuchs-Anstalt » on a adopté un découpeur spécial disposé comme les cisailles destinées à couper les cartons; on obtient ainsi des échantillons nets et sans bavures. Les mesures adoptées pour les prises d'essai sont 18 centimètres de longueur et 1,5 centimètre de largeur.

La machine de Hartig-Reusch qui a été employée à l'origine pour ce genre d'essais, se compose d'un ressort en spirale fixé à une extrémité à une tige horizontale filetée et à l'autre extrémité à une pince. En face de cette pince, qui est disposée horizontalement, se trouve une autre pince fixe. La bande de papier est fixée entre les deux pinces. La tige horizontale filetée traverse un volant fixe; la rotation de ce volant dans un sens ou dans l'autre permet de faire avancer ou reculer la tige et par suite d'agir sur le ressort. En tirant sur le ressort on exerce une traction sur le papier et cette traction va en augmentant à mesure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on fait tourner le volant. En même temps que l'effort est exercé, un mécanisme auxiliaire, formé d'une roue dentée entraînée par HI engrenant sur une tige verticale, vient tracer une courbe sur P. A cet effet, la tige G porte un crayon. La courbe inscrite est le résultat du mouvement horizontal produit par la traction du ressort et du mouvement vertical résultant de la rotation de la roue entraînant la crémaillère fixée à la tige portant le crayon. La machine nécessite un réglage primitif qui se fait en effectuant la traction sur un fil relié à un poids connu. On fait tourner alors le volant, le ressort se tend et quand l'équilibre est obtenu on note de combien le crayon est descendu; une série

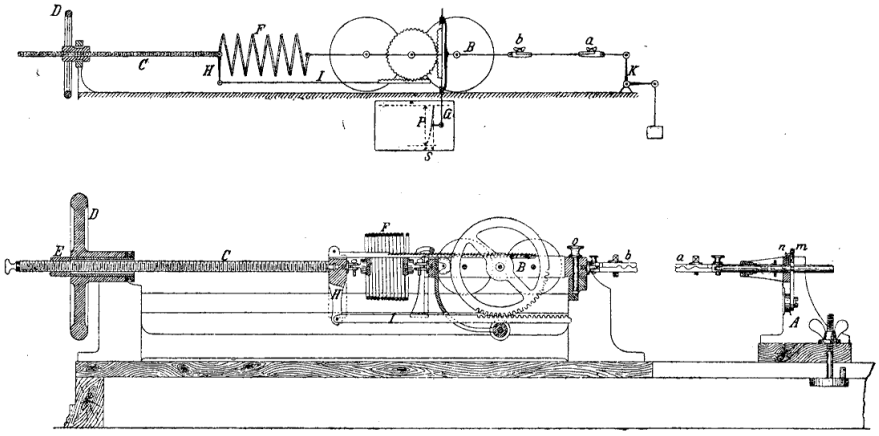


Fig. 26 et 27.

d'expériences de cet ordre permet de construire un diagramme pour les mesures.

Au moment où se produit la rupture, on note la position du crayon sur le tableau P. La quantité dont il est descendu indique l'effort subi et le déplacement latéral donne l'allongement dû à la traction.

On fait naturellement plusieurs déterminations en prenant, en outre, des bandes dans la direction du travail de la machine à papier et dans la direction perpendiculaire à cette traction; on a donc deux séries de nombres.

Ces résultats obtenus, on indique la résistance par la *longueur nécessaire pour la rupture*. Prenons un exemple, pour mieux nous faire comprendre : soit une bande de papier du poids de $0^{gr},258$ de $0^{m},18$ de longueur; nous allons chercher quelle est la longueur de papier de mêmes largeur et épaisseur qui se rompt sous le propre poids trouvé pour déterminer la rupture. Si le papier, dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une expérience précédente a donné $4^{kil},64$, nous allons calculer la longueur $x$ qui correspond à 4 640 grammes.

$$\frac{0,18}{0,258} = \frac{x}{4\,650} = 3\,238 \quad x = 3\,238 \text{ mètres.}$$

Cette manière de procéder permet de ne tenir compte ni de la largeur, ni de l'épaisseur de la matière en expérience.

Wendler a construit une machine plus perfectionnée, son appareil mesure la résistance à la rupture et l'allongement du papier. La traction est encore exercée au moyen d'une roue agissant sur une vis. Le papier occupe la situation $k\,k$, comme dans la machine Hartig-Reusch, entre l'extrémité de la vis et celle du ressort. En même temps que la pince $k$ s'avance par suite de l'effort qu'elle subit, elle entraîne par le moyen d'un petit levier $h$ un index $z$ qui se meut sur

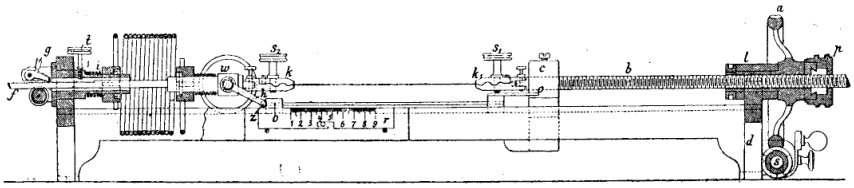


Fig. 28.

une règle divisée sur laquelle on lit, d'après la position de l'index, la force exercée en kilogrammes. La distance entre les deux pinces a varié pendant la traction par suite de l'effort exercé; la tige $h$ en même temps qu'elle pousse l'index entraîne une règle divisée sur laquelle on lit le déplacement de $k$, par rapport à $k$. On a même gradué cette règle de manière à obtenir par simple lecture l'allongement pour 100 d'une bande de 18 centimètres.

2). La résistance au froissement et au frottement n'a pas pu être déterminée de suite facilement au moyen d'une machine. On a dû se contenter, au début, de déterminations empiriques. Jusqu'à ces dernières années, voici comme on a procédé : un morceau de papier d'environ 15 × 15 centimètres est saisi, entre le pouce et l'index de chaque main à une distance de 8 à 10 centimètres, et chiffonné au moyen de pliures successives dans deux sens à angle droit. On le frotte ensuite sur lui-même, entre les pouces, un nombre de fois donné (sept fois) et on le présente à la lumière pour voir si l'on n'y voit pas de trous. Si le papier est exempt de déchirures, on le froisse de nouveau. Le nombre de fois qu'il est nécessaire de répéter ce traitement, jusqu'à l'apparition des trous, est la mesure de la résistance. On a observé dans les résultats de cette épreuve une régularité assez grande pour qu'elle puisse servir de base à une classification



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de papiers au point de vue de leur résistance à ce genre de désagrégation et l'on a fait huit groupes dont voici la désignation avec le chiffre qui donne leur degré de résistance :

0. Extrêmement faible.
1. Très faible.
2. Faible.
4. Moyennement faible.
5. Modérément résistant.
6. Très résistant.
7. Extrêmement résistant.

Maintenant, on a construit une machine qui, automatiquement, exerce une série de pliures tantôt dans un sens, tantôt dans un autre. La bande de papier est pressée légèrement à ses deux extrémités en même temps qu'une tige auxiliaire l'amène à se plier du côté droit, par exemple. Une fois le pli fait, le papier reprend toute sa longueur et redevient plan par suite de l'écart amené entre les deux pinces qui le maintiennent. Un rapprochement de ces pinces dispose l'échantillon à se plier à nouveau, et, au moyen de la tige, le pli est dirigé, cette fois, à gauche. Les mêmes manœuvres se reproduisent successivement jusqu'à ce que la bande de papier, alternativement pliée au même point, à droite et à gauche, se déchire. Le nombre de pliures effectuées pour amener la rupture donne la mesure de la résistance du papier en expérience.

La machine de Pfuhl réalise ce travail de froissement comme nous venons de l'indiquer. Une fois la bande de papier fixée et l'appareil mis en route, il n'y a plus qu'à attendre la rupture et à lire l'indication du nombre de plis.

3). La détermination du poids de cendres se fait en calcinant le papier. Il est commode d'employer pour cela un tube en treillis de platine à mailles larges dans lequel on effectue la combustion. Le papier brûlé reste en fragments de dimensions semblables à celles qu'il avait avant la combustion et ne peut passer à travers les mailles.

On effectue les pesées commodément au moyen d'une balance construite par Post spécialement pour cet usage. La balance comprend un fléau portant d'un côté une longue aiguille mobile sur un arc de cercle divisé et de l'autre un dispositif, remplaçant le plateau, et pouvant recevoir le tube dans lequel on effectuera la calcination.

On règle la balance au moyen d'un poids mobile sur une tige filetée, de manière à amener la pointe de l'aiguille au zéro de la graduation, lorsque le tube de platine et le tube de verre qui le renferme pendant les manipulations sont en G. On introduit alors du papier dans le tube, de manière à faire marquer 100 à l'aiguille. Il n'y a plus qu'à effectuer le grillage et à reporter le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

résidu à la balance; une simple lecture donnera le poids de cendres pour 100.

4). Parmi les nombreuses réactions qui peuvent être mises à contribution pour reconnaître la pâte de bois, celles qui donnent les meilleurs résultats sont :

La réaction avec le chlorhydrate de naphtylamine;

La réaction avec le sulfate d'aniline;

La réaction avec la phloroglucine.

Le premier de ces réactifs se prépare en chauffant 5 grammes de naphtylamine commerciale avec 50 centimètres cubes d'eau, additionnés de 1 gramme

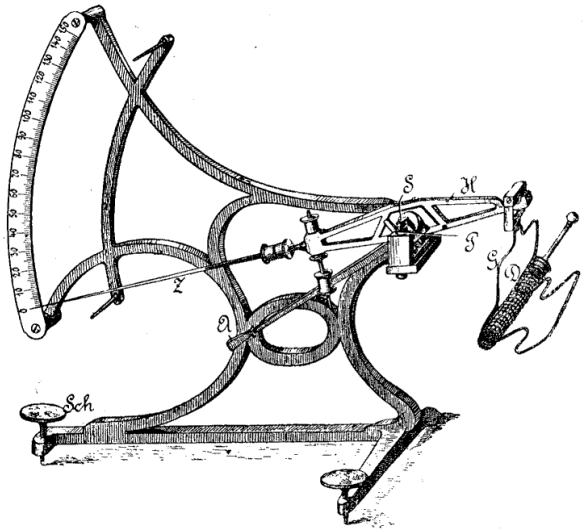



Fig. 29.

d'acide sulfurique concentré. (A cause de l'odeur particulièrement désagréable de la combinaison, on fait bien d'opérer à l'air libre si l'on ne dispose pas d'un digesteur.) On a, au bout d'une dizaine de minutes, une solution plus ou moins colorée en violet et qui colore en jaune orange le papier renfermant de la pâte mécanique de bois.

La solution de sulfate d'aniline se fait en dissolvant 5 grammes de ce sulfate dans 10 fois son poids d'eau. La liqueur est incolore, mais elle donne une coloration analogue à celle du réactif précédent quand on la met en contact avec un papier renfermant de la pâte de bois.

Le réactif à base de phloroglucine est obtenu en dissolvant 2 grammes de phloroglucine dans 25 centimètres cubes d'alcool et en additionnant la solution

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique concentré. La belle coloration rouge que donne la phloroglucine avec les papiers à pâte de bois la fait préférer aux réactifs précédents quand on a à examiner des papiers jaunes.

Pour faire la détermination quantitative de la pâte de bois, on peut se servir de la méthode de Wurster. On a recours à un papier préparé spécialement avec de la diméthylparaphénylènediamine et désigné ordinairement sous le nom de « Dipapier ». On mouille ce papier avec 1 ou 2 gouttes d'eau ou de vinaigre et on le met en contact avec le papier à étudier. Il se produit une coloration rouge et, d'après son intensité, on déduit, au moyen d'une échelle de teintes, la teneur cherchée.

Dans la méthode de Müller, on s'appuie sur la solubilité de la cellulose dans la solution ammoniacale d'oxyde de cuivre. Pendant que les celluloses plus pures se dissolvent, la cellulose de la pâte de bois n'est que presque pas attaquée; on a comme résidu la pâte de bois.

5). L'examen microscopique du papier donne de précieux renseignements. Le papier subit d'abord une préparation préliminaire : on prend du papier coupé en morceaux et on le chauffe dans une capsule de porcelaine avec une solution étendue de carbonate de soude. Le papier perd son adhérence; ses éléments se désagrègent et l'on obtient, par agitation avec une baguette de verre, une pâte très convenable pour l'examen microscopique. Au bout d'un quart d'heure, on jette sur un entonnoir, fermé à sa base par un treillis métallique fin; la solution s'écoule, et il reste une pâte que l'on écrase au mortier après lui avoir ajouté un peu d'eau pour en faire une bouillie régulière.

Quand le papier est coloré, il y a intérêt à éliminer de suite le colorant avec un réactif convenable si le traitement alcalin n'amène pas ce résultat.

Si l'on traite maintenant la préparation par une solution d'iode, on voit que les constituants ne se présentent pas tous avec le même aspect. Le jute et la pâte de bois sont colorés en jaune; le coton, le chanvre et le lin paraissent bruns, et la cellulose de bois, de paille et d'alfa reste incolore.

Grâce à ces colorations et aux aspects différents que présentent ces matériaux, il est possible à un expérimentateur habile de faire des déterminations suffisantes.

La connaissance de l'encollage a son importance. On peut déterminer sa nature par les essais suivants qui seront différents suivant que l'on a employé pour l'encollage une colle d'origine animale, une résine ou de l'amidon :

1° Des débris de papier, divisés autant que possible, sont chauffés avec de l'eau bouillante. On maintient l'ébullition pendant un quart d'heure pour dissoudre complètement l'encollage.

Pendant que s'effectue l'ébullition, on a versé dans un verre de Bohême une dissolution de chlorure mercurique et l'on y a ajouté une solution étendue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de soude caustique de manière à avoir un excès de cette dernière substance. On décante aussi bien que possible le liquide surnageant le précipité et l'on verse sur l'oxyde de mercure resté au fond du vase le liquide dans lequel ou a chauffé le papier.

En chauffant suffisamment longtemps ce mélange, on observera que le précipité, jaune au début, tourne au vert s'il se trouve en présence d'une colle d'origine animale. On trouve après une ébullition prolongée un dépôt noir au fond du vase, contenant du mercure métallique. En l'absence de colle animale, la couleur ne change pas, ou si elle est modifiée, on ne constate pas la formation d'un précipité noir au fond du vase.

Un deuxième mode opératoire est plus avantageux que le précédent. Vient-on à ajouter à une solution pas trop étendue de colle de l'acide tannique, il se produit un précipité gélatineux, épais, qui dans des solutions très diluées prend l'apparence d'un trouble laiteux qui bientôt se contracte en flocons qui se déposent. La formation d'un trouble seul sans flocons indique l'absence de la colle d'origine animale.

Quand on a à rechercher de faibles quantités et lorsque l'on n'a à sa disposition que peu de matière, on ne peut utiliser les deux méthodes indiquées précédemment. Il faut recourir au réactif de Millon (azotate de mercure obtenu en traitant le mercure par son poids d'acide azotique fumant et étendant la liqueur de son volume d'eau), qui donne une réaction utilisable avec l'albumine, matière qui est présente dans l'encollage.

Le papier, placé sur un verre de montre, est humecté de réactif et chauffé très lentement. Dans le cas d'un encollage d'origine animale, il se produira en quelques minutes une coloration rouge. A froid, la réaction peut également se produire, mais elle est plus lente et moins nette.

2° On recherche l'encollage par la résine en traitant le papier par l'alcool absolu. A chaud l'alcool dissout avec facilité la résine en excès et partiellement celle qui est combinée à l'alumine. Vient-on alors à verser le contenu du vase où s'est effectué le traitement dans un excès d'eau, on voit la résine se précipiter. Il se forme un trouble blanc dont l'intensité peut permettre d'évaluer la quantité de résine dissoute.

Schumann a proposé pour faire un dosage quantitatif de traiter le papier par une solution de carbonate de soude à 4 ou 5 pour 100 à 75°. Un savon soluble se produit, on filtre alors, on lave à l'eau chaude et on ajoute de l'acide sulfurique au liquide filtré. Le précipité qui prend naissance est de la résine que l'on recueille sur un filtre taré.

3° La reconnaissance de l'amidonnage du papier se fait avec une solution d'iode. Pour évaluer la quantité d'amidon on chauffe une bande de papier de 0,5 — 1,5 gramme dans l'alcool absolu et on ajoute quelques gouttes d'acide

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chlorhydrique ; on débarrasse ainsi le papier de la résine qui s'y trouve. Après lavage du papier à l'alcool, on le sèche et on le pèse. On chauffe alors encore une fois le papier avec un mélange d'eau et d'alcool à volumes égaux, puis on ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique et l'on maintient la chauffe tant que la solution d'iode produit sur le papier une coloration bleue. On lave encore le papier à l'alcool, on le sèche et on le pèse. La différence avec le poids précédemment trouvé donne la quantité d'amidon contenue.

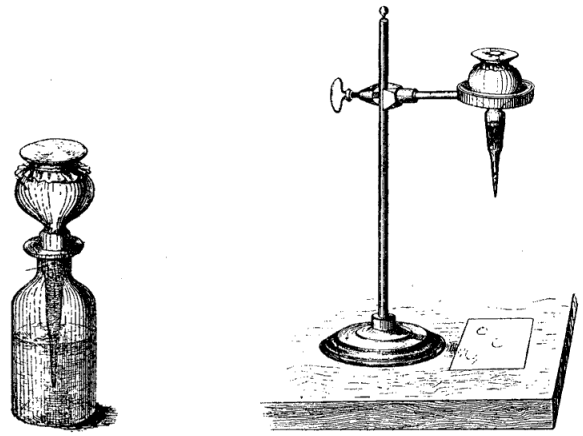


Fig. 30.

4° Il est bon de se rendre compte de la valeur de l'encollage pour savoir si un papier donné est capable de se laisser traverser par l'encre.

Voicî comment on procède, en suivant le mode opératoire de Post : Une solution de chlorure ferrique est introduite dans un flacon dont le bouchon forme pipette. On a eu le soin de coiffer le sommet du bouchon d'une calotte de caoutchouc, de telle sorte qu'une fois pleine de liquide, elle n'en laisse plus tomber de gouttes. En pressant sur la membrane de caoutchouc, on fait tomber une goutte. On place alors la pipette sur un support comme nous le représentons et l'on fait tomber une goutte de liquide sur l'échantillon à étudier. On laisse agir cette goutte autant de secondes que le papier pèse de grammes au mètre carré. Une fois le temps convenable écoulé, on essuie avec du papier à filtrer le liquide excédent qui n'a pas pénétré dans le papier. Après avoir fait quatre à cinq taches de sel de fer, on laisse sécher puis on enduit l'envers du papier avec une solution éthérée de tannin. Si le papier est bien encollé, il ne produit aucune coloration.

On a reconnu à la « Versuchs-Anstalt » l'inconvénient de l'éther qui est un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dissolvant des résines, aussi opère-t-on avec une solution aqueuse de tannin.

5° A ces déterminations principales, il faut ajouter la détermination de la finesse, du poids du mètre carré, la recherche du fer et du chlore, la détermination de l'humidité, qui ne présentent pas de grandes particularités.

*B. — Textiles.*

Une des déterminations les plus importantes concernant les textiles est leur résistance à la rupture. La figure représente la machine de de Michele. Ce dispositif a déjà été utilisé pour l'essai des ciments ; ici il a été modifié pour l'essai

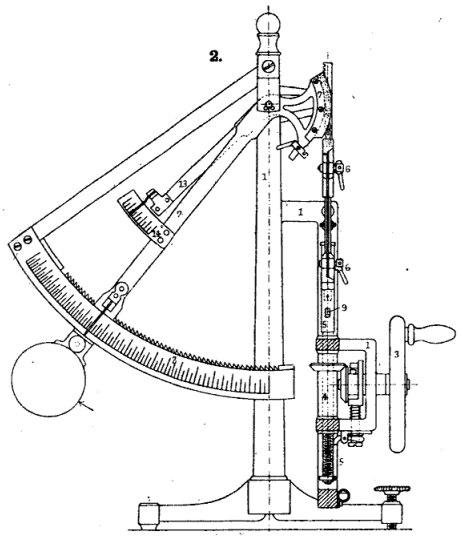



Fig. 31.

des textiles. Il comprend deux pinces, l'une fixe et l'autre mobile, disposées de manière à maintenir verticalement la bande à examiner ; ces deux pinces sont fixées l'une à la partie inférieure de l appareil qui est fixe, l'autre à un levier à bras inégaux portant un poids et pouvant tourner autour d'un axe. Une fois la bande attachée, vient-on à laisser agir le poids fixé à l'extrémité du levier, une traction s'opère de bas en haut. Un index parcourant un arc divisé étalonné permet de suivre l'effort exercé et de saisir l'instant de la rupture.

§ 4. — **Essais des huiles et matières grasses.**

S'il ne s'agit que de quelques déterminations, les prescriptions administratives ne demandent qu'un litre ou un kilogramme de matière. S'il s'agit d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étude complète, la quantité précédente doit être doublée. Les prises d'essais doivent être faites avec soin, correspondre à la moyenne de la masse et être adressées autant que possible dans un récipient unique, bien sec et bien propre, de préférence dans un vase de verre. Il importe de bien fermer le vase et d'y apposer un cachet. Ce n'est qu'exceptionnellement que l'on acceptera des échantillons contenus dans plusieurs récipients ou adressés en quantités plus faibles que celles qui sont spécifiées.

Afin d'éviter des réclamations et des retards, on devra employer pour désigner les essais à effectuer les numéros d'ordre du tarif, relatifs aux données que l'on désire recevoir. On doit également indiquer à quelle température on doit déterminer la fluidité.

Les principales déterminations comportent les études suivantes :

1° Propriétés générales;
2° Poids spécifique;
3° Dilatation;
4° Fluidité;
5° Coefficient de frottement;
6° Point d'inflammation;
7° Acidité;
8° Essai chimique;
9° Distillation;
10° Étude complète.

1). Les déterminations placées sous cette rubrique sont : la couleur, la transparence, la fluorescence, l'odeur, l'état physique, etc.

2). Le poids spécifique peut, quand on dispose de quantités suffisantes de matières, se déterminer aisément avec un aréomètre. A la « Versuchs-Anstalt » on emploie un picnomètre quand on ne dispose que de peu de substance. Le récipient est formé d'un vase de verre fermé par deux bouchons dont l'un porte un thermomètre et l'autre un tube *a*, pouvant recevoir lui-même un bouchon formant capuchon *c*. On remplit le picnomètre d'eau et on le pèse (on prend l'eau à la température de la pièce et on fait la correction correspondant à 4°, cette température étant prise comme point de repère). Une fois cette constante connue, on peut employer l'appareil aux déterminations. On verse l'huile dans le récipient, on adapte les bouchons et l'on n'ajoute le bouchon *c* que lorsque le tube *a* est complètement rempli. Quand on opère sur des matières qui ne sont liquides qu'à 25-30°, on verse la matière amenée à l'état liquide dans le picnomètre placé dans un bain-marie chauffé à une température convenable, de manière à pouvoir effectuer toutes les manœuvres du remplissage sans solidification.

Avec des quantités de matière très faibles ou des matières solides comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le suif, le blanc de baleine, on emploie la méthode suivante : On verse dans des flacons de 1/3 à 1/4 de litre de l'alcool à différents degrés et, par suite, à différentes densités. On introduit alors dans ces flacons des gouttes de la matière fondue; parmi ces essais, on note les deux alcools dont la densité paraît la plus voisine de la densité cherchée et on fait un mélange de ces deux réactifs, de manière à obtenir un liquide dans lequel la matière reste en suspens, sans tomber au fond ni monter à la surface. Ce résultat une fois atteint, on a préparé un liquide dont le poids spécifique est égal à celui que l'on veut déterminer. Avec une balance, comme celle de Mohr, ou un aréomètre, il ne reste plus qu'à déterminer le poids spécifique du mélange.

3). Pour obtenir le coefficient de dilatation, on introduit l'huile dans un ballon servant de dilatomètre, c'est-à-dire dans un ballon muni d'un tube capillaire calibré. Une opération préliminaire a donné le volume du dilatomètre. On le remplit ensuite avec de l'huile et on le porte à une température T. En appelant $v$ le volume initial à $t$ et $V_1$ le volume à la température T d'une étuve à vapeur, on a comme valeur du coefficient $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{V_1 - v}{(T - t)\, v} + c,$$

$c$ étant le coefficient de dilatation du verre.

4). C'est à l'appareil d'Engler que l'on a recours pour déterminer le degré de fluidité. L'huile est introduite dans le vase A de manière à atteindre le repère C. Ce vase est muni d'un couvercle dans lequel sont ajustés des bouchons maintenant un thermomètre et une tige $b$. Le récipient A plonge dans un vase B pouvant faire office de bain-marie et que l'on remplit soit d'eau, soit d'un liquide moins volatil. Un trépied supporte l'appareil et un brûleur $d$ permet de chauffer le système. Si maintenant on soulève $b$, le liquide pourra s'écouler par le tube $a$ et la vitesse d'écoulement sera d'autant plus faible que le liquide sera plus visqueux.

On appelle degré de fluidité le rapport du temps d'écoulement de 200 centimètres cubes d'huile au temps d'écoulement de 200 centimètres cubes d'eau à 20°. Le degré de fluidité varie avec la température à laquelle on porte l'huile.

Pour aller vite, on a cherché à opérer sur des volumes inférieurs à 200 centimètres cubes. Si l'on prend 50, 100 centimètres cubes, on doit multiplier le temps d'écoulement trouvé par 5 ou 2,35 pour avoir le temps correspondant à l'écoulement de 200 centimètres cubes, car il n'y a pas proportionnalité entre le volume et la durée de l'écoulement.

A côté de cette donnée physique se place un autre point qu'il est bon de connaître, c'est le point de solidification ou tout au moins la manière dont une huile se comporte quand la température s'abaisse au-dessous de la moyenne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une des manières les plus simples d'opérer est due à Hofmeister : L'huile est versée dans des tubes à essais jusqu'au moment où elle affleure à un trait horizontal, marqué à 3 centimètres du fond. On pose les tubes verticalement dans un support qui plonge dans une solution saline contenue dans un vase, placé à son tour dans un récipient qui renferme un mélange réfrigérant. Au bout d'une heure de refroidissement, on sort le support et les tubes qu'il contient de la solution refroidie; en inclinant légèrement le système, on voit si le liquide s'est solidifié ou s'il est resté encore fluide.

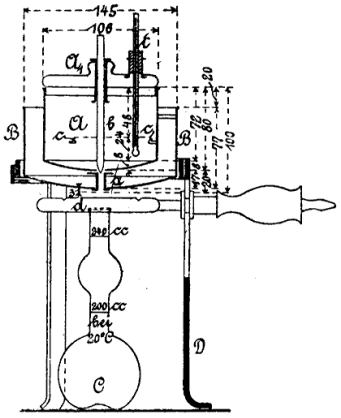



Fig. 32.

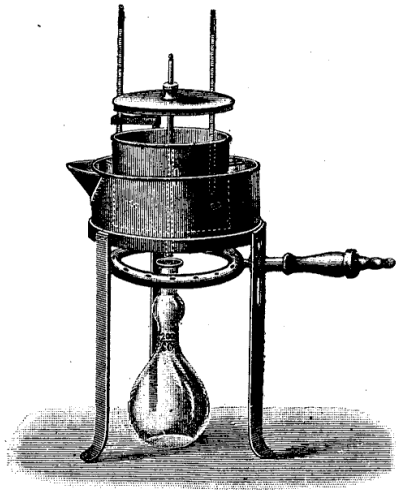


Fig. 33.

A la « Versuchs-Anstalt » on a adopté un dispositif qui permet d'effectuer simultanément dix essais : Le tube, au lieu d'avoir la forme d'un tube à essais, est un tube en U à branches inégales; à 3 millimètres du fond, on a marqué un trait sur chaque branche, et sur la branche la plus courte on a tracé au-dessus du trait une division millimétrique. Un support à pinces saisit les grandes branches de tous les tubes et maintient tout l'équipage dans la solution saline refroidie. A l'extrémité de la grande branche des tubes en U vient s'adapter un tube de caoutchouc, qui fait communiquer tous les tubes en U avec un tube à un manomètre C et avec un entonnoir le retourner dans un vase plein d'eau. Une pince placée en *f* permet de supprimer cette communication et une seconde pince *e* donne la latitude de mettre les tubes en relation avec l'atmosphère. Par suite de la fermeture de la pince en *f*, l'air confiné dans l'entonnoir est soumis à une pression qui se traduit par une dénivellation dans le manomètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une fois l'action du mélange réfrigérant exercée, au lieu de sortir les tubes de la solution refroidie, on fait agir l'air, à la pression de 50 millimètres, en ouvrant *f* pendant une minute. Au bout de ce temps on ouvre *e*, ce qui rétablit dans l'appareil la pression atmosphérique. C'est seulement alors que l'on sort les supports et les tubes de la solution refroidie; on voit que le niveau s'est élevé, et sur la division on lit la valeur de la dénivellation. C'est d'après cette dénivellation que l'on juge l'huile; cette quantité varie avec les différentes huiles et permet de les classer.

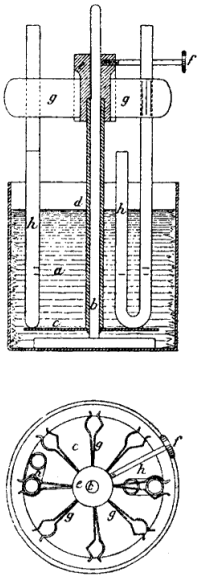



Fig. 34.



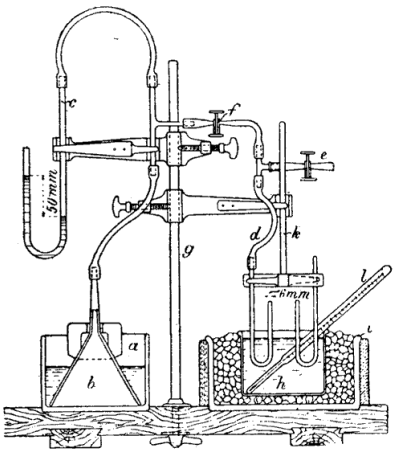




Fig. 35.

Pour les matières grasses solides à la température ordinaire, il faut opérer différemment pour avoir leur point de solidification. La matière fondue est versée dans un ballon de verre, de forme spéciale, dont le col rodé reçoit un bouchon de verre traversé par un thermomètre. Le constructeur a disposé l'appareil de telle sorte que le réservoir thermométrique occupe le centre de la partie sphérique du récipient de verre. Comme une fermeture hermétique n'est pas utile, on a ménagé dans le bouchon un canal parallèle à l'axe du thermomètre de manière à laisser la pression atmosphérique s'exercer librement dans le vase.

Une fois le récipient rempli et coiffé de son bouchon, on le pose sur un bloc de bois formant support et on enferme le tout dans une boîte de bois de hêtre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par une ouverture ménagée à la partie supérieure passe le thermomètre; on suit sur sa tige la marche de la colonne de mercure. Avec les graisses dures le thermomètre descend d'abord, reste ensuite immobile et remonte un peu, puis il descend. C'est au point où il est remonté que se trouve le point de solidifica-

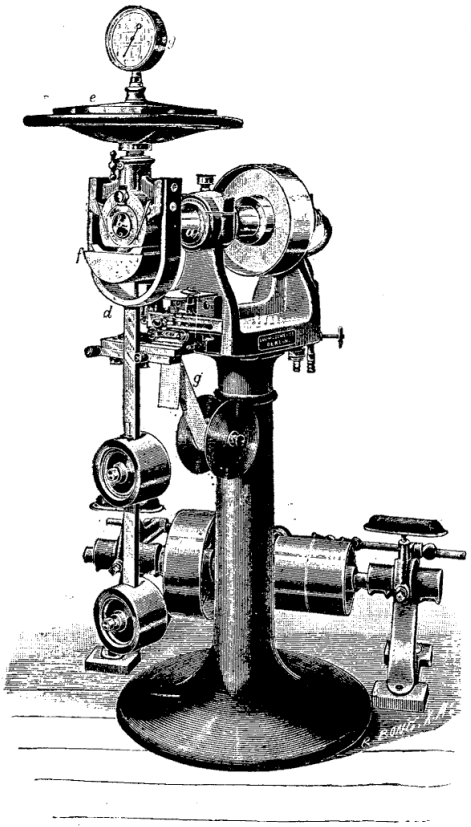



Fig. 36.

tion. On n'observe pas le même phénomène avec les graisses tendres, la colonne descend, s'arrête puis redescend définitivement. La solidification a lieu au point d'arrêt.

5). La manière dont un corps gras se comporte pendant le frottement a un grand intérêt puisque les corps qui sont étudiés ici sont examinés au point de vue de leur emploi comme lubrifiants. Pour arriver à comparer les différents produits et à déterminer leur valeur, le professeur Martens a combiné une machine d'essai, qui donne de bons résultats :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ses parties essentielles, la machine pour l'essai des huiles se compose d'un arbre horizontal à l'extrémité duquel viennent s'appuyer deux pièces métalliques supportant un étrier terminé par un pendule. L'arbre est maintenu solidement sur le bâti de la machine ; il peut recevoir au moyen d'une poulie

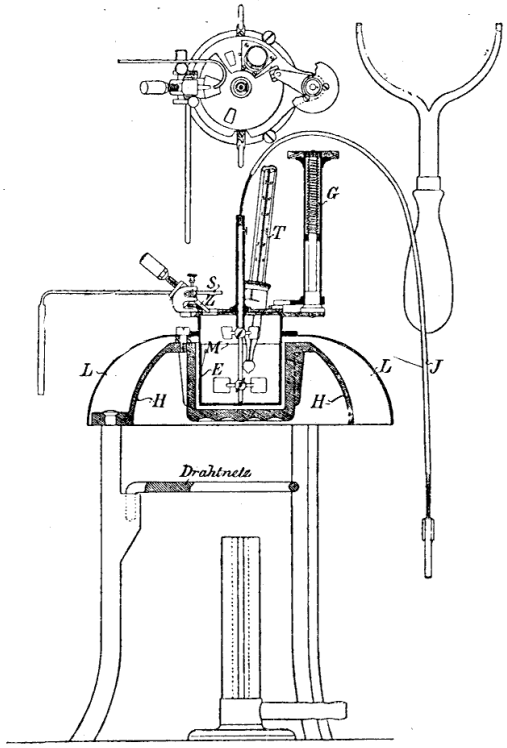



Fig. 37.

un mouvement de rotation de 200 tours à la minute. L'extrémité de l'arbre qui supporte tout le poids de l'équipage pendulaire a un diamètre extérieur de 100 millimètres et une longueur de 70 millimètres. Cette pièce est en acier dur, bien tournée et aussi bien polie que possible. Les deux pièces de bronze auxquelles est fixé l'équipage doivent s'adapter exactement sur la portion de l'arbre qui les supporte; il est nécessaire de réaliser ces conditions si l'on veut obtenir des résultats comparables, car un manque de régularité occasionne des frottements accidentels qui troublent les déterminations. Si maintenant on vient à faire tourner l'axe, le pendule se trouve déplacé de sa position d'équilibre et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le déplacement qu'il subit sert à établir le coefficient de frottement de l'huile employée au graissage de l'arbre.

On a disposé contre la tige du pendule une pièce métallique qui suit son déplacement et qui commande un mécanisme enregistreur marquant, sur une bande de papier qui se déroule, une courbe figurative du mouvement du pendule. C'est grâce à ce dispositif enregistreur que l'on mesure le déplacement pendulaire. On a la valeur du coefficient, une fois que l'on connaît l'écartement du pendule et la pression exercée. Un manomètre $g$ disposé à la partie supérieure donne cette dernière quantité. Pour éviter l'action de l'échauffement de l'arbre, on a ménagé à l'intérieur de cette pièce une circulation d'eau. Le bain d'huile qui alimente la machine est disposé, grâce à un double fond, pour pouvoir recevoir un courant de vapeur si cela est nécessaire.

6). Il y a à considérer dans une huile combustible, la température à laquelle elle émet des vapeurs que l'on peut enflammer et la température à laquelle l'huile chauffée peut prendre feu spontanément.

Quand il s'agit de l'étude de la première question, on peut employer plusieurs dispositifs; l'un des plus en faveur, au laboratoire de Charlottenbourg, est désigné sous le nom d'appareil de Pensky et Martens.

L'huile est versée dans un vase E supporté par une pièce de fonte H, qui l'entoure, maintenue par un trépied de fer. Un manteau de laiton L entoure le système et le protège du rayonnement. Le vase E est muni d'un couvercle, dans lequel on a ménagé une ouverture $z$ au centre du couvercle pour une tige terminée par des ailettes et formant un agitateur rotatif. Un thermomètre T donne la température. En S est disposé un petit brûleur. Une fois l'appareil rempli jusqu'à une marque M, on chauffe le système avec un brûleur. Quand le thermomètre marque 100°, on commence à mettre en mouvement l'agitateur. Jusqu'à ce moment l'ouverture du couvercle située au-dessous du brûleur est restée masquée; quand on arrive à 120°, en manœuvrant la manette G, on démasque l'ouverture $z$ de 2 en 2 degrés et l'on incline le brûleur en cherchant à produire l'inflammation. Rarement le point d'inflammation est assez bas pour qu'il soit nécessaire de commencer l'agitation à 80° et les essais d'inflammation à 100°. Les points d'inflammation trouvés ainsi en appliquant cette méthode ne présentent pas, dans une série d'essais, une différence de plus de 3 degrés.

On peut opérer plus simplement en chauffant l'huile dans un creuset ouvert dans lequel plonge un thermomètre. S'il s'agit de déterminer la température à laquelle l'huile prend feu par approche d'un corps enflammé on emploiera ce dispositif.

7). La teneur en acide s'exprime comme on le sait en anhydride sulfurique ou encore en acide oléique. Il n'y a pas lieu de répéter ici l'exposé de méthodes connues. Nous rappellerons que dans les huiles claires, en solution éthérée,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on peut recourir à l'emploi de la phénolphtaléine comme indicateur, tandis que dans les huiles de couleur foncée la réaction de la phénophtaléine ne peut plus être observée directement.

8). L'essai chimique comporte la recherche qualitative de l'huile minérale, de la résine, de l'eau, des matières solubles et insolubles dans la benzine, etc., autrement dit des constituants que l'on suppose contenus dans la matière.

9). La distillation de l'huile comprend le fractionnement de ses parties volatiles et la détermination du résidu fixe ainsi que celle du point d'ébullition.

10). L'étude complète comprend la détermination des constantes physiques et de la composition chimique.

11). La section d'essai des huiles peut entreprendre aussi les travaux et recherches qui lui sont demandés par les intéressés.

### § 5. — **Tarif des Essais.**

Nous croyons intéressant, non pas de donner le tarif détaillé de tous les essais, mais de donner une idée des frais qu'occasionnent les déterminations exécutées à la *Versuchs-Anstalt*.

#### A. — MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DE MACHINES

| | 30 000 kgs. | 100 000 kgs. | 500 000 kgs. |
|---|---|---|---|
| Résistance à la pression et à la tension. | 12 fr. 50 | 15 fr. | 37 fr. 50 |
| Résistance à la rupture et à la flexion. . | 18 fr. 75 | 22 fr. 50 | 50 fr. |

Si ces essais sont faits sur un certain nombre d'échantillon les prix s'abaissent; ainsi pour le premier de ces essais on ne demande plus que 10 francs s'il s'agit de 3 à 4 déterminations et 7 fr. 50 si l'on en exécute au moins 5.

| | 500 000 cm./kg. | 2 200 000 cm./kg. |
|---|---|---|
| Résistance à la torsion. . . . . | 18 fr. 75 | 37 fr. 50 |
| Dureté . . . . . | 25 fr. | |
| Poids spécifique. . . . . | 7 fr. 50 | |
| Essai à la presse hydraulique de tubes, chaudières, récipients, cylindres, etc. . . . . | 7 fr. 25 | 18 fr. 75 |
| Essai complet de métaux fondus comprenant 3 déterminations de résistance à la flexion, 6 déterminations de résistance à la pression, à la traction et à l'écrasement. | 93 fr. 70 | |
| Étude microscopique avec reproduction. . . . . | 18 fr. 75 | à 37 fr. 50 |
| Photographie microscopique avec un grossissement linéaire de 1000. . . . . | 18 fr. 75 | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B. — PIERRES ARTIFICIELLES, MORTIERS

| | Fr. |
|---|---|
| Poids spécifique, Porosité, Compacité | 25 |
| Dureté | 5 |
| Absorption de l'eau | 22,50 |
| Porosité à l'eau | 18,75 |
| Résistance à la pression (10 essais) | 22,50 |
| Gélivité | 22,50 |
| Essai pyrogéné | 22,50 |
| Résistance à la flexion | 22,50 |
| Résistance au choc | 30 |
| Détermination des éléments solubles et des propriétés chimiques et physiques | 6,25-125 |
| Résistance à la pression des tubes en terre ou ciment | 25 |
| Essai pyrométrique des produits réfractaires | 37,50 |
| Détermination du poids spécifique, de la porosité, de la finesse, de la perte au rouge d'un ciment | 22,50 |
| Analyse chimique et détermination des propriétés physiques | 6,25-125 |
| Résistance à la pression et à la traction | 37,50 |

Nous terminerons cet exposé en donnant quelques renseignements sur le nombre des travaux effectués par la *Versuchs-Anstalt*. Nous empruntons ces nombres au rapport publié en 1900 dans les *Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchs-Anstalten*.

La section d'essais des métaux a reçu 353 demandes de déterminations dont 112 provenaient des services publics, 231 des particuliers et 10 de l'étranger. Ces demandes ont occasionné 6 730 déterminations dont les plus nombreuses étaient : 2 958 essais de résistance de métaux à la traction et 1 977 essais de résistance à la flexion.

Les essais de la deuxième section (matériaux de construction) se sont élevés au nombre de 26 274, nécessités par 535 demandes. Les pouvoirs publics entraient pour 92 demandes, les particuliers pour 443 et l'étranger pour 23.

La section III a examiné 1 075 demandes dont 39 venaient de l'étranger. Le reste provenait des services de l'État, 597, et des particuliers, 478. Les papiers étudiés étaient au nombre de 1 614, auxquels il faut ajouter 87 tissus. Les déterminations les plus demandées ont rapport à la résistance à la rupture et au froissement.

La section d'essai des tuiles a reçu 387 demandes ayant nécessité 676 essais. Les services administratifs ont fait exécuter 340 essais relatifs à 181 demandes. Les particuliers ont adressé 206 demandes occasionnant 336 essais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### III. — MATERIAL PRÜFUNGS ANSTALT DE NÜREMBERG

L'exemple du gouvernement prussien n'a pas été perdu en Bavière. Dès 1891 une section d'essais avait été installée à Nuremberg. Actuellement, dans les bâtiments du *Gewerbe Museum* (Musée des métiers) de Nuremberg on a aménagé deux sections : la première (*mechanisch-technische Abteilung*) s'occupe des essais techniques et mécaniques, la seconde d'essais techniques et chimiques.

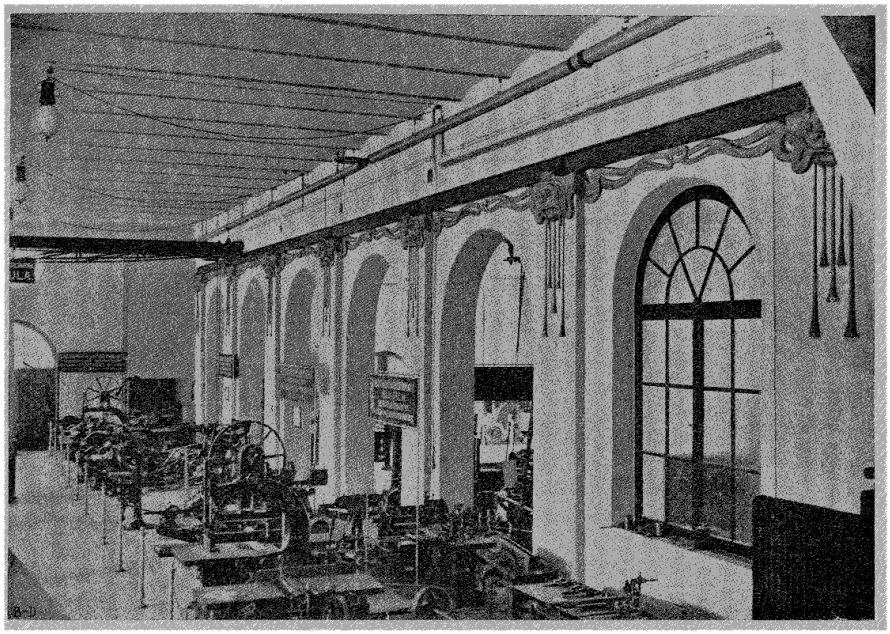


Fig. 38.

La *Material Prüfungs Anstalt*, attachée au musée industriel bavarois de Nuremberg, tout comme le laboratoire de Charlottenbourg, reçoit les demandes d'études que lui adressent les administrations de l'État et les particuliers. Elle fait des déterminations des propriétés techniques des matériaux qui lui sont soumis suivant un tarif déterminé.

La section d'essais mécaniques possède des moyens d'investigations pour exercer des efforts de 120, 50, 2 et 1 tonnes; elle a à sa disposition une presse hydraulique, actionnée par un moteur électrique et pouvant aller jusqu'à



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

300 atmosphères, un accumulateur hydraulique à 200 atmosphères, une machine à diviser, un comparateur et tout le matériel nécessaire pour amener les corps à essayer sous la forme convenable pour les déterminations.

Dans la section d'essais chimiques, on a fait les aménagements nécessaires pour faire les recherches chimiques, physiques et microscopiques exigées par la détermination des propriétés techniques. Cette établissement est le développement d'un laboratoire chimique installé préalablement dans le musée industriel.

La section d'essais mécaniques a le même programme d'études que la *Versuchs-Anstalt* de Charlottenbourg, que nous avons examinée tout à l'heure. Dans la seconde section nous trouvons une organisation qui se rapproche de celle d'un autre établissement allemand, appartenant à l'État prussien, la *Chemisch-technische Versuchs-Anstalt* dont nous dirons quelques mots plus loin.

Nous retrouverons donc dans la première section le même genre de déterminations que dans le laboratoire de Carlottenbourg; il est inutile d'en refaire la nomenclature. Nous nous bornerons à signaler que le tarif des essais est en général un peu moins élevé en Bavière qu'en Prusse; les essais, il est vrai, ne comportent pas toujours les mêmes conditions qu'à Charlottenbourg, car le laboratoire bavarois n'a pas encore le développement de l'établissement similaire prussien.

En 1900 la première section a reçu 110 demandes motivant 295 déterminations.

Dans la section d'essais chimiques l'activité n'a pas été moins grande, on a effectué 2370 essais, parmi eux 908 analyses et 236 recherches.

Le rôle du laboratoire n'est pas borné uniquement aux essais; l'établissement sert de conseil et répond aux questions techniques de sa compétence qui lui sont posées.

### IV. — KÖNIGLICHE CHEMISCH-TECHNISCHE VERSUCHS-ANSTALT

Pour éviter une confusion possible dans l'esprit de nos lecteurs, nous dirons quelques mots de cet établissement. Nous nous contenterons de reproduire les quelques renseignements qui nous ont été communiqués.

Cette établissement s'occupe de l'étude et de l'analyse des substances inorganiques, des encres, des combustibles et de quelques produits organiques tels que les huiles, les corps gras et les savons. Ces essais ayant un caractère technique, on demande à l'intéressé de vouloir bien faire connaître à quel usage le produit est destiné ou bien quel genre de déterminations il désire. Les prescriptions du laboratoire préviennent les intéressés qu'en opérant ainsi on évite les analyses complètes et coûteuses, qu'il est souvent possible d'éviter si l'on sait sur quel point il faut porter son attention.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les frais occasionnés par les recherches dépendent de plusieurs conditions dans lesquelles figurent principalement le temps passé et les méthodes employées. En moyenne, la détermination d'un constituant se paie de 6 fr. 25 à 18,75, une analyse complète de charbon de terre est tarifée 50 francs et une analyse de minerai de fer ou de laitier coûte jusqu'à 62,50.

Il ne faut pas confondre cet établissement situé à Berlin, *Invalidenstrasse*, 44 avec la *Königliche physikalisch-technische Versuchs-Anstalt* sise à Charlottenbourg et qui s'occupe de déterminations de physique technique.

*
* *

Cette étude a dû être forcément abrégée, nous n'avons signalé que les points les plus saillants afin de donner au lecteur une idée aussi complète que possible de la question, sans abuser des détails. Nous avons laissé dans l'ombre un certain nombre de descriptions qui ont leur intérêt, mais dont le développement nous aurait amené à une extension de ce travail incompatible avec les limites ordinaires des publications insérées dans ce *Bulletin*. Nous nous permettrons de signaler aux personnes qui désirent étudier plus à fond la question les ouvrages suivants, dans lesquels elles pourront trouver un grand nombre de renseignements.

*Baumaterialen-kunde*, par le professeur Martens, directeur de la *Versuchs-Anstalt* de Charlottenbourg, ouvrage comprenant la description détaillée des appareils employés dans les essais des matériaux et renfermant de nombreuses planches détaillées des appareils employés dans la *Versuchs-Anstalt* (édité par Springer, Berlin).

*Papierprüfung*, par Herzberg, premier assistant de la section d'essais des papiers à la Versuchs-Anstalt de Charlottenbourg. Ce livre donne la description des méthodes d'essai des papiers et des appareils nécessaires pour ces opérations (Springer);

*Die Untersuchung der Schmiermittel*, par le Dr Holde, chef de la section pour l'essai des huiles à la Versuchs-Anstalt de Charlottenbourg (Springer).

Sous le titre de *la Recherche des corps employés comme lubrifiants* l'auteur a réuni tous les documents nécessaires pour l'essai des matières grasses. On trouve dans ce livre la description des procédés d'investigation suivies par la section d'essai des huiles (Springer).

*Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchs-Anstalten* (Communications des laboratoires de recherches techniques royaux). Publication renfermant les travaux présentant un intérêt pratique ou une originalité exécutés dans les laboratoires (Springer).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ARTS MÉCANIQUES

# EXPÉRIENCES SUR LE TRAVAIL DES MACHINES-OUTILS

Par **M. Codron,** *lauréat de la Société d'Encouragement.*

LE FORAGE (*Suite*) (1)

### Forage du cuivre.

*Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1395) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{o} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},44.$$

Les éprouvettes de cuivre provenaient d'une même barre cylindrique de 60 millimètres de diamètre, sciée à la demande des essais.

Un premier essai avec le foret hélicoïdal sous avance du chariot de 0,44 a donné les résultats (fig. 1395).

Les pénétrations se sont faites sans perturbations; l'avance maximum a atteint 0,26. Après débrayage, l'avance est tombée à 0,16.

Nous avons obtenu une partie de la quatrième phase, de 660 à 700 tours, correspondant à une saillie de 3 millimètres de la pointe en dehors de la pièce. Comme un engagement du foret et une rupture étaient à craindre, nous n'avons pas poursuivi au delà de 96,5 millimètres. La pièce était très chaude, il n'était pas possible de la tenir à la main; les copeaux se développaient bien pendant la deuxième phase.

Les pressions P accusent une perturbation à partir de 220 tours. Au lieu de croître ou de rester constantes comme les avances jusqu'à 300 tours, moment

(1) *Bulletins* de janvier, avril, juin, août, septembre, novembre 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du débrayage, elles ont décru d'une façon uniforme, ce qui correspondrait à un engagement du foret.

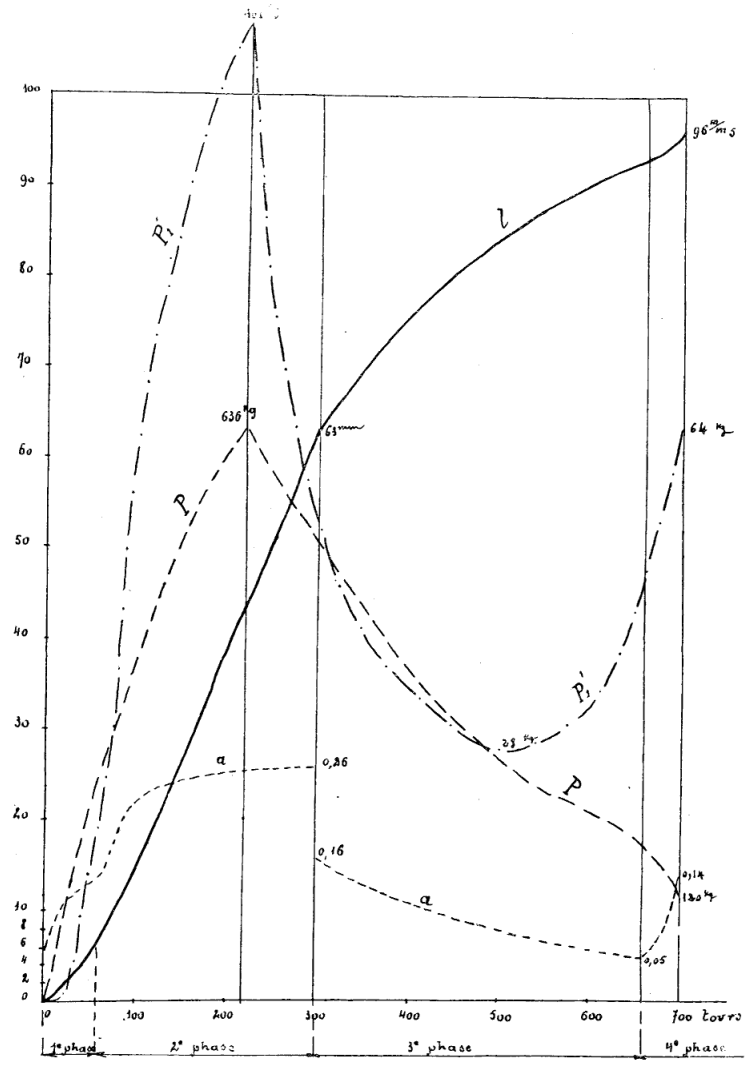



Fig. 1395. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal de 25 mm. $\Phi = 120°$. $n = 36$. $a_1 = 0^{mm},44$.

Mais, d'autre part, les efforts $P'_1$ qui auraient dû augmenter ou rester

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constants, ont aussi décru, ce qui correspondrait à un dégagement du foret. Il semble que ces perturbations doivent plutôt être attribuées à un bourrage précédant le débourrage à 220 tours et à une plus facile expulsion des copeaux ; ou bien encore, les grands accroissements des P et des $P'_1$ seraient dus jusqu'à la profondeur de 40 millimètres à une attaque latérale, ce qui est assez admissible parce que le trou présentait vers cette profondeur, à 44 millimètres, une irrégularité latérale.

En outre, une deuxième perturbation s'est produite à partir de 500 tours; les efforts $P'_1$ ont progressé au lieu de dégresser, ce qui doit être motivé par une action de vissage qui concorde ici avec les réductions de P.

Pour le calcul de R et de $R_1$, il faut s'en tenir pendant la deuxième phase entre 60 et 220 tours; pour la troisième phase, on peut considérer les valeurs de $a$, de P et de $P'_1$ comprises entre 200 et 500 tours, soit :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2e phase . . . | $a$ = | 0,14 | 0,20 | 0,24 | 0,25 mm. |
| | P = | 280 | 320 | 480 | 580 kil. |
| | R = | 185 | 148 | 185 | 214 |
| | $P_1'$ = | 21 | 44 | 81 | 102 |
| | $R_1$ = | 164 | 240 | 366 | 445 |
| | $a$ = | 0,08 | 0,10 | 0,14 | 0,16 mm. |
| 3e phase . . . | P = | 270 | 340 | 460 | 510 kil. |
| | R = | 314 | 315 | 305 | 300 |
| | $P_1'$ = | 28 | 33 | 42 | 52 |
| | $R_1$ = | 382 | 360 | 328 | 354 |

Les valeurs de R et de $R_1$, deuxième phase, croissent quand les avances augmentent, ce qui ne s'accorde pas avec la règle générale. Celles de la troisième phase paraissent plus concordantes. Il est peu aisé de déduire des valeurs moyennes plus ou moins acceptables et l'on constate déjà que le cuivre peut donner lieu à de très grandes irrégularités qui rendent difficile la détermination exacte des coefficients R et $R_1$.

*Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1396-1397) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{o} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25.$$

Un deuxième essai avec le même foret, mais sous avance du chariot égale à $0^{mm},25$ a donné lieu à un engagement vers 140 tours et à un autre vers 300 tours avant le débrayage, ce qui a relevé de beaucoup les efforts $P'_1$ et les avances dont les variations sont prononcées pendant la deuxième phase.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les copeaux se roulaient et se dégageaient bien, montrant que le foret hélicoïdal convient tout particulièrement pour le cuivre.

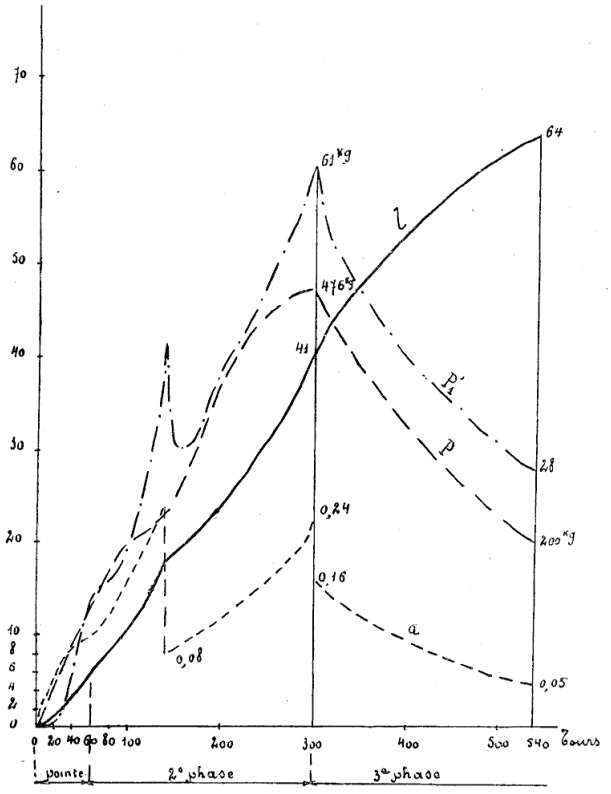



Fig. 1396. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$. $\Phi = 120°$. $n = 36$. $a_1 = 0^{mm},25$.

Si l'on s'en tient à la troisième phase, plus régulière que la deuxième, on déduit pour :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ | $= 0^{mm},05$ | 0,1 | 0,16 |
| P | $= 200$ | 330 | 476 |
| R | $= 370$ | 305 | 275 |
| $P_1'$ | $= 28$ | 41 | 61 |
| $R_1$ | $= 610$ | 446 | 415 |

*Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1398) :

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0,25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'essai a montré que l'opération ne peut se faire dans de bonnes conditions. Le cuivre se laisse difficilement entamer par les outils dont l'angle de coupe $\alpha$ est voisin de 90°. Ce métal mou tout en étant ductile, tenace, est, en terme

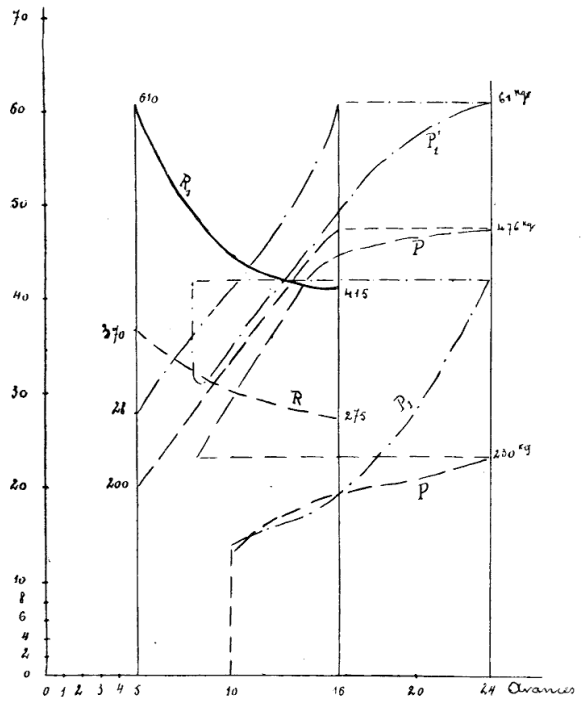



Fig. 1397. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$. $\Phi = 180°$. $n = 36$. $a_1 = 0{,}25$.

d'atelier : gras. Il est arraché plutôt que coupé par le foret ordinaire ; l'arrachement se fait par à-coups, le refoulement est prononcé, les copeaux sont des plus discontinus.

Les pénétrations ont accusé une courbe qui ne s'éloigne guère d'une droite pendant les trois phases de l'essai. Les pressions, au lieu de progresser quelque peu comme l'avance, et suivant la courbe fictive F G H, se sont élevées à des valeurs exagérées, qui se sont maintenues après le débrayage. Il en a été de même des efforts $P'_1$. A 500 tours, les copeaux ne s'expulsaient plus, le foret s'est engagé latéralement d'une façon anormale, il a fallu interrompre l'opération.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On ne peut tirer d'un tel essai que les valeurs de R et de $R_1$ relatives aux avances :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ | = 0mm,075 | 0,08 | 0,10 |
| P | = 240 | 270 | 708 |
| R | = 296 | 312 | 650 |
| $P_1'$ | = 26 | 39 | 86 |
| $R_1$ | = 365 | 530 | 940 |

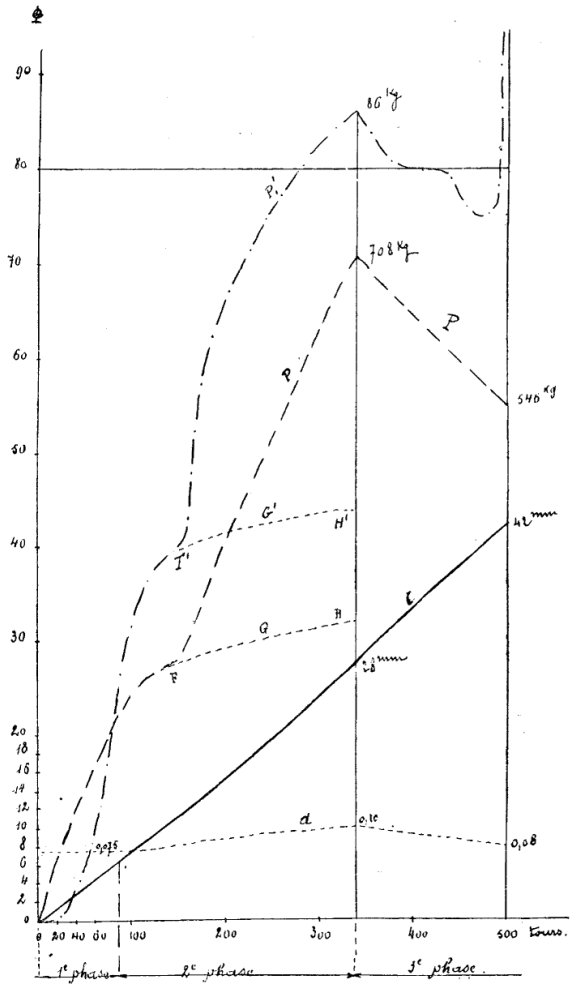



Fig. 1398. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret à pointe ordinaire $d = 25$. $\Phi = 120°$. $n = 36$. $a_1 = 0^{mm},25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces valeurs sont évidemment anormales et ne sauraient être acceptées pour une coupe régulière.

*Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret droit.* (fig. 1399) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},44.$$

Avec une avance du chariot de $0^{mm},44$, le foret droit a donné les éléments (fig. 1399).

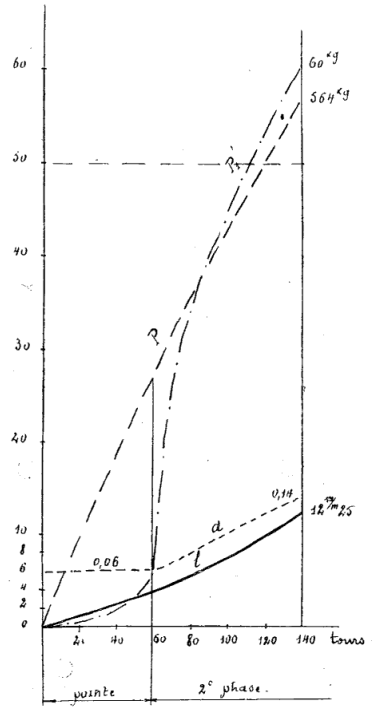



Fig. 1399. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret droit $d = 45$. $\Phi = 180°$. $n = 36$. $a_1 = 0^{mm},44$.

Nous n'avons pu prolonger l'opération davantage par suite de la rupture de l'outil à 140 tours.

Lorsque la pointe du foret est complètement engagée, les tranchants attaquant sur toute leur longueur, la pression P ne croît pas aussi rapidement que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'effort $P'_1$. Pour le calcul de R et de $R_1$, il convient de considérer les avances à partir de 0,08 soit pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},08$ | 0,10 | 0,12 | 0,14 |
| P = | 356 | 430 | 500 | 564 |
| R = | 356 | 344 | 334 | 322 |
| $P_1'$ = | 34 | 44 | 52 | 60 |
| $R_1$ = | 465 | 480 | 472 | 468 |

On ne saurait comparer ces nombres à ceux du foret ordinaire, essai qui précède.

*Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1400-1401) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25.$$

Dans un deuxième essai sous avance du chariot $a_1 = 0^{mm},25$, nous avons pu réaliser les quatre phases.

Dès que la pointe de 4 millimètres de hauteur a été complètement engagée, l'avance de $0^{mm},055$ s'est réduite, pour ensuite se relever, puis atteindre $0^{mm},08$.

Il a fallu, à ce moment, débrayer le chariot parce que la courroie de la commande glissait. L'effort $P'_1$ atteignait 48 kilogrammes. Pendant la troisième phase, l'opération s'est poursuivie avec régularité sous des pressions très élevées qui dénotent un refoulement sous l'outil. A 2220 tours, la quatrième phase a commencé; à 2320 tours, le foret a débouché brusquement en détachant une mince rondelle.

La figure 1401 montre les variations bizarres des pressions P et des efforts $P'_1$ en fonction des avances pendant les quatre phases. Les valeurs de R et de $R_1$ peuvent être déduites en considérant la période de la deuxième phase qui correspond à des avances qui croissent et en considérant la troisième phase.

Il vient pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2e phase. | $a$ = | $0^{mm},225$ | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| | P = | 380 | 460 | 580 | 612 kil. |
| | R = | 1350 | 1230 | 940 | 612 |
| | $P_1'$ = | 9 | 23 | 39,5 | 48 |
| | $R_1$ = | 436 | 835 | 860 | 652 |
| | $R''$ = | 1420 | 1490 | 1280 | 894 |
| | $\tau_1$ = | 48,6 | 93 | 96 | 73 |
| 3e phase. | $a$ = | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| | P = | 180 | 470 | 520 | 612 |
| | R = | 1440 | 1250 | 830 | 612 |
| | $P_1'$ = | 6,2 | 24,4 | 30,8 | 48 |
| | $R_1$ = | 678 | 885 | 670 | 652 |
| | $R''$ = | 1590 | 1530 | 1060 | 894 |
| | $\tau_1$ = | 75 | 98 | 75 | 73 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

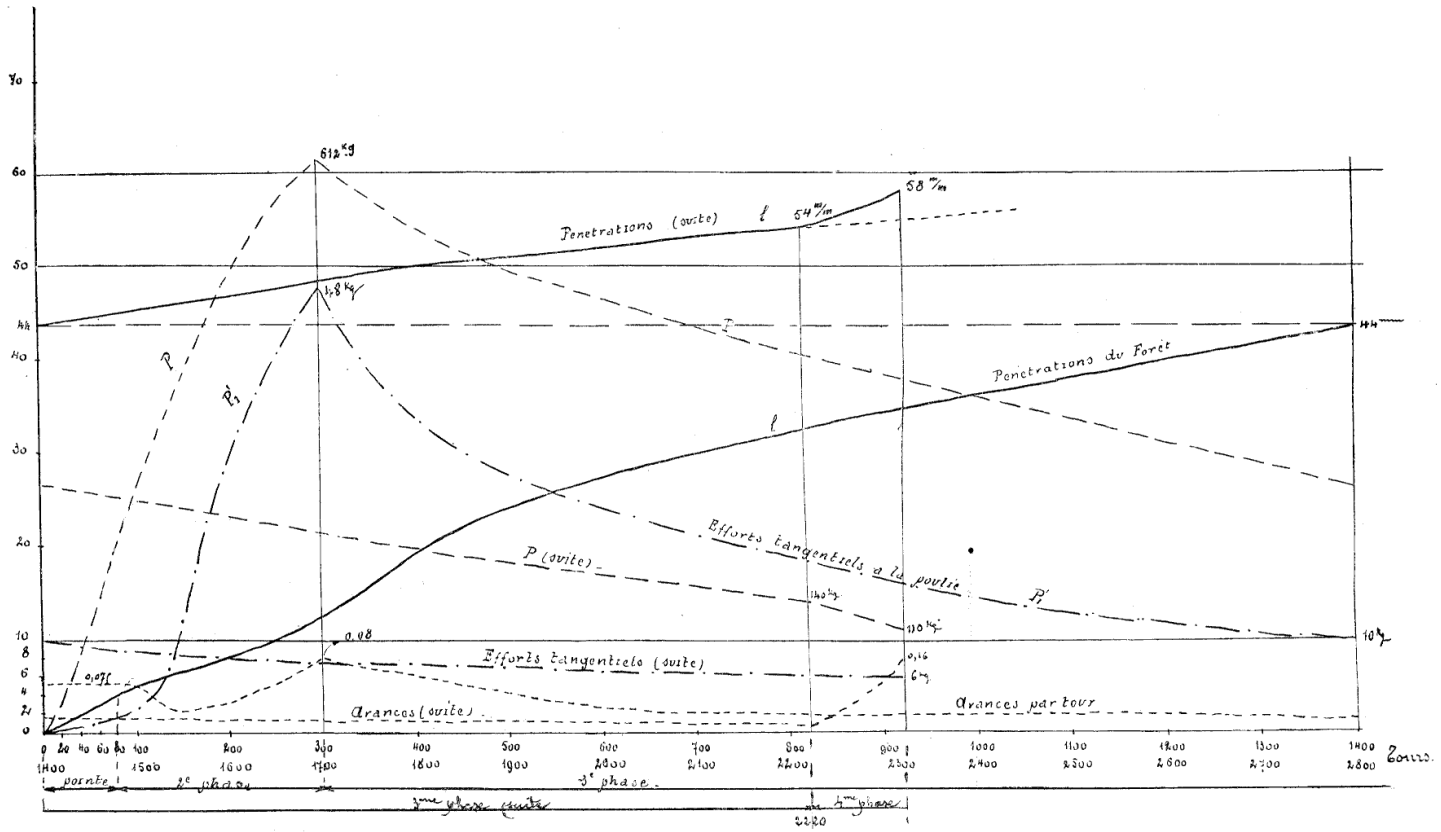



Fig. 1400. — Forage de cuivre sous pressions croissantes et décroissantes. Foret droit $d = 25$. $n = 36$. $a_1 = 0^{mm},25$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il n'est guère possible de tabler sur ces nombres pour tirer des formules de R et de $R_1$ analogues à celles obtenues pour les autres métaux. Si nous comparons les trois forets employés, nous reconnaissons que le foret hélicoïdal est celui qui se comporte le mieux pour obtenir un trou régulier, des copeaux se dégageant bien et des avances prononcées.

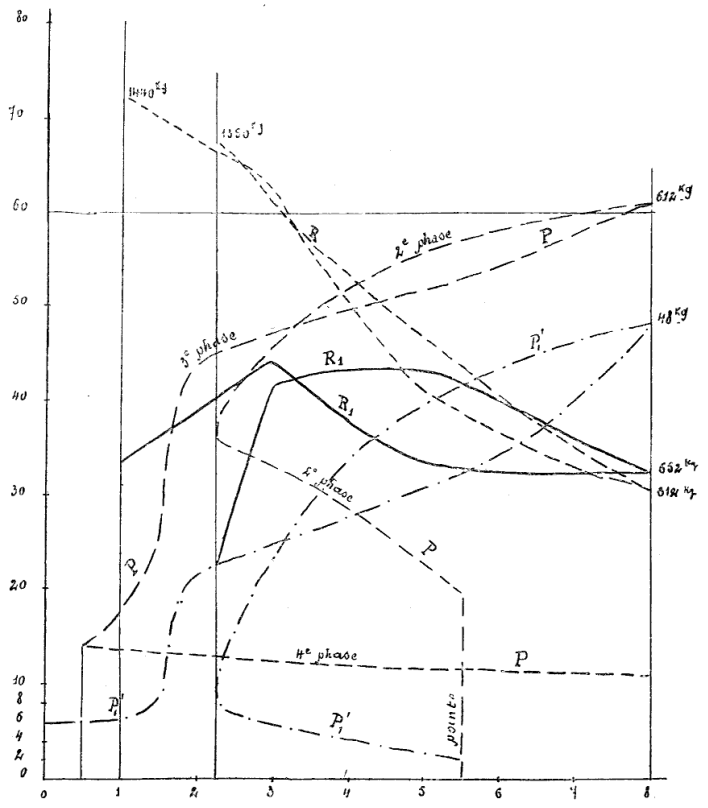



Fig. 1401. — Forage de cuivre sous pressions croissantes puis décroissantes.
Foret droit $d = 25$. $n = 37$. $a_1 = 0^{mm},25$.

Le foret droit vient ensuite, mais avec de petites avances, sinon les pressions sont excessives.

Quant au foret à pointe ordinaire, l'opération avec des avances voisines de 0,10 devient pour ainsi dire impossible et nécessite des pressions analogues à celles du foret droit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le foret hélicoïdal a une tendance à se visser, il n'exige pas de pressions aussi fortes qu'avec les deux autres forets, il pénètre plus facilement. C'est ainsi, qu'à 300 tours, nombre admis pour le débrayage dans les essais considérés, le foret hélicoïdal n'est soumis qu'à une pression de 476 kilogrammes, tandis que les autres supportent des pressions supérieures à 600 kilogrammes. A ce moment, le foret hélicoïdal a pénétré de 41 millimètres, le foret

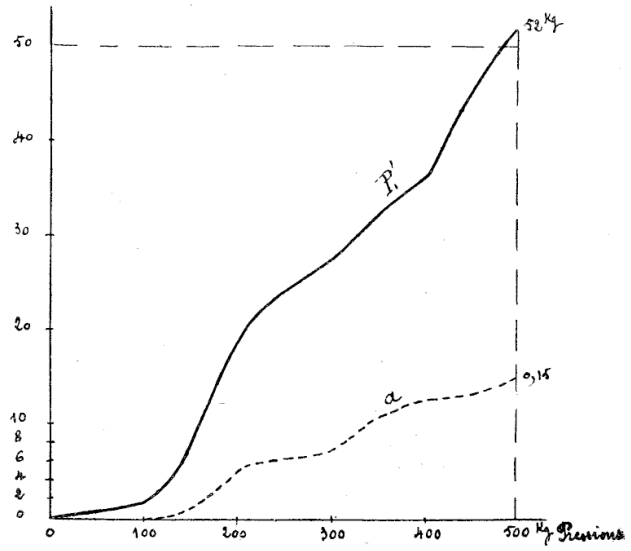



Fig. 1402. — Forage de cuivre sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$. $\Phi = 190$. $n = 80$.

à pointe de 24 et le foret droit de 12 seulement. A 500 tours le foret hélicoïdal a pénétré de 64 millimètres, celui à pointe de 42, le droit, de 24.

Si nous comparons les valeurs de R et de $R_1$, on voit que, pour le cuivre, le foret hélicoïdal est aussi celui qui exige le moins d'énergie.

Pour une avance de $0^{mm},08$ on a :

| | R | $R_1$ |
|---|---|---|
| Foret hélicoïdal. . . . . | 325 | 490 kil. |
| — à pointe . . . . . | 312 | 530 |
| — droit. . . . . | 612 | 652 |

Ces essais indiquent nettement que, pour le cuivre, il faut opérer avec des forets à angle de coupe aussi réduit que possible, et sous des avances petites plutôt que fortes, en augmentant la vitesse dans une certaine mesure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de cuivre sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1402-1404) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Le foret attaque à la pression de 100 kilogrammes.

La courbe des avances $a$ et celle des $P_1'$ (fig. 1402) sont ondulées, et de

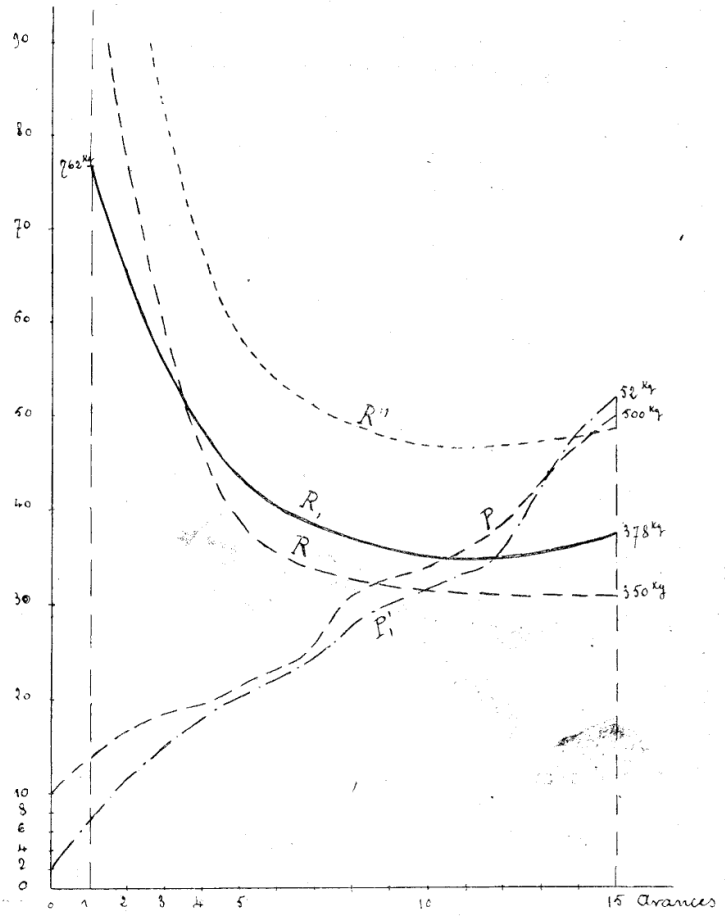



Fig. 1403. — Forage de cuivre sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$. $\Phi = 120^{\circ}$. $n = 80$.

même (fig. 1403) celle des pressions P. On peut néanmoins tirer des valeurs de R et de $R_1$, qui suivent les lois générales, avec un relèvement de $R_1$ pour l'avance $0^{mm},15$ :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 |
| P = | 140 | 165 | 212 | 340 | 500 |
| R = | 1390 | 765 | 391 | 315 | 308 |
| $P_1'$ = | 7 | 12 | 20 | 32 | 52 |
| $R_1$ = | 762 | 655 | 437 | 350 | 378 |
| R″ = | 1600 | 1010 | 586 | 471 | 487 |
| $\tau_1$ = | 85 | 73 | 48,5 | 39 | 42 |

En considérant les avances 0mm,01 et 0mm,10, on déduit :

$$R = 226 + \frac{11,8}{a},$$

$$R_1 = 350 + \frac{4,4}{a}.$$

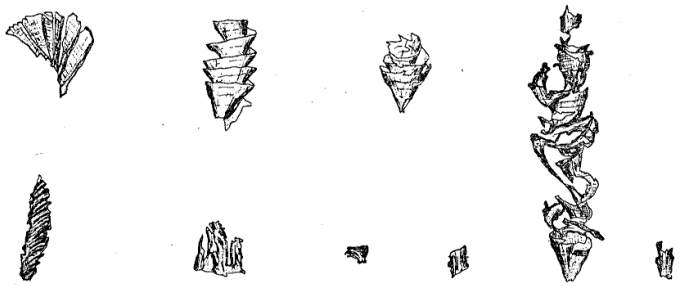


Fig. 1404. — Cuivre. Foret hélicoïdal.

Les copeaux les plus réguliers (fig. 1404) correspondent à l'avance de 0,05; le copeau contourné et très ajouré a été obtenu sous l'avance de 0mm,15..

*Forage de cuivre sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1405-1406) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Les courbes des avances $a$ et des efforts $P_1'$ indiquent des variations assez bizarres, qui correspondent à des coupes défectueuses.

A la pression de 500 kilogrammes et malgré la faible avance de 0,057, le foret engage, le bourrage oblige à suspendre l'opération en accusant un relèvement très grand de $P_1'$, qui se répercute sur la valeur de $R_1$ et sur celle de R. On obtient, pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,057 |
| P = | 120 | 135 | 160 | 250 | 350 | 450 |
| R = | 1110 | 624 | 495 | 578 | 645 | 730 |
| $P_1'$ = | 9 | 13 | 18 | 26 | 47 | 65 |
| $R_1$ = | 980 | 710 | 655 | 710 | 1020 | 1240 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On ne saurait tirer de ces nombres discordants les éléments des formules générales de R et de $R_1$. On constate que, pour de très petites avances, les pressions P et les efforts $P'_1$ sont très élevés.

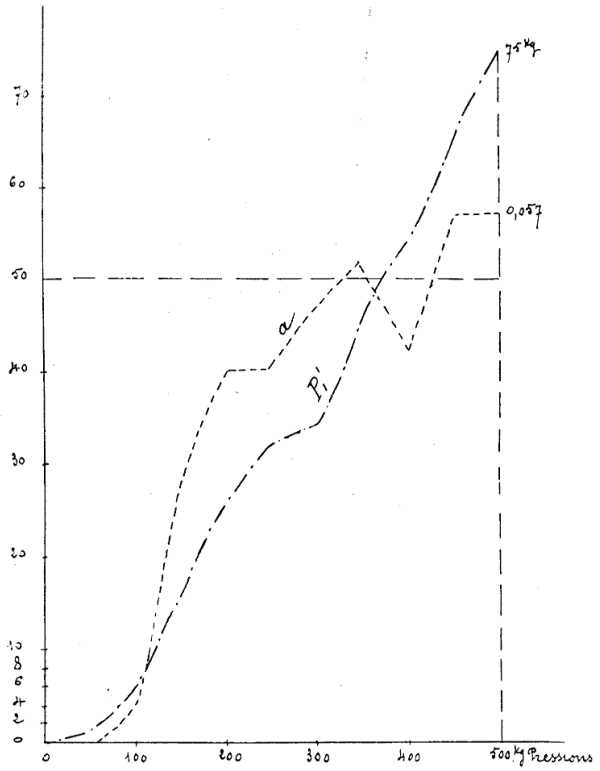



Fig. 1405. — Forage de cuivre, sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

*Forage de cuivre, sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1407-1408) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80.$$

Le foret droit a aussi donné lieu à des anomalies à partir de la pression P = 350 kilogrammes. Sous 400 et 450 kilogrammes, les avances sont restées les mêmes, égales à $0^{mm},056$. Sous 500 kilogrammes, l'avance s'est même réduite à $0^{mm},048$; les copeaux bourraient, opposaient une grande résistance à la rotation; l'effort tangentiel $P_1'$ s'est élevé à 75 kilogrammes.

Les valeurs de R et de $R_1$, déduites de celles de P et de $P_1'$, les plus concor-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dantes, donnent des courbes qui accusent un minimum de 540 kilogrammes pour R et de 790 kilogrammes pour $R_1$ vers l'avance de $0^{mm},04$.

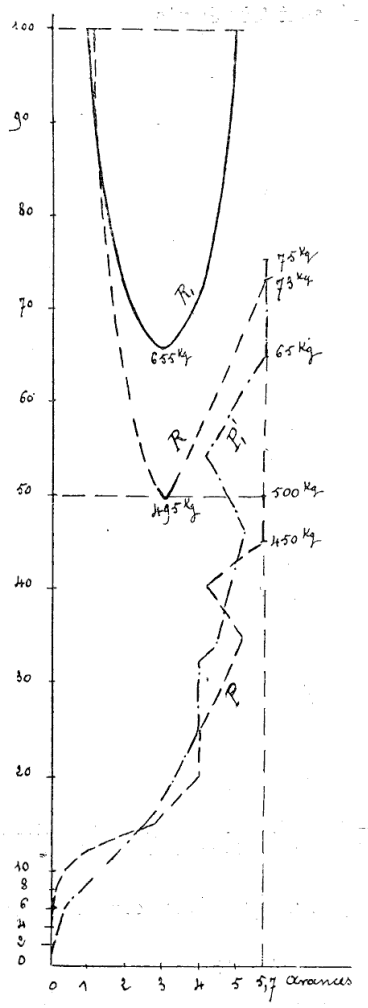



Fig. 1406. — Forage de cuivre, sous pressions constantes prolongées
Foret à pointe $d = 25$ mm. $\Phi = 120°$, $n = 80$.

On constate que ces nombres sont plus grands que ceux du foret à pointe qui donnait :

$$R = 495 \text{ kg.} \qquad \text{et} \qquad R_1 = 655 \text{ kg.}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ceux du foret hélicoïdal pour l'avance de $0^{mm},04$ sont :

$$R = 420 \text{ kg.} \qquad R_1 = 460 \text{ kg.}$$

Le foret hélicoïdal et le foret à gorges sont seuls pratiques pour le cuivre; il importe, nous le répétons, de ne pas exagérer l'avance; il semble que, pour celle-ci, il convient de ne pas dépasser $0^{mm},15$. Ces derniers essais, moins

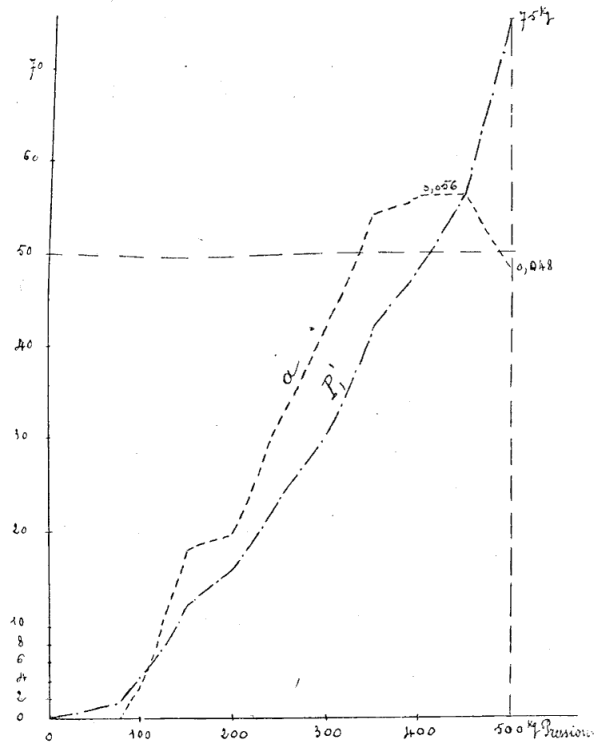



Fig. 1407. — Forage de cuivre, sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

réussis que ceux faits avec le ressort, témoignent de la difficulté d'obtenir, avec le cuivre, des résultats répétés concordants. Comme expressions générales de R et de $R_1$, on peut adopter :

$$R = 200 + \frac{12}{a} \qquad R_1 = 300 + \frac{10}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Forage du fer et des aciers.

**Forage du fer soudé,** *dans le sens longitudinal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1409 ) :

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0^{mm},48.$

L'éprouvette était un morceau de fer soudé rond de 60 millimètres de diamètre, scié à la barre et foré en bout.

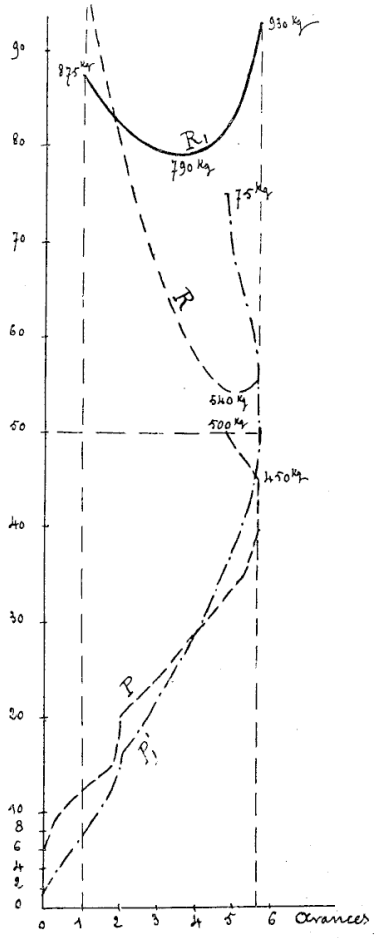



Fig. 1408 — Forage de cuivre, sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

La courbe des pénétrations est des plus régulières, de même que celle des pressions P. Mais la courbe des efforts de coupe $P_1'$ présente des perturbations

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

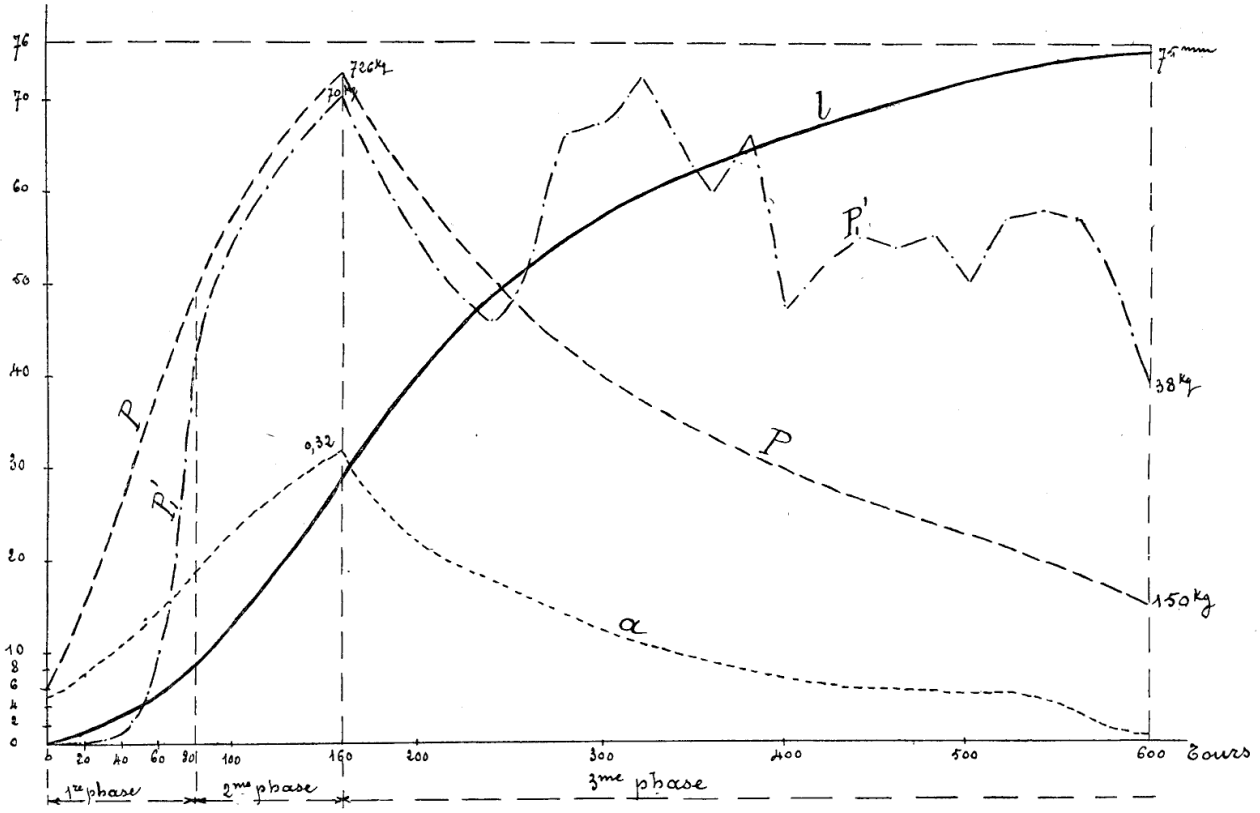



Fig. 1409. — Forage de fer soudé, dans le sens longitudinal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25^{mm}$, $\Phi = 120°$. $n = 36$, $a_1 = 0^{mm},48$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pendant la troisième phase, lesquelles dénotent un engagement du foret avec attaques latérales répétées à partir de 240 tours, soit à 48 millimètres de profondeur. Vers la fin de cette phase, les efforts $P_1'$ se réduisent de même que l'avance.

On constate de nouveau la conduite tant soit peu fantaisiste du foret hélicoïdal lorsque le trou a une certaine profondeur et que les copeaux ne se dégagent pas; ils opposent une résistance qui sollicite la tendance au vissage.

La pièce était très chaude à la fin de l'essai; les copeaux minces se roulaient mieux que les plus épais.

La deuxième phase permet de déduire pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,20 | 0,25 | 0,30 | 0,32 |
| P = | 500 | 610 | 700 | 726 |
| R = | 232 | 226 | 216 | 210 |
| $P_1'$ = | 48 | 58 | 67 | 70 |
| $R_1$ = | 262 | 253 | 244 | 238 |
| $\tau_1$ = | 34 | 33 | 31,5 | 31 |

*Forage de fer soudé, dans le sens longitudinal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1410) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^\circ \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},48.$$

L'éprouvette provenait de la même barre que celle de l'essai qui précède. L'opération s'est bien conduite. A 70 tours, le foret prenait sur toute la longueur des tranchants; de 70 à 120 tours, l'avance s'est élevée de 0mm,13 à 0,46 avec une ondulation vers 130 tours.

De 180 à 400 tours correspond la troisième phase : la profondeur du trou a été de 77 millimètres. Pendant cette dernière phase, les copeaux se sont dégagés sans déterminer de perturbation dans les valeurs de P et de $P_1'$. On obtient pour :

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2e phase.. | $a$ = | 0mm,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,46 |
| | P = | » | » | 400 | 480 | 505 | 570 | 660 | 690 |
| | R = | » | » | 247 | 222 | 186 | 175 | 152 | 138 |
| | $P_1'$ = | » | » | 44 | 56 | 68 | 80 | 98 | 100 |
| | $R_1$ = | » | » | 320 | 306 | 297 | 190 | 262 | 236 |
| | $\tau_1$ = | » | » | 41,5 | 40 | 38,5 | 37,7 | 34 | 31 |
| 3e phase.. | P = | 426 | 320 | 405 | 520 | » | » | » | » |
| | R = | 790 | 297 | 250 | 240 | » | » | » | » |
| | $P_1'$ = | 20 | 30 | 42 | 56 | » | » | » | » |
| | $R_1$ = | 438 | 327 | 306 | 306 | » | » | » | » |
| | $\tau_1$ = | 546 | 42,5 | 40 | 40 | » | » | » | » |

Pour une même avance, les pressions ont été plus faibles qu'avec le foret hélicoïdal, mais les efforts de coupe sont plus grands.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $a$ = | 0,20 | 0,25 | 0mm,30 |
| Foret hélicoïdal . . . | R = | 232 | 226 | 216 |
| | $R_1$ = | 262 | 253 | 244 |
| Foret à pointe . . . . | R = | 222 | 186 | 175 |
| | $R_1$ = | 306 | 297 | 290 |

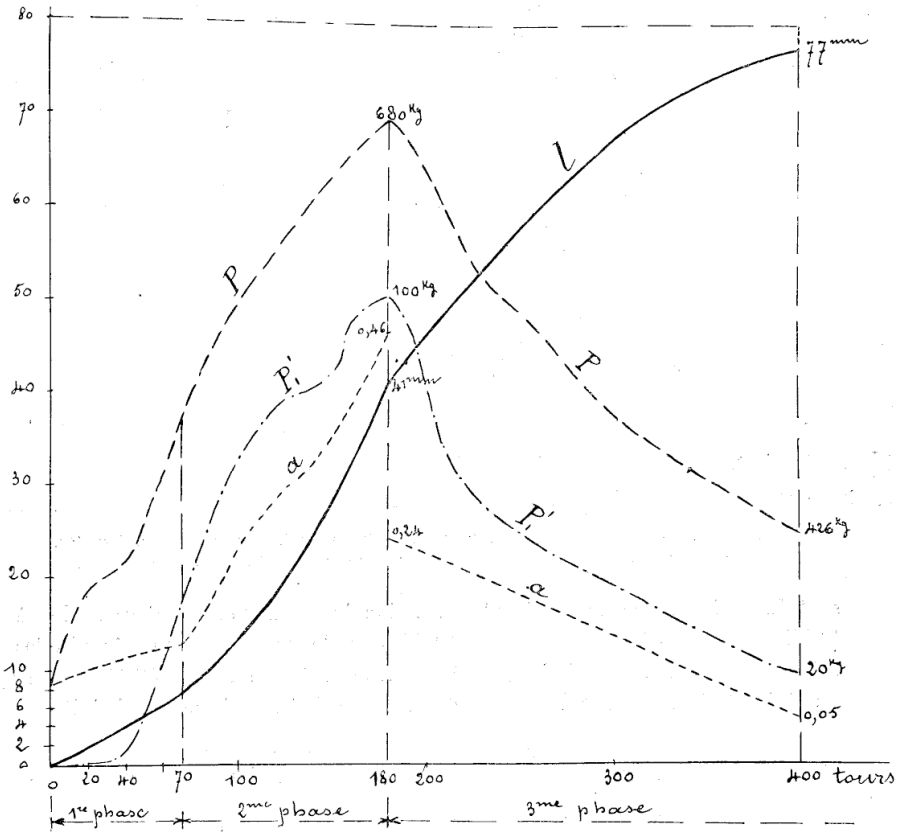



Fig. 1410. — Forage de fer soudé, dans le sens longitudinal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25^{mm}$, $\Phi = 120°$, $n = 36$, $a_1 = 0^{mm},48$.

*Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1411) :

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0^{mm},25$.

L'échantillon de fer soudé provenait d'une barre carrée de 35 millimètres de côté. Le trou a été foré transversalement. La pénétration de la pointe a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exigé 100 tours. A 140 tours, la courbe des pénétrations $l$ et celle des avances indiquent que le foret avait engagé; l'avance se réduit pour reprendre une allure normale jusqu'à la fin de la deuxième phase. La troisième phase s'est bien développée; on constate cependant que les efforts $P_1'$ ont des oscillations; elles

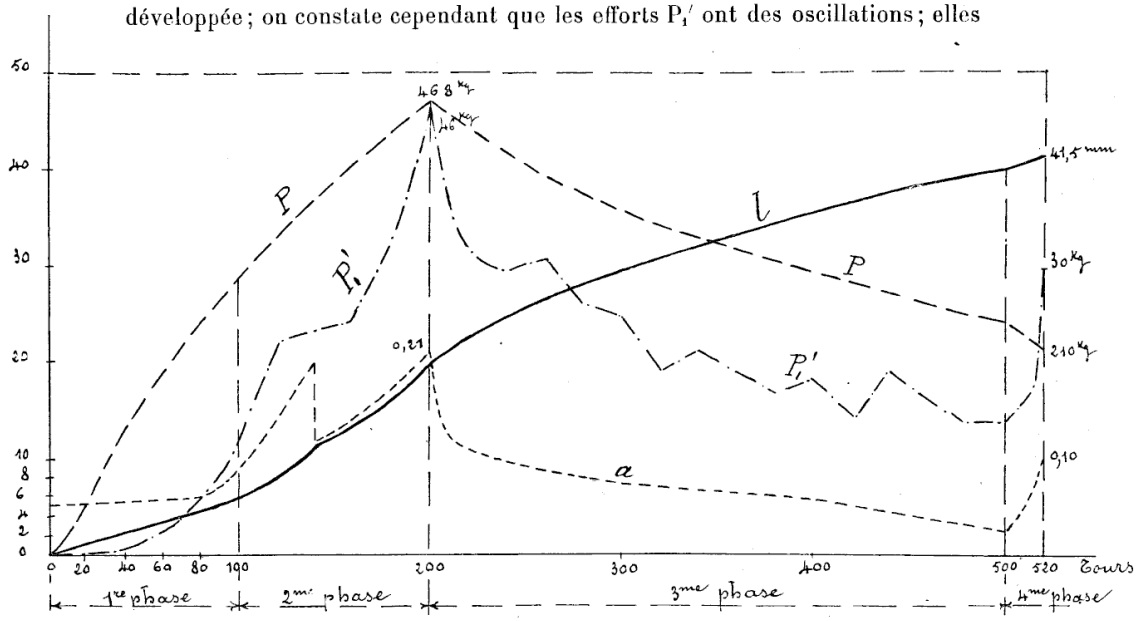



Fig. 1411. — Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 36$, $a = 0^{mm},25$.

sont dues à la nature du métal, à la formation du copeau; elles ont varié de 4 à 10 kilogrammes selon l'avance; il faut tabler sur les moyennes pour déduire les valeurs de $R_1$. Une amorce de la quatrième phase s'est annoncée de 500 à 520 tours avant l'arrêt de l'opération. En considérant la troisième phase, on déduit :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ | = | $0^{mm},02$ | 0,05 | 0,10 | 0,20 |
| P | = | 240 | 280 | 420 | 455 |
| R | = | 1116 | 518 | 390 | 210 |
| $P_1'$ | = | 14 | 17 | 31 | 44 |
| $P_1$ | = | 765 | 370 | 338 | 240 |
| $\tau_1$ | = | 98 | 48 | 44 | 31 |

*Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1412) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25.$$

La courbe des pénétration $l$ accuse une ondulation vers 130 tours; l'avance se réduit, puis croît de nouveau et atteint 0,20 à 240 tours, fin de la deuxième

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

phase. La troisième phase ne laisse rien à désirer. Une amorce de la quatrième phase s'est produite entre 440et 480 tours. La courbe des $P_1'$ est assez accidentée,

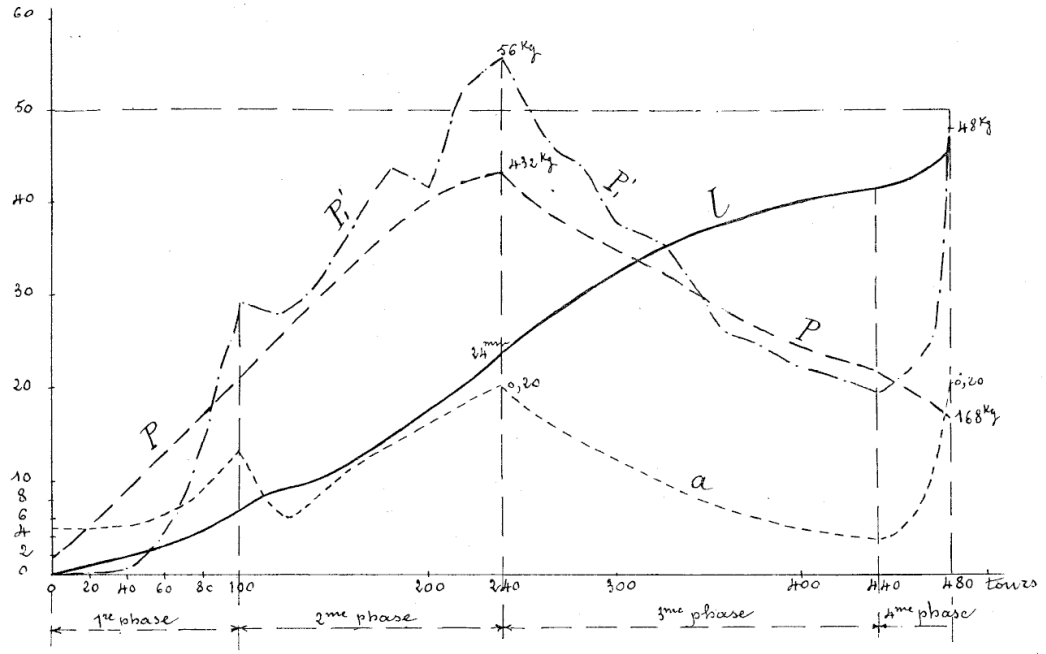



Fig. 1412. — Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 36$, $a_1 = 0^{mm},25$.

mais on y retrouve une allure générale qui permet de calculer les coefficients R' avec assez d'exactitude pendant la troisième phase :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ | = $0^{mm},05$ | 0,10 | 0,20 |
| P | = 250 | 330 | 432 |
| R | = 464 | 305 | 200 |
| $P_1'$ | = 24 | 36 | 56 |
| $R_1$ | = 520 | 394 | 306 |

La valeur de $P_1$ pour $a = 0,20$ ressort à ;

$$P_1 = 6,8 \qquad P_1' = 6,8 \times 56 = 381 \text{ kg.}$$

*Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1413) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25.$$

L'opération a donné une courbe régulière des pénétrations $l$ sur toute la profondeur 36 millimètres; les pressions P se sont produites progressivement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais les efforts $P_1'$ ont donné lieu dans la deuxième phase à des à-coups assez prononcés. Les variations ont accusé des différences de plus de 10 kilogrammes; nous avons noté les moyennes. Pour la troisième phase on obtient :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,08 | 0,10 | 0,14 |
| P = | 405 | 445 | 540 |
| R = | 405 | 356 | [310 |
| $P_1'$ = | 34 | 38 | 44 |
| $R_1$ = | 464 | 416 | 344 |

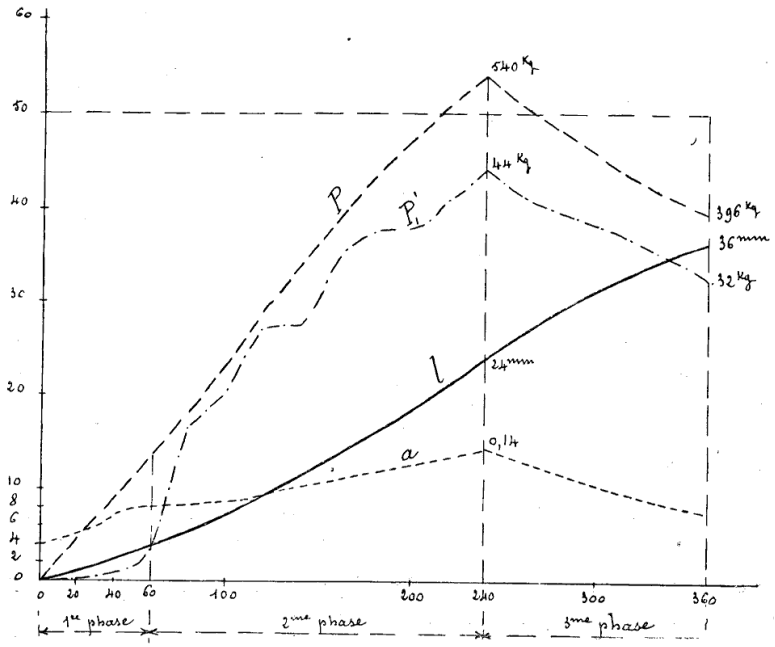



Fig. 1413. — Forage de fer soudé, dans le sens transversal, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret droit $d = 25$ mm., $n = 36$, $a_1 = 0^{mm},25$.

Les valeurs de R et de $R_1$ sont un peu plus élevées que celles du foret à pointe.

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1414-1415) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Les éprouvettes de cette série d'essais sous pressions constantes prolongées ont été débitées dans une même barre carrée de fer soudé recuit de 35 millimètres de côté. Nous avons opéré avec divers forets; le graissage se faisait à l'huile et en abondance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avec le foret hélicoïdal, nous avons débuté sous la pression de 500 kilogrammes, puis sous des pressions décroissant de 50 en 50 kilogrammes. De

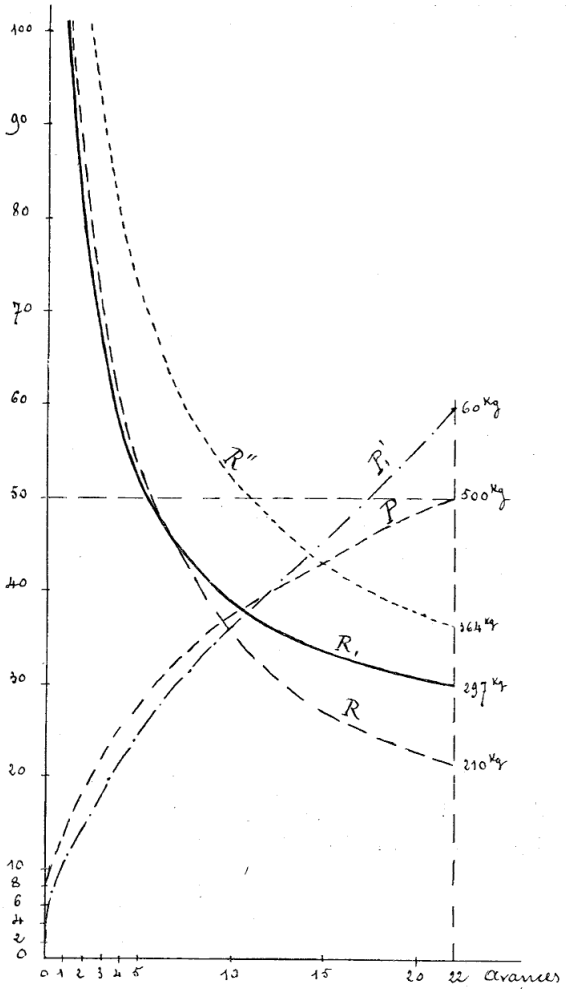



Fig. 1414. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

cette façon la prise de copeau s'est maintenue jusqu'à 80 kilogrammes, tandis que l'amorçage, en partant d'une pression plus faible, exigeait 150 kilogrammes. A la fin des opérations, la pièce était très chaude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les limites des pressions jusqu'à 500 kilogrammes, le trou n'étant pas profond de plus de 30 millimètres, le foret hélicoïdal n'a pas eu tendance à engager. Néanmoins, au-dessus de 300 kilogrammes, l'avance et par suite les efforts $P_1$ s'accroissent rapidement (fig. 1415), les courbes accusent une convexité

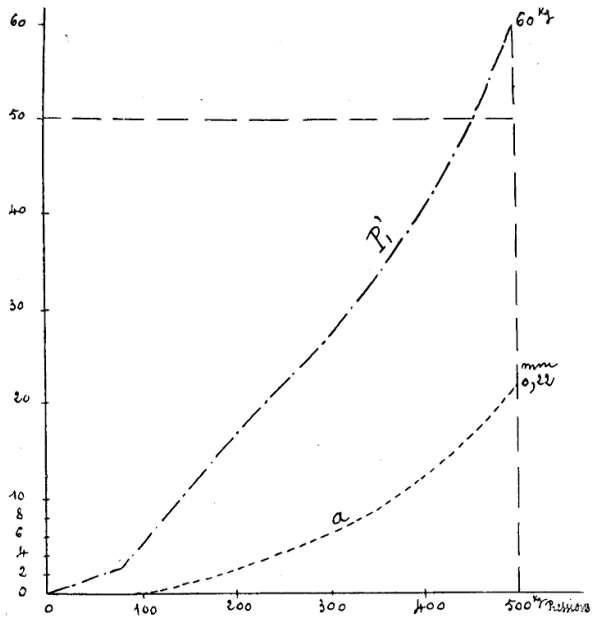



Fig. 1415. — Forage de fer, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

vers l'axe des abscisses. En prenant pour ces dernières les avances (fig. 1415), les courbes des P et des $P_1'$ ont une allure parabolique régulière.

Il ressort pour le foret hélicoïdal, les valeurs :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,22 |
| P = | 140 | 185 | 280 | 375 | 430 | 485 | 500 |
| R = | 1295 | 853 | 518 | 347 | 266 | 224 | 210 |
| $P_1'$ = | 11 | 14,5 | 24 | 36 | 45,5 | 56 | 60 |
| $R_1$ = | 1200 | 792 | 522 | 393 | 332 | 306 | 297 |
| $R''$ = | 1765 | 1170 | 735 | 524 | 425 | 379 | 364 |
| $\tau_1$ = | 156 | 103 | 67 | 51 | 43 | 40 | 38,5 |

$$R = 163 + \frac{13,9}{a}$$

$$R_1 = 252 + \frac{10,8}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1416-1417) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Avec des avances inférieures à 0,15, les efforts $P_1'$ oscillaient peu, mais au-dessus, il se produisait des à-coups prononcés. C'est ainsi que sous la pres-

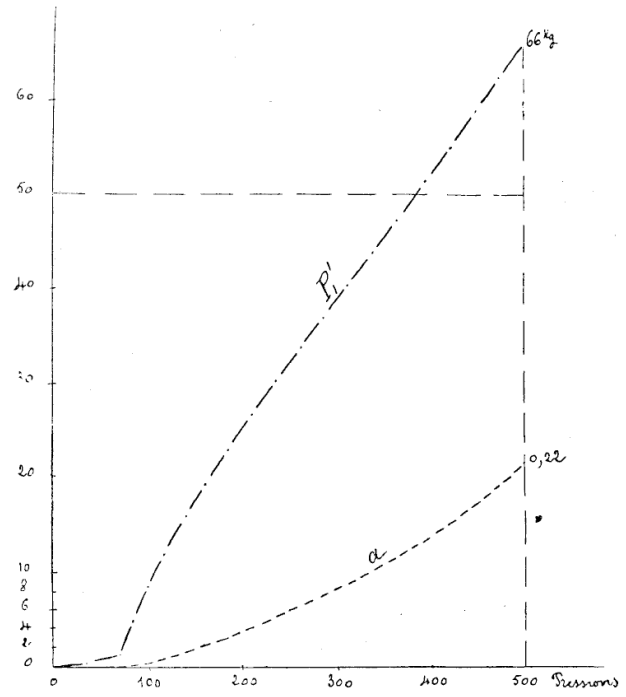



Fig. 1416. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

sion de 500 kilogrammes, avec avance de $0^{mm},22$, l'effort $P_1'$ variait de 62 à 70 kilogrammes. La pièce chauffait davantage qu'avec le foret hélicoïdal; les copeaux étaient arrachés, tandis que ceux du foret hélicoïdal étaient coupés et roulés. A la pression de 500 kilogrammes, les deux forets ont accusé la même avance de $0^{mm},22$, soit la même valeur de $R = 210$ kilogrammes, mais les efforts $P_1'$ étaient pour le foret hélicoïdal de 60 kilogrammes, et, pour le foret ordinaire, de 66 kilogrammes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On déduit pour :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,22 |
| P = | 120 | 154 | 230 | 330 | 420 | 480 | 500 |
| R = | 1110 | 711 | 425 | 305 | 260 | 222 | 210 |
| $P_1'$ = | 14 | 19 | 29 | 42 | 54 | 63,5 | 66 |
| $R_1$ = | 1564 | 1040 | 632 | 458 | 394 | 347 | 327 |
| $R''$ = | 1920 | 1260 | 762 | 550 | 472 | 412 | 389 |
| $\tau_1$ = | 213 | 135 | 82 | 59 | 51 | 45 | 42,5 |

$$R = 166 + \frac{10,9}{a}$$

$$R_1 = 270 + \frac{15,4}{a}.$$

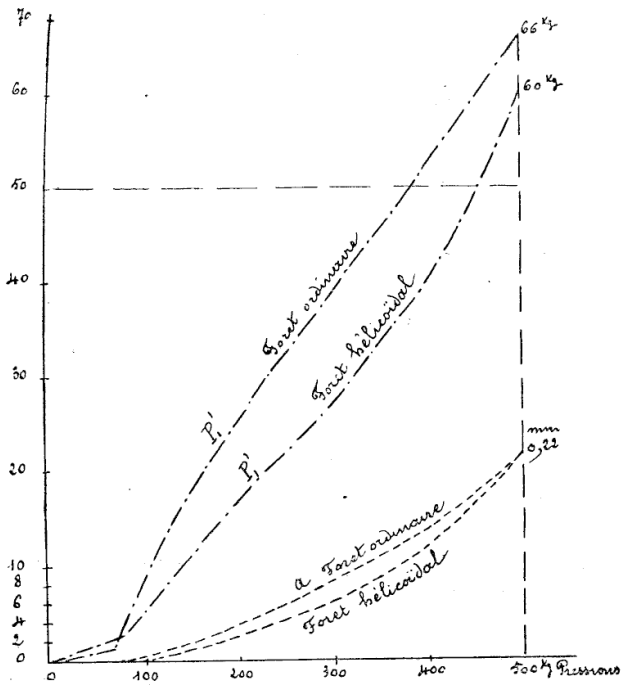



Fig. 1417. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal et foret à pointe ordinaire.

Les figures 1418-1419 montrent que, pour une même pression, l'avance $a$ est plus grande avec le foret ordinaire qu'avec le foret hélicoïdal ; mais, pour une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même avance, le foret ordinaire exige un plus grand effort $P_1'$ que le foret hélicoïdal, et cela dans les limites que font ressortir les nombres qui suivent :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $a$ = | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 |
| Foret ordinaire. . . . | R = | 1110 | 711 | 425 | 305 | 222 |
| | $R_1$ = | 1564 | 1040 | 632 | 458 | 347 |
| Foret hélicoïdal.. . . | R = | 1295 | 853 | 518 | 347 | 224 |
| | $R_1$ = | 1200 | 792 | 522 | 393 | 306 |

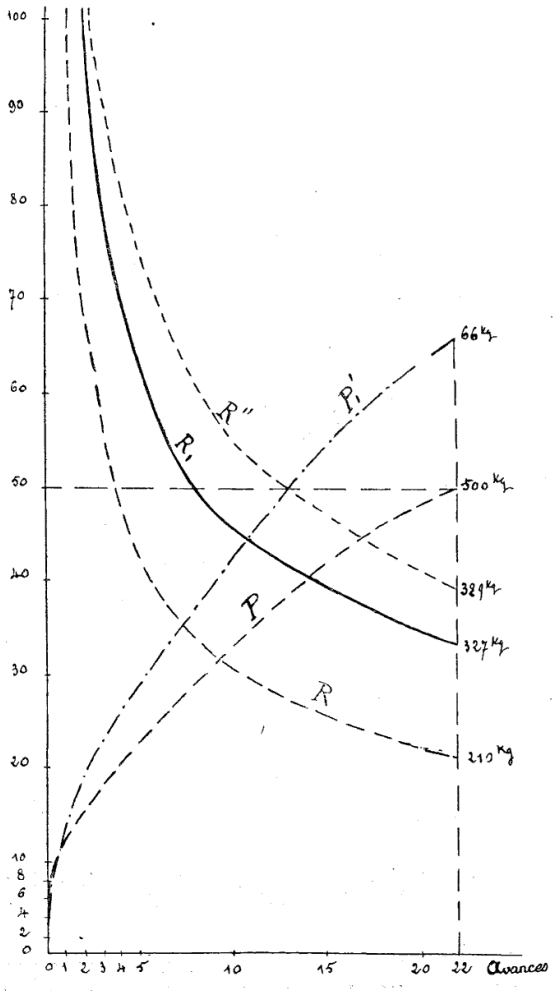



Fig. 1418. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foret hélicoïdal est surtout avantageux lorsque l'avance est grande; c'est

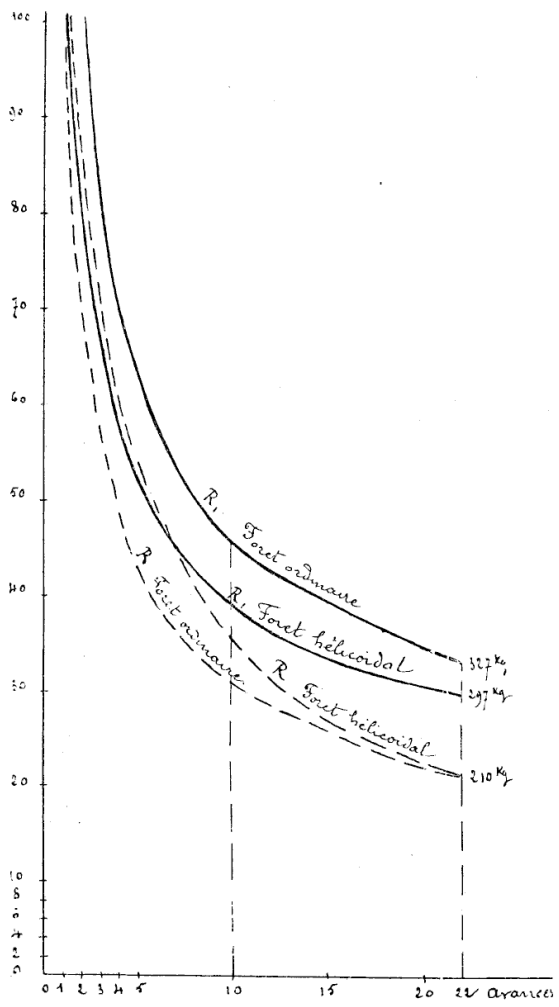



Fig. 1419. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal et foret ordinaire.

avec raison que la pratique donne la plus grande avance possible au foret hélicoïdal, et qu'elle a modifié les mécanismes de monte et baisse pour augmenter les avances dans une grande mesure et à volonté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Pièce percée d'un trou de 5 millimètres au préalable. Foret hélicoïdal* (fig. 1420) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80.$$

Les valeurs de P et celles de $P_1'$ accusent (fig. 1420) des courbes qui s'écartent peu de lignes droites. On déduit pour :

| $a =$ | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,30 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P = | 105 | 110 | 130 | 165 | 225 | 280 |
| R = | 1050 | 550 | 260 | 165 | 112 | 94 |
| $P_1' =$ | 6 | 9 | 18,5 | 33 | 61,5 | 86 |
| $R_1 =$ | 680 | 510 | 420 | 373 | 348 | 324 |
| $R'' =$ | 1250 | 750 | 494 | 408 | 365 | 337 |
| $\tau_1 =$ | 88 | 66 | 55 | 48 | 45 | 42 |

Les pressions sont très réduites et si on compare les coefficients R, pour :

| | $a =$ | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trou plein. . . . . | R = | 1295 | 863 | 518 | 347 | 224 |
| Trou évidé. . . . . | R = | 1050 | 550 | 260 | 165 | 112 |

soit, pour le trou évidé, des valeurs moins grandes de moitié que pour le trou plein.

Les valeurs de $R_1$, pour le trou évidé, sont aussi plus petites que pour le trou plein jusqu'à l'avance de $0^{mm},10$ dans les proportions suivantes :

| | $a =$ | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Trou plein. . . . . | $R_1 =$ | 1200 | 792 | 522 | 393 | 306 |
| Trou évidé. . . . . | $R_1 =$ | 680 | 510 | 420 | 373 | 348 |

La quotité afférente à la pointe pour l'avance, de $0^{mm},20$, en ce qui concerne la pression, serait de

$$485 - 225 = 260 \text{ kg.}$$

c'est-à-dire que le trou de 5 millimètres, percé au préalable, exigerait une pression de 260 kilogrammes avec ce foret, soit

$$p = \frac{260}{5} = 52 \text{ kg.}$$

tandis que, dans le trou plein de 25 millimètres, la pression moyenne :

$$p = \frac{485}{25} = 19,4 \text{ kg.}$$

et, dans le trou évidé,

$$p = \frac{225}{20} = 11,25 \text{ kg.}$$

On peut ainsi apprécier la grande pression qu'exige la pointe par unité de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longueur de tranchant. Or, avec les forets de gros diamètre : 50 millimètres et

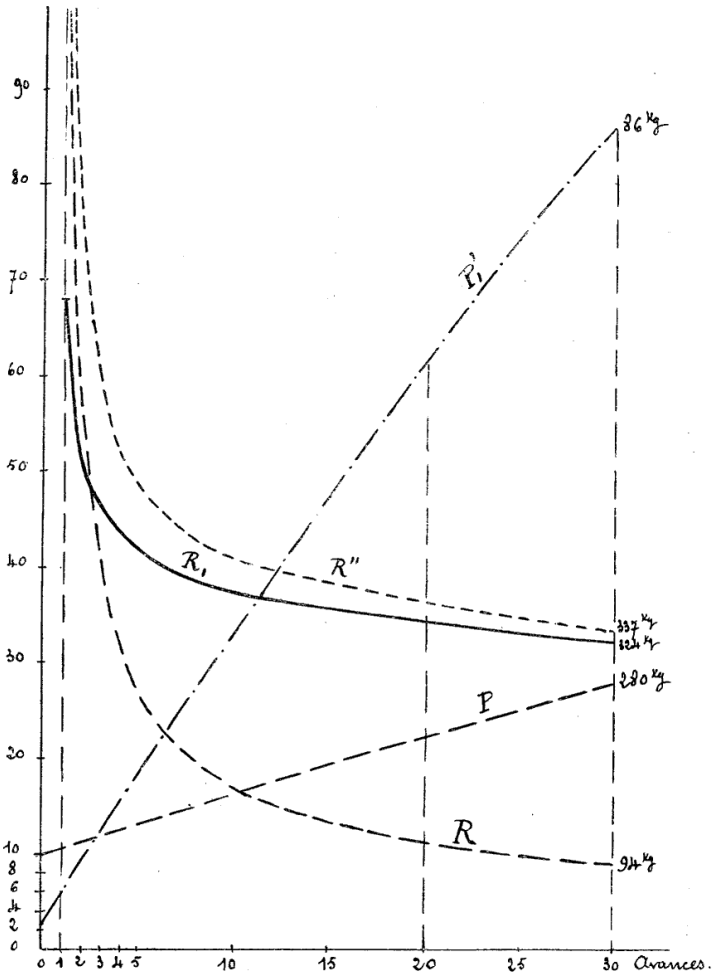



Fig. 1420. — Forage de fer, soudé, sous pressions constantes prolongées. Pièce percée d'un trou de 5 mm. au préalable. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi$ 120°, $n = 80$.

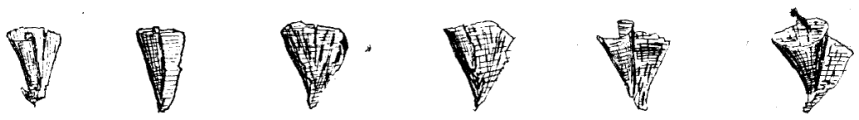


Fig. 1421. — Copeaux de fer avec foret hélicoïdal de 25 mm. Pièce percée d'un trou de 5 mm.

au delà, l'arête extrême est en rapport avec le diamètre, de même que la pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui l'affecte. C'est avec raison qu'on évite les fortes pressions par le forage d'un avant-trou.

Les copeaux se coupent mieux ; ils affectent les formes fig. 1421.

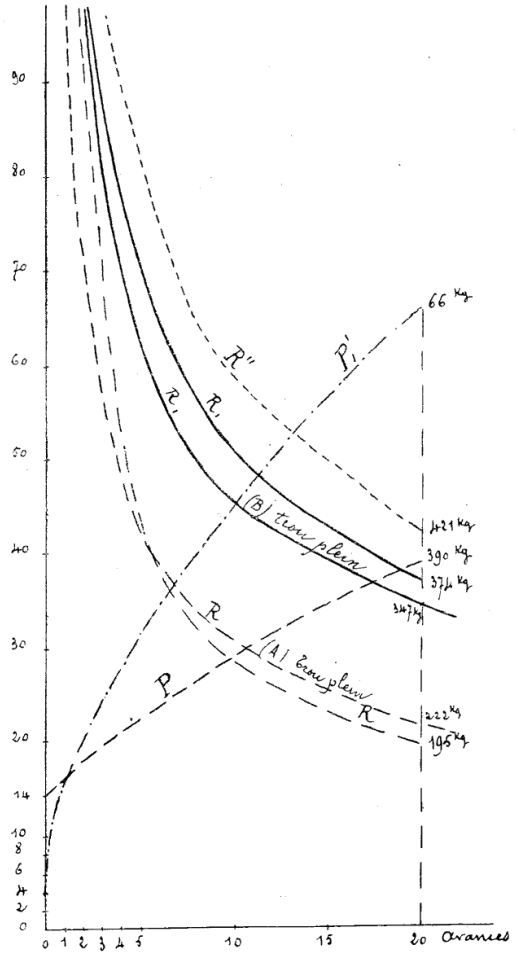



Fig. 1422. — Forage de fer, sous pressions constantes prolongées.
Pièce percée d'un avant-trou de 5 mm. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Pièce percée d'un avant-trou de 5 millimètres.* Foret à pointe (fig. 1422) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 80.$$

Jusqu'à 240 kilogrammes, l'opération se fait d'une façon un peu défectueuse,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en ce sens que la surface du trou est ondulée; néanmoins les résultats sont très concordants et donnent des courbes régulières pour les P et les $P'_1$. On obtient pour :

| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| P = | 160 | 180 | 220 | 285 | 345 | 390 |
| R = | 1600 | 900 | 440 | 285 | 230 | 195 |
| $P_1'$ = | 15 | 20 | 31 | 45 | 57 | 66 |
| $R_1$ = | 1700 | 1138 | 702 | 510 | 428 | 374 |
| $R''$ = | 2335 | 1445 | 830 | 584 | 486 | 421 |
| $\tau_1$ = | 221 | 146 | 91 | 66 | 55 | 48 |

Avec le trou plein, on a trouvé :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R = | 1110 | 711 | 425 | 305 | 260 | 222 |
| $R_1$ = | 1564 | 1040 | 632 | 458 | 394 | 347 |

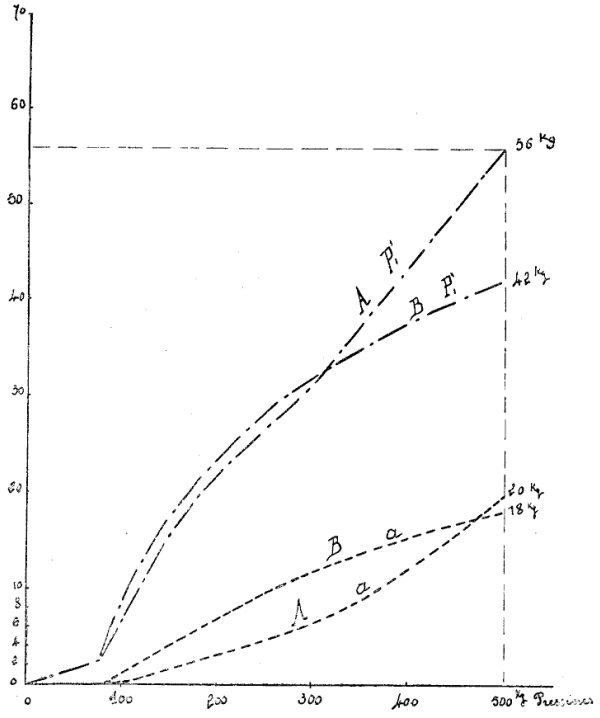



Fig. 1423. — Forage de fer, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

En considérant les avances à partir de 0mm,10, on voit que les valeurs de R sont supérieures pour le trou plein; les valeurs de $R_1$, trou plein, restent inférieures à celles du trou évidé, ce qui concorde avec les résultats déjà acquis. Les courbes A et B (fig. 1422), se rapportent au trou plein.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avec le foret à pointe, il y aurait avantage à opérer sans avant-trou si la machine est assez robuste.

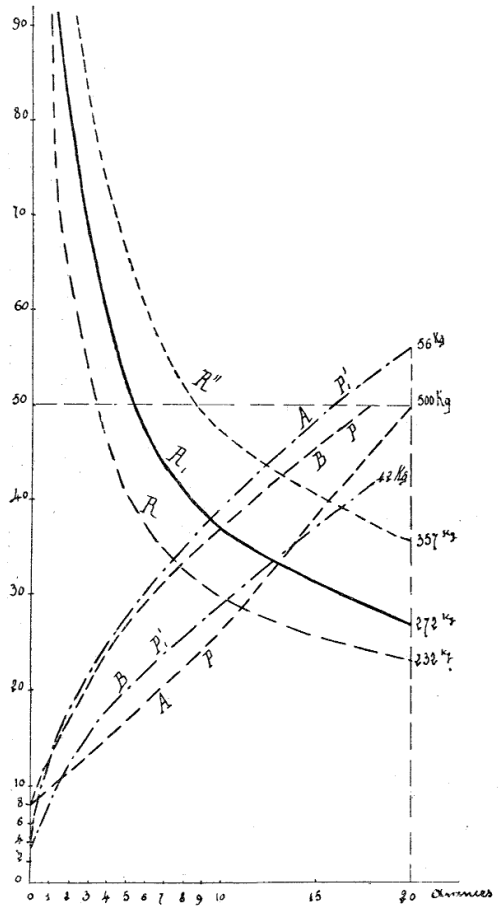



Fig. 1424. — Forage de fer, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchants brisés* (fig. 1423-1425) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 89.$$

Nous avons fait deux séries d'opérations : en faisant progresser la pression, puis en la faisant dégresser.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons ainsi constaté des différences sensibles marquées par les écartements des courbes A et B pour les avances $a$ et pour les efforts $P'_1$ (fig. 1423), dont les abscisses sont les pressions P.

De même (fig. 1424), les deux séries de résultats sont indiquées par les courbes des pressions P et des efforts $P'_1$.

Ces différences doivent être attribuées à la tendance du foret à engager, aux frottements latéraux qui étaient assez faibles avec ce foret, au bourrage que produisent les petits copeaux des tranchants qui avoisinent la pointe et dont l'ex-



Fig. 1425.

pulsion complète ne se fait pas aussi facilement que les copeaux des tranchants de plus grande largeur.

Le copeau mince ($0^{mm},015$ d'avance) accuse par un plissement la trace de la pointe intermédiaire de chaque tranchant; dans les copeaux plus épais ($0^{mm},08$ d'avance), chaque partie du copeau est séparée en affectant les formes fig. 1425.

Les courbes A correspondent aux pressions décroissantes ; les courbes B, aux pressions croissantes.

Encore une fois, il n'y a pas lieu de s'étonner de ces anomalies dans de tels essais.

Pour le calcul de R et de $R_1$, nous avons tablé sur les valeurs moyennes de P et de $P'_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soit pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |
| P = | 110 | 140 | 220 | 320 | 420 | 500 |
| R = | 1018 | 648 | 410 | 295 | 258 | 232 |
| $P_1'$ = | 10 | 15 | 24 | 34 | 43 | 50 |
| $R_1$ = | 1090 | 820 | 522 | 371 | 313 | 272 |
| R'' = | 1490 | 1040 | 664 | 474 | 406 | 357 |
| $\tau_1$ = | 142 | 107 | 68 | 48 | 41 | 35 |

Si nous comparons les valeurs de R et de $R_1$ du foret hélicoïdal ordinaire, nous avons trouvé pour celui-ci :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R = | 1295 | 853 | 518 | 347 | 266 | 224 kil. |
| $R_1$ = | 1200 | 792 | 522 | 393 | 332 | 306 |

Celles du foret à tranchant brisé sont un peu inférieures.

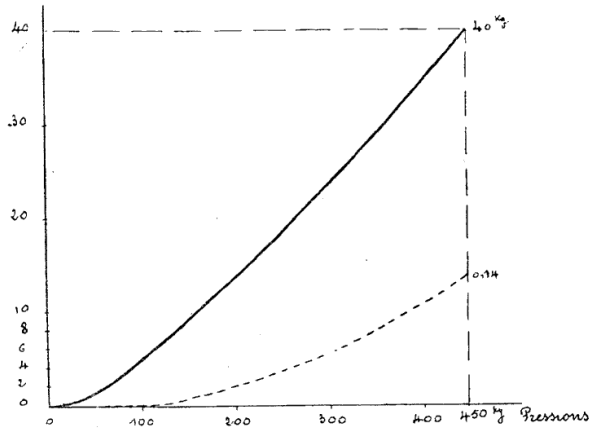



Fig. 1426. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 18$ mm., $\Phi = 100°$, $n = 80$.

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchants brisés* (fig. 1426-1427) :

$$d = 18^{mm} \qquad \Phi = 100° \qquad n = 80.$$

Ce foret a donné pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,14 |
| P = | 120 | 185 | 288 | 385 | 450 |
| R = | 1536 | 1180 | 738 | 492 | 410 |
| $P_1'$ = | 7,5 | 12 | 21 | 32,5 | 40 |
| $R_1$ = | 1575 | 1260 | 880 | 685 | 600 |
| R'' = | 2200 | 1730 | 1150 | 844 | 726 |
| $\tau_1$ = | 210 | 164 | 114 | 110 | 78 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les valeurs de R et de $R_1$ sont notablement plus grandes que celles du foret qui précède. Il faut noter que ce foret frottait très fort latéralement, la pièce s'échauffait beaucoup ; néanmoins, l'affûtage était frais, les tranchants étaient bien aiguisés. C'est un nouvel exemple des grandes variations que l'on peut constater avec les forets, selon leur constitution et les divers aléas des opérations. Le foret à tranchant brisé est plus fragile que le foret ordinaire; les

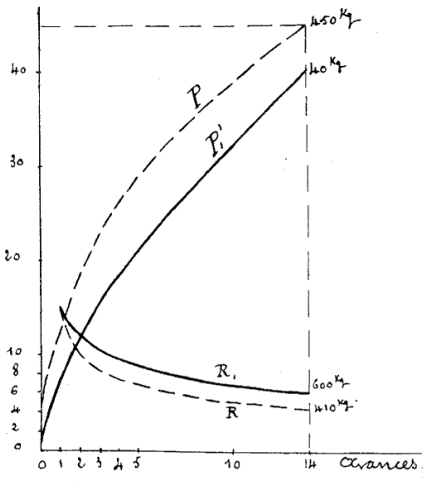



Fig. 1427 — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal à tranchants brisés $d = 18$ mm., $\Phi = 100$, $n = 80$.

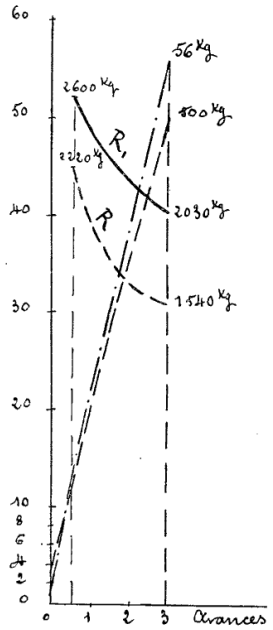



Fig. 1428. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret à deux biseaux $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

copeaux se dégagent moins bien, l'enroulement se fait avec plus de difficulté ; les parcelles ne tardent pas à produire l'engorgement, et si les trous sont profonds les ruptures sont fréquentes. C'est pourquoi les foreurs, bons juges en leur choix, préfèrent le modèle plus simple à une gorge, particulièrement pour la fonte et l'acier coulé, car, avec ces métaux, les pièces présentent encore trop souvent des soufflures qui déterminent un engagement latéral et la rupture.

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret à deux biseaux* (fig. 1428) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 80.$$

Toujours à titre de comparaison, nous avons essayé le foret à double biseau dans du fer. Le métal s'arrache avec difficulté ; la pièce et le foret chauffent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très fort ; il faut de grandes pressions. Ainsi, à 500 kilogrammes, l'avance est seulement de $0^{mm},03$ tandis qu'avec le foret ordinaire, l'avance était de $0^{mm},22$.

Il s'ensuit que les valeurs de R sont très grandes ; celles de $R_1$ le sont aussi.

| $a$ = | $0^{mm},005$ | 0,01 | 0,02 | 0,03 |
|---|---|---|---|---|
| P = | 120 | 210 | 350 | 500 |
| R = | 2220 | 1940 | 1620 | 1540 |
| $P_1'$ = | 12 | 22 | 40 | 56 |
| $R_1$ = | 2600 | 2400 | 2180 | 2030 |

*Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1429) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

Il a fallu multiplier les opérations, à cause des à-coups qui se produisaient ; nous avons adopté les moyennes de $a$, P, et $P_1'$ On déduit pour :

| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,14 |
|---|---|---|---|---|---|
| P = | 160 | 200 | 295 | 420 | 500 |
| R = | 1200 | 800 | 470 | 336 | 286 |
| $P_1'$ = | 18 | 23 | 32 | 42 | 48 |
| $R_1$ = | 1960 | 1260 | 700 | 460 | 374 |
| R'' = | 2340 | 1490 | 843 | 570 | 471 |
| $\tau_1$ = | 255 | 164 | 92 | 60 | 48,5 |

$$R = 220 + \frac{11,6}{a}$$

$$R_1 = 260 + \frac{20}{a}.$$

Le foret à pointe a donné :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| R = | 1110 | 711 | 425 | 305 | 268 |
| $R_1$ = | 1564 | 1040 | 632 | 458 | 405 |

Sous la pression de 500 kilogrammes le foret ordinaire possédait une avance de $0^{mm},22$.

En rapprochant les valeurs générales de R et de $R_1$ pour les trois modèles courants de forets, on peut adopter, comme moyenne, pour le fer soudé de bonne qualité courante :

$$R = 180 + \frac{12}{a},$$

$$R_1 = 250 + \frac{15}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Comparaison des énergies de forage et de poinçonnage.** — L'énergie

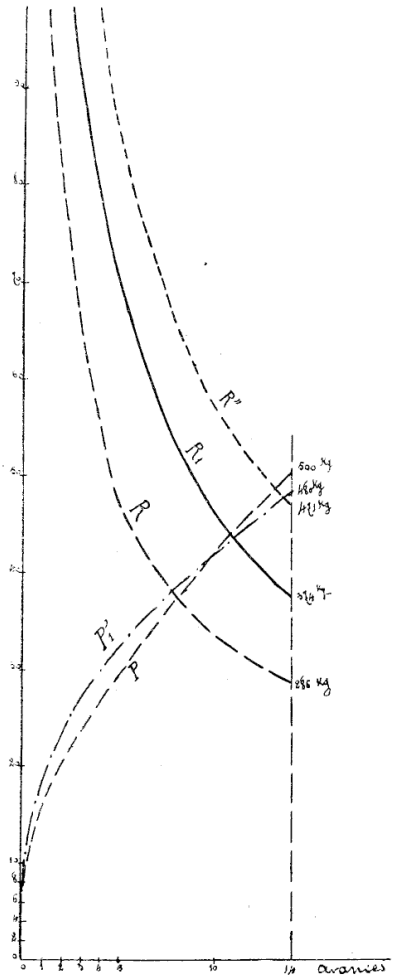



Fig. 1429. — Forage de fer soudé, sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

à dépenser, par millimètre cube, en kilogrammètres, pour le forage du fer soudé, serait en moyenne de :

$$\tau_1' = \frac{R_1}{1\,000} = 0{,}250 + \frac{15}{1\,000\,a}$$

Pour :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a_1 =$ | $0^{mm},05$ | 0,10 | 0,20 |
| $\tau_1' =$ | $0^{kgm},750$ | 0,400 | 0,325 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Or, si nous comparons ces valeurs à celles du poinçonnage dans les conditions ordinaires, en appliquant la relation :

$$\tau = 50\ a^2 d \text{ kilogrammillimètres.}$$

soit :

$$\tau_1' = \frac{4\,\tau}{\pi\,d^2\,a} = \frac{4 \times 50 \times a^2\,d}{3{,}14\,d^2\,a} = \frac{200\,a}{3{,}14\,d}$$

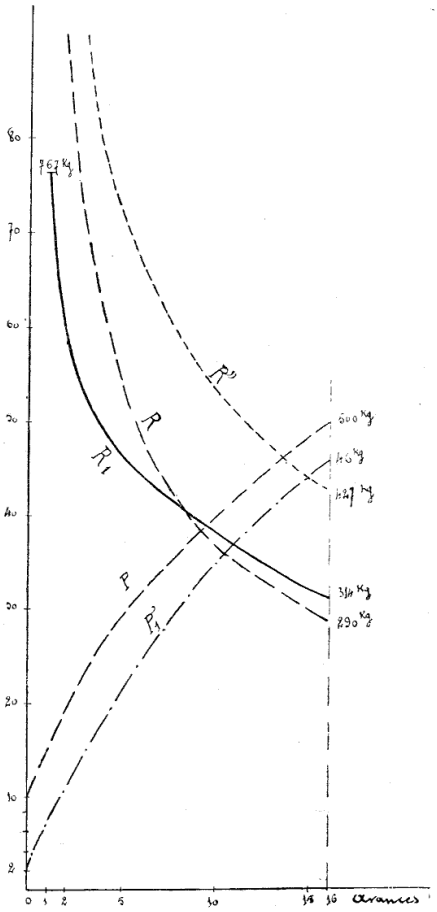



Fig. 1430. — Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

il vient, pour une épaisseur $a = 15$ millimètres et un diamètre $d = 25$ millimètres :

$$\tau_1' = \frac{200 \times 15}{3{,}14 \times 25} = 32 \text{ kgmm.} = 0{,}032 \text{ kilogrammètre.}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

valeur dix fois moindre que celle du forage sous avance de $0^{mm},20$ et plus de vingt fois moindre sous avance de $0^{mm},05$.

On conçoit très bien que la division de la matière en copeaux de forage exige beaucoup plus d'énergie que l'expulsion du métal sous forme de débouchure.

On peut même être étonné de ce que la différence ne soit pas plus grande (1).

**Forage de fer fondu**, *sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1430) : $d = 25^{mm}$ $\Phi = 120$ $n = 80$.

Le fer fondu forgé, plus homogène que le fer soudé, se fore beaucoup mieux. Les copeaux se développent bien, sont tenaces, élastiques ; les efforts $P'_1$ varient beaucoup moins pendant chaque opération.

Le foret hélicoïdal a néanmoins toujours tendance à engager lorsque les avances s'accusent ; il s'amorce plus difficilement qu'avec le fer soudé ; nous avons relevé des pressions de 200 kilogrammes avant que la prise de copeau se fît ; mais, quand l'effort décroît, le foret étant en prise, celle-ci se maintient jusqu'à environ 100 kilogrammes. Ce foret a donné pour :

| $a =$ | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,16 |
|---|---|---|---|---|---|
| $P =$ | 140 | 190 | 290 | 400 | 500 |
| $R =$ | 1300 | 880 | 538 | 370 | 290 |
| $P_1' =$ | 7 | 11 | 21 | 35 | 46 |
| $R_1 =$ | 767 | 600 | 460 | 382 | 314 |
| $R'' =$ | 1490 | 1065 | 721 | 532 | 427 |
| $\tau_1 =$ | 99 | 78 | 60 | 50 | 41 |

$$R = 244 + \frac{12,8}{a},$$

$$R_1 = 308 + \frac{5,45}{a}.$$

*Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1431) : $d = 25^{mm}$ $\Phi = 120^{\circ}$ $n = 80$.

La pièce a chauffé un peu plus qu'avec le foret hélicoïdal, les résultats sont analogues. Pour :

| $a =$ | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,13 |
|---|---|---|---|---|---|
| $P =$ | 180 | 230 | 350 | 480 | 500 |
| $R =$ | 1660 | 1060 | 646 | 445 | 356 |
| $P_1' =$ | 18 | 23 | 41 | 59 | 66 |
| $R_1 =$ | 1960 | 1260 | 895 | 644 | 553 |
| $R'' =$ | 2570 | 1645 | 1100 | 723 | 657 |
| $\tau_1 =$ | 255 | 164 | 116 | 84 | 72 |

$$R = 295 + \frac{15,3}{a},$$

$$R_1 = 490 + \frac{15,3}{a}.$$

(1) Notons que si, pour le bois, le forage en bout est plus résistant que le forage en travers des fibres, nous n'avons pas constaté de différence appréciable dans le fer misé, quel que soit le sens de la coupe par rapport aux fibres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour $a = 0^{mm},13$, la valeur de $P_1 = 6,8$, $P_1' = 6,8 \times 66 = 450$ kilogrammes.

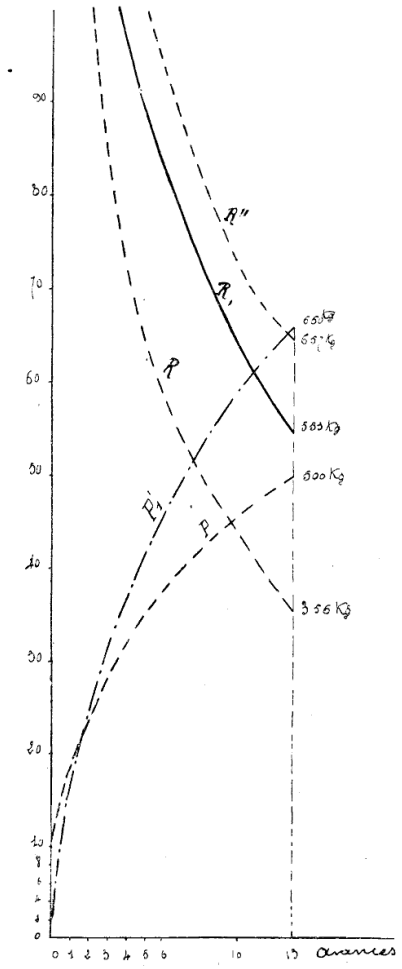



Fig. 1431. — Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

*Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe avec gorge* (fig. 1432) :

$$d = 25^{mm} \quad \Phi = 120° \quad n = 80.$$

Ce foret a donné des copeaux roulés qui se dégageaient bien quand le trou n'était pas trop profond (fig 1433).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pièce était très chaude à la fin des opérations dont les résultats sont, pour:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,16 |
| P = | 140 | 170 | 240 | 370 | 500 |
| R = | 1300 | 788 | 444 | 343 | 290 |
| $P_1'$ = | 11 | 18 | 30 | 45 | 62 |
| $R_1$ = | 1200 | 980 | 653 | 490 | 422 |
| R'' = | 1770 | 1260 | 790 | 598 | 512 |
| $\tau_1$ = | 156 | 127 | 85 | 64 | 55 |

$$R = 235 + \frac{11,1}{a}, \qquad R_1 = 370 + \frac{12,2}{a}.$$

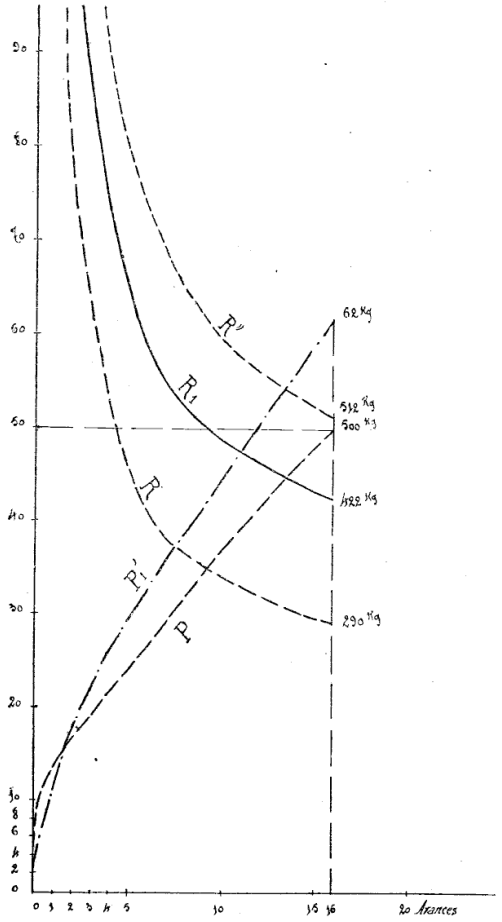



Fig. 1432. — Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe avec gorge $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées. Pointe carrée* (fig. 1434) :

$$d = 22^{mm} \quad N = 80^{o} \quad P = 500^{kg} \quad n = 80.$$

Nous avons opéré avec la pointe carrée ayant servi pour le laiton (fig. 1303).

Jusqu'à 2 millimètres de profondeurs nous avons amorcé le trou pour ne pas risquer de briser la pointe sous la charge adoptée, 500 kilogrammes.

Tous les 100 tours au début de l'opération, puis tous les 500 tours ensuite, jusqu'à 3000 tours, nous avons relevé directement la profondeur.

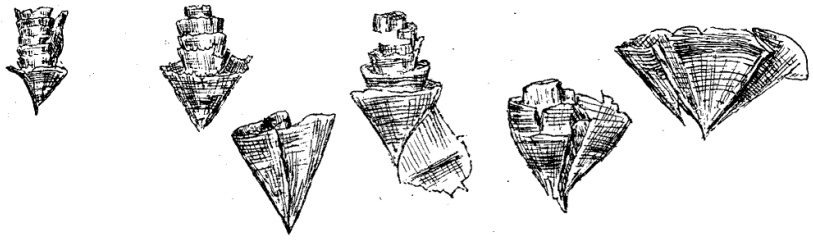


Fig. 1433.

Il a fallu 2330 tours pour obtenir la pénétration complète : 14 millimètres, qui correspond à la première phase. A 3000 tours, la pénétration s'élevait à $16^{mm},4$, soit une avance constante pendant la deuxième phase égale à :

$$\frac{16,4 - 14}{3000 - 2330} = \frac{2,4}{670} = 0^{mm},0036.$$

On déduit encore :

$$p' = \frac{500}{2 \times 22} = \frac{500}{44} = 11^{kg},36$$

$$R = \frac{p'}{e} = \frac{4\ d}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{4 \times 11,36}{0,0036 \times 0,64} = 19800 \text{ kg.}$$

$$R_1 = \frac{8\ P_1'\ L}{a\ d^2} = 1,41\ \frac{P_1'}{a} = \frac{1,41 \times 18}{0,0036} = 7050 \text{ kg.}$$

L'énergie par millimètre cube de fer serait de :

$$\tau_1 = 7^{kgm},05$$

et celle par gramme :

$$\tau_1 = \frac{7\,050}{7,7} = 918 \text{ kgm.}$$

Ces nombres montrent combien sont élevés les coefficients de grattage du fer fondu. Les parcelles métalliques étaient très petites, formant de la boue avec l'huile ; sur celle-ci, surnageait une couche de particules divisées à l'extrême caractérisant du fer enlevé par usure plutôt que par coupe ou grattage. Comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec le laiton, la pointe de l'outil ne s'est pas émoussée; le sommet du cône était très net; les tranchants étaient encore assez bien avivés à la fin de l'opération, qui a exigé environ 30 minutes pour la première phase, sans compter les pertes de temps pour les mesures. Avec un foret, il suffirait de deux ou trois minutes pour obtenir le même résultat et tout en modérant la pression.

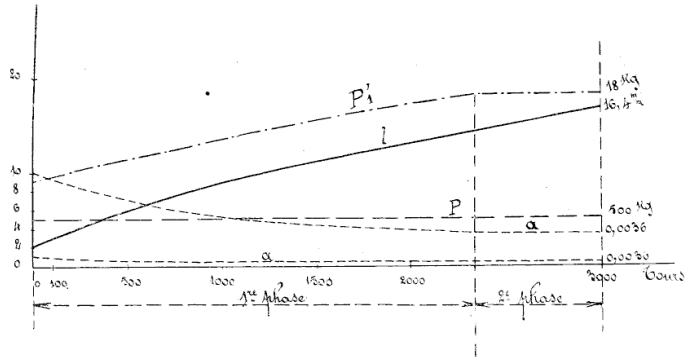



Fig. 1434. — Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées.
Pointe carrée $d = 22$ mm., $\Phi = 80°$, $n = 80$, $P = 500$ kilog.

*Forage de fer fondu, sous pressions constantes polongées. Foret droit* (fig. 1435-1436) :

$$d = 25^{mm} \quad n = 80.$$

L'avance sous la pression maximum de 500 kilogrammes ne s'est élevée qu'à $0^{mm},10$. Les courbes des pressions P et des efforts $P_1'$ présentent des inflexions prononcées.

On déduit pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 |
| P = | 200 | 220 | 300 | 500 |
| R = | 1600 | 880 | 500 | 400 |
| $P_1'$ = | 15 | 19 | 27 | 50 |
| $R_1$ = | 1640 | 1030 | 590 | 545 |
| $R''$ = | 2290 | 1350 | 770 | 676 |
| $\tau_1$ = | 216 | 134 | 77 | 71 |

$$R = 280 + \frac{12}{a},$$

$$R_1 = 424 + \frac{12,12}{a}.$$

La fig. 1436 permet de comparer les valeurs de $R_1$, pour les quatre forets considérés dans ces séries d'essais du fer fondu. Le foret hélicoïdal est de beaucoup supérieur aux autres. Les moyennes générales des valeurs de R et de $R_1$ peuvent être prises égales à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$$R = 250 + \frac{12}{a},$$

$$R_1 = 400 + \frac{12}{\alpha}.$$

Elles sont sensiblement plus élevés que celles du fer soudé, par suite de la

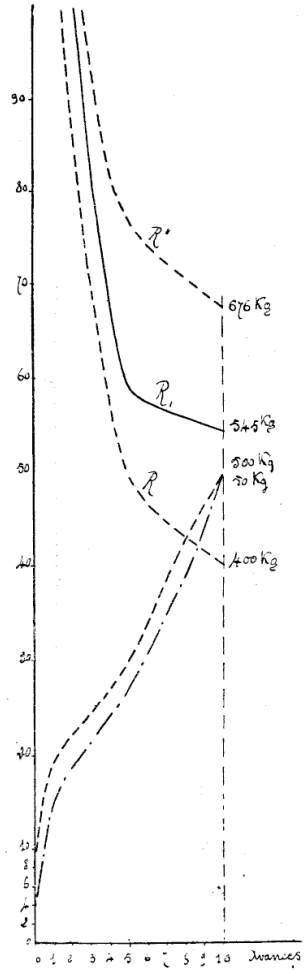



Fig. 1435. — Forage de fer fondu, sous pressions constantes prolongées. Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

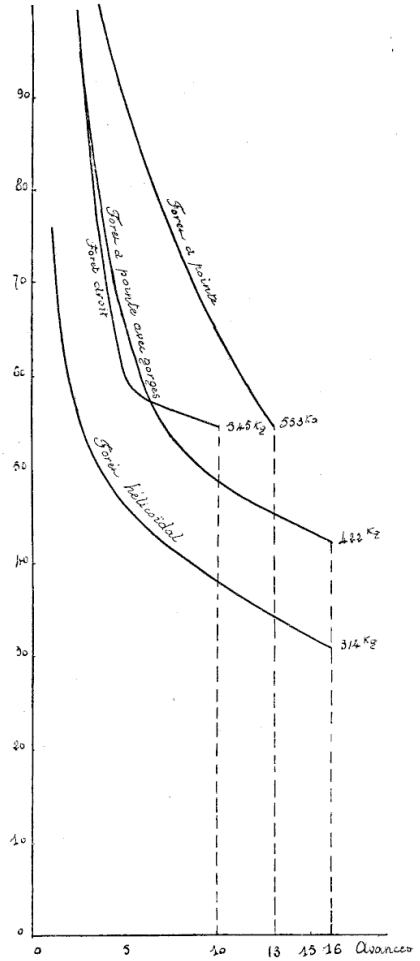



Fig. 1436. — Forage de fer fondu sous pressions constantes prolongées. Coefficients de coupe $R_1$ des divers forets.

grande ductilité du fer fondu qui ne se coupe bien que si les angles de coupe $\alpha$ des outils sont assez inférieurs à 90°, sinon le métal à tendance à se dérober, à



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se refouler dans la masse particulièrement si les avances sont petites. Pour peu que les tranchants s'émoussent, les pressions P augmentent dans une très grande mesure; on ne peut même produire la coupe, le métal refoule ou est arraché par petits fragments. Il importe d'affûter le foret, sinon la foreuse fatigue beaucoup, la courroie tombe.

**Forage d'acier fondu** *à outils, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal* (fig. 1437).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 36$ $a_1 = 0^{mm},25$

Les diverses éprouvettes de ces séries d'essais avec de l'acier fondu à outils

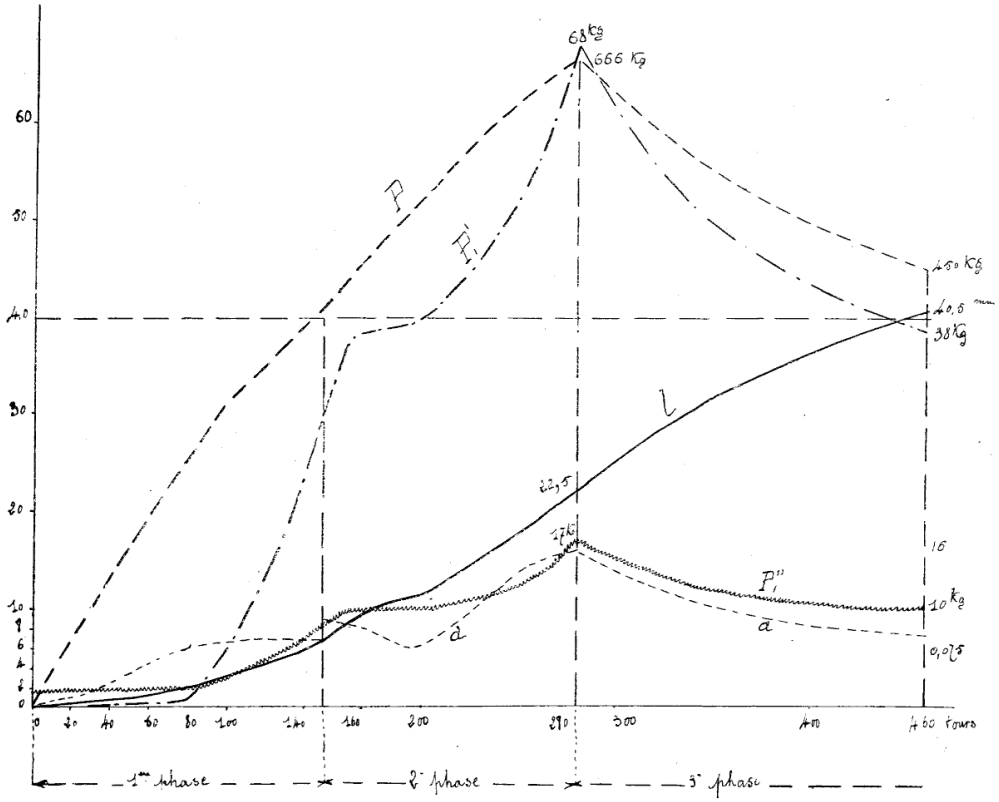



Fig. 1437. — Forage d'acier à outils, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$ $n = 36$.

ont été débitées dans une barre carrée de 45 millimètres de côté. C'était un acier fondu de bonne qualité pour outils de tour.

Le foret hélicoïdal a commencé à pénétrer après une quarantaine de tours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sous une pression d'environ 140 kilogrammes. La première phase a comporté 150 tours; la deuxième phase a accusé une perturbation entre 170 et 200 tours, puis l'opération s'est continuée avec régularité jusqu'à 460 tours, le trou ayant alors 40mm,5 de profondeur. Les copeaux se sont toujours bien roulés,

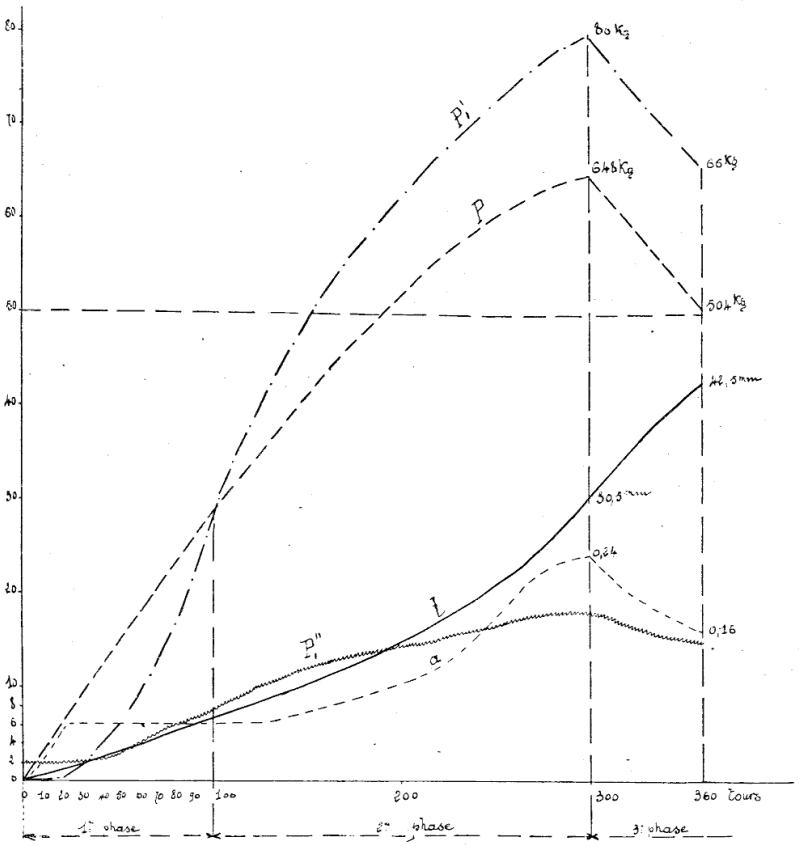



Fig. 1438. — Forage d'acier à outil, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 36$.

bien dégagés tout en chauffant beaucoup, indice de la grande ténacité du métal.

Nous avons reporté sur la fig. 1437 les valeurs de $P''_1$ relatives au diagramme du dynamomètre de commande. On déduit de la troisième phase pour :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,08 | 0,10 | 0,16 |
| P = | 480 | 540 | 666 |
| R = | 556 | 500 | 385 |
| $P_1'$ = | 44 | 48 | 68 |
| $R_1$ = | 600 | 523 | 464 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage d'acier fondu à outils, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret à pointe* (fig. 1438) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25$$

A 100 tours le foret est entièrement engagé sous une pression de 280 kilogrammes avec avance de $0^{mm},06$. La deuxième phase a lieu de 100 à 300 tours, le foret est, à ce moment, engagé de $30^{mm},5$. A 280 tours, la pénétration totale du foret était de 26 millimètres tandis que celle du foret hélicoïdal était de $22^{mm},5$.

A la fin de l'opération, la profondeur totale $42^{mm},5$ avait exigé 360 tours, tandis qu'avec le foret hélicoïdal, les conditions de marche étant à très peu près les mêmes, il a fallu 460 tours pour une pénétration finale de $40^{mm},5$. Des deuxième et troisième phases, en prenant les valeurs moyennes de P et de $P'_1$, on déduit pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},06$ | 0,10 | 0,20 | 0,24 |
| P = | 340 | 510 | 620 | 648 |
| R = | 524 | 470 | 287 | 249 |
| $P_1'$ = | 38 | 61 | 74 | 80 |
| $R_1$ = | 690 | 664 | 404 | 363 |
| $R''$ = | 866 | 813 | 495 | 440 |
| $\tau_1$ = | 92 | 89 | 54 | 48 |

$$R = 182 + \frac{20,3}{a},$$

$$R_1 = 276 + \frac{25}{a}.$$

*Forage d'acier fondu à outils, sous pressions croissantes, puis décroissantes. Foret droit* (fig. 1439) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 36 \qquad a_1 = 0^{mm},25$$

Les pénétrations sont analogues à celles du foret hélicoïdal pendant les diverses phases, mais les pressions sont plus élevées, de même que les effets $P_1'$ qui variaient en accusant des oscillations de 5 à 10 kilogrammes et même 15 kilogrammes.

On déduit pendant la troisième phase pour :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},06$ | 0,10 | 0,12 |
| P = | 460 | 700 | 768 |
| R = | 615 | 560 | 510 |
| $P_1'$ = | 46 | 72 | 80 |
| $R_1$ = | 836 | 782 | 725 |
| $R''$ = | 1030 | 962 | 886 |
| $\tau_1$ = | 116 | 104 | 96 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous indiquons ci-après les valeurs générales de R et de $R_1$ en considérant les essais, plus précis, sous pressions constantes prolongées.

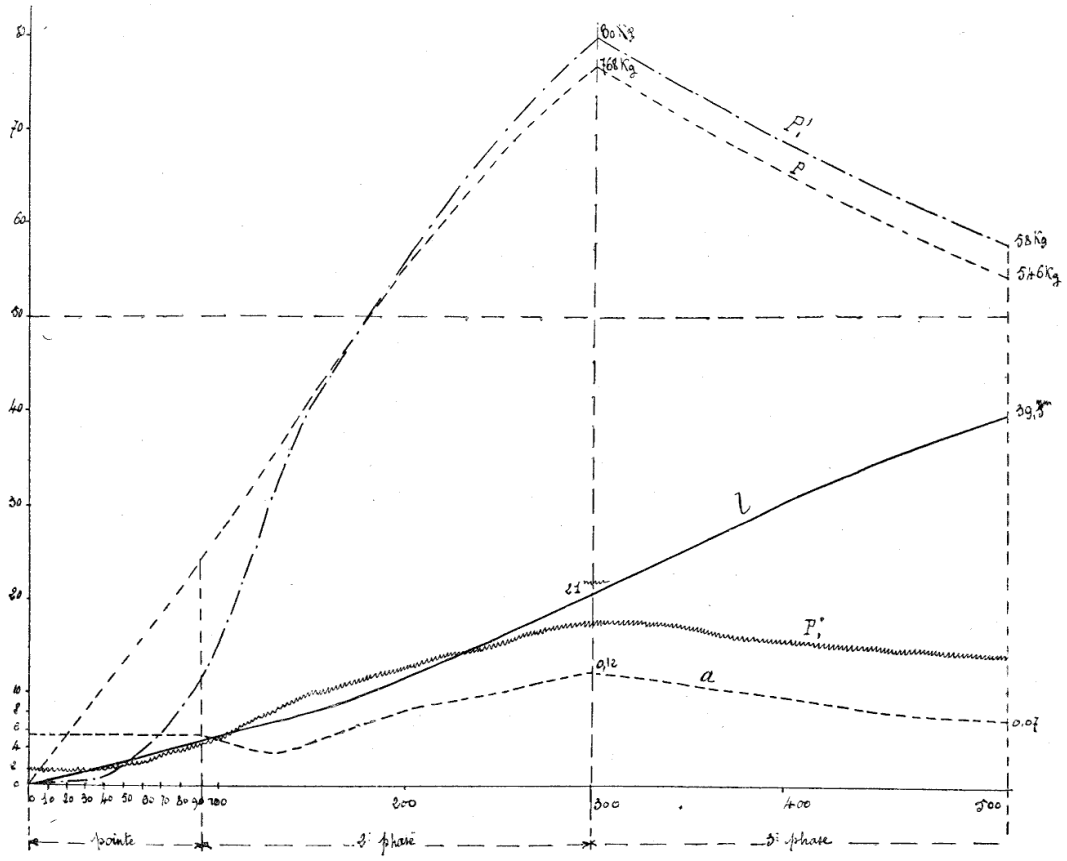



Fig. 1439. — Forage d'acier à outils, sous pressions croissantes, puis décroissantes.
Foret droit ordinaire $d = 25$ mm., $\Phi = 180°$, $n = 36$.

**Forage d'acier à outils**, *sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1440) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120° \qquad n = 80$$

La pression maximum 500 kilogrammes a donné une avance de $0^{mm},08$ seulement; néanmoins les formules de R et de $R_1$ permettent de calculer P et $P'_1$ pour des avances supérieures.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Notons que sous des pressions croissantes, la prise du foret peut ne se faire qu'au-dessus de 300 kilogrammes tandis qu'une fois l'outil en prise, si on fait

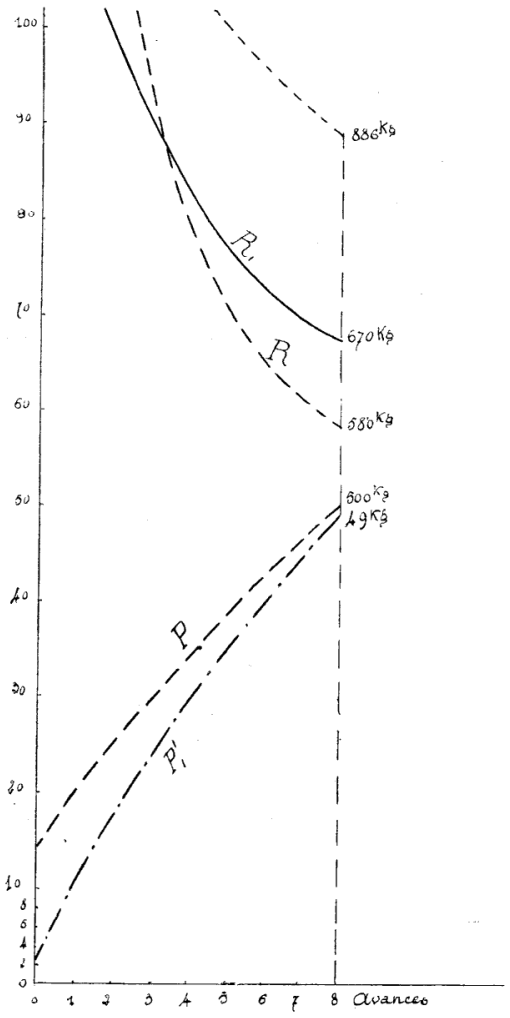



Fig. 1440. — Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées.
Foret hélicoidal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

décroître la pression, le désamorçage des tranchants a lieu à une pression inférieure, 140 kilogrammes, qui est celle que nous avons adoptée pour la courbe des P.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient pour :

| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,08 |
|---|---|---|---|---|
| P = | 200 | 250 | 380 | 500 |
| R = | 1850 | 1160 | 700 | 580 |
| $P_1$ = | 10 | 18 | 35 | 49 |
| $R_1$ = | 1090 | 980 | 765 | 670 |
| R'' = | 2150 | 1520 | 987 | 886 |
| $\tau_1$ = | 146 | 132 | 102 | 90 |

$$R = 400 + \frac{14,6}{a},$$

$$R_1 = 610 + \frac{4,75}{a}.$$

*Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1441) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

La prise s'est faite à 160 kilogrammes. Sous la pression de 500 kilogrammes, l'avance est de 0mm,10 un peu supérieure à celle 0mm,08 du foret hélicoïdal.

Pour :

| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 |
|---|---|---|---|---|
| P = | 200 | 240 | 360 | 500 |
| R = | 1850 | 1110 | 665 | 460 |
| $P_1'$ = | 12 | 20 | 40 | 62 |
| $R_1$ = | 1310 | 1090 | 870 | 675 |
| R'' = | 2270 | 1550 | 1100 | 874 |
| $\tau_1$ = | 174 | 145 | 116 | 90 |

$$R = 300 + \frac{15,5}{a},$$

$$R_1 = 600 + \frac{7}{a}.$$

La valeur de $P_1$ pour $a = 0,10$ s'élève à :

$$P_1 = 6,8\ P_1' = 6,8 \times 62 = 422\ kg.$$

*Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe avec gorges* (fig. 1442) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Ce foret est celui qui a exigé les plus petites pressions P et les moindres efforts $P'_1$ dans une proportion que marque, par exemple, l'avance de 0mm,23 obtenue avec la pression 500 kilogrammes, soit une avance plus que double de celle des forets qui précèdent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le foret s'est amorcé à 50 kilogrammes; les copeaux étaient roulés (fig. 1443),

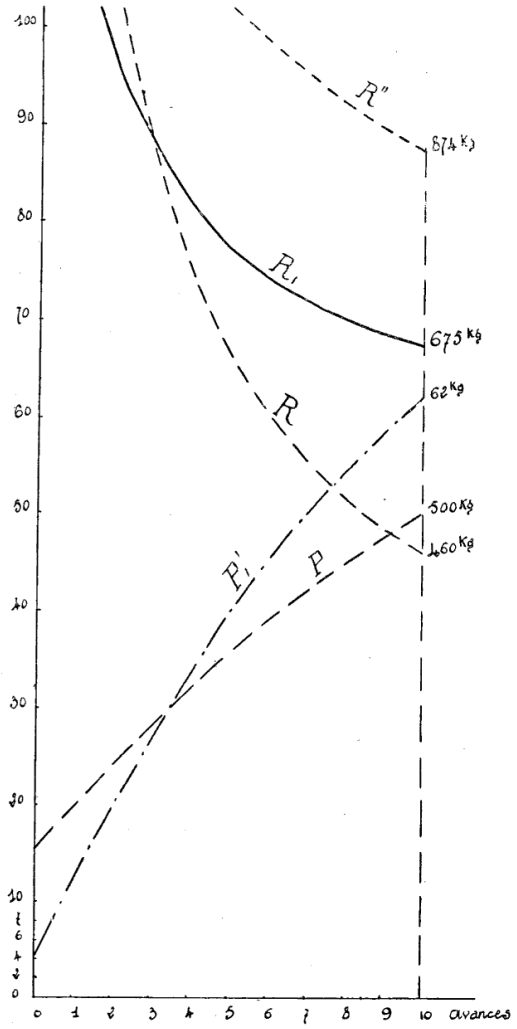



Fig. 1441. — Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

mais se dégageaient moins bien qu'avec le foret hélicoïdal, ce dernier ne possédant plus que cet avantage sur celui considéré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

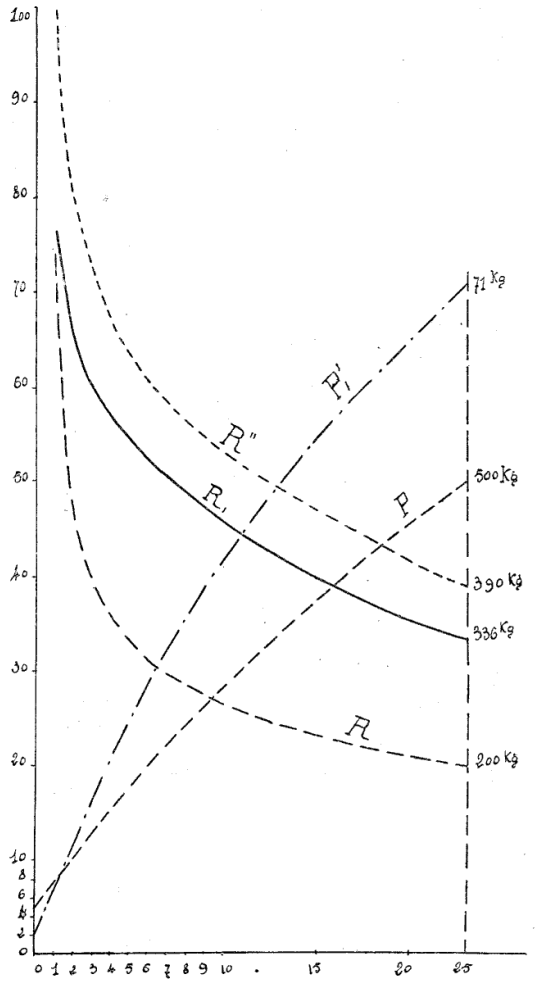



Fig. 1442. — Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe avec gorges $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.



Fig. 1443. — Acier. — Foret à pointe avec gorges.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Pour : | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,23 |
| P = | 80 | 100 | 180 | 285 | 460 | 500 |
| R = | 740 | 462 | 332 | 264 | 213 | 200 |
| $P_1'$ = | 7 | 12 | 25 | 42 | 65 | 71 |
| $R_1$ = | 765 | 654 | 545 | 460 | 335 | 336 |
| $R''$ = | 1070 | 801 | 638 | 530 | 414 | 390 |
| $\tau_1$ = | 102 | 87 | 73 | 61 | 47 | 45 |

$$R = 186 + \frac{5,5}{a} \qquad R_1 = 320 + \frac{6,6}{a}.$$

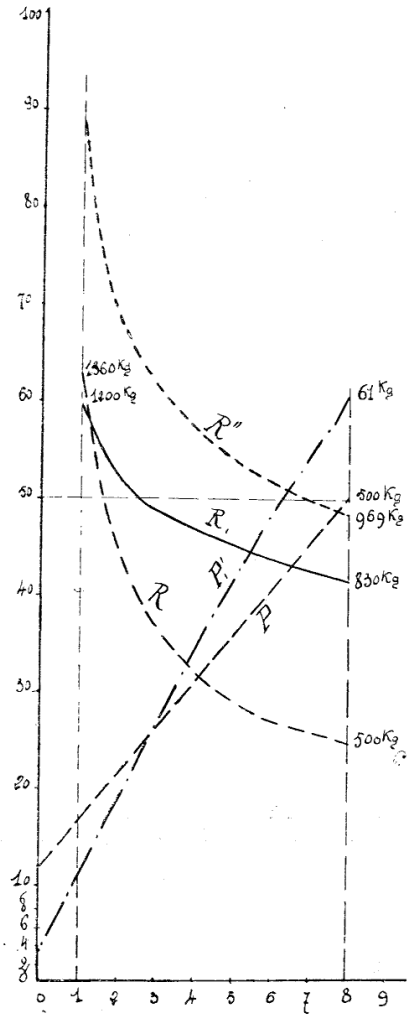



Fig. 1444. — Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées.
Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque tranchant du foret était soumis à un effort $P_1$ relatif à l'avance 0,23, qui s'élevait à :

$$P_1 = 6{,}8\ P_1' = 6{,}8 \times 71 = 484\ \text{kg}.$$

*Forage d'acier à outils, sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1444) :

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

Le foret droit a donné des résultats analogues à ceux du foret hélicoïdal et du foret à pointe ordinaire, soit :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,08 |
| $P\frac{1}{2}$ = | 170 | 220 | 360 | 500 |
| R = | 1360 | 880 | 576 | 500 |
| $P_1'$ = | 11 | 19 | 42 | 61 |
| $R_1$ = | 1200 | 1040 | 915 | 830 |
| $R''$ = | 1810 | 1365 | 1080 | 969 |
| $\tau_1$ = | 160 | 139 | 122 | 111 |

$$R = 380 + \frac{9{,}8}{a},$$

$$R_1 = 800 + \frac{4}{a}.$$

Dans les limites des avances obtenues, les moyennes générales des valeurs de R et de $R_1$, pour cet acier à outils et pour les trois forets courants, peuvent être prises égales à

$$R = 350 + \frac{14}{a},$$

$$R_1 = 600 + \frac{5}{a}.$$

*Forage d'acier ordinaire dur, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1445) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Le trou ayant été amorcé, à la reprise sous graissage abondant, la pression est montée, de 20 en 20 kilogrammes, jusqu'à 340 kilogrammes sans que l'outil fasse prise. A 360 kilogrammes, il attaquait avec avance de 0mm,045; puis, en réduisant la pression de 20 en 20 kilogrammes, la prise a cessé à 180 kilogrammes.

C'est la valeur indiquée sur la courbe des pressions P.

Les copeaux étaient bien égaux, bien contournés.

Les efforts de coupe $P'_1$ ont été assez variables pour une même avance; il a fallu répéter les essais pour déduire les valeurs moyennes, courbe des $P'_1$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les avances étant petites, les coefficients R et $R_1$ sont très élevés.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,09 |
| P = | 230 | 280 | 395 | 500 |
| R = | 2130 | 1300 | 730 | 514 |
| $P_1'$ = | 26 | 34 | 48 | 62 |
| $R_1$ = | 2840 | 1850 | 1050 | 750 |
| $R''$ = | 3550 | 2260 | 1750 | 909 |
| $\tau_1$ = | 380 | 245 | 210 | 100 |

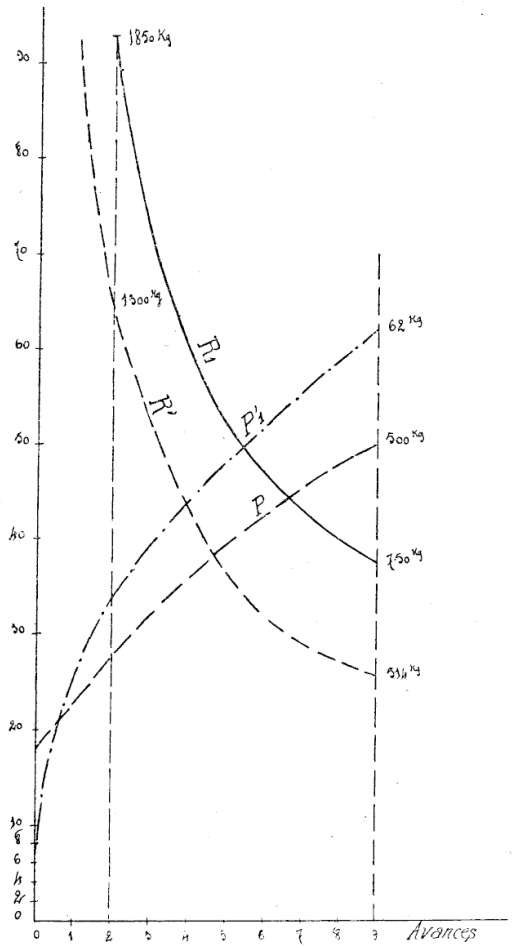



Fig. 1445. — Forage d'acier ordinaire dur, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage d'acier dur, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1446) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Le même acier a nécessité avec le foret à pointe de moindres valeurs de P et de $P'_1$; l'avance sous 500 kilogrammes a été de $0^{mm},15$; la pièce était très

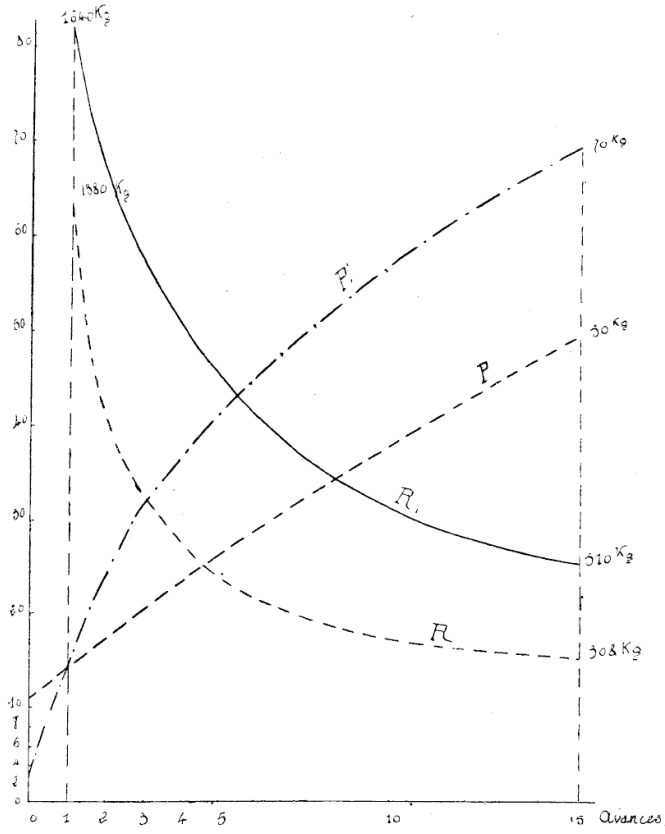



Fig. 1446. — Forage d'acier dur, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120^{\circ}$, $n = 80$.

chaude. Dans l'une des séries, le foret avait ses tranchants émoussés, ce qui a obligé à écarter les résultats. Il a fallu retremper l'outil.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 |
| P = | 140 | 175 | 260 | 380 | 500 |
| R = | 1380 | 840 | 480 | 350 | 308 |
| $P_1'$ = | 16 | 24 | 42 | 58 | 70 |
| $R_1$ = | 1640 | 1310 | 915 | 632 | 510 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Forage d'acier converti** (*rails*), *sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1447).

$d = 25^{mm}$ $\Phi = 120°$ $n = 80$

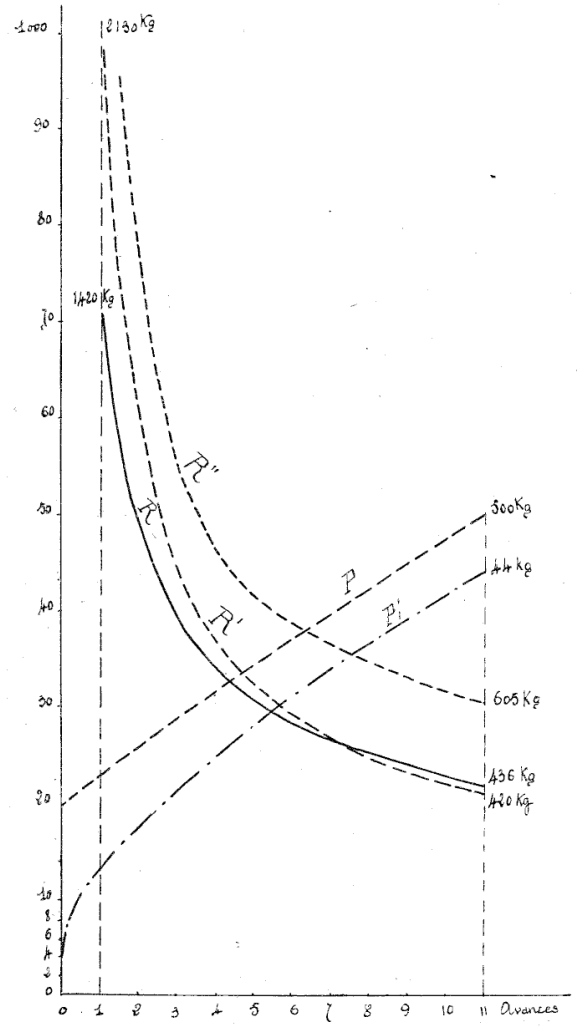



Fig. 1447. — Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Nous avons opéré dans le boudin d'un rail du type Nord, en acier converti. Ce métal, qui possède une assez grande dureté, jointe à une ténacité et à une élas-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ticité élevées (1), donne avec le foret hélicoïdal de très beaux copeaux continus.

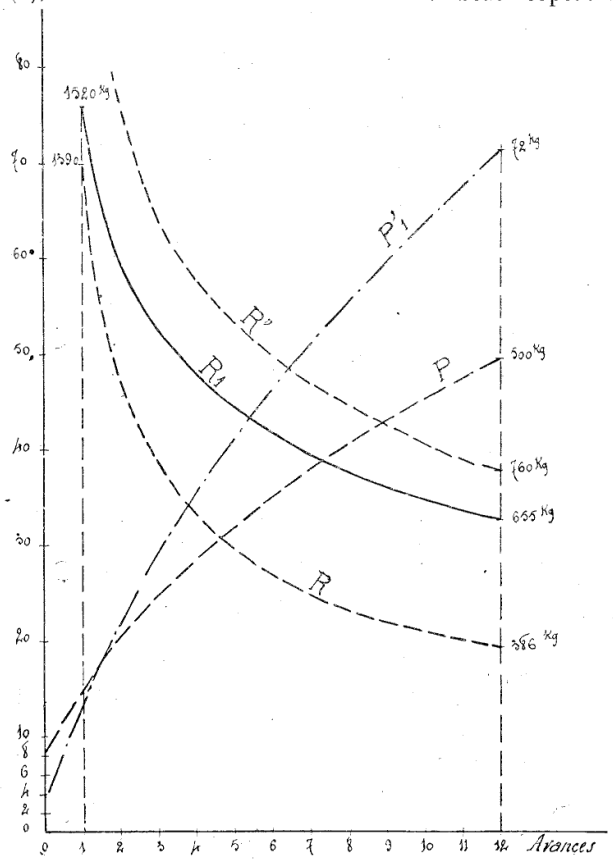



Fig. 1448. — Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées.
Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

La courbe des pressions P est très voisine d'une droite, tandis que celle des efforts $P'_1$ se rapproche d'une parabole. Pour

| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,11 |
|---|---|---|---|---|---|
| P = | 230 | 260 | 345 | 475 | 500 |
| R = | 2130 | 1200 | 640 | 440 | 420 |
| $P_1$ = | 13 | 18 | 28 | 41,5 | 44 |
| $R_1$ = | 1420 | 980 | 610 | 454 | 436 |
| R'' = | 2560 | 1550 | 830 | 632 | 605 |
| $\tau_1$ = | 180 | 152 | 81 | 60 | 58 |

$$K = 250 + \frac{19}{a} \qquad R_1 = 325 + \frac{13,2}{a}.$$

(1) Ténacité de rupture à la traction : 70 kilogrammes. Allongement p. 100 : A = 15 p. 100.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces valeurs sont plus faibles que celles de l'acier à outils pour lequel on a :

$$R = 400 + \frac{14,6}{a} \qquad R_1 = 610 + \frac{4,75}{a}.$$

*Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe* (fig. 1448):

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Avec ce foret, les pressions sous faibles avances sont moindres qu'avec le foret hélicoïdal, mais les efforts $P'_1$ sont plus grands. Les opérations se sont faites d'une façon très régulière.

Pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0 |
| P = | 150 | 205 | 320 | 460 | 500 |
| R = | 1390 | 950 | 590 | 426 | 386 |
| $P_1'$ = | 14 | 22 | 41 | 64 | 72 |
| $R_1$ = | 1520 | 1200 | 890 | 700 | 635 |
| $R''$ = | 2060 | 1530 | 1070 | 819 | 760 |
| $\tau_1$ = | 203 | 160 | 118 | 93 | 87 |

$$R = 300 + \frac{13}{a} \qquad R_1 = 580 + \frac{12,4}{a}.$$

*Forage d'acier converti (rails) sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe avec gorge* (fig. 1449).

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Sous la pression de 500 kilogrammes, l'avance était de 0mm,17, tandis qu'avec le foret à pointe ordinaire elle n'était que de 0mm,12.

Les pressions P sont notablement moins élevées qu'avec le foret hélicoïdal, mais les efforts de coupe $P'_1$ sont plus grands.

Pour :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,17 |
| P = | 100 | 135 | 220 | 360 | 460 | 500 |
| R = | 925 | 625 | 406 | 334 | 284 | 272 |
| $P_1'$ = | 10 | 16 | 34 | 56 | 76 | 82 |
| $R_1$ = | 1090 | 870 | 740 | 610 | 552 | 525 |
| $R''$ = | 1430 | 1070 | 844 | 695 | 620 | 591 |
| $\tau_1$ = | 145 | 116 | 98 | 88 | 74 | 70 |

$$R = 233 + \frac{7,9}{a} \qquad R_1 = 508 + \frac{7,25}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sous la pression de 500 kilogrammes, l'effort $P_1$, sur chaque tranchant, s'élevait à :

$$P_1 = 6{,}8 \quad P_1' = 6{,}8 \times 82 = 559 \text{ kg.}$$

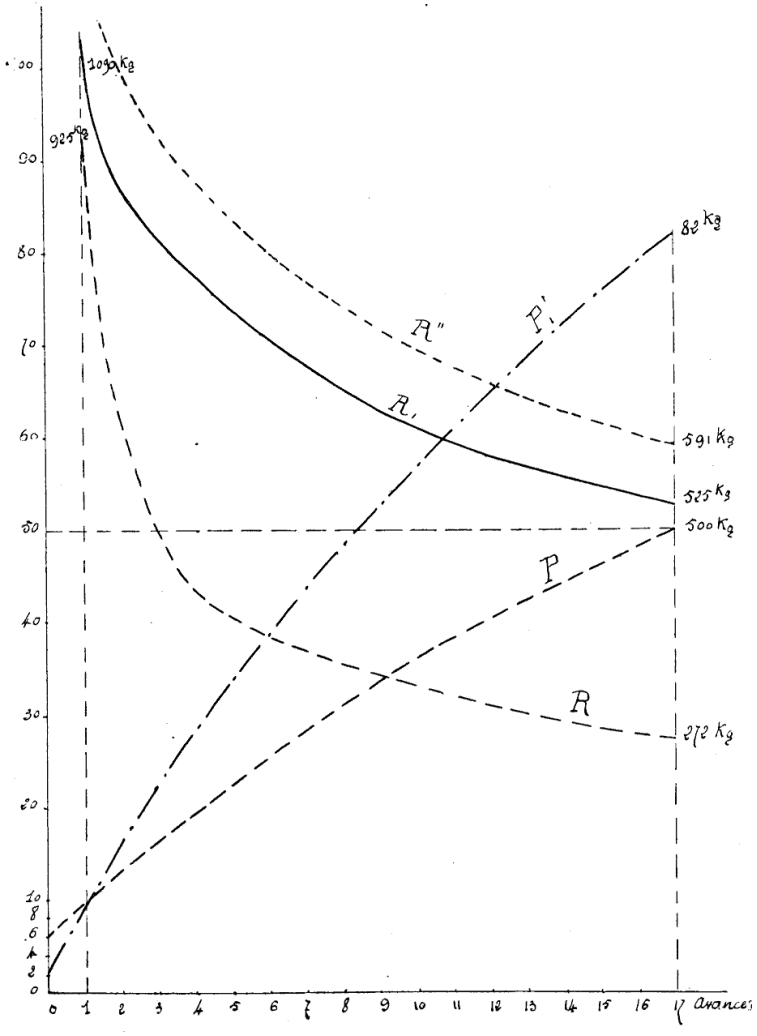



Fig. 1449. — Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe avec gorge $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1450) :

$d = 25^{mm}$ $n = 80$

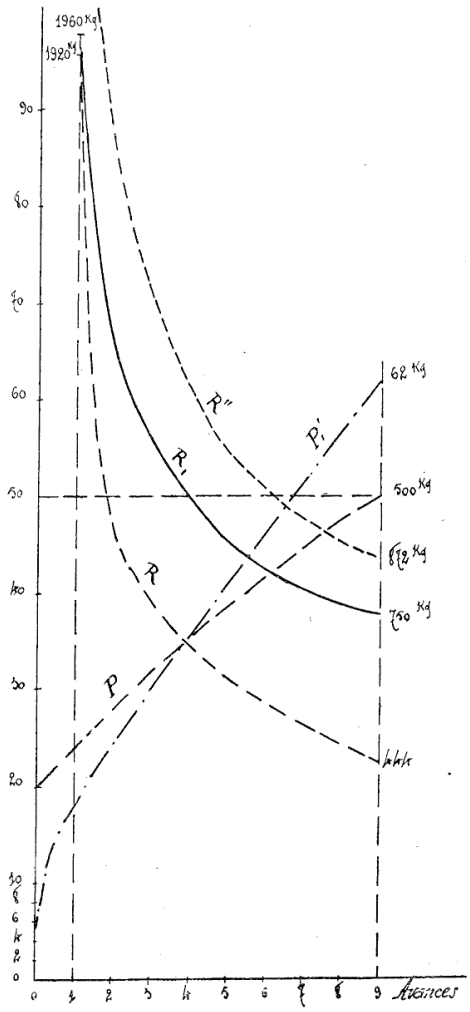



Fig. 1450. — Forage d'acier converti (rails), sous pressions constantes prolongées. Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

A la pression de 500 kilogrammes, le foret droit ne possédait qu'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avance de $0^{mm},09$ et dans les limites des avances obtenues les valeurs de $R_1$ sont plus élevées pour ce foret que pour les autres.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,09 |
| P = | 240 | 280 | 385 | 500 |
| R = | 1920 | 1120 | 616 | 444 |
| $P_1'$ = | 18 | 24 | 41 | 62 |
| $R_1$ = | 1960 | 1310 | 895 | 750 |
| R'' = | 2755 | 1725 | 1090 | 872 |
| $\tau_1$ = | 260 | 174 | 119 | 100 |

$$R = 260 + \frac{17,6}{a} \qquad R_1 = 590 + \frac{13,7}{a}.$$

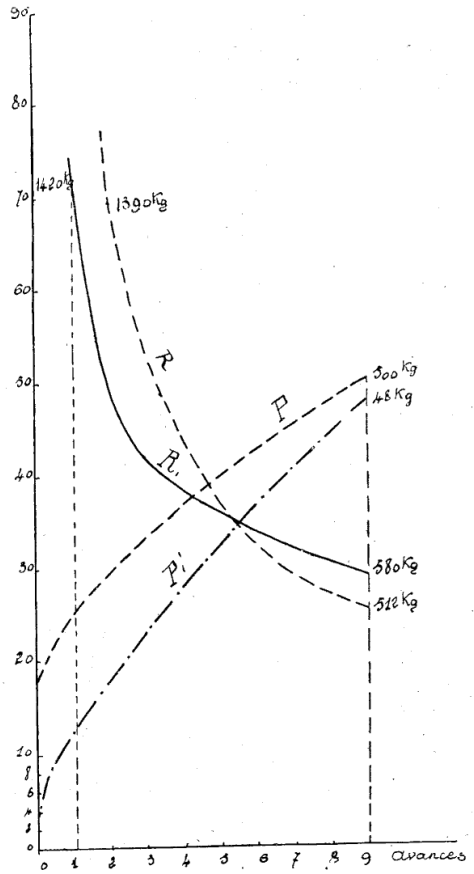



Fig. 1151. — Forage d'acier coulé, sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si on adopte des moyennes générales pour les quatre forets considérés, les valeurs de R et de $R_1$ sont pour l'acier converti à rails entre les limites des avances obtenues.

$$R = 250 + \frac{15}{a} \qquad R_1 = 500 + \frac{12}{a}.$$

**Forage d'acier coulé,** *sous pressions constantes prolongées. Foret hélicoïdal* (fig. 1451) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

L'éprouvette de 25 millimètres d'épaisseur provenait d'une pièce de rebut. Cette variété d'acier à grain fin, serré, présentant une assez grande résistance au burin et à la lime, a donné au forage pour :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,09 |
| P = | 250 | 300 | 400 | 500 |
| R = | 2310 | 1398 | 740 | 512 |
| $P_1'$ = | 13 | 18 | 33 | 48 |
| $R_1$ = | 1420 | 980 | 720 | 580 |
| $R''$ = | 2710 | 1700 | 1030 | 774 |
| $\tau_1$ = | 190 | 130 | 86 | 77 |

$$R = 270 + \frac{22,4}{a} \qquad R_1 = 450 + \frac{10}{a}$$

*Forage d'acier coulé, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe ordinaire* (fig. 1452) :

$$d = 25^{mm} \qquad \Phi = 120^{\circ} \qquad n = 80$$

Nous avons constaté pour :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ = | $0^{mm},01$ | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,12 |
| P = | 140 | 205 | 300 | 450 | 500 |
| R = | 1300 | 950 | 554 | 416 | 385 |
| $P_1'$ = | 12 | 18 | 32 | 51 | 58 |
| $R_1$ = | 1310 | 980 | 700 | 555 | 528 |
| $R''$ = | 1840 | 1370 | 892 | 694 | 653 |
| $\tau_1$ = | 174 | 130 | 92 | 74 | 70 |

$$R = 285 + \frac{13,3}{a} \qquad R_1 = 450 + \frac{10,6}{a}.$$

Comme relations générales moyennes on peut adopter :

$$R = 280 + \frac{18}{a} \qquad R_1 = 450 + \frac{10}{a}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Forage d'acier-nickel,** *sous pressions constantes prolongées. Foret droit* (fig. 1453).

$$d = 25^{mm} \qquad n = 80$$

L'échantillon d'acier à 5 p. 100 de nickel que nous possédions étant peu épais, nous n'avons pu opérer qu'avec le foret droit. Cet acier demi-dur

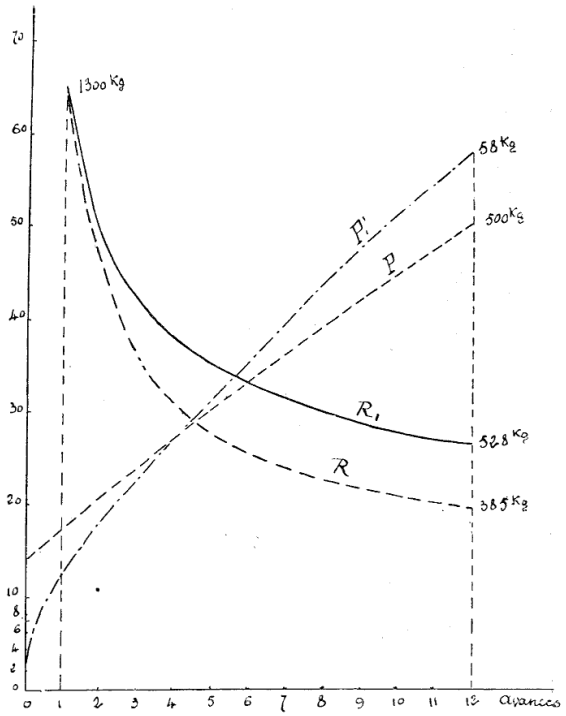



Fig. 1452. — Forage d'acier coulé, sous pressions constantes prolongées. Foret à pointe $d = 25$ mm., $\Phi = 120°$, $n = 80$.

(ténacité de rupture à la traction 68 kilogrammes, allongement sur 100 millimètres 22 p. 100) a accusé les valeurs suivantes pour :

| $a$ = | 0mm,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,14 |
|---|---|---|---|---|---|
| P = | 120 | 160 | 260 | 400 | 500 |
| R = | 960 | 640 | 415 | 320 | 286 |
| $P_1'$ = | 11 | 16 | 28 | 45 | 56 |
| $R_1$ = | 1200 | 872 | 610 | 492 | 436 |
| $R''$ = | 1535 | 1080 | 738 | 587 | 521 |
| $\tau$. = | 160 | 125 | 81 | 66 | 58 |

$$R = 227 + \frac{8,24}{a} \qquad R_1 = 362 + \frac{10,2}{a}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le forage de cet acier n'exige pas d'efforts supérieurs à ceux d'un acier demi-dur ordinaire; néanmoins la grande ténacité de ce métal s'accusait par un fort échauffement de la pièce et de l'outil.

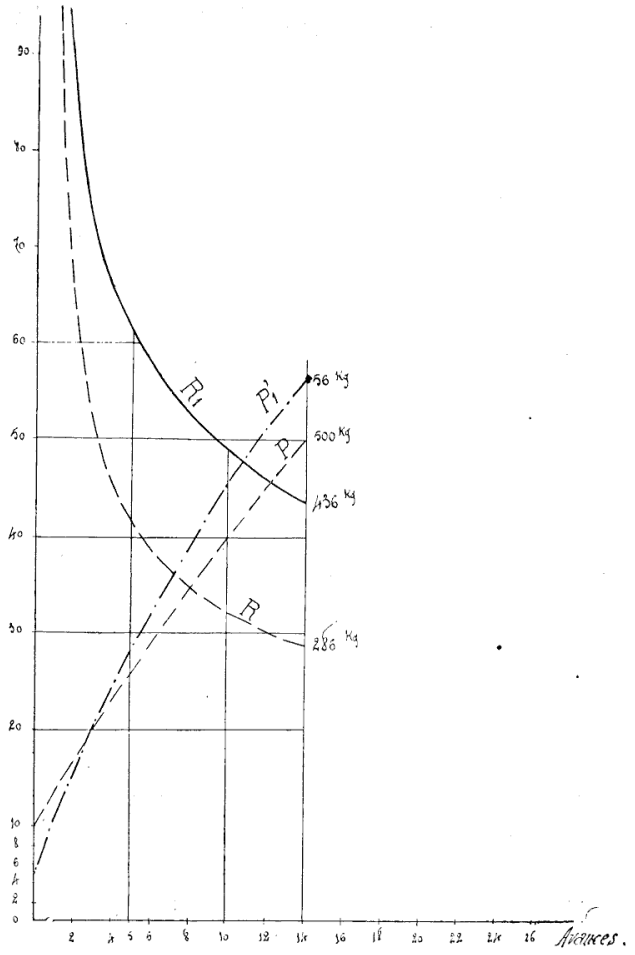



Fig. 1453. — Forage d'acier-nickel, sous pressions constantes. Foret droit $d = 25$ mm., $n = 80$.

### Essais de forage en faisant varier l'angle Φ des tranchants.

La recherche des variations des pressions P et des efforts tangentiels $P'_1$ pour un même diamètre de foret, en faisant varier l'angle Φ des tranchants, a fait l'objet de plusieurs séries d'essais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En premier lieu, nous n'avions pas veillé d'assez près à la confection des divers forets, ce qui a conduit à des résultats discordants.

Les forets doivent, pour ces essais comparatifs, présenter une même épaisseur sur la tranche, des angles moyens $\alpha$ et $\beta$ égaux; des tranchants bien symétriques, en un mot être établis au plus près possible des mêmes conditions à l'exception de l'angle $\Phi$.

L'affûtage doit être particulièrement soigné et l'état d'acuité entretenu; sinon, pour peu que le tranchant soit émoussé, la pression augmente pour une même avance du foret. En outre, pour une même pression l'effort tangentiel ou de coupe diminue à mesure que le tranchant s'émousse, attendu que l'épaisseur enlevée est moindre qu'avec un tranchant bien affilé ou avivé. A la limite, il n'y aurait plus à vaincre que du frottement ou du refoulement.

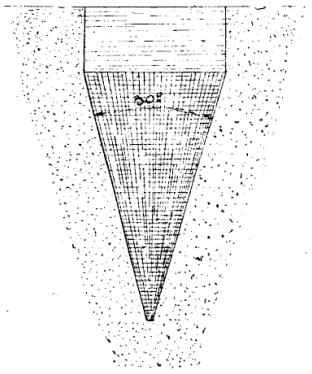


Fig. 1454.

C'est pourquoi il est difficile d'opérer pendant une certaine durée dans les mêmes conditions avec un foret et à plus forte raison avec plusieurs.

Nous avions soin d'affûter dès que les tranchants paraissaient avoir perdu de leur affilité.

Nous avons aussi reconnu qu'il importe d'opérer avec un métal pas trop résistant, tel que le laiton ou le bronze, plutôt qu'avec la fonte ou le fer, ce dernier exigeant en outre une lubrification plus ou moins uniforme.

Et, tout en prenant les moyens les plus méticuleux, le fonctionnement des outils et les oscillations des efforts $P'_1$ rendant ces essais plus ou moins concordants, conduisent à les répéter pour en déduire les éléments acceptables. Il convient encore de ne pas opérer dans des trous profonds : de préférence, on adopte une barre de dimensions telles que l'on puisse percer le nombre nécessaire de trous. On assure ainsi au plus près la même nature de métal. C'est ainsi que, pour ces essais, nous avons fait couler des barreaux de bronze et de fonte de 40 millimètres de côté; mais, pour le foret dont $\Phi = 30°$, nous avons dû percer en long, le diamètre des forets étant de 25 millimètres. Nous avons adopté des angles :

$\Phi$ de 180° 150° 120° 90° 60° 30°

Les forets depuis 60° jusqu'à 180° se comportent bien dans le bronze. La pointe de celui de 30° s'émoussait quelque peu; il enlevait le métal sous forme d'aiguilles plus courtes que la longueur du tranchant; la surface du trou était

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

striée (fig. 1454). Une très faible pression suffisait pour l'amorcer : nous avons opéré sous des pressions qui variaient de 10 en 10 kilogrammes jusqu'à 100 kilogrammes. Au-dessus, il y avait engagement prononcé de l'outil, et les efforts tangentiels variaient trop.

Les forets à angles supérieurs à 30° n'ont pas donné lieu à des observations particulières, si ce n'est qu'ils se guident moins bien quand l'angle dépasse

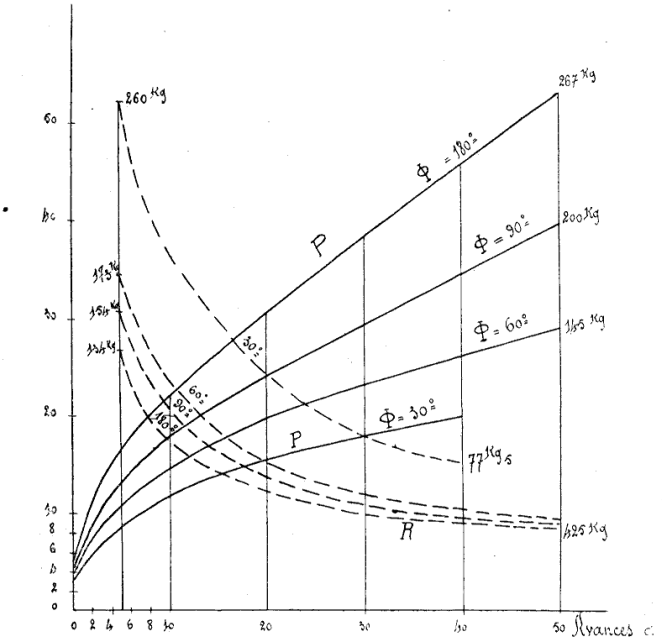



Fig. 1455. — Forage de bronze, sous pressions constantes, en faisant varier l'angle Φ des tranchants. Pressions P et coefficients R pour divers angles, $d = 25$ mm.

120°. Nous avons pu, avec le bronze, pousser les pressions jusqu'à plus de 250 kilogrammes et obtenir des avances au-dessus de $0^{mm},50$. Les valeurs des pressions P et des efforts $P'_1$ ont donné des courbes régulières (fig. 1455-1456).

Nous avons déduit les coefficients R et $R_1$ des relations :

$$R = \frac{2p}{a \sin \frac{\Phi}{2}} = \frac{2P}{ad \sin \frac{\Phi}{2}} = 0{,}08 \frac{P}{a \sin \frac{\Phi}{2}}$$

$$R_1 = \frac{8 Mr}{ad^2} = \frac{8 \times 85}{25^2} \frac{P_1'}{a} = 1{,}09 \frac{P_1'}{a}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les valeurs pour les divers angles et les différentes avances sont :

| $a$ mm | | $\Phi$ = | 30° | 60° | 90° | 120° | 150° | 180° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,05 | P | = | 42 | 54 | 68 | 79 | 84,5 | 84 |
| | R | = | 260 | 173 | 154 | 146 | 140 | 134 |
| | $P_1'$ | = | 14 | 9 | 7,5 | 7 | 6,9 | 6,9 |
| | R. | = | 305 | 194 | 164 | 152 | 150 | 148 |
| 0,10 | P | = | 58 | 74 | 90 | 100 | 109,5 | 110 |
| | R | = | 183 | 119 | 102 | 92,5 | 90 | 88 |
| | $P_1'$ | = | 22 | 14 | 11,5 | 11 | 10,6 | 10,4 |
| | $R_1$ | = | 240 | 153 | 125 | 120 | 116 | 114 |
| 0,20 | P | = | 78 | 96 | 184 | 140 | 151 | 152 |
| | R | = | 121 | 77 | 70 | 64,5 | 62 | 61 |
| | $P_1'$ | = | 34 | 21 | 18 | 17,5 | 17,2 | 17 |
| | $R_1$ | = | 186 | 115 | 98 | 95 | 94 | 93 |
| 0,30 | P | = | 90 | 116 | 150 | 174 | 189 | 190 |
| | R | = | 92 | 62 | 56,5 | 53,5 | 51,5 | 50 |
| | $P_1'$ | = | 44 | 29 | 25,5 | 24 | 24,2 | 24 |
| | $R_1$ | = | 160 | 106 | 82,5 | 89 | 87,5 | 87 |
| 0,40 | P | = | 100 | 130 | 172 | 208 | 228 | 230 |
| | R | = | 77,5 | 54 | 49 | 48 | 47 | 46 |
| | $P_1'$ | = | 52 | 37 | 32 | 31 | 30,5 | 30 |
| | $R_1$ | = | 142 | 101 | 87 | 84,5 | 83 | 82 |
| 0,50 | P | = | » | 145 | 200 | 240 | 262 | 267 |
| | R | = | » | 46,5 | 45 | 44,2 | 43,2 | 42,5 |
| | $P_1'$ | = | » | 44 | 38,5 | 37 | 36,5 | 36,4 |
| | $R_1$ | = | » | 96 | 84 | 81 | 79,5 | 79 |

On constate que les pressions P (fig. 1459) diminuent relativement peu avec les angles $\Phi$ lorsque les avances sont petites ; si, pour une même avance $a$, la pression P diminue avec l'angle $\Phi$, il ne s'ensuit pas que le coefficient R suive la même loi ; au contraire, à mesure que $\Phi$ diminue, R augmente (fig. 1455), ce que fait d'ailleurs ressortir la relation :

$$R = \frac{2P}{a\,d \sin \frac{\Phi}{2}}.$$

Les valeurs de R croissent assez peu entre les angles 90° et 180°. Les différences sont si petites (fig. 1455) que dans les essais, on trouve des valeurs égales ou discordantes.

Il faut arriver à l'angle de 60° pour constater des différences sensibles ; pour l'angle de 30° les différences sont plus accusées.

Il en est de même pour les valeurs de $P'_1$ et de $R_1$ (fig. 1456-1460).

On conçoit que plus l'angle $\Phi$ est petit, plus mince est le copeau pour une même avance $a$, puisque l'on a l'épaisseur :

$$e = \frac{a'}{2} = \frac{a \sin \frac{\Phi}{2}}{2}.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La matière étant plus divisée, il faut dépenser plus d'énergie, développer des efforts de coupe plus grands, le volume restant le même.

Pour les métaux peu durs, on voit que l'angle Φ peut varier de 60° à 180° sans grande influence sur les conditions générales du travail mécanique ; la pratique courante adopte rarement une valeur inférieure à 90°, afin de réduire la longueur de la tête du foret, diminuer la durée de l'amorçage, faciliter l'affûtage,

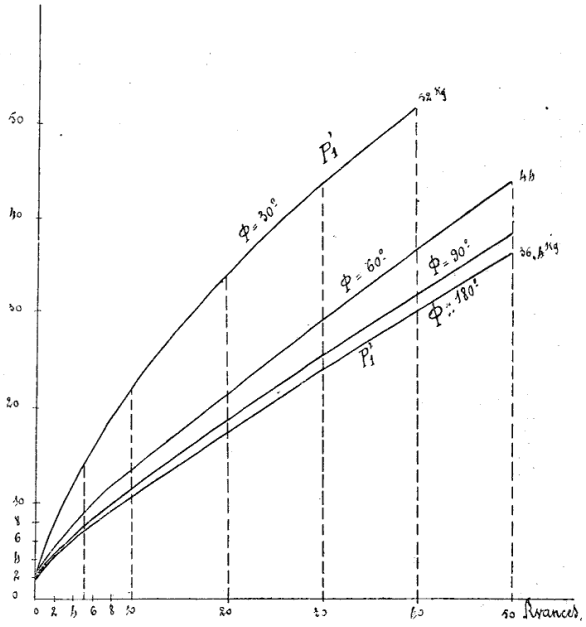



Fig. 1456. — Forage de bronze, sous pressions constantes, en faisant varier l'angle Φ des tranchants, $d = 25$ mm., $n = 80$. Efforts P', pour divers angles Φ.

le dégagement des copeaux, assurer une plus grande résistance à la pointe, prévenir un engagement prononcé pouvant déterminer la rupture de l'outil notamment à la fin de l'opération.

*Essais avec de la fonte.* — Afin de ne pas avoir à attaquer la croûte de fonte avec les forets, nous avons eu soin de raboter les faces des barres. C'était une fonte douce, se comportant bien.

Le foret de 30° n'a pu former un trou régulier ; la surface était striée outre mesure, ou bien la pointe s'émoussait rapidement malgré une trempe assez dure.

Avec le foret de 60°, la pointe s'émoussait aussi, la pièce chauffait; il a fallu affûter l'outil à plusieurs reprises pour rétablir la pointe, sinon l'opération ne pouvait se poursuivre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A partir de 90° le foret se comporte bien.

Les différences entre les valeurs de P selon les valeurs de Φ sont toujours relativement grandes (fig. 1461. Ainsi pour l'avance 0mm,20 le foret de 60°

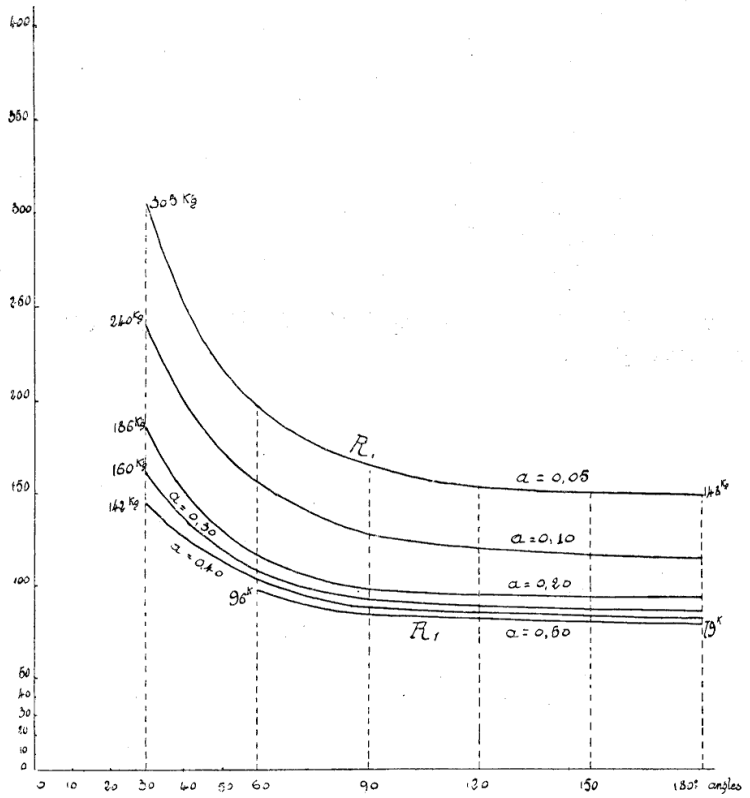



Fig. 1457. — Forage de bronze, sous pressions constantes, Variations de Φ $d = 25$ mm., $n = 80$. Coefficients de coupe R, pour diverses avances.

n'exige que 360 kilogrammes de pression, tandis que celui de 180° nécessite 500 kilogrammes.

Cependant la valeur de R est plus grande avec le foret de 60° qu'avec celui de 180° (fig. 1462).

Les différences entre les valeurs de $P'_1$ et de $R_1$ sont moindres (fig. 1461-1463).

Pour les angles compris entre 90° et 180° les variations de R et de $R_1$ sont très petites, ce qui montre que tous ces angles pourraient être adoptés par la pratique courante si la raison de meilleur guidage ne favorisait les forets de 90° à 120°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le calcul des éléments, nous nous sommes tenu aux valeurs : 60°, 90°, 120° et 180°, soit :

| | Φ = | 60° | 90° | 120° | 180° |
|---|---|---|---|---|---|
| $a$ mm 0,05 | P = | 120 | 145 | 170 | 190 |
| | R = | 384 | 328 | 315 | 305 |
| | $P_1'$ = | 21 | 19 | 18,5 | 18 |
| | $R_1$ = | 456 | 415 | 402 | 392 |
| 0,10 | P = | 200 | 240 | 270 | 295 |
| | R = | 320 | 272 | 250 | 236 |
| | $P_1'$ = | 32 | 30 | 29,5 | 29 |
| | $R_1$ = | 348 | 327 | 320 | 315 |
| 0,20 | P = | 360 | 410 | 450 | 500 |
| | R = | 288 | 233 | 208 | 200 |
| | $P_1'$ = | 53 | 50 | 48,5 | 48 |
| | $R_1$ = | 285 | 273 | 265 | 263 |

Les valeurs de R et de $R_1$ sont graphiquées (fig. 1462-1463) en prenant pour abscisses les angles Φ.

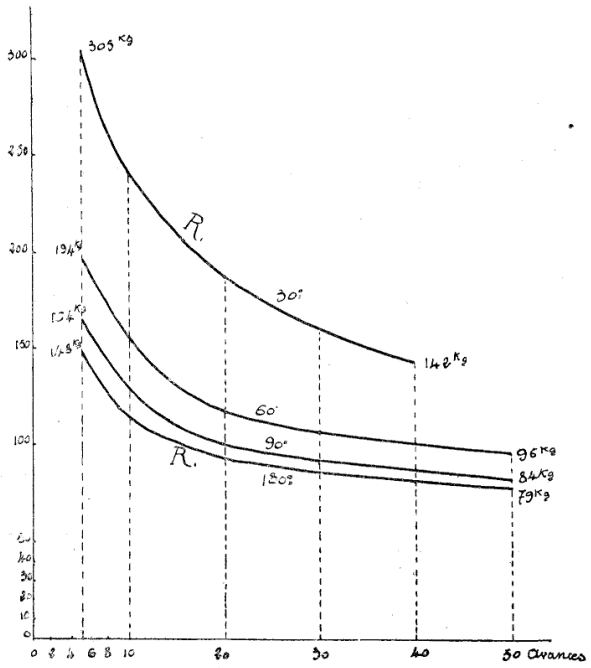



Fig. 1458. — Forage de bronze, sous pressions constantes et variations de Φ, $d = 25$ mm., $n = 80$. Coefficients R, pour divers angles Φ.

*Essais avec du fer.* — Nous avions d'abord opéré avec du fer soudé ; les oscillations des efforts $P'_1$ qui variaient de plusieurs kilogrammes, nous ont fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

écarter les résultats et reporter les essais sur du fer fondu plus homogène ; soit avec une barre de 40 millimètres de côté. Les opérations ont été beaucoup plus régulières.

Le foret d'angle $\Phi = 60°$ ne pouvait amorcer le trou en entier ; les tranchants enlevaient ce métal sous forme d'aiguilles avec soubresauts.

La pointe s'émoussait rapidement malgré une trempe assez dure ; après plu-

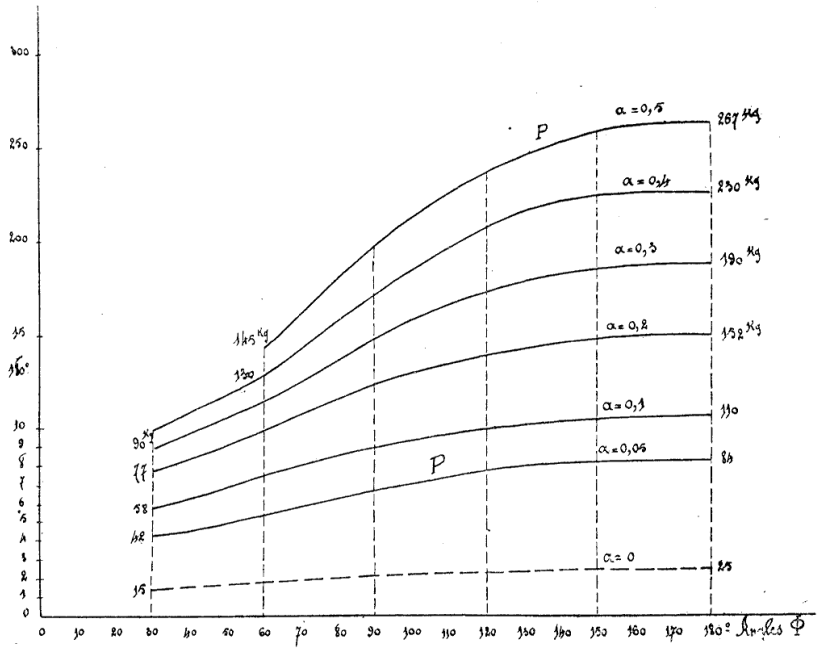



Fig. 1459. — Forage de bronze, sous pressions constantes, en faisant varier l'angle Φ des tranchants. Pressions P pour différentes avances, $d = 25$ mm.

sieurs affûtages pour la rétablir, nous avons dû renoncer à poursuivre les essais avec ce foret.

De même avec un angle de 75°, le forage du fer est difficile, sinon impraticable.

L'émoussement plus prononcé de la pointe, à mesure que l'angle Φ se réduit, pourrait s'expliquer par la plus grande difficulté de dégagement du copeau dont les éléments brisés ou poussiéreux s'accumulent dans le fond en déterminant un bourrage qui échauffe la pointe, s'oppose à la prise et ne tarde pas à produire un premier émoussement qui, s'accentuant de plus en plus, oblige à suspendre l'opération pour réaffûter l'outil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons aussi signalé plus haut que, vers la pointe, l'angle de coupe atteignant, dans un tel foret, des valeurs supérieures à 120°, il y a grattage plutôt que coupe et, par suite, plus grand échauffement et plus grande tendance

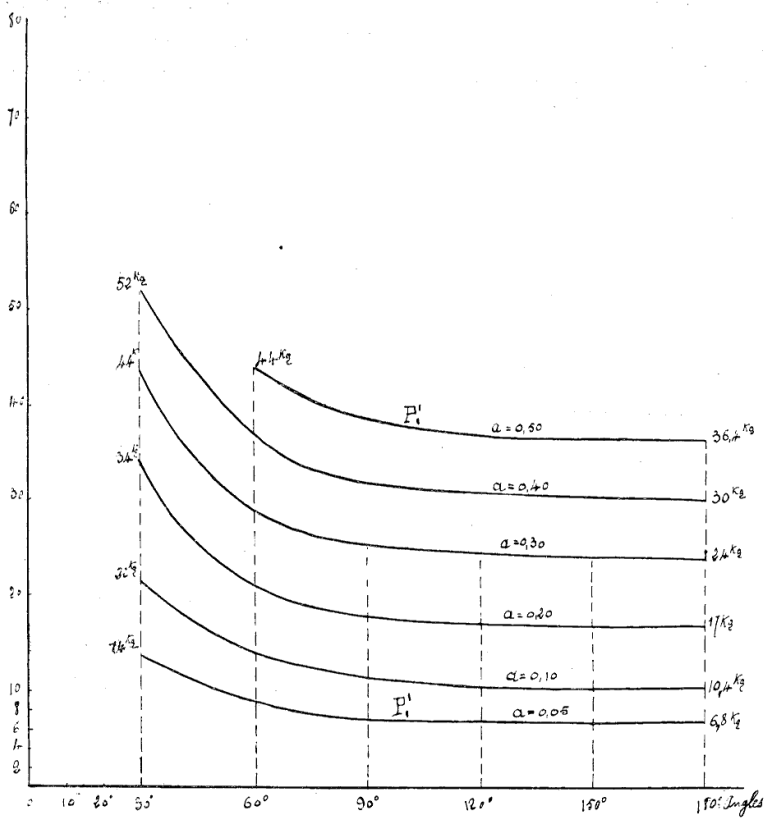



Fig. 1460. — Forage de bronze, sous pressions constantes, en faisant varier l'angle Φ des tranchants, $d = 25$ mm., $n = 80$. Efforts de coupe P', pour différentes avances $a$.

à l'usure, à l'émoussement, et cela d'autant plus que l'angle Φ est plus petit, c'est-à-dire l'angle extérieur du coin plus aigu.

En général, la pointe d'un foret s'émousse davantage que les autres parties du tranchant d'abord parce que la pression est beaucoup plus grande pour gratter la matière que pour la couper, ensuite parce que la vitesse est très faible. On observe, en effet, que les métaux se coupent mieux à une vitesse modérée qu'à une vitesse plus petite ou plus grande. C'est ainsi que le pourtour des tranchants d'un foret s'émousse aussi davantage, et, d'ailleurs, le volume de matière est plus grand, il travaille plus. Il faut ajouter que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie extérieure du tranchant d'un foret droit, par exemple, fatigue davantage,

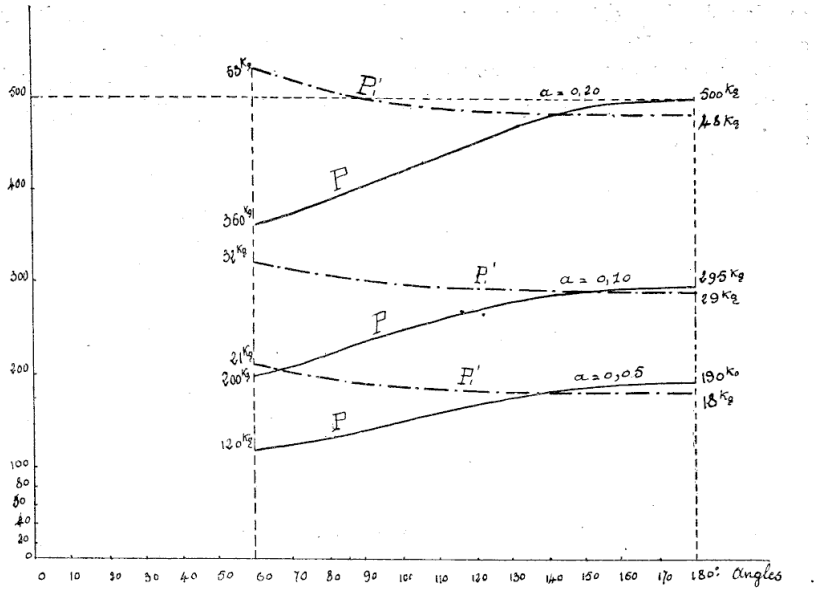



Fig. 1461. — Forage de fonte, en faisant varier l'angle Φ des tranchants, $d = 25$ mm., $n = 80$.

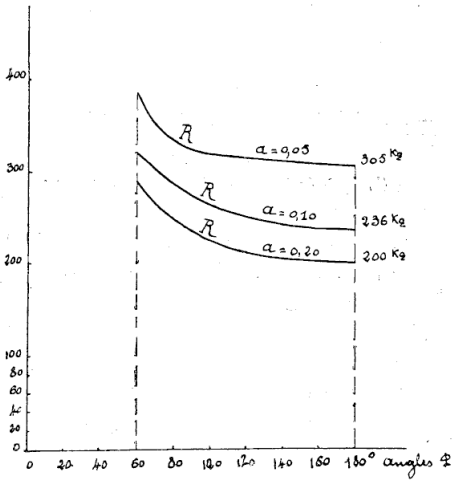



Fig. 1462. — Forage de fonte, sous pressions constantes prolongées, en faisant varier les angles Φ, $d = 25$ mm., $n = 80$.

parce que, au pourtour, la matière est plus résistante par suite de sa liaison plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étendue avec la masse voisine. Même dans le cas d'un foret à pointe, et bien que le point de pourtour entame une épaisseur moindre, on constate un émoussement prépondérant dû aux frottements et à la plus grande vitesse.

Les forets dont les angles étaient de 90° et de 120° se sont bien comportés, particulièrement celui de 90°, dont les copeaux se développaient mieux qu'avec celui de 120°.

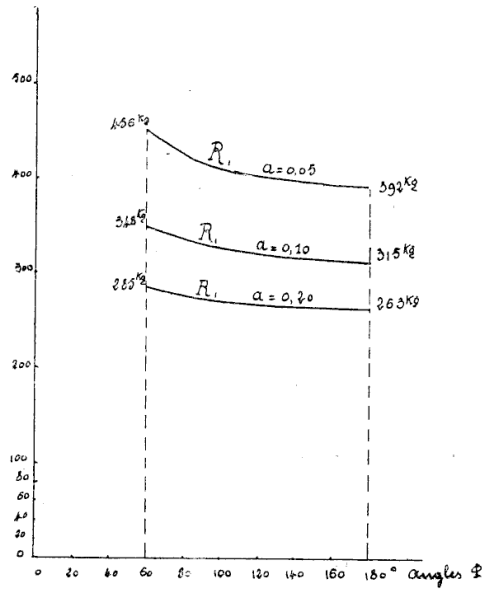



Fig. 1463. — Forage de fonte, sous pressions constantes prolongées, en faisant varier les angles Φ, $d = 25$ mm., $n = 80$.

Ceux dont Φ est supérieur à 120° se guidaient moins bien que les deux précédents; les trous étaient parfois défectueux.

Il faut donc s'en tenir aux angles compris entre 90° et 180° pour les valeurs de P $P_1'$, R $R_1$, rapportées aux mêmes avances (fig. 1464) mais portées en ordonnées en prenant pour abscisses les angles Φ.

Ces valeurs sont :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Φ = | 90° | 120° | 180° |
| $a$ mm 0,05 | P = | 255 | 290 | 310 |
| | R = | 580 | 536 | 495 |
| | $P_1'$ = | 32 | 31 | 30 |
| | $R_1$ = | 700 | 675 | 654 |
| 0,10 | P = | 390 | 330 | 450 |
| | R = | 440 | 398 | 360 |
| | $P_1'$ = | 52 | 51 | 50 |
| | $R_1$ = | 568 | 536 | 545 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les pressions se réduisent avec les angles $\Phi$; les efforts de coupe $P'_1$ varient peu. La pratique peut, ainsi qu'elle le fait d'ailleurs, adopter les angles qui se prêtent le mieux à l'opération, en rejetant les valeurs de $\Phi$ pour lesquelles la pointe s'émousse, valeurs qui dépendent de la qualité de l'acier

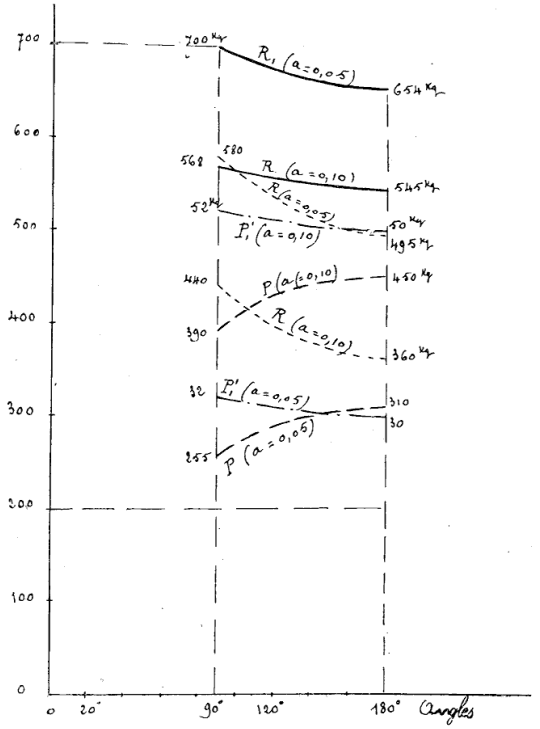



Fig. 1464. — Forage de fer fondu en faisant varier les angles $\Phi$, $d = 25$ mm. $n = 80$.

qui constitue le foret, de la trempe qu'on peut lui donner sans trop grande fragilité et de la nature du métal foré.

*Forage sous vitesses différentes.* — Pour rechercher l'influence de la vitesse de rotation sur l'énergie dépensée, rapportée à l'unité volumétrique il suffit de mesurer à différentes vitesses la valeur de l'effort de coupe ou de celle de l'effort $P'_1$ tangentiel au disque à billes sur lequel repose la pièce. Il importe de choisir un métal dont les variations des efforts de coupe soient petites (laiton, fonte).

En outre, il ne faut pas opérer avec des pressions trop fortes pour ne pas



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

émousser l'outil aux grandes vitesses; il faut de préférence adopter le foret droit, soit celui qui a le moins tendance à engager, sinon les résultats peuvent être erronés. Nous avons opéré avec un foret droit de 25 millimètres de diamètre sous la pression de 100 kilogrammes sur du laiton et sous la pression de 400 kilogrammes avec de la fonte.

Chaque éprouvette était de dimensions suffisantes pour percer plusieurs trous dont la profondeur a été limitée à 10 millimètres au plus, afin de prévenir les perturbations dues au bourrage.

Nous avons expérimenté avec une foreuse à huit vitesses; les nombres de tours extrêmes étaient 23 et 350 par minute, ce qui correspond à des vitesses

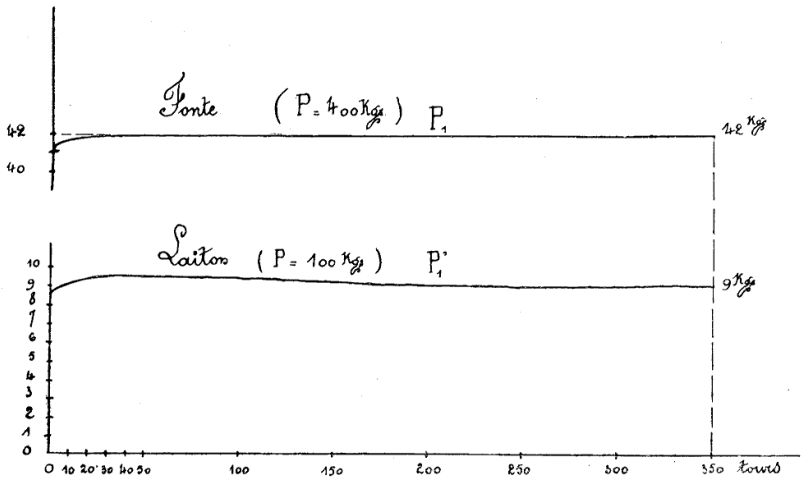



Fig. 1465. — Forage sous pression constante prolongée à vitesses différentes $d = 25$ mm. $\Phi = 180°$.

de pourtour, de 30 millimètres et 455 millimètres. Nous notions aussi l'effort lorsque, à l'arrêt, la vitesse tendait vers zéro.

Nous avons constaté pour le laiton une légère augmentation (fig. 1465), puis une petite diminution vers une constante $P'_1 = 9$ kilogrammes.

Pour la fonte, la valeur vers l'arrêt complet était de 41 kilogrammes et pendant la marche elle s'élevait à 42 kilogrammes pour rester constante sans variation. Aux grandes vitesses, les efforts $\mathbf{P}'_1$ pour le laiton n'accusaient pas d'oscillations, tandis qu'aux petites vitesses l'oscillation était de 1 kilogramme.

On peut admettre, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, que la vitesse n'a pas d'influence sur l'énergie de forage, rapportée à l'unité de volume, ni sur les efforts qui se développent. Il va sans dire que nous supposons l'outil toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en bon état et que l'opération ne se prolonge pas de manière à le détériorer, ce qui modifierait les conditions et ne permettrait plus de comparer les résultats.

Il ne faut pas perdre de vue que, dans ces essais, l'énergie dépensée par la foreuse n'entre pas en ligne de compte. Plusieurs fois nous la ferons intervenir et nous constaterons des différences plus grandes selon le nombre de mécanismes intermédiaires de la commande du foret.

A la coupe des métaux au moyen de burins il sera plus facile de vérifier l'influence de la vitesse sur la coupe de ces outils, laquelle se différencie quelque peu de celle des forets.

(*A suivre.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES DE MÉCANIQUE

## PRESSE A FORGER DE 2 000 TONNES DES ATELIERS BORSIG (1)

La course de cette presse (fig. 1 et 2) est de 2 mètres; diamètre du plongeur, 950 millimètres; écartement des colonnes d'axe en axe, $3^{m},500$; diamètre extérieur du

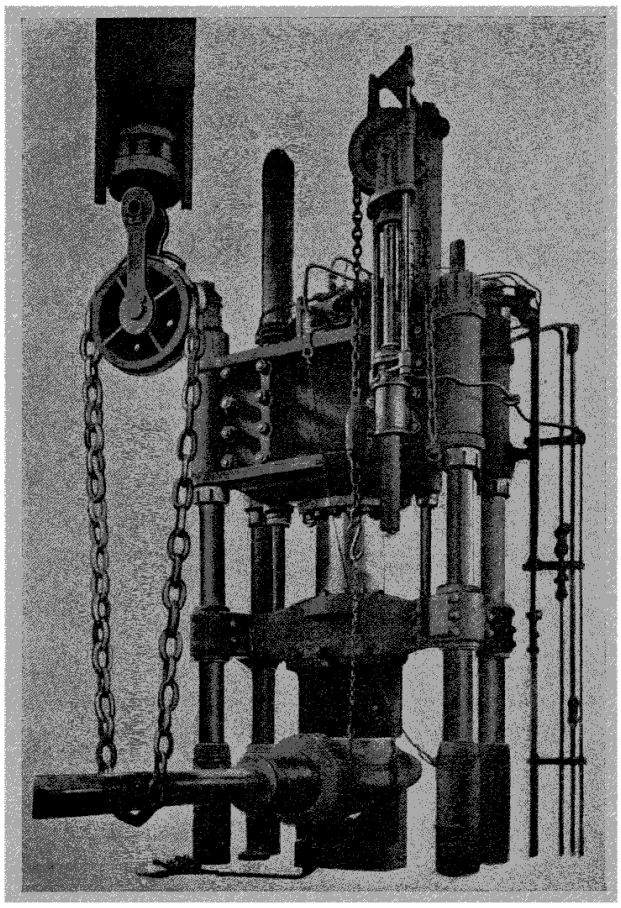


Fig. 1. — Presse de 2 000 tonnes des ateliers *Borsig*.

cylindre, $1^{m},400$; le plongeur entraîne une large traverse sur laquelle la masse est

(1) *Engineering* 23 octobre, p. 555.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixée à tenons et mortaises. Cette traverse entraîne avec elle deux pistons de rappel de 324 millimètres de diamètre.

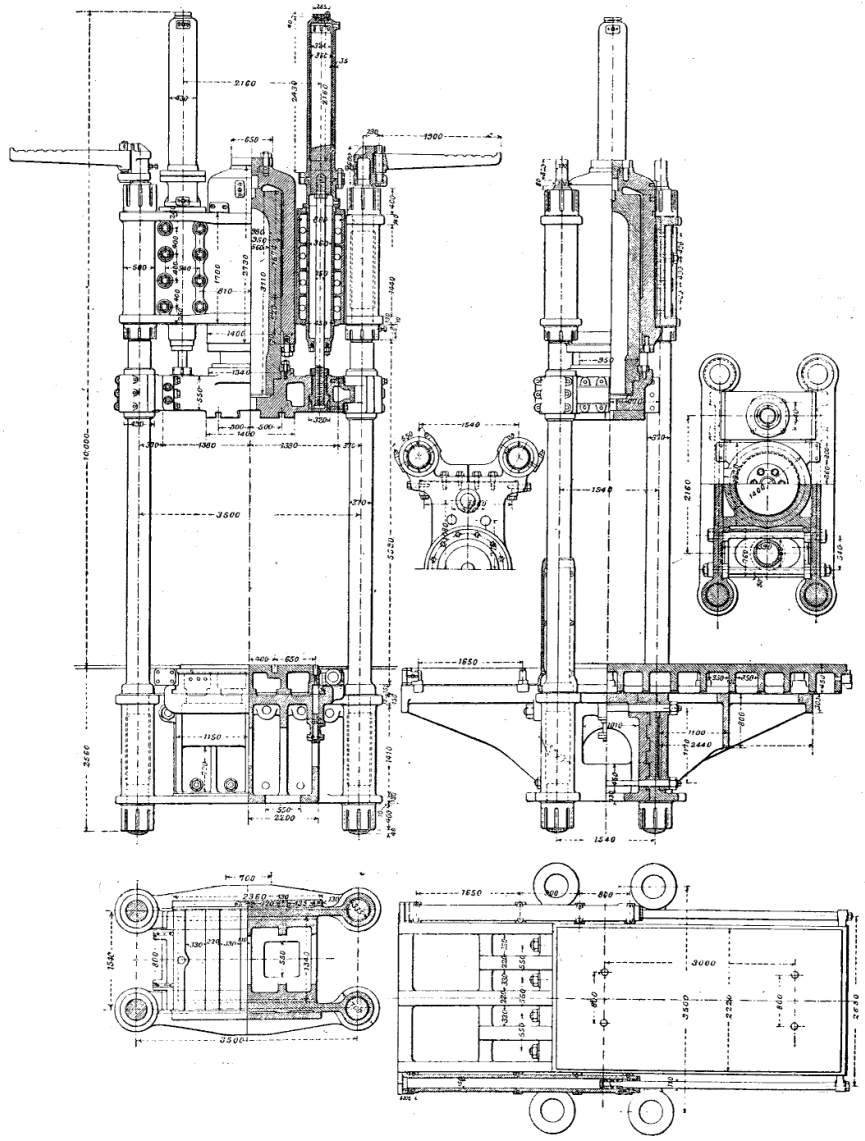


Fig. 2. — Presse de 2000 tonnes des ateliers *Borsig*.

Les pompes à quadruple effet (fig. 3) sont commandées par deux machines à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur accouplées sans points morts, à cylindres de 540 × 800, attaquant directement les plongeurs de 65 millimètres de diamètre ; débit, 590 litres par minute à la pression de 150 kilogrammes, en marchant à 60 tours par minute, et avec une pression de $4^{kil},5$ à l'admission.

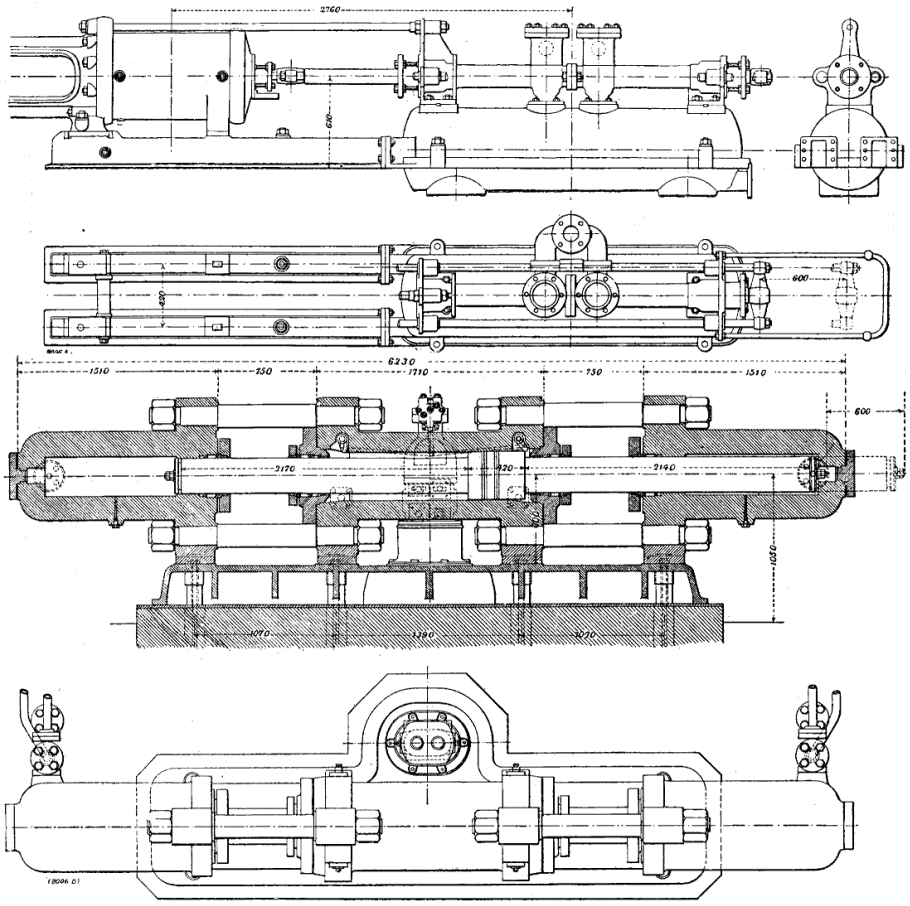



Fig. 3. — Presse de 2000 tonnes des ateliers *Borsig*, détail de la pompe du multiplicateur de pression.

L'eau est refoulée, des pompes, dans un accumulateur à piston de 570 × 6 mètres de course (fig. 5), avec suppression automatique et successive de la vapeur aux deux cylindres du moteur vers le haut de la course.

La charge de 150 kilogrammes permet à la presse d'exercer une pression de 1000 tonnes ; pour arriver à 2000 tonnes, la pression de l'eau est portée à 360 kilogrammes par un multiplicateur (fig. 3) avec renversement automatique à chaque fin de course. Cette eau à haute pression n'entre en jeu qu'au contact de la masse de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

presse avec la pièce en travail; la chute du piston sur cette pièce se fait rapidement sous une charge d'eau fournie par un réservoir supérieur, dans lequel cette eau retourne au rappel de la presse.

La manœuvre des enclumes et des matrices sous la presse se fait par une table au niveau du sol, commandée par deux cylindres hydrauliques, avec calage central de la table par verrouillage hydraulique; on obtient ainsi une manipulation rapide et précise de ces lourdes pièces.

La rotation des pièces se fait aussi (fig. 1) par manœuvres hydrauliques; la course du piston moufflé de cette manœuvre est limitée par des butoirs en caoutchouc et sa chaîne est coupée d'amortisseurs en ressorts spirales; le crochet de cette chaîne attaque une petite chaîne enroulée plusieurs fois autour de la pièce de manière à permettre, grâce à la longueur de la course du piston, de faire faire à cette pièce jusqu'à 5 tours avant la reprise de la petite chaîne auxiliaire. Les colonnes de la presse

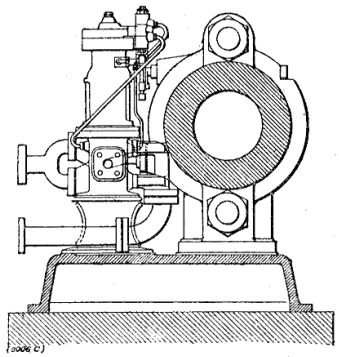


Fig. 4. — Presse de 2000 tonnes des ateliers *Borsig*, coupe du multiplicateur.

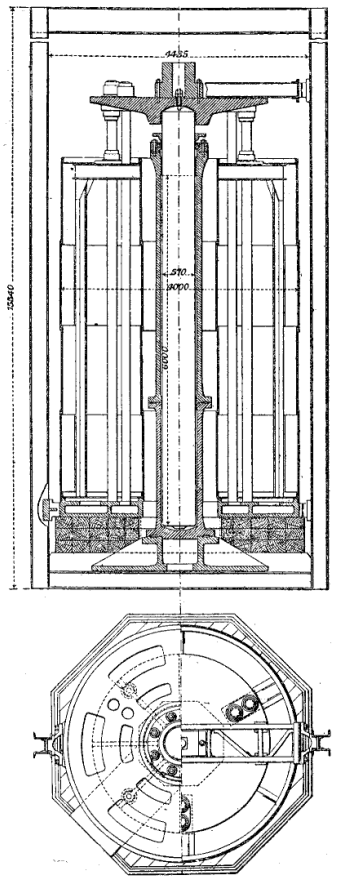


Fig. 5. — Presse de 2000 tonnes des ateliers *Borsig*, accumulateur.

portent, en outre, de petites grues facilitant la manipulation des divers outils.

La manœuvre de la presse est commandée par un seul homme, placé à 9 mètres de la presse; un même levier commande le piston principal et ceux de rappel, en se déplaçant toujours dans le sens du mouvement que l'on désire pour ces pistons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## LAMINOIR POUR MOULURES JOHNSON (1)

Ce laminoir a pour objet la fabrication de profilés en moulures des types, figures 5

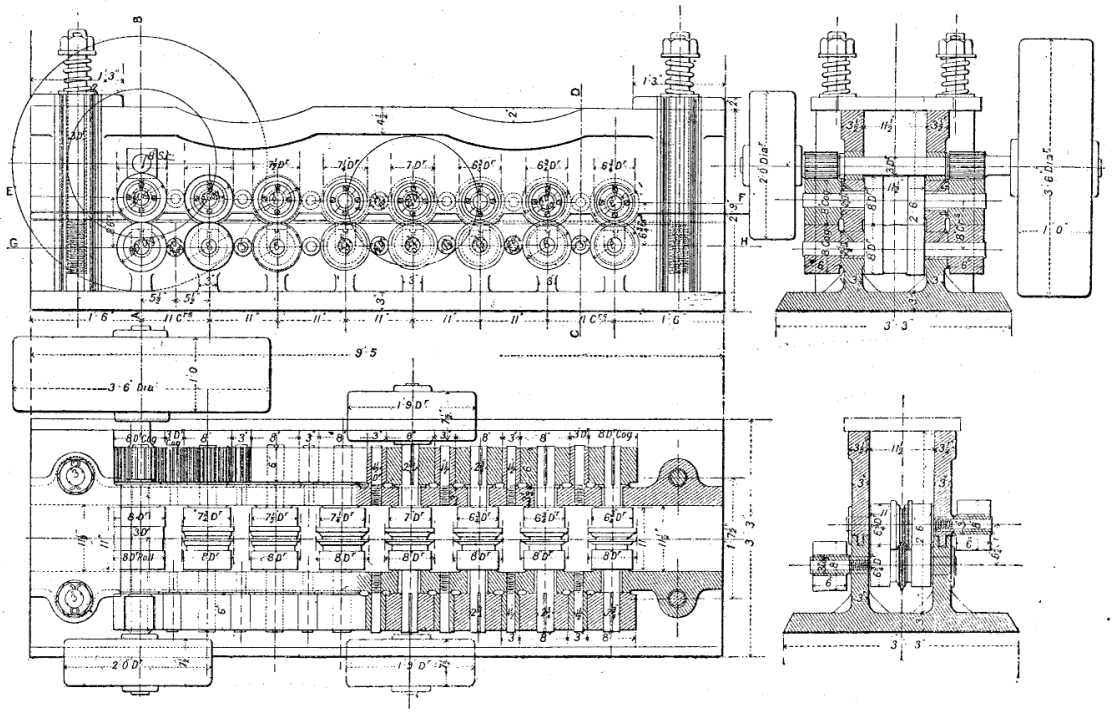


Fig. 1. — Laminoir à moulures *Johnson*.

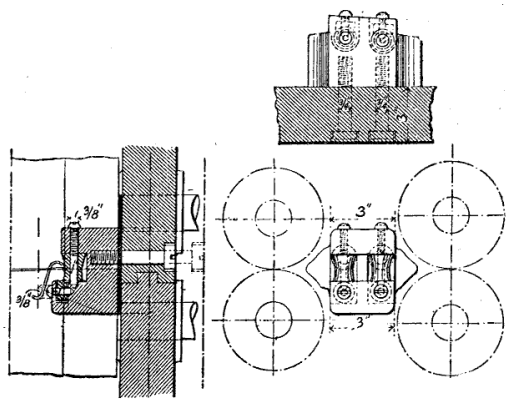


Fig. 2. — Laminoir *Johnson*, détail.

(1) *The Engineer* 30 octobre, p. 425.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et 6. Le type, figure 5, tiré de bandes d'acier de 760 × 1 millimètre d'épaisseur, se fait au taux de 1 000 à l'heure.

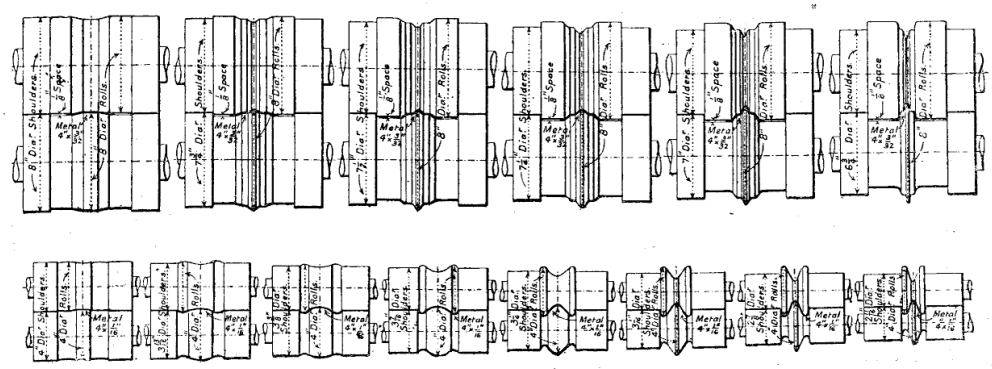


Fig. 3 et 4. — Laminoir *Johnson*, types de cylindres.

La bande d'acier passe (fig. 1 à 3) successivement au travers de cylindres lamineurs-étireurs, conjugués par des engrenages et profilés (fig. 3 et 4) de manière à en amener le moulurage graduel presque sans échauffement du métal; la bande est guidée, d'une paire de cylindres à l'autre, par (fig. 2) quatre galets qui en rectifient et facilitent l'avancement. Cette pièce se fait au moyen des six paires de cylindres représentés en figure 1, qui peuvent être réduits à quatre par la suppression des deux premiers, reconnus inutiles.



Fig. 5.

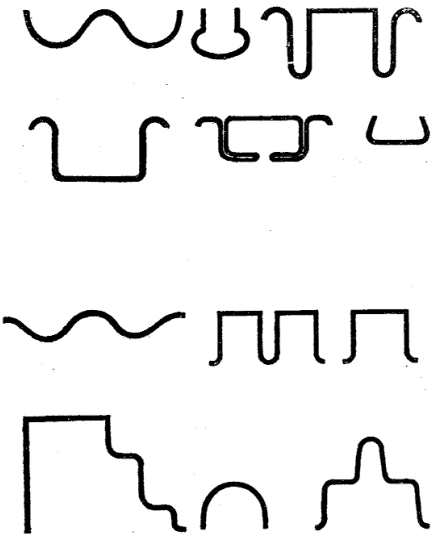


Fig. 6.

On peut aussi, pour les petites sections, se passer des deux volants indiqués au milieu du laminoir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut ainsi traiter des épaisseurs d'acier jusqu'à 7 millimètres à des prix treize fois moindres qu'avec les procédés usuels, et cette machine s'applique aussi bien au moulurage des bandes de plomb ou de zinc. L'encombrement est faible : $2^{m},45 \times 0^{m},80$, et la main-d'œuvre presque nulle.

### MACHINE DE 3 000 CHEVAUX DES TRAMWAYS DE NEWCASTLE (1)

Cette machine, construite par V. Coates, à Belfast, peut donner de 3 000 à 4 000 chevaux,

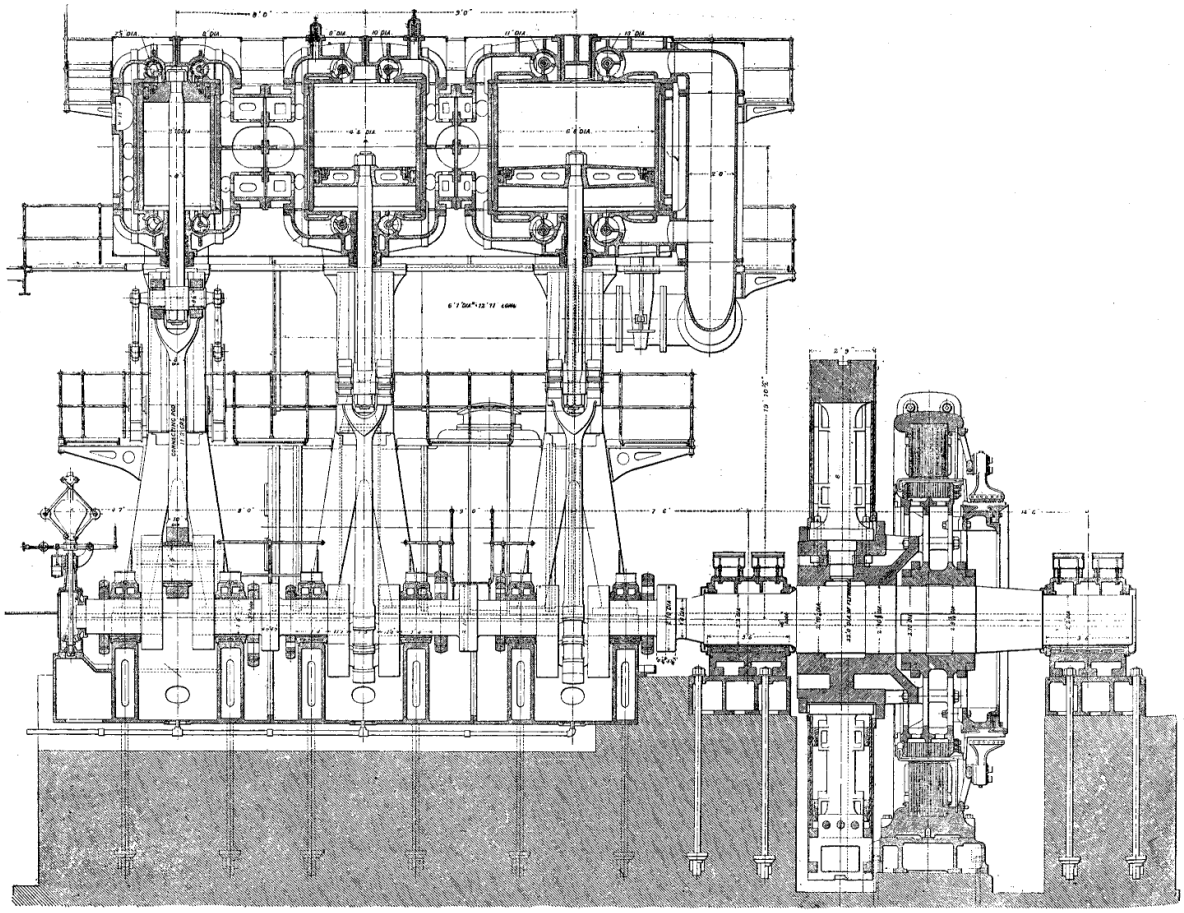


Fig. 1. — Machine de 3000 chevaux des tramways de Newcastle.

à 75 tours, avec de la vapeur à la pression d'admission de $12^{kil},5$, surchauffée de 55°; elle est à triple expansion, avec cylindres de 860, $1^{m},32$ et $2^{m},05 \times 1^{m},37$ de course.

(1) *Engineering* 27 novembre, p. 725.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chacun des cylindres se compose (fig. 1 et 2) de quatre pièces : la gaine intérieure

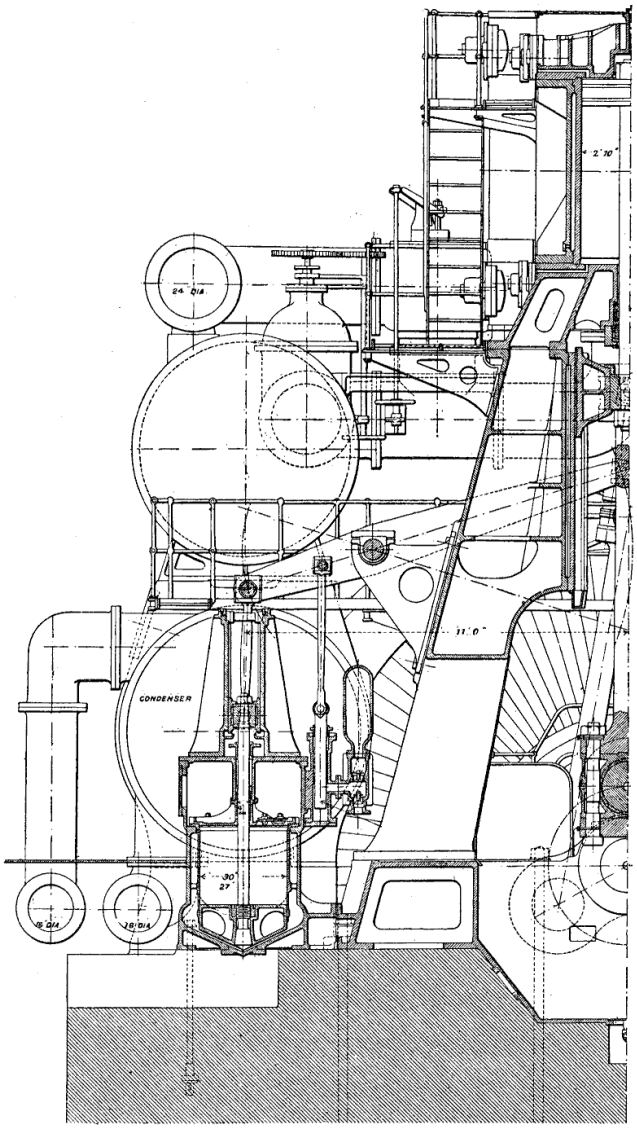



Fig. 2. — Machines des tramways de Newcastle, coupe transversale.

en fonte dure spéciale, les deux fonds et le cylindre extérieur. Le vide entre ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre extérieur et sa gaine est utilisé comme enveloppe de vapeur dans tous les cylindres; les fonds et couvercles des cylindres de basse et moyenne pression sont à enveloppes d'air chaud. Les trois cylindres sont boulonnés entre eux de manière à constituer un entablement solide, et l'espace ainsi réservé entre ces cylindres forme réservoir de vapeur. Diamètre du tuyau d'admission de haute pression 280 millimètres; du tuyau d'échappement de basse pression, 610 millimètres.

Les robinets d'admission et d'échappement, du type Corliss, logés dans les fonds et couvercles, l'admission à gauche et l'échappement à droite (fig. 3) ont respectivement : ceux d'admission, 190, 228 et 280 millimètres de diamètre, et ceux d'échappe-

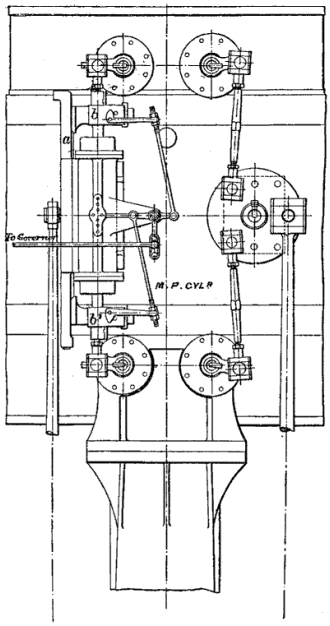



Fig. 3. — Machine des tramways de Newcastle, distribution du cylindre de moyenne pression.

ment 203, 254 et 330 millimètres; la détente est, aux cylindres de haute et moyenne pression, soumise au régulateur, et réglée à la main au cylindre de basse pression; ces détentes sont indiquées par des quadrants et les admissions peuvent, dans chacun des cylindres, varier de 0 à 80 p. 100 de la course. Le mécanisme est du type Coates (fig. 4) avec châssis $abb'$, commandé par l'excentrique d'admission, et dans lequel passe la tige $c$ du piston du dash-pot, qui renferme celle $d$ de la commande du robinet. Un déclic $e$ entraîne $c$, et ce déclic est soumis au régulateur par le renvoi $hgf$. Des pointeaux $i$ (fig. 5) permettent de régler le coussin d'air du dash-pot. Les robinets d'échappement sont commandés (fig. 3) par un autre excentrique, de manière à s'ouvrir et se fermer vivement, avec repos pendant leur fermeture. Les robinets en fonte sont commandés par des axes en acier au moyen de tournevis (fig. 5); les stuffing boxes sont à garnitures métalliques sphériques (fig. 6), qui réduisent notablement le frottement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

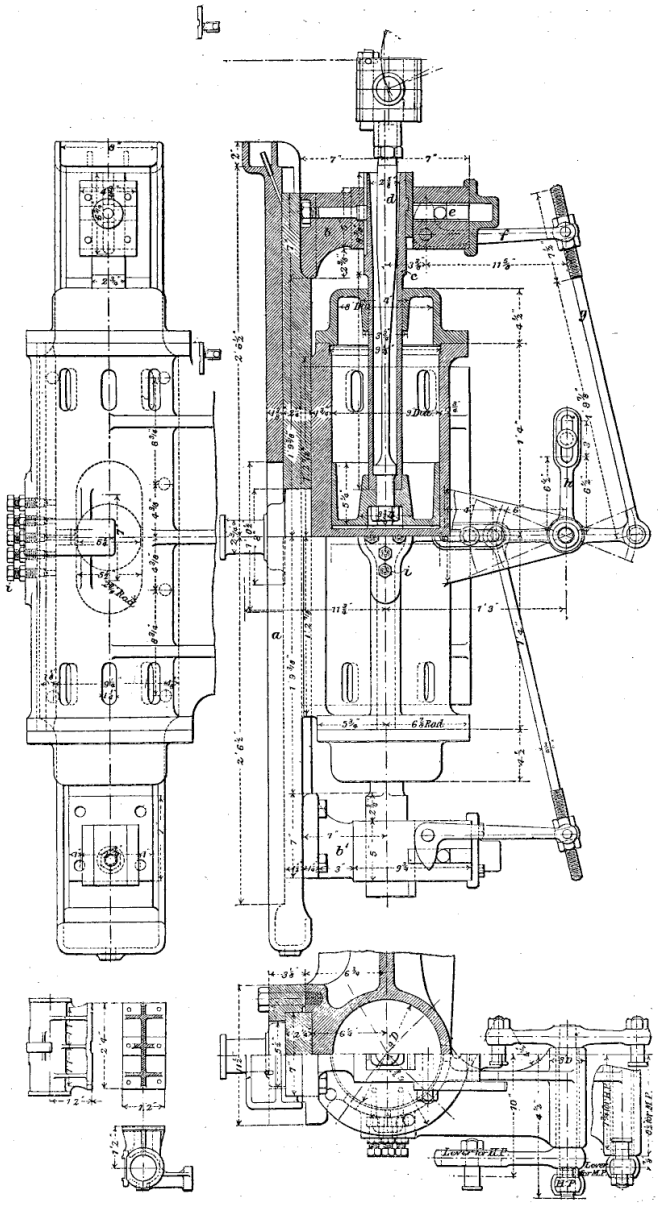


Fig. 4. — Machines des tramways de Newcastle, distribution.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le piston de haute pression est en fonte, les autres sont en acier coulé; l'espace nuisible est réduit au minimum par l'ajustage de ces pistons et la disposition des

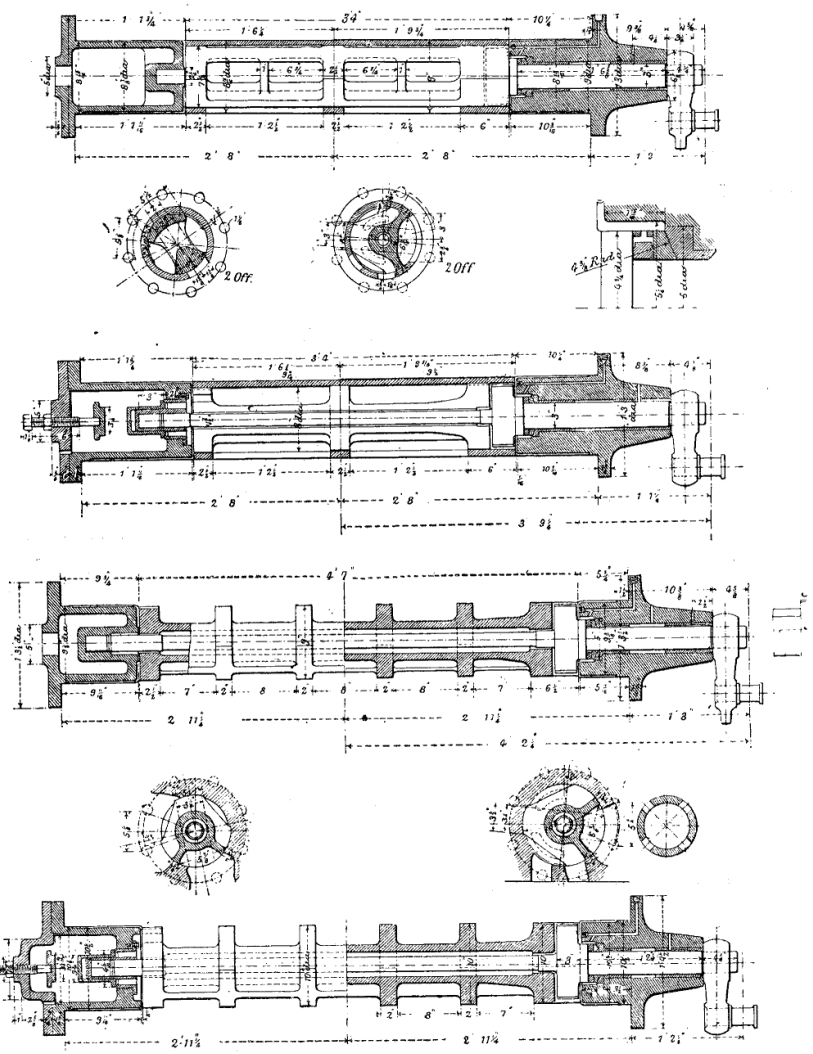


Fig. 5. — Machines des tramways de Newcastle. Robinets d'admission et d'échappement des cylindres de haute et de moyenne pression.

robinets; les tiges des pistons, en acier, ont 200 millimètres de diamètre; les crosses sont en acier forgé, avec tourillons de 215 × 200 de long et patins en fonte sur anti-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

friction. Les bielles en acier, de 200 à 254 millimètres de diamètre, ont 3m,43 de long; leurs bagues sont en bronze avec antifriction.

L'arbre de couche est en acier, de 457 millimètres de diamètre, avec trou de 76 millimètres, manivelles à 120°, sur six portées de 457 × 380 millimètres de long.

Le bâti est en trois sections boulonnées, avec bacs à huile sous les manivelles et

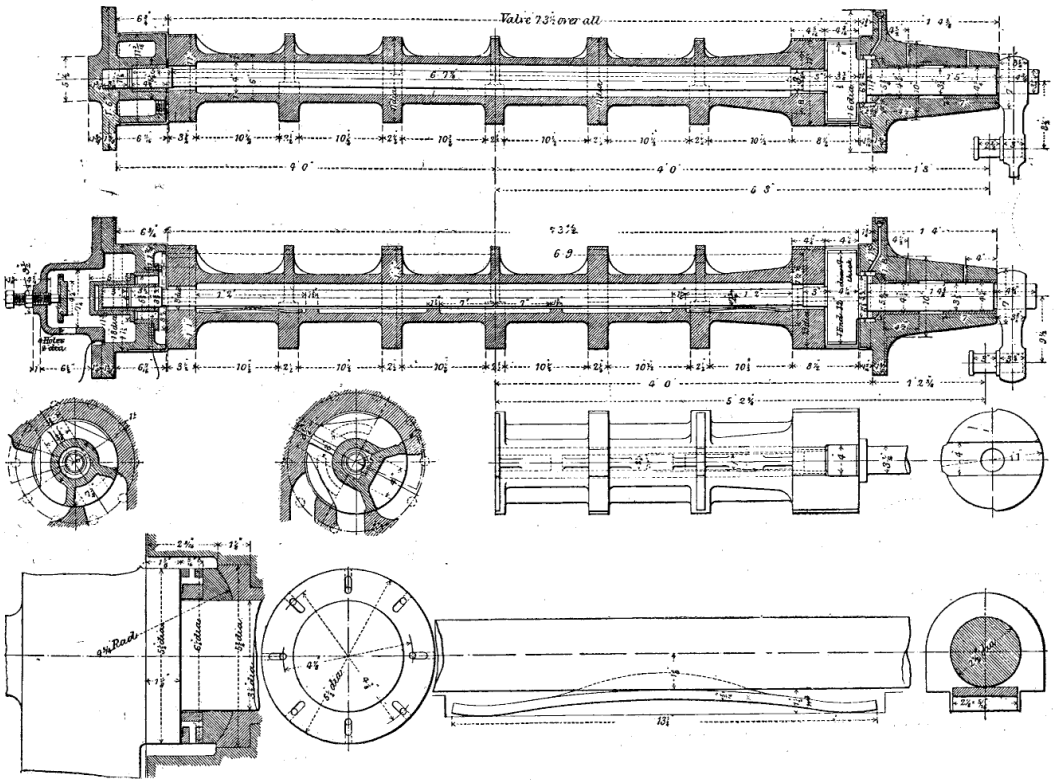


Fig. 6. — Machines des tramways de Newcastle. Robinets d'admission et d'échappement du cylindre de basse pression.

les excentriques, et gouttière périphérique pour recevoir l'huile perdue. Les coussinets inférieurs de l'arbre de couche sont en bronze avec antifriction, et les supérieurs en fonte, aussi avec antifriction, tous deux à circulation d'eau; les glissières des crosses sont aussi à circulation d'eau.

La pompe à air, du type Edwards (1), a 760 × 686 de course, commandée (fig. 3) par un balancier qui actionne aussi la pompe d'eau de refroidissement de la machine, de 100 × 280 millimètres de course.

(1) *Bulletin* de décembre 1896, p. 1182.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le condenseur cylindrique à surface, de 2 mètres $\times$ $3^{m},99$, a 511 mètres carrés de surface, et il est surmonté d'un séparateur d'huile Baker de $1^{m},85 \times 3^{m},95$ de long, que la vapeur traverse avant de passer au condenseur. Le tuyau d'échappement au condenseur est pourvu d'une valve automatique qui permet de marcher sans condensation si l'eau de circulation vient à faire défaut.

Il y a deux régulateurs : l'un à force centrifuge, commandé directement par l'arbre de couche, et l'autre, du type marin Aspinal (1), monté sur le balancier de la pompe à air et actionnant la prise de vapeur; ce dernier régulateur, de sûreté, ne fonctionne que si la vitesse vient à dépasser 80 tours par minute.

La machine attaque directement un alternateur Westinghouse avec armature de 100 tonnes, sur deux portées de $66^{o} \times 1^{m},07$ de long, avec coussinets en bronze et antifriction, à circulation d'eau. L'armature, de $6^{m},60$ de diamètre, est en 9 pièces : le moyeu et 8 segments, avec chacun un bras.

### MACHINE SOUFFLANTE WESTINGHOUSE (2)

L'installation de cette soufflerie aux aciéries de Toledo, Ohio, comprend un groupe

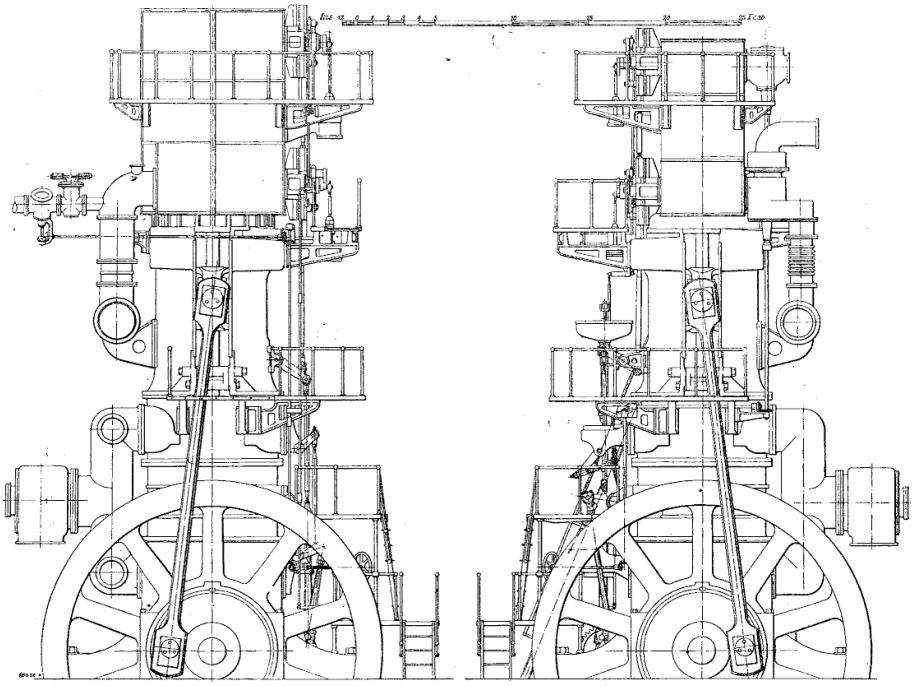


Fig. 1. — Soufflerie *Westinghouse* de 2000 chevaux, vues par bout.

de trois machines, dont deux seulement sont représentées sur les figures; la machine

(1) *Bulletin* d'avril 1899, p. 620.
(2) *Engineering* 11 décembre, p. 797.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du milieu fonctionne à basse pression, en compound avec l'une des autres à haute pression, le compoundage se faisant par un réservoir qui reçoit la vapeur d'échappement de l'une de ces dernières machines. Une valve réductrice permet au cylindre de la machine intermédiaire de recevoir la vapeur de la chaudière et de marcher isolément. Les deux cylindres de haute pression ont $1^m,27$ de diamètre et celui de basse pression $1^m,44$, sur une course commune de $1^m,67$ ; les cylindres soufflants ont tous $1^m,67 \times 2^m,44$ de diamètre.

Ces machines sont destinées à marcher par paire, avec une restant en réserve. La

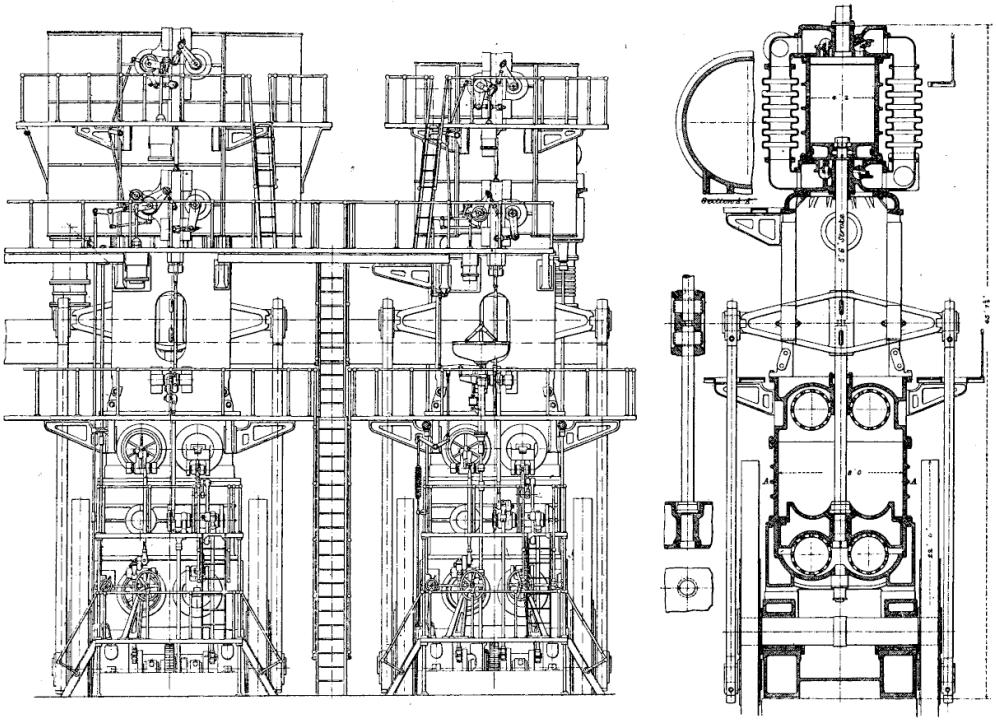


Fig. 2. — Soufflerie *Westinghouse*, élévation et coupe verticale.

puissance des trois machines est de 2 000 chevaux. L'air est refoulé dans une conduite principale avec valve à chaque branchement, et sous une pression fonction de l'allure des hauts fourneaux, la vitesse des machines restant constante.

Le socle de fondation est d'une seule pièce, en fonte résistant à 20 kilogrammes par mètre carré, avec paliers rapportés à garniture antifriction et alésés d'un coup de manière à en assurer l'alignement; les chapeaux de ces paliers sont d'une seule pièce, avec gros graisseurs à graisse. Les volants, de $6^m,60$ de diamètre, pèsent chacun 28600 kilogrammes, peuvent résister à des vitesses de 100 tours par minute, et sont fixée, en deux pièces, sur les disques-manivelles qui en constituent les moyeux. Les



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trous des boutons de ces disques-manivelles ont été alésés sur place afin d'en assurer l'alignement rigoureux; ces boutons, en acier à 0,50 de carbone, sont forcés dans leurs alésages à la presse hydraulique. Ils sont attaqués chacun par deux bielles pendantes en acier, avec têtes en fonte garnie d'antifriction, articulées par des portées de 280 × 300 millimètres de diamètre aux extrémités d'un croisillon en acier coulé à 0,30 p. 100 de carbone et de 1m,30 de hauteur en son milieu. Les deux tiges de pistons des cylindres moteur et soufflant sont fortement appuyées (fig. 2) par le serrage de leurs clavettes sur la cloison médiane de leur entrée dans la traverse, de sorte que la connexion de ces tiges est rigoureuse malgré les variations périodiques du sens de leurs efforts.

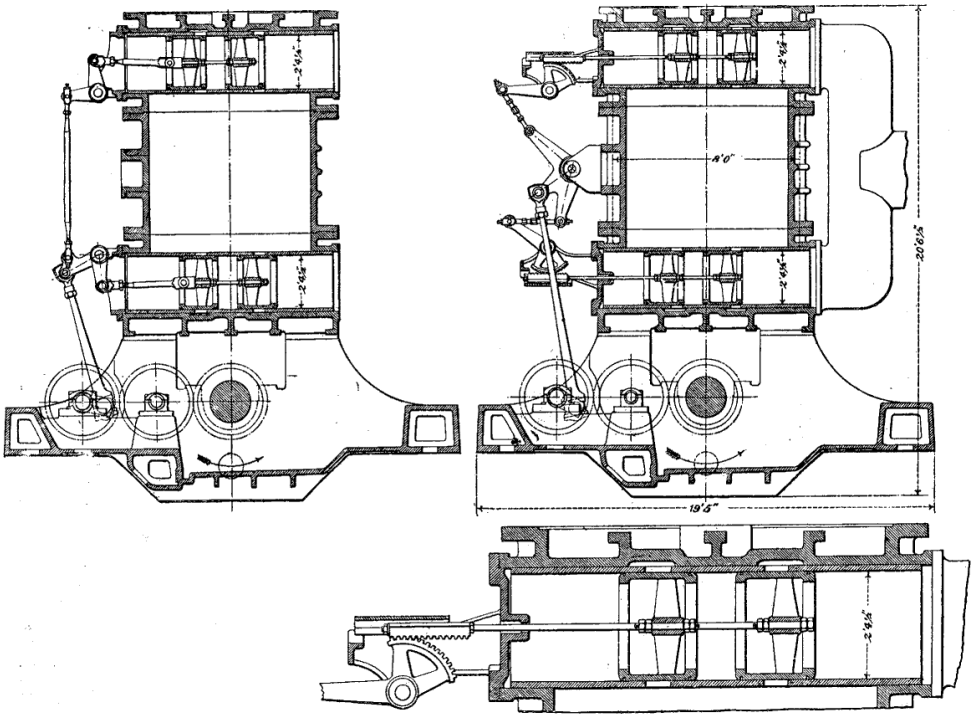


Fig. 3. — Soufflerie *Westinghouse*, détail de la distribution d'un cylindre soufflant.

L'épaisseur des cylindres moteurs est suffisante pour permettre un réalésage de 13 millimètres plus grand que l'alésage normal. La distribution est par robinets Corliss avec boîtes d'échappement hors de contact avec les parois du cylindre de manière à réduire au minimum les pertes par refroidissement des parois.

Les cylindres soufflants ont leur intérieur accessible par un autoclave de 460 millimètre (fig. 3) permettant de renouveler la garniture du piston en quatre pièces pour faciliter cette opération. Chacun des fonds de ce cylindre soufflant porte deux logements cylindriques de 700 millimètres de diamètre, pour les distributeurs (fig. 3) au nombre de quatre : deux pour l'aspiration, deux pour le refoulement; des soupapes de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sûreté empêchent la pression de ce refoulement de dépasser $2^{kil},8$. Le piston du cylindre soufflant est (fig. 2) profilé de manière à épouser le contour de ces distributeurs en réduisant l'espace nuisible au minimum.

Les distributeurs du cylindre soufflant sont (fig. 3) du type Kennedy, cylindriques et à double entrée avec garnitures en segments de fonte à ressorts, et commandés : ceux d'aspiration, par le renvoi à sonnette, indiqué sur la figure 3 de gauche; ces distributeurs d'aspirations s'ouvrent quand le piston a parcouru 25 millimètres de sa course de manière à faire disparaître la compression accumulée dans l'espace nuisible, et se ferment quand le piston arrive à l'autre bout de sa course. Les distributeurs de refoulement sont commandés (fig. 3 de droite) par un renvoi analogue, avec secteurs et crémaillères, donnant des ouvertures rapides et un long repos de fermeture; elles commencent à s'ouvrir quand la pression atteint $0^{kil},55$; elles fonctionnent sans fuites, et leurs lumières sont entièrement fermées quand le piston arrive au milieu de sa course. Cette distribution donne, entre des pressions de refoulement variant de $0^{kil},14$ à $1^{kil},2$, des résultats aussi satisfaisants que les meilleures distributions par soupapes.

Chacune des machines à haute pression est pourvue d'un régulateur à boules permettant de régulariser la marche entre des vitesses de 25 à 30 tours par minute sans arrêter la machine. Les garnitures des tiges des cylindres à vent et à vapeur sont métalliques. Le graissage des cylindres à vapeur se fait par une pompe à huile que commande sa machine. Le poids de chacune des machines de haute pression est de 276 tonnes et celui de la machine de basse pression de 310 tonnes.

Le fonctionnement de ces machines, en compound, a donné, depuis trois mois, d'excellents résultats.

## LES MODES DE DÉFORMATION ET DE RUPTURE DES FERS ET DES ACIERS DOUX. NOTE DE *MM. F. Osmond, Ch. Frémont* ET *G. Cartaud* (1).

Les auteurs se sont proposé de déterminer et de classifier les modes de déformation du fer dans les fers et les aciers doux, d'établir, pour ainsi parler, l'alphabet de ses déformations élémentaires.

Les principaux travaux antérieurs, que nous essaierons de relier entre eux et de compléter, sont ceux de Martens (2), Stead (3), Mugge (4), Ewing et Rosenhain (5), Heyn (6), Ewing et Humfrey (7).

On sait que le fer fondu ou soudé est un agrégat de grains polyédriques ordinairement équiaxes et que l'on peut assimiler aux cellules des corps organisés. Chaque cellule est remplie par un individu cristallin de fer $\alpha$, cristallisé dans le système cubique et dont l'orientation, constante dans l'intérieur d'une cellule, varie d'une cellule à l'autre. Enfin, à certains égards, le fer peut aussi être regardé comme amorphe si l'on considère des déformations de tel ordre que les éléments structuraux soient négligeables par rapport à ces déformations.

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 23 novembre 1903.
(2) *Stahl und Eisen*, t. VII, février 1887, p. 82.
(3) *Journ. Iron and Steel Inst.*, 1898, part I, p. 145 et part II, p. 137.
(4) *Neues Jahrb. f. Miner.*, 1899, 2e partie, p. 55.
(5) *Trans. Roy. Soc. London*, t. CXCIV, p. 363.
(6) *Zeits. Ver. deutsch. Ingen.*, t. XLIV, 1900.
(7) *Metallographist*, t. VI, avril 1903, p. 96.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut donc admettre que le fer possède simultanément les trois structures, amorphe, cellulaire et cristalline, possibles dans les corps inorganiques. Chacune de ces structures entraîne des déformations qui lui sont propres.

Dans les corps amorphes, on sait que les déformations suivent des lois géométriques. Nous appellerons cès déformations *banales*, parce qu'elles sont communes à tous les corps. Dans les corps ayant une structure spécifique, les déformations banales s'adaptent à la structure, cellulaire ou cristalline, ou les deux à la fois, engendrant des déformations également *spécifiques*.

Dans le fer, nous distinguons sept sortes de déformations élémentaires, en partie déjà connues, en partie nouvelles :

A. *Déformations banales adaptées à la structure cellulaire :*

1° *Plissements* microscopiques perpendiculaires ou parallèles à la direction de l'effort déjà connus à l'état macroscopique). Ces plissements, quand la déformation a été poussée assez loin, donnent lieu, à l'intérieur de la masse, à des franges, signalées par Heyn, qui paraissent alternativement sombres ou brillantes après attaque, sous une même incidence de la lumière.

2° Plissements obliques connus à l'état macroscopique sous le nom de *lignes de Lüders*, nouveaux sous la forme microscopique, et de même nature que les franges;

B. *Déformations cellulaires pures :*

3° *Joints* des cellules, déjà connus;

4° *Bordures* écrouies, plus ou moins déchiquetées, le long des joints (non encore décrites).

C. *Déformations cristallines pures :*

5° *Épines* écrouies, courtes, en position de clivages $p$ (non encore décrites), se rattachant ordinairement aux joints;

6° *Clivages p*, connus depuis longtemps;

7° *Lamelles de Neumann*, connues depuis 1848 dans les fers météoriques, observées sur certains fers terrestres, mais non utilisées pour l'étude de ces derniers (1).

Il résulte de nos observations et de nos expériences que :

*Pour un même acier,* toutes choses égales d'ailleurs, l'application d'efforts statiques favorise les lignes de déformation banales ou cellulaires, prodromes d'une cassure banale après grande déformation; la température du bleu, les chocs, les efforts rapidement alternés favorisent les lignes de déformation cristalline, prodromes de la rupture intercristalline, immédiate ou ultérieure, brusque et sans déformation notable.

*Pour des aciers différents,* les déformations cristallines prennent d'autant plus le pas sur les déformations banales ou cellulaires et conduisent d'autant plus facilement à la rupture intercristalline, sans déformations antécédentes notables, que la structure cristalline est mieux développée.

D'autres métaux ont une structure aussi compliquée que celle du fer; mais, d'habitude, les propriétés mécaniques respectivement afférentes à chacun de leurs modes superposés de structure sont de la même famille. Dans le fer $\alpha$, qui constitue essentiellement tous les fers et aciers doux industriels refroidis spontanément à partir du rouge, les propriétés mécaniques afférentes à chacune des structures sont très différentes, voire même opposées.

Le fer, corps cellulaire, est très plastique; le fer, corps cristallisé, est fragile. Et

(1) Quand nous parlons de déformations cellulaires ou amorphes, nous avons en vue la position et la forme de ces déformations, nous ne voulons pas dire qu'elles n'entraînent pas aussi, en se produisant dans un corps cristallisé, certaines modifications intimes de nature cristallographique, mais celles-ci sont alors de second ordre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme les deux structures se trouvent non séparées dans des échantillons différents, mais superposées dans le même échantillon, elles donnent lieu à des faits en apparence contradictoires.

Suivant que les procédés de fabrication auront fait prédominer l'une ou l'autre des structures, selon que l'une ou l'autre sera plus directement visée par les efforts ou empêchée de réagir par les conditions dans lesquelles ces efforts sont appliqués, la rupture sera consécutive à de grandes déformations banales et cellulaires ou bien cristalline, brusque, sans déformations préalables.

C'est cette dualité qui donne au fer sa position particulière parmi les materiaux de construction et explique les ruptures imprévues qui surviennent quelquefois en service dans les pièces fabriquées avec ce métal.

## SUR LA POSSIBILITÉ DE SOUTENIR EN L'AIR UN APPAREIL VOLANT DU GENRE HÉLICOPTÈRE EN EMPLOYANT LES MOTEURS A EXPLOSION DANS LEUR ÉTAT ACTUEL DE LÉGÈRETÉ. NOTE DE *M. Charles Renard* (1).

La *sustentation permanente* d'un appareil plus lourd que l'air au moyen des hélices et des moteurs thermiques, pratiquement impossible avec des moteurs pesant $10^{kg}$ par cheval, commence à être réalisable avec les moteurs actuels, dont le poids est descendu à $5^{kg}$ par cheval et même à un chiffre inférieur. Elle deviendra très facile avec des moteurs pesant $2^{kg},500$ par cheval, réalisables aujourd'hui

Mais il faut pour cela employer des hélices d'un poids très réduit. Nous avons exécuté, à l'établissement de Chalais, au moyen d'une machine spéciale, de nombreuses expériences sur les hélices sustentatrices et nous avons trouvé un type d'hélice qui permettra, quand on le voudra, d'enlever un appareil de $5^{chx}$ avec un excédent de force ascensionnelle de $8^{kg}$ à $10^{kg}$.

Les propriétés de ces hélices sont résumées dans les formules suivantes :

Soient $x$ le diamètre de l'hélice en mètres, $n$ la vitesse angulaire en *tours par seconde*. A la poussée verticale en kilogrammes, T la puissance dépensée sur l'hélice en kilogrammètres.

On a

$$A = 0{,}026 n^2 x^4, \tag{1}$$

$$T = 0{,}01521 n^3 x^5. \tag{2}$$

Le poids d'une hélice de $1^m$ de diamètre de ce type est de $0^{kg},500$, et l'on est conduit, pour des raisons d'ordre pratique (rigidité, etc.) à les faire toutes géométriquement semblables, de sorte que, si $p$ est le poids d'une hélice de diamètre $y$, on a

$$p = 0{,}5 x^3 \text{ (en kilogrammes)}. \tag{3}$$

Enfin l'effort qu'elles peuvent exercer sans danger de rupture est de $10^{kg}$ pour l'hélice de $1^m$ et il varie comme le carré du diamètre, de sorte que cet effort limite est donné par la relation

$$B = 10 x^2. \tag{4}$$

Des formules (1) et (2) on déduit facilement, en éliminant $n$, l'équation suivante, qui donne la poussée H d'un *système à deux hélices* en fonction du diamètre $x$ de ces hélices et de la puissance dépensée en chevaux $y$ :

$$H = 8{,}85 x^{\frac{2}{3}} y^{\frac{2}{3}} \tag{5}$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 23 novembre 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(on a supposé dans cette formule que le rendement du mécanisme de transmission était égal à 0,9).

Pour que l'appareil s'élève, il faut que la poussée H soit plus grande que les poids réunis du moteur et des deux hélices.

Soient $\varpi_1$ le poids spécifique du moteur (poids par cheval), $\varpi_2$ le poids spécifique des hélices (poids de l'hélice de $1^m$ de diamètre) et Z le *poids utile que l'appareil pourra soutenir en l'air*.

On a évidemment

$$Z = 8{,}85 x^{\frac{2}{3}} y^{\frac{2}{3}} - 2\varpi_2 x^3 - \omega_1 y. \qquad (6)$$

Il est facile de démontrer, avec cette formule, qu'on peut enlever actuellement un hélicoptère de $5^{chx}$, par exemple, avec un poids utile de $8^{kg},4$, suffisant pour le bâti, les transmissions et l'approvisionnement de combustible pour 1 heure.

On peut donc, dès à présent, réaliser, avec nos hélices et les moteurs ordinaires d'automobiles, l'intéressante expérience du *soulèvement prolongé* d'un hélicoptère. Cette expérience fondamentale aura une grande importance, mais on ne pourra l'étendre au delà des poids utiles de $8^{kg}$ à $10^{kg}$ qu'au prix d'un nouvel et important allégement des moteurs.

La fonction Z (poids utile) peut en effet s'écrire, dans le cas général où on laisse aux poids spécifiques $\varpi_1$ et $\varpi_2$ du moteur et de l'hélice leur généralité,

$$Z = a x^{\frac{2}{3}} y^{\frac{2}{3}} - 2\varpi_2 x^3 - \varpi_1 y. \qquad (7)$$

Si $a$, $\varpi_1$ et $\varpi_2$ sont considérés comme des données expérimentales, Z apparaît ici comme une fonction des deux variables $x$ et $y$ (diamètre des hélices et puissance du moteur). Une analyse facile démontre que, pour les valeurs positives de $x$ et de $y$, le poids utile Z a un maximum unique *toujours positif* donné par l'équation

$$Z_m = \frac{64}{81^3} \frac{a^9}{\varpi_1^6 \varpi_2^2} = 0{,}0001\,2043 \frac{a^9}{\varpi_1^6 \varpi_2^2}. \qquad (8)$$

Le maximum du poids utile soulevé est donc proportionnel à la neuvième puissance du coefficient $a$, qui ne dépend que de la perfection du type d'hélice, et sur lequel on ne peut guère espérer d'amélioration ; il est inversement proportionnel au carré du poids spécifique des hélices et à la *sixième puissance du poids spécifique du moteur*.

On ne peut pas beaucoup gagner sur le poids des hélices, mais il n'est pas de limite qu'on puisse assigner à l'allégement des moteurs et, de ce côté, on peut espérer une rapide augmentation du poids utile maximum $Z^m$ des hélicoptères.

L'équation (8) donne, pour le cas où nous nous sommes placé plus haut, c'est-à-dire pour $a = 8{,}85$, $\varpi_1 = 5$, $\varpi_2 = 0{,}5$,

$$Z_m = 10^{kg},3.$$

Si l'on donne au poids spécifique (poids par cheval) du moteur des valeurs variant de 10 à 1, on obtient pour Z les coefficients suivants :

| | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. | kil. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valeurs de $\varpi_1$ (poids par cheval). | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Valeurs de $Z_m$ (maximum du poids utile). . . . . | 0,160 | 0,302 | 0,612 | 1,36 | 3,44 | 10,3 | 39,2 | 220 | 2506 | 160000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce tableau fait bien ressortir l'énorme influence du poids spécifique du moteur. Avec des moteurs de $1^{kg}$ par cheval, on pourrait soulever $160\,000^{kg}$. Ce *poids utile* tombera à $220^{kg}$ pour des moteurs de $3^{kg}$ par cheval, à $10^{kg}$ pour les moteurs de $5^{kg}$ et enfin à $160^{g}$ pour des moteurs de $10^{kg}$.

L'importance de ces données numériques, en ce qui concerne l'avenir de l'aviation, nous paraît très grande, et c'est pourquoi nous avons cru devoir les faire connaître immédiatement.

Les aéroplanes (qui donnent une sustentation très économique) sont certainement les appareils volants de l'avenir et nous tenons à dire ici que nous ne nous séparons pas des savants qui ont découvert ou appliqué les remarquables propriétés des ailes attaquant l'air obliquement. Nous ne pensons pas à ce sujet autrement que sir G. Cayley, Penaud, H. Philipps, Lilienthal, Marey, Tatin, Richet, Maxim, Hargrave, Langley, Chanute, Drzewiecki, Ferber, etc. ; mais nous croyons que les aéroplanes ont besoin, pour être complets, de disposer de moyens pratiques de départ et d'atterrissage, que les hélices à axe vertical, bien employées, paraissent seules pouvoir leur procurer.

## SUR LA QUALITÉ DES HÉLICES SUSTENTATRICES, note de **M. Charles Renard** (1).

Nous avons établi ci-dessus la formule qui donne le *poids utile maximum* qui peut être soutenu par un hélicoptère à deux hélices,

$$Z_m = \frac{64}{81}\frac{K^9}{\varpi^3}\frac{\omega_1^6}{\omega_2^2}; \qquad (1)$$

nous avons étudié l'influence du poids spécifique $\omega_1$ du moteur; nous nous occuperons aujourd'hui de celle du coefficient K qui dépend de la *perfection* de l'hélice employée. Cette *perfection* de l'*hélice* ou plutôt d'une famille d'hélices géométriquement semblables peut être mesurée par un chiffre unique, auquel nous nous proposons de donner le nom de *qualité de l'hélice sustentatrice*. La notion de cette *qualité* résulte des considérations suivantes que nous donnons sous forme de théorèmes :

*Théorème I.* — Dans un appareil *sustentateur quelconque*, utilisant la résistance de l'air, le rapport $\frac{A^3}{T^2}$ du cube du poids soutenu (poussée) au carré du travail dépensé par seconde est un nombre constant.

Cela résulte immédiatement de la proportionnalité des résistances au carré des vitesses. Le rapport $\frac{T^2}{A^3} = \omega$ est la puissance du sustentateur.

*Théorème II.* — Dans un sustentateur orthogonal simple, constitué par un plan mince de surface S′ s'abaissant verticalement, la puissance $\omega$ est égale au produit $c\varphi S'$ du coefficient de la résistance de l'air par la surface.

« Ici les équations de la poussée A et du travail T sont

$$A = \varphi S' V^2, \qquad T = \varphi S' V^3$$

d'où, en éliminant la vitesse verticale V :

$$\frac{A^3}{T^2} = \omega = \varphi S'. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 7 décembre 1903.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Théorème III.* — Un sustentateur quelconque est équivalent (au point de vue de la relation qui existe entre la poussée et le travail par seconde) à un sustentateur plan d'une certaine surface.

C'est une conséquence immédiate des théorèmes I et II. Si S' est cette surface du plan orthogonal équivalent, sa puissance sera $\varphi S'$, tandis que celle du sustentateur est $\omega$; on aura donc, pour qu'il y ait équivalence,

$$\varphi S' = \varpi \qquad \text{d'où} \qquad S' = \frac{\varpi}{\varphi},$$

donc :

*Théorème IV.* — Un sustentateur quelconque est équivalent à un plan orthogonal d'une surface S' égale au quotient de sa puissance par le coefficient de la résistance de l'air.

La surface S' est la surface *équivalente* du sustentateur considéré.

*Théorème V.* — Dans une famille d'hélices semblables, la *puissance* est proportionnelle au carré du diamètre.

Cela résulte de l'examen des formules $A = \alpha_0 n^2 x^4$ et $T = \gamma_0 n_0 x^5$, qui donnent la poussée et le travail par seconde; les coefficients $\alpha_0$ et $\gamma_0$ étant les mêmes pour toutes les hélices semblables.

*Corollaire.* — Dans une famille d'hélices semblables la *puissance* est proportionnelle à la surface du cercle décrit par l'extrémité des ailes ou *surface d'appui S* de l'hélice, donc :

*Théorème VI.* — Dans une famille d'hélices semblables, la surface équivalente S' est proportionnelle à la surface d'appui S.

En d'autres termes, le rapport $\frac{S'}{S}$ de la surface équivalente à la surface d'appui est un nombre constant. C'est ce nombre constant $\frac{S}{S'} = Q$ que nous proposons d'appeler la *qualité de l'hélice sustentatrice.*

La signification de Q est très claire : une hélice de qualité 2, par exemple, est *équivalente* au plan mince orthogonal d'une surface double de *sa surface d'appui* $\frac{\pi x^2}{4}$. La *qualité* est indépendante de la grandeur de l'hélice, elle ne dépend que de sa forme. Elle est indépendante de la densité de l'air. Au point de vue de la forme, le nombre d'ailes, la fraction de pas totale et le tracé du contour des ailes ont bien une certaine influence sur la *qualité*, mais celle-ci dépend surtout du rapport $j$ du pas G au diamètre $x$ ($j$ est le pas relatif).

En prenant $\varphi = 0{,}085$, le tableau suivant et le diagramme qui l'accompagne donnent les valeurs de Q mesurées à Chalais pour une série de 6 hélices de 1 mètre de diamètre, ne différant entre elles que par le pas relatif.

| N° des hélices. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | m. | m. | m. | m. | m. | m. |
| Pas des hélices. . . . . | 0,25 | 0,50 | **0,75** | 1,00 | 1,25 | 1,50 |
| Qualité Q. . . . . | 0,48 | 1,01 | **1,14** | 0,76 | 0,52 | 0,38 |

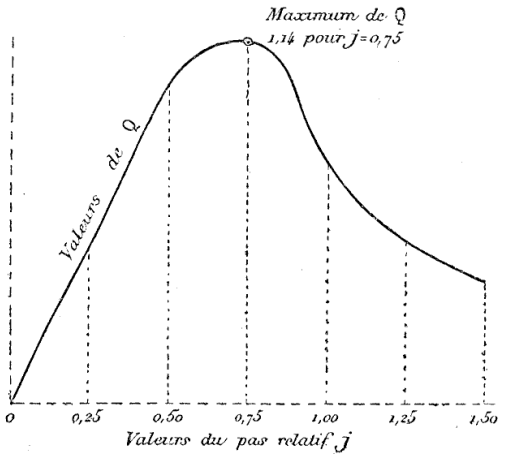
Le maximum de Q correspond à l'hélice n° 3, dont le pas est les trois quarts du diamètre; Q descend très rapidement de part et d'autre de ce sommet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Nouvelle forme de l'équation en* $Z_m$. — L'équation (1) en $Z_m$ devient facilement, en y introduisant Q (lequel est proportionnel à $k^3$),

$$Z_m = \frac{27\,100\,Q^3}{\varpi_1^6\,\varpi_2^2}. \qquad (2)$$

Le *poids utile* maximum augmente donc comme le cube de la *qualité*. — Il y a donc le plus grand intérêt à améliorer la *qualité*, mais on ne peut le faire indéfiniment. On peut démontrer, en effet, que Q est proportionnel au carré du rendement $\rho$ de l'hélice considérée comme un ventilateur, et que le coefficient de proportionnalité est très voisin de 6.




On a donc $Q = 6\rho^2$, et, comme $\rho$ ne peut pas être supérieur à l'unité, Q a une limite supérieure égale à 6. En passant de notre qualité optima, 1,14 à cette limite supérieure de 6, on multiplierait le poids utile maximum par 200 environ, et l'on passerait de 10 kilogrammes à 10 tonnes pour les moteurs de 5 kilogrammes par cheval. Sans aller si loin, on voit qu'il reste beaucoup à gagner sur la valeur de Q; nous croyons qu'on peut attendre beaucoup de l'emploi, pour les ailes, de profils courbes analogues à ceux dont les avantages ont été mis en évidence par nombre d'aviateurs pour les aéroplanes et notamment par le regretté Lilienthal.

Nous serions heureux que cette note ait pour résultat de nouvelles expériences sur les hélices sustentatrices qui sont loin d'avoir dit leur dernier mot.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# PROCÈS-VERBAUX

## DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT

*Séance du 27 novembre 1903.*

Présidence de *M. Linder*, président.

Correspondance. — *M. Collignon,* secrétaire, dépouille la correspondance.

Il fait part du décès de *M. Thurston*, directeur du Silbley College, membre correspondant du Comité de Mécanique.

*M. Boucheron* (Charles), 139, rue de Montataire, à Creil, dépose un pli cacheté intitulé : « *Description de modes de construction de pavés artificiels en deux matières différentes, ou en bi-matière.* »

*M. Lordier* remercie le Conseil de sa nomination comme membre de la Société d'Encouragement.

*M. Germain*, 76, rue Vaneau, demande une annuité de brevet pour un *appareil domestique.* (Arts économiques.)

*MM. Ducos du Hauron* et *de Bercegat* présentent une *canne longue-vue.* (Arts économiques.)

*M. Teisserenc de Bort* remercie la Société d'Encouragement des 3 000 francs accordés pour son *Observatoire météorologique du Danemark.*

*M. Samain* présente les *ascenseurs* de son système installés aux magasins du Printemps. (Arts mécaniques.)

*M. Morin*, 114, rue Michel-Bizot, présente un *Joint démontable pour tuyaux* (Arts mécaniques) et une *Balayeuse arroseuse automatique.* (Constructions et Beaux-Arts.)

*M. J. Herssen*, 10, rue Dupetit-Thouars, demande un brevet pour des *appareils d'usage domestique.* (Arts économiques.)

*M. Suffren*, chef des travaux à l'école pratique du commerce de Béziers, présente les appareils de protection exécutés dans le laboratoire de mécanique de cette école. (Arts mécaniques.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*M. Constant*, 223, route de Saint-Leu, à Enghien, présente un *procédé de conservation des œufs*. (Agriculture.)

CORRESPONDANCE IMPRIMÉE. *M. Collignon* présente au Conseil, avec remerciements aux donateurs, les ouvrages mentionnés à la page 653 du *Bulletin* de novembre.

NOMINATIONS DE MEMBRES DE LA SOCIÉTÉ. — Sont nommés membres de la Société :

*M. Gilbert* (Paul), manufacturier à Givet, présenté par *M. Linder;*

*M. Magne* (Lucien), professeur d'architecture à l'École des Beaux-Arts, présenté par *M. Larivière;*

*M. Résal*, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, présenté par *M. Huet.*

DÉCLARATION DE VACANCES. — *M. Huet* déclare ouvertes, au Comité des *Constructions et Beaux-Arts*, trois vacances, en remplacement de *MM. Bunel*, *De Romilly* et *Dufresne de Saint-Léon*.

CONFÉRENCE. — *M. G. Hersent* fait une conférence sur le *Port de Rosario et l'Argentine.*

*M. le Président* remercie vivement M. Hersent de sa très intéressante conférence, qui sera insérée au *Bulletin.*

---

## ERRATUM

NUMÉROTAGE DES FILS. *Bulletin d'octobre 1903, p. 418*, ligne 5 à partir du bas, au lieu de « les écarts de ces titres sont beaucoup *plus* sensibles », lire « sont beaucoup MOINS sensibles ».

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LIVRES ET OUVRAGES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE

## EN DÉCEMBRE 1903

**Recherches sur les instruments, les méthodes et les dessins photographiques**, par le colonel Laussedat, vol. 2. *Développement et progrès de la métrophotographie à l'étranger et en France.* In-8°, 220 p. Paris, Gauthier-Villars.

**Leçons d'électricité industrielle**, par M. J. Pionchon, vol. 2, 1er fascicule, in-8°, 275 p. 306 fig. Grenoble, Gracien et Rey.

**Rapport sur la lutte contre l'alcoolisme dans l'industrie**, par M. H. Mamy. In-8°, 9 p. Circulaire n° 28 de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail.

*Du ministère de l'Instruction publique.* **Exposition de 1900**, rapports du Jury. Groupe VI. Génie civil. Moyens de transport, 3e partie. **Matériel des chemins de fer et de la navigation.** In-8°, 620 p. Imprimerie Nationale.

**Traité de la teinture et de l'impression des matières colorantes artificielles**, par M. J. Depierre, 3e partie. *Nouvelles matières colorantes artificielles.* in-8°, 610 p. Paris, Béranger.

**La toile peinte à l'Exposition de 1900**, par M. J. Depierre. In-8°, 150 p. Paris, Béranger.

*De la collection Scientia.* **Diagrammes et surfaces thermo-dynamiques**, par M. J. W. Gibbs. In-8°, 85 p. Paris, Naud.

*De la Smithsonian Institution.* **Annual report**, 1902. In-8°, 690 p. Washington Government printing Office.

**L'irrigation dans la péninsule ibérique et dans l'Amérique du Nord**, par M. J. Brunhes. In-8°, 580 p. Paris, Naud.

*De M. Guarini.* **L'électricité dans les mines en Europe.** In-8°, 46 p. Bruxelles, Ramlot.

**Mémoires de la Société d'Agriculture du département de Seine-et-Oise**, 1902-1903. In-8°, 310 p. Versailles, Albert.

**Coup d'œil rétrospectif sur le procédé de fabrication de la soude à l'ammoniaque**, par M. L. Solvay. Conférence au Congrès international de chimie de Berlin.

**Chambre de commerce d'Alger.** Exposé des travaux. Années 1902-1903. In-8°, 630 p. Alger, Jourdan.

*Du ministère du Commerce.* **Conseil supérieur du travail.** Session de 1903. Le délai-congé. Réglementation du travail. Les causes du chômage. 3 vol. in-4°. Imprimerie Nationale.

**Annuaire du Bureau des longitudes** pour 1904. In-18, 729 p. et Notices. Paris, Gauthier-Villars.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LITTÉRATURE

DES

# PÉRIODIQUES REÇUS A LA BIBLIOTHÈQUE DE LA SOCIETÉ

**Du 15 Novembre au 15 Décembre 1903**

## DÉSIGNATIONS ABRÉGÉES DES PUBLICATIONS CITÉES

*Ag.* . . . Journal de l'Agriculture.
*Ac.* . . . Annales de la Construction.
*ACP* . . . Annales de Chimie et de Physique.
*AM.* . . . Annales des Mines.
*AMa* . . . American Machinist.
*Ap.* . . . Journal d'Agriculture pratique.
*APC.* . . . Annales des Ponts et Chaussées.
*Bam.* . . . Bulletin technologique des anciens élèves des écoles des arts et métiers.
*BMA* . . . Bull. du ministère de l'Agriculture.
*CN.* . . . Chimical News (London).
*Cs.* . . . . Journal of the Society of Chemical Industry (London).
*CR.* . . . Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
*DoL.* . . . Bulletin of the Department of Labor, des États-Unis.
*Dp.* . . . Dingler's Polytechnisches Journal.
*E.* . . . . Engineering.
*E'.* . . . . The Engineer.
*Eam.* . . . Engineering and Mining Journal.
*EE.* . . . Eclairage électrique.
*Elé.* . . . L'Électricien.
*Ef.* . . . Économiste français.
*EM.* . . . Engineering Magazine.
*Es.* . . . . Engineers and Shipbuilders in Scotland (Proceedings).
*Fi* . . . . Journal of the Franklin Institute (Philadelphie).
*Gc.* . . . Génie civil.
*Gm.* . . . Revue du Génie militaire.
*IC.* . . . . Ingénieurs civils de France (Bull.).
*Ie.* . . . . Industrie électrique.
*Im* . . . . Industrie minérale de St-Étienne.
*IME.* . . . Institution of Mechanical Engineers (Proceedings).
*IoB.* . . . Institution of Brewing (Journal).
*Ln* . . . . La Nature.
*Lo.* . . . . La Locomotion.
*Ms.* . . . . Moniteur scientifique.
*MC.* . . . Revue générale des matières colorantes.
*N.* . . . . Nature (anglais).
*PC* . . . . Journal de Pharmacie et de Chimie.
*Pm.* . . . Portefeuille économ. des machines.
*RCp* . . . Revue générale de chimie pure et appliquée.
*Rgc.* . . . Revue générale des chemins de fer et tramways.
*Rgds.* . . . Revue générale des sciences.
*Ri* . . . . Revue industrielle.
*RM.* . . . Revue de mécanique.
*Rmc.* . . . Revue maritime et coloniale.
*Rs.* . . . . Revue scientifique.
*Rso.* . . . Réforme sociale.
*RSL.* . . . RoyalSocietyLondon(Proceedings).
*Rt.* . . . . Revue technique.
*Ru* . . . . Revue universelle des mines et de la métallurgie.
*SA.* . . . Society of Arts (Journal of the).
*SAF* . . . Société des Agriculteurs de France (Bulletin).
*ScP.* . . . Société chimique de Paris (Bull.).
*Sie.* . . . Société internationale des Électriciens (Bulletin).
*SiM.* . . . Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse
*SiN.* . . . Société industrielle du Nord de la France (Bulletin).
*SL.* . . . . Bull. de statistique et de législation.
*SNA.* . . . Société nationale d'agriculture de France (Bulletin).
*SuE.* . . . Stahl und Eisen.
*USR.* . . . Consular Reports to the United States Government.
*Va.* . . . La Vie automobile.
*VDI.* . . . Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure.
*ZOI.* . . . Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieure und Architekten-Vereins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## AGRICULTURE

*Agriculture et industries familiales* en Belgique., *Ag*. 28 *Nov.*, 855.

*Assolement* dans la terre de Boulbènes (Haute-Garonne (Hitier). *Ap*. 26 *Nov.*, 701.

*Asperge* en grande culture (Lesourd), *Ap*. 26 *Nov.*, 702; 10 *Déc.*, 762.

**Bétail**. Valeur alimentaire des fourrages (Grandeau). *Ap*. 19-26 *Nov.*. 666, 697.

— Fourrages concentrés et fourrages bruts. *Ap*. 3 *Déc.*, 729.

— Race ovine Disbley-Mérinos. *Ap*. 3 *Déc.* 740.

*Betterave* (Jaunisse de la) (Delacroix). *CR*. 23 *Nov.*, 871; 5 *Déc.*, 888.

*Charrues* anciennes de Grèce et d'Italie (Chevalier). *Ic. Oct.*, 336.

*Cheval*. Influence du sol et du climat dans l'industrie chevaline. *Ag* 5 *Déc.*, 890.

*Coton*. Égreneuses. *Ap*. 10 *Déc.*, 774.

**Lait** (Filtration du). *Ap*. 19 *Nov.*, 677.

— Répression des fraudes sur le beurre en Belgique. *Ag*. 21 *Nov.*, 822.

— Lait en poudre. *Ap*. 26 *Nov.*, 698.

*Maïs* en Roumanie. *Ap*. 19-26 *Nov.*, 679, 707.

*Machines agricoles et l'électricité* (Guarini). *Rgas*. 30 *Nov*,

*Moissonneuses* à moteur Wood. *Ap*. 3 *Déc.*, 733.

*Prairies naturelles épuisées*. Renouvellement des espèces fourragères. *Ag*. 21 *Nov.*, 810.

*Peupliers* (Plantations de). *Ap*. 19 *Nov.*, 673.

*Pluies en 1893*. *Ap*. 19 *Nov.*, 672.

*Sol* (Théorie nouvelle du). *N*. 19 *Nov.*, 58.

**Vignes**. Suppression du labourage.

— Caractères chimiques des vins provenant des vignes attaquées par le mildew (Manceau). *CR*. 7 *Déc.*, 998.

## CHEMINS DE FER

**Chemins de fer** du London Brighton. Élargissement. *E*. 20 *Nov*, 693; 4 *Déc.*, 755.

— — de Tokio. *VDI*. 21 *Nov.*, 1689; 12 *Déc* , 1805.

— — du Cap au Caire. *Ln*. 28 *Nov.*, 403.

— — en Chine. *EM. Déc.*. 321.

— — Américains (Progrès des). *E*. 27 *Nov.*, 739.

**Chemins de fer**. Métropolitain de Paris. *VDI*. 28 *Nov.*, 1727; 5 *Déc.*, 1770. *EM. Déc.*, 349.

— — de Madagascar. *Gm. Nov.*, 382.

— *Électriques* rapides. Essais. *E'*. 27 *Nov.*, 530.

— — Manfield-rossen. *Ie*. 25 *Nov.*, 517.

— — Invalides-Versailles. *EE*. 28 *Nov.*, 341; 5-12 *Déc.*, 369, 405.

— — Suburbains. *E*. 11 *Déc.*, 824.

— — Train à unités multiples Siemens-Schuckert. *Elé*. 5 *Déc.*, 357.

— — Contrôleurs électro-pneumatiques Westinghouse. *Gc*. 28 *Nov.*, 58.

*Chauffage électrique* des trains. *Elé*, 21 *Nov.*, 327.

*Frein* Lipkowsky. *Gc*. 5 *Déc.*, 70.

*Heurtoirs* hydrauliques de la gare d'Anvers. *Pm. Déc.*, 186.

**Locomotives**. Chaudière et foyer. *EM. Déc.*, 390.

— Express 2 essieux couplés du Great Northern. *E'*. 27 *Nov.*, 524.

— — de Glehn sur le Great Western. *E'*. 4 *Nov.*, 541.

— —, A 3 essieux couplés. Est français. *E'*. 11 *Déc.*, 580.

— (Équilibrage des) Wolters. *Dp*. 21 *Nov.*, 742.

**Signaux** électriques automatiques Brown au District Ry de Londres. *E'*. 27 *Nov.*, 532.

— électro-gaz Westinghouse. *E*. 4 *Déc.*, 760.

*Voitures* des chemins de fer et tramways hongrois. *Pm. Déc.*, 178.

### TRANSPORTS DIVERS

**Automobiles**. Expositions de Londres. *E*. 27 *Nov.*, 728, 739.

— *a pétrole* Rochet-Schneider. *Va*. 28 *Nov.*, 755.

— — Mercédès, 1904; Clément Bayard, 1904; Rossel, *Va*. 12 *Déc.*, 787, 793.

— — Panhard-Levassor (*id.*), 761.

— — Delahaye-Cottereau (*id.*), 7 *Déc.*, 771, 777.

— — Camion Hagen. *Lo*. 26 *Nov*,, 759.

— — Radiateur Laris. *Lo*. 26 *Nov.*, 758.

— *à vapeur*. Essais de petits moteurs (Beckford). *E'*. 4 *Déc.*, 543.

— Changement de vitesse Wauthrin. *Va*. 28 *Nov.*, 765.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Automobiles**. De Dion. *Va.* 7 *Déc.*, 775.
**Tramways** (Rails de). *E.* 4 *Déc.*, 773.
— *Électriques* de Glasgow. *E* 27 *Nov.*, 737.
— — par moteurs sériés alternatifs (Finzi). *Sie. Nov.*, 436.
— — à vapeur Stefenson. *E.* 4 *Déc.*, 556.
*Vélocipédie*. Pédaliers divers. *Dp.* 28 *Nov.*, 705; 5-12 *Déc.*, 775, 790.

## CHIMIE ET PHYSIQUE

*Amidon*. Rétrogradation de l'empois (Maquenne). *CR.* 16 *Nov.*, 797.
*Argon*. Préparation (Moissan et Regant). *CR.* 16 *Nov.*, 773.
*Acétylène* et ses applications. *Bam. Nov.*, 1288.
*Chaleur de combustion*. Nouvelle méthode de détermination (Lemoult). *CR.* 7 *Déc.*, 979.
**Acides** de Caro. Composition.
— Nitrique concentré (Densité de l') (Veley et Manley). *Cs.* 30 *Nov.*, 1227.
*Bismuth*. Fusibilité des mélanges de protosulfures de bismuth, d'argent et d'antimoine (Pelabon). *Cs.* 30 *Nov.*, 930.
**Chaux et Ciment**. Divers. *CR.* 16-30 *Nov.*, 1125, 1244.
— Usine à chaux hydraulique et ciment de grappier de Galiera (Corse). *Ac. Déc.*, 178.
— Usine à ciment de Détroit. *Le Ciment, Nov.*, 161.
— Ciment Portland. Fabrication (Morel). *Gc.* 28 *Nov.*, 56; 5-10 *Déc.*, 68. 88.
*Calorimètres* (Comparaison de différents types de) (Brame et Cowan). *Cs.* 30 *Nov.*, 1230.
*Colle*. (Viscosité de la) (Fels). *Ms. Déc.*. 895.
*Cuivre*. (Coloration des surfaces métalliques par les hyposulfites doubles de) (Girard). *RCp.* 29 *Nov.*, 463.
*Distillerie*. Évaporateurs à effet multiple. *E'.* 20 *Nov.*, 494.
*Diamant*. Fabrication artificielle. *Ms. Déc.*, 891.
*Eaux*. Stérilisation par l'ozone. *Elé.* 12 *Déc.*, 377.
*Éclairage* et radiations. *E.* 20 *Nov.*, 686: 4 *Déc.*, 751.
— au gaz. Chargeur de cornues de Brouver. *Ln.* 28 *Nov.*, 401.
*Égouts*. Épuration à Paris. *Ri.* 12 *Déc.*, 497.
*Explosifs* (Stabilité des) à base de nitrocellulose. *Gc.* 21 *Nov.*, 41.
— Application des rayons X à l'examen des fusées de sûreté (Hake). *Cs.* 30 *Nov.*, 1224.
*Essences* de petit grain (Jeancard et Satie). *ScP.* 20 *Nov.*, 1088.
— Huiles essentielles et chimie des terpènes (Gerber). *Ms. Déc.*, 865.
— Diverses. *Cs.* 30 *Nov.*, 1255.
*Fermentations*. Le manganèse envisagé comme ferment métallique. Influences activantes ou paralysantes (Trillat). *CR.* 30 *Nov.*, 922.
*Ferrocyanures*. (Estimation des) (Clennell). *Eam.* 7 *Nov.*, 698.
*Flammes* (Températures des) (Fery). *CR.* 30 *Nov.*, 909.
*Foyers* pour bijoutiers-émailleurs (Cunyngham.) *SA.* 11 *Déc.*, 72.
*Industries chimiques* en France (de la Praille). *RCp.* 29 *Nov.*, 473.
*Kermès* (Le) (Bougault). *CR.* 16 *Nov.*, 794.
**Laboratoire**. Divers. *Cs.* 38 *Nov.*, 1256.
— Analyse du nickel industriel (Hollard). *Scp.* 20 *Nov.*, 1073.
— — du chrome dans les aciers (Jaboulay. *RCp.* 29 *Nov.*, 468.
— — de l'étain marchand (Campredon). *Ms. Déc.*, 889.
— Séparation électrolytique du nickel et du zinc. Influence des gaz (Hollard et Berliaux). *CR.* 23 *Nov.*, 853.
— — de l'iode dans les sels halogènes alcalins, d'avec le chlore et le brome par sa transformation en acide iodique et préparation de l'iode pur (Baubigny et Rivals). *CR.* 30 *Nov.*, 927.
*Nicotine* (Synthèse de la) (Pictet). *CR.* 23 *Nov.*, 860.
*Nitrates* (Polymorphisme des) (Wallerant). *CR.* 16 *Nov.*, 805.
**Optique**. Projections stéréoscopiques. *Ln.* 12 *Déc.*, 28.
— Lampe à incandescence. Emploi comme étalon photométrique (Fabry). *EE.* 12 *Déc.*, 411.
*Oxygène*. Coefficient de pression à volume constant et à différentes pressions initiales (Makower et Noble).
— liquide. Tension de vapeur (Travers et Fox) (*id.*)., 386; *RsL.* 21 *Nov.*, 379.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Ozone*. Production et emploi. *E.* 20 *Nov.*, 497.
*Papier* (Fabrication du).
*Photographie*. Composition de la gélatine insolubilisée par les sels de sesquioxyde de chrome et théorie de l'action de la lumière sur la gélatine additionnée.
*Pigment* du géranium (Griffiths). *CN.* 29 *Nov.*, 249.
*Phosphore* écarlate et son emploi pour les allumettes (Muir et Schenke). *Cs.* 23 *Nov.*, 1225.
*Peintures* à base de zinc, au lieu de celles à base de plomb (Breton). *ACP. Déc.*, 554.
*Résines et Vernis*. Divers. *Cs.* 16-30 *Nov.*, 1199, 1250.
**Radio-activité** (Expériences de) (Allen). *E.* 4 *Déc.*, 781.
— Spectre des radiations lumineuses du radium (Huggins). *RSL*, 21 *Nov.*, 409; (Crookes (*id.*). 413.
*Spinelles* quadratiques artificielles (Gorgeu). *ScP.* 5 *Déc.*, 1110.
*Structure superficielle des solides* (Bulby). *Cs.* 16 *Nov.*, 1167.
**Tannerie**. Divers. *Cs.* 16-30 *Nov.*, 1201 1238.
— Progrès récents (Wood). *Cs.* 30 *Nov.*, 1234.
— Valeur tannante relative des différentes espèces de myrobolans et de valonias (Parker, Blockey et Leech). *Cs.* 16 *Nov.*, 1181, 1184.
— Fixation des cuirs colorés au goudron (Lamb). (*id.*)., 1186.
— Cuir chromé. *Gm.*, *Nov.*, 437.
**Teinture**. Divers. *Cs.* 16 *Nov.*, 1190, 1193.
— Matières colorantes nouvelles (Wahl). *Rgds.* 30 *Nov.*, 1142.
— Progrès des matières colorantes en 1902 (Wahl). *Ms. Déc.*, 881.
— Apprêts chargés et colorés (Picquet). *Mc.* 1er *Déc.*, 354.
— Indigo. Fabrication dans le pays de production (Breaudat). *MC.* 1er *Déc.*, 357.
— Teinture du coton en rouge d'Andrinople (Bettrer). *Mc.* 1er *Déc.*, 360,
— Solidité des matières. Essais de solidité (Lange). *Mc.* 1er *Déc.*, 363.
*Terres rares*. Séparation rigoureuse (Urbain et Lacombe). *CR.* 16 *Nov.*, 792.
— Aclion de la lumière ultra-violette sur les oxydes des —. *CN.* 27 *Nov.*, 363.

## COMMERCE ET ÉCONOMIE POLITIQUE

*Angleterre*. Problème fiscal (Kennedy). *SA.* 4 *Déc.*, 39.
*Assurance* contre le chômage au Conseil supérieur du travail. *Ef.* 28 *Nov.*, 748.
*Accidents du travail*. Prévention à Paris (Dumont). *Ic. Oct.*, 324.
*Colonies* (Émigration des femmes aux) (Pégard). *RSO.* 16 *Déc.*, 872.
*Congrès ouvrier* de Francfort. *RSO. Déc.*, 833.
*Éducation* commerciale. *E.* 20 *Nov.*, 703.
— des ingénieurs. *Technology Quarterly. Sept.*, 163.
*États-Unis*. (Industries des) : Textiles. *Ef.* 21 *Nov.*, 705. Mines, combustibles, minéraux. (*id*). 28 *Nov.*, 746; 5 *Déc.*, 781. Industries alimentaires. (*id.*), 12 *Déc.*, 822.
— (Commerce des). *E'*. 27 *Nov.*, 520,
**France**. Situation financière. *Ef.* 5 *Déc.*, 777.
— Arsenaux de la marine. (*id.*), 784.
— Charges nouvelles des prochains budgets. *Ef.* 12 *Déc.*, 817.
— — fiscales de l'agriculture. *Ef.* 12 *Déc.*, 826.
*Grands magasins* (Impôts sur les) en Prusse. *SL. Nov.*, 548.
*Grèce*. Situation économique. *Ef.* 12 *Déc.*, 828.
*Grèves en Belgique*, de 1896 à 1900 (Julen). *Rso.* 16 *Déc.*, 861.
*Japon*. Culture du riz et sériciculture. *Ef.* 28 *Nov.*, 750.
*Laines*. Industrie lainière en Allemagne. *Ef.* 5 *Déc.*, 779.
*Lois successorales*. Influence sur l'expansion de la France. *Rso.* 1er-16 *Déc.*, 798, 883.
*Maisons ouvrières* à Borsegwalde. *E.* 11 *Déc.*, 796.
*Mutualité* et la morale (Dedé). *Rso.* 1er *Déc.*, 781.
*Nouvelle-Zélande* (Conditions du travail en). *DoL. Nov.*, 1142.
*Ouvriers de la viticulture* languedocienne et leurs syndicats (Laribe). *Musée social. Nov.*
*Réglementation du travail*. Intervention du Parlement. *Ef.* 21 *Nov.*, 701.
*Richesse et revenus en France*. Prusse et Hongrie. *Ef.* 28 *Nov.*, 741.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Salaires* dans les industries houillères. *Ef.* 21 *Nov.*, 707; 12 *Déc.*, 819.
*Socialisme* (Sophismes du). *Rso.* 1er *Déc.*, 824.
*Sucres*. Tarif russe. *SL. Nov.*, 576.
*Trust* américain de la navigation. *ZOI.* 4 *Déc.*, 643.

## CONSTRUCTIONS ET TRAVAUX PUBLICS

*Articulations et lames flexibles* (Mesnager). *CR.* 30 *Nov.*, 908.
*Béton armé* (Résistance du) (Weiske). *Dp.* 11 *Déc.*, 795.
*Canalisations*. Essais pour la fumée. *Ac. Nov.*, *Déc.*, 185.
**Ponts**. Limite de fatigue normale. *E'.* 20-27 *Nov.*, 493, 518; 4 *Déc.*, 548.
— à transbordeurs. *Gc.* 21-28 *Nov.*, 33, 49.
*Recouverture* des ateliers. *E.* 27 *Nov.*, 744.
*Voûtin hourdis* Mantel. *Ac. Déc.*, 188.

## ÉLECTRICITÉ

**Accumulateurs** Edison (Janet). *Sie. Nov.*, 404.
— pour automobiles (Hebbert). *E.* 11 *Déc.*, 814.
*Bobines d'induction* (Interruption du circuit primaire des) (Turpain). *EE.* 12 *Déc.*, 406.
*Distribution* de Berlin. *Ie.* 25 *Nov.*, 523.
**Dynamos**. Essai calorimétrique à l'air Threadfall. *E.* 4 *Nov.*, 770.
— Essai des grands alternateurs (Behrend). *EE.* 12 *Déc.*, 431.
— Compoundage des alternateurs auto-excitateurs pour charges et facteurs de puissance variable (Garfield). *EE.* 11 *Déc.*, 438.
*Moteurs* monophasés à collecteurs (Blondel). *EE.* 28 *Nov.*, 321; 12 *Déc.*, 423.
**Éclairage**. *Arcs*. Travaux de Mme H. Ayrton (Blondel). *EE.* 5 *Déc.*, 361.
— au mercure (Valbrenne). *CR.* 30 *Nov.*, 912.
*Électrons* (Les) (Tommasina). *EE.* 22 *Nov.*, 281; 5 *Déc.*, 379.
**Électro-chimie**. Divers. *Cs.* 30 *Nov.*, 1247.
— Raffinage dn cuivre (Bancroft). *Eam.*, 14 *Nov.*, 740.
— Galvanisation électrolytique. *Gc.* 12 *Déc.*, 93.
*Hysteresis* diélectrique et la méthode d'oscillation de M. Schaufelberger. *EE.* 12 *Déc.*, 404.
**Mesures**. Appareils J. Richard. *Elé.* 5 *Déc.*, 353.
— Examen des métaux magnétiques (Brunswick). *EE.* 11 *Déc.*, 432.
— Unités CGS au congrès des électriciens de Saint-Louis. *Ie.* 10 *Déc.*, 541.
*Piles* (Études sur les) (Berthelot). *CR.* 7 *Déc.*, 956; *ACP. Déc.*, 433-542.
— Cranyi et Barezag. *EE*, 5 *Déc.*, 389.
*Régulateur de tension* américain. *Ie.* 25 *Nov.*, 521.
**Stations centrales**. Comparaison entre les machines à vapeur et les moteurs électriques pour la commande des machines auxiliaires (Taite et Down). *EE.* 11 *Déc.*, 436.
— particulières isolées. Organisation. *EM. Déc.*, 410.
**Télégraphie** sans fil (La) (Ferrié). *Elé. Déc.*, 369.
— Accordage des sections par multiplicateur (Argo). *EE.* 21 *Nov.*, 297.
— Télégraphone Poulsen. *EE.* 21 *Nov.*, 306.

## HYDRAULIQUE

*Chutes hydrauliques* de la Colombie britannique. *EM. Déc.*, 333.
**Pompes** centrifuges. (Essais de) (Stanton). *E.* 27 *Nov.*, 719, 745.
— à incendie Meryweather. *E.* 11 *Déc.*, 787.]
— à émulseurs Pohle. *E'.* 11 *Déc.*, 568.
*Puits artésiens* (Pantanelli). *CR.* 16 *Nov.*, 809.
*Roue Pelton* pour laminoir. *E'.* 4 *Déc.*, 544.
— pour chute de 600 mètres. *Ie.* 19 *Déc.*, 545.
*Turbines*. Station hydro-électrique d'Avignonnet. *Ri.* 21 *Nov.*, 461.
— de Bonavaud. *Bam. Nov.*, 1229.
*Vitesse des cours d'eau*. Mesure (Schmidt). *VDI.* 21 *Nov.*, 1698.

## MARINE, NAVIGATION

*Bateaux à voyageurs sur le Nil. E'.* 27 *Nov.*, 517.
*Constructions navales* (Progrès des). *E.* 20 *Nov.*, 701.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Cloisons étanches.* Portes Lloyd. *E'.* 4 *Déc.*, 547.

**Hélices** (Les). *E'.* 20 *Nov.*, 505, 508; 4 *Déc.*, 558.

— pour navires de guerre. *E.* 27 *Nov.*, 738.

**Machines marines.** Poids des machines de cuirassés. *E'.* 27 *Nov.*, 539.

— (Avaries aux). *E'.* 4 *Déc.*, 553.

— Rapport de l'amiral Melville. *Rmc. Nov.*, 2584.

— *à gaz* (Dunlop). *E.* 11 *Déc.*, 808.

**Marines de guerre** anglaise. *E.* 11 *Déc.*, 803.

— Guerre hispano-américaine aux Philippines. *Rmc. Nov.*, 2389.

— *Sous-marin.* Américain Protector. *E'.* 20 *Nov.*, 502.

*Paquebots.* Baltic de la White Star. *E'.* 27 *Nov.*, 526.

— Mesures de sécurité à bord des navires d'émigration de la ligne Hamburg-America. *Rmc. Nov.*, 2621.

## MÉCANIQUE GÉNÉRALE

**Aérostat** Lebaudy. *Va.* 21 *Nov.*, 741; *Gc.* 5 *Déc.* 74.

— Aviation en Amérique (Chanute). *Rgds.* 30 *Nov.*, 1133.

*Air comprimé.* Compresseur électrique Boréas. *E.* 20 *Nov.*, 713.

*Angles de rotation très petits* (Mesure des) (Brillouin). *CR.* 16 *Nov.*, 786.

*Arbres* (Calcul graphique des) (Walker). *AMa.* 12 *Déc.*, 1649.

*Broyeur* Ferraris. *Eam.* 28 *Nov.*, 811.

**Chaudières** à tubes d'eau Niclausse. *VDI.* 12 *Déc.*, 1797.

— Alimentation. Régulateur Munford. *E'.* 20 *Nov.*, 501. Épurateur Kennicott. *E.* 11 *Déc.*, 796. Filtre Mather et Platt. *Ri.* 12 *Déc.*, 496.

— Foyers à pétrole. *Ri.* 30 *Nov.*, 484; 12 *Déc.*, 494.

— Grille mécanique Arthur. *Gc.* 5 *Déc.*, 75; Erith. *Ri.* 5 *Déc.*

— Surchauffe. Action de la vapeur surchauffée sur les métaux (Defays). *Ri.* 21-30 *Nov.*, 459, 489.

— Tirage. Régulateur Pfister. *Bam. Nov.*, 1332

*Dragues* de Portland, Osgood. *RM. Nov.*, 497, 500.

*Embrayages* Smith, Hirrson, Jenatry, Loria, Hele-Shaw, Fraser, Campbell, Olds. Wheaton, Schwartz, Dietrich, Nuack, Panhard Levassor, Croft, Priestmann, Wood. *RM. Nov.*, 502, 515.

*Engrenages elliptiques. RM. Nov.*, 501.

*Freins* à bandes (Les) (Bickford). *E'.* 27 *Nov.*, 521.

— Williamson, Colemann et Hill. *RM. Nov.*, 527.

**Froid.** Extraction de l'oxygène par liquéfaction partielle de l'air et retour en arrière (Claude). *CR.* 16 *Nov.*, 703.

— Machine frigorifique Webb. *RM. Nov.*, 531.

*Graissage.* Essai des huiles Kingsbury. *RM. Nov.*, 515.

— Graisseurs Reed, Friedman, Caloin, Ollagnier, Lloyd, Blackwell. *RM. Nov.*, 518, 526.

*Joint universel.* Paidatz. Williams. *RM. Nov.*, 526.

**Levage.** Grue roulante Wilson. *E.* 20 *Nov.*, 709.

— Grue de secours pour chemin de fer Cowan. *E'.* 20 *Nov.*, 507.

— — électrique Struckenholtz. *VDI.* 28 *Nov.*, 1737.

— Basculeur à charbons de 25 tonnes Armstrong. *E'.* 20 *Nov.*, 503.

— Cableway Bullivant. *E.* 27 *Nov.*, 728.

— Manutention du charbon et du coke à l'usine à gaz de Brünne. *Ri.* 21 *Nov.*, 463.

— Pont roulant pour chemin de fer Bement-Miles. *E'.* 4 *Déc.*, 558.

— Conveyeurs à godets. *SuE.* 1 *Déc.*, 1326.

— Rampe mobile électrique de Biarritz. *Gc.* 12 *Déc.*, 57.

— Transporteurs à courroies pour trajets sinueux. *Gc.* 12 *Déc.*, 91.

— Ponts roulants et grues murales à étages (*id.*), 93.

**Machines-outils.** Progrès en Allemagne (Ruppert). *VDI.* 28 *Nov.*, 1740.

— En Amérique (*id.*), 5 *Déc.*, 1778.

— Ateliers Borsig. *E.* 20-27 *Nov.*, 691, 724. Coates. *E.* 11 *Déc.*, 792.

— Commandées par l'électricité. *EE.* 21 *Nov.*, 312; *AMA.* 21 *Nov.*, 1552.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Machines-outils.** Rapides Armstrong-Whitworth. *E'.* 27 *Nov.*, 534.
— Affuteuse universelle. Brown et Sharpe. *AMa.* 21 *Nov.*, 1556.
— — pour scies Ransome. *E.* 4 *Déc.*, 780.
— Alésoirs pour moteurs d'automobiles. *AMa.* 28 *Nov.*, 1500.
— Fraiseuses. Diviseur différentiel. Leeve. *AMa.* 21 *Nov.*, 1580. (Construction des). *AMa.* 5 *Déc.*, 1617.
— — pour pignons Lejeune. *RM. Nov.*, 487. Aléseuse Campbell. *E.* 11 *Déc.*, 791.
— Presse à redresser les arbres Krebbs. *Ri.* 5 *Déc.*, 486.
— Tour Revolver (Outillage de). *AMa.* 28 *Nov.*, 1612. Potter et Johnston. *AMa.* 21 *Nov.*, 1547. Bradbury. *E.* 4 *Déc.*, 764.
— — Rapide Darling et Sellers. *E'.* 27 *Nov.*, 552.
— — Harnais à friction. *AMA.* 21 *Nov.*, 1580.
— — de l'avenir. *E'.* 11 *Déc.* 575.
— Marteaux étampeurs. *E.* 20 *Nov.*, 685.
— Outils rapides. *E.* 4 *Déc.*, 759. Analyse des aciers. *E.* 20 *Nov.*, 690; *RM. Nov.*, 490.
— Raboteuses. *E'.* 11 *Déc.* Supplément et p. 570. Universelle Shanks. *E.* 11 *Déc.*, 792.
— *à bois.* Ransome. *E'.* 20 *Nov.*, 508.
— — Évacuation des copeaux (Razous). *Gc.* 5-10 *Déc.*, 65, 84.

**Moteurs à vapeur.**
— Condenseurs. Eau de condensation. *E'.* 11 *Déc.*, 576.
— Pistons (Résistance des) (Codron). *RM. Nov.*, 441.
— Régulation des moteurs de groupes électrogènes (Picon). *Ie. Oct.*, 371.
— Turbines (Les). *E'.* 4-11 *Déc.*, 559-580.
— — (Stodola). *RM. Nov.*, 458; *VDI*, 5 *Déc.*, 1787. Brown Bovery. *SuE.* 15 *Nov.*, 1277; 1 *Déc.*, 1332.
— — à vapeur surchauffée (Delaporte). *RM. Nov.*, 429.
— **à gaz**, à l'exposition de Dresde. *Dp.* 21-28 *Nov.*, 740, 760.
— — (Réglage des Mollier). *VDI.* 21 *Nov.*, 1704.

**Moteurs à gaz.**
— — Gazogènes Pierson. *E.* 20 *Nov.*, 696.
— — Taylor. *Gc.* 5 *Déc.*, 73.
— — Crossley. *E'.* 11 *Déc.*, 578.
— — Allumage Magneto Siemens Bosch. *Va.* 5 *Déc.*, 781.
— **à pétrole.** Bailleul. *Va.* 21 *Nov.*, 747.
— — Aster. *Elé.* 28 *Nov.*, 337.

*Moulins à vent* (Les) (Geutsh). *Société d'encouragement* de Berlin. *Nov.*, 353.
*Mouvements perpétuels.* (*Cosmos*). 12 *Déc.*, 741.
**Résistance des matériaux.** Longues pièces
— comprimées (Gérard). *Ru. Oct.*, 35.
— Flexion d'une poutre de section rectangulaire (Filon). *RSL.* 21 *Nov.*, 391.
— Déformation de rupture des fers et aciers doux (Osmond, Fremont et Carteau). *CR.* 23 *Nov.*, 851.
— Acier. Action de la température (Bach). *VDI.* 5-12 *Déc.*, 1763, 1812.

*Roulements sur billes* (Calcul des). *AMA.* 28 *Nov.*, 1592.
*Valves* Williamson, Roger et Noble. *RM. Nov.*, 529.
*Ventilateur* à moteur compound Monnet et Mayne. *Ri.* 12 *Déc.*, 495.

## MINES

*Affaissement* produit dans le Cheshire par l'exploitation du sel (Bailly). *AM. Sept.*, 250.
**Extraction** (Matériel d') à l'exposition de 1900 (Habets). *Ru. Oct.*, 1.
— Calcul des machines. *E'.* 11 *Déc.*, 565.
*Fer.* Mines d'Angat (Philippines). *Eam.* 14 *Nov.*, 736.
*Fonçages.* Progrès récents. *Eam.* 7-28 *Nov.*, 693, 812.
*Indo-Chine.* Ressources minérales. *Eam.* 5 *Déc.*, 845.
*Mines dans les steppes des Kirghises. Eam.* 14 *Sept.*, 731.
*Pétrole* en Californie (Heurteau). *AM. Sept.*, 215.
*Poussière* (Prévention de la) dans les mines. *Eam.* 5 *Déc.*, 154.
**Or.** Au Klondike. *Eam.* 28 *Nov.*, 807; 5 *Déc.*, 852.
— Grandes mines. *Eam.* 7 *Nov.*, 697.
— Gisement de Michipicoten. *Eam.* 14 *Nov.*, 735.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Or.** Dépôts du Withwatersrand et leurs gangues. *Eam.* 7 *Nov.*, 701.
— Explosifs au Withwatersrand (*id.*), 702.
— Drague pour or Robinson (*id.*), 703; Lobnitz. *E. Déc.*, 555.
*Plomb.* Fusion en Espagne. *Eam.* 14 *Déc.*, 734.
— Production aux États-Unis. *Eam.* 28 *Nov.*, 815.
*Préparation* mécanique. Broyage à Kalgoorlie. *Eam.* 14 *Déc.*, 733.
*Théodolite.* Fergusson. *E.* 4 *Déc.*, 759.
*Zinc.* Mines du Wisconsin. *Eam.* 5 *Déc.*,847.

## MÉTALLURGIE

*Alliages* dans l'antiquité (Ditte). *Rs.* 12 *Déc.*, 737.
*Aluminium.* Alliages légers. *E.* 20 *Nov.*, 704.
*Aluminothermie. Dp.* 21-27 *Nov.*, 737, 753.
**Argent.** (Métallurgie de l') (Hofman) *Technology Quarterly, Sept.*, 265.
— des minerais plombo-argentifères, dissolution dans les eaux de lavage (Doanides). *RCp.* 13 *Déc.*, 483.
**Cobalt.** Mines en Nouvelle-Calédonie. *Eam.* 28 *Nov.*, 816.
**Cuivre.** Utilisation des chaleurs perdues des fours. *Eam.* 7 *Nov.*, 697.
**Cuivre.** Influence des impuretés commerciales (Lewis). *E.* 4 *Déc.*, 753.
**Fer et acier.** Acier au Wolfram. *SuE.* 1 *Déc.*, 1309.
— Four Martin. Nouveautés. *SuE.* 15 *Nov.*, 1275.
— Fonderie Sturtevant. *AMa.* 21 *Nov.*, 1561.
— Fours à gaz pour rechauffer les lingots. Siemens. *Ri.* 28 *Nov.*, 494.
— Laminoir. Machine Rottmann. *SuE.* 1 *Déc.*, 1307.
— Sidérurgie russe (Progrès de). *Société d'Encouragement* de Berlin. *Nov.*, 260.
**Or.** Cyanuration dans le Ymir. *Eam.* 24 *Nov.*, 738.
— Manipulation mécanique des sables dans la cyanuration. *Eam.* 5 *Déc.*, 851.
— Dépense de zinc dans la cyanuration. *Eam.* 28 *Nov.*, 809.
— Procédé des slimes aux Consolidated mercur gold Mines (*id.*). 5 *Déc.*, 855.
*Plomb* (Métallurgie du) (Hofmann) *Technology Quarterly. Sept.*, 265.
— Progrès en 1901 et 1902 (Gautier). *Pm. Déc.*, 183.
— Usines aux États-Unis. *Eam.* 28 *Nov.*, 815.

---

*Le Gérant :* Gustave Richard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LISTE DES NOUVEAUX MEMBRES

## ADMIS PENDANT LE DEUXIÈME SEMESTRE 1903

A FAIRE PARTIE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MM.

ARNAL (Roger), ingénieur civil des mines, aux usines de Huta-Bankowa, à Dombrowa (Russie).

ASARTA (Comte Vittorio DE), à Fraforeano, par Latisana (Italie).

BERNHEIM (Émile), ingénieur au Corps des Mines, 5, rue Poisson, Paris.

FOLLIN (P.), ingénieur conseil, 67, boulevard Beaumarchais, Paris.

GILBERT (Paul), directeur de la manufacture de crayons Gilbert et Cie, à Givet.

LORDIER (Charles), inspecteur du matériel de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à Asnières.

MAGNE (Lucien), professeur d'architecture à l'École des Beaux-Arts, 6, rue de l'Oratoire, Paris.

MARSY (Roger), ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur aux usines de Huta-Bankowa, à Dombrowa (Russie).

PANASSIÉ, ingénieur civil des mines, 352, rue Saint-Honoré, Paris.

RÉSAL, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 6, rue Furstenberg, Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

# NOMS DES AUTEURS MENTIONNÉS

DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE DE LA CENT DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN

(1903)

(La lettre (**P**), à la suite d'un article, indique qu'il ne s'agit que d'une présentation.)


## A

Adam, Machine à bouteilles, 278.
Allec. Médaille de bronze, 13.
Appert. Fabrication des bouteilles, 273.
Ashley. Machine à bouteilles, 277, 280.

## B

Baclé, Laminoir, Cirey, 701.
Baillard, Baran, Beaumont, Bartier. Médailles de bronze, 13.
Barbet. Mécanisme de commande Fromholt, 24.
Barot. Afrique coloniale française (P), 686.
Bayard. Cellulotypie. Médaille d'argent, 11.
Beck. Histoire du fer, 691.
Bénard. Rapport sur le prix d'Agriculture, 18.
Bernheim. Unification des profils, 74.
Bidon. Locomotive à 2 foyers (P), 684.
Blériy. Horloge perpétuelle (P). 686.
Bluc. Machines à bouteilles, 281.
Bouasse. Déformations permanentes. Étude expérimentale, 489.
Boucher. Machines à bouteilles, 287.
Boucheron. Pavés artificiels (P), 870.
Boudouard. Alliages cuivre-magnésium, 200. Transformations allotropiqnes du fer, 447.
Boulanger. Résistance des cuirs. Médaille d'or, 11.
Bunel, membre du Conseil. Décès. 684.

## C

Canovetti. Expériences sur la résistance de l'air, 684.
Casalonga. Décès, 684.
Cheysson. Rapport sur le prix du Commerce, 15.
Codron. Travail des machines-outils, 215, 298, 566, 769.
Constant. Conservation des œufs (P), 870.
Copin. Médaille de bronze, 13.
Cornon. Blanchiment des os. Médaille d'argent, 11.

## D

Darley. Pompes centrifuges, 117.
Despierres, Ducout. Médailles de bronze, 13.
Ducos du Hauron et Berregat. Canne longue-vue (P), 870.
Dufrène de Saint-Léon, membre du Conseil. Décès, 682.


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DONDERS. Grille Kudlier. Médaille de vermeil, 11.
DUMAS. Acier au nickel. Médaille d'or, 11.
DU PASQUIER. Produits en aluminium pour industries textiles, 25.
DUPONT. Émaillage. Médaille d'or, 11.

E

EHRARDT. Roues en acier, 400.
ESPITALLIER. Constructions démontables. Médaille de vermeil, 11, 15.

F

FÉRAUD. Médaille de bronze, 13.
FRÉMONT. Limite d'élasticité des métaux, 251. Déformation des aciers doux, 863.
FROMHOLT. Mécanisme de commande d'outils mobiles, 24.
FUSTER. Prix du Commerce, 10.

G

GAILLARD. Rivetage (P), 684.
GAGNEUX. Médaille de bronze, 13.
GERMAIN. Appareil domestique (P), 870.
GERVAIS. Vignobles en terrains crayeux. Médaille d'or, 11, 18.
GEST. Livret individuel. Médaille d'argent, 11.
GESWIND et SELLIER. Betterave agricole. Médaille d'argent, 11.
GILBERT. Don de 20 000 francs, 686.
GREY. Laminoir, 701.
GRANGER. Laboratoires industriels de l'Allemagne, 715.
GROTE. Machine à bouteilles, 286.
GUILLEMIN. Raccord, 136.
GUILLET. Acier au nickel, 208; au magnésium, 421.

H

HAMMEL, HERRECHER. Médailles de bronze, 13.
HENNEBIQUE. Prix Fourcade, 10.
HERRSEN. Appareil domestique (P).
HERSENT. Port de Bizerte. Médaille d'or, 11. — Port de Rosario (P), 870.
HUYGENS. Robinet automatique (P), 684.

I

IDRAC. Décès, 684.
IMBS. Moulinage de la soie, 561.

J

JOHANSSON. Calibres. Médaille de vermeil, 11.
JULIEN. Appareil de sauvetage (P), 552.

K

KUSS. Reboisement des montagnes, 162.

L

LAJOTTE. Appareil de navigation (P), 684.
LAFOSSE et SIMON. Rapport sur l'exercice 1902, 145, 160.
LAGARD. Moulinage de la soie, 561.
LAMY. Médaille de bronze, 13.
LARNIGAUDIÈRE. Aviateur (P), 684.
LE CHATELIER. Revue de métallurgie, 6.
LECONTE. Brûleurs Kern (P), 685.
LENDER. Séance des prix. Discours, 3.
LEPAGE. Stérilisateur d'eau. Prix de 2 000 francs, 10.
LIVACHE. Peinture au blanc de zinc, 661. Utilisation du Sapindus utilis, 658.

M

MANTELIER, MERLIN. Médailles de bronze, 13.
MASSE. « Les pompes », 687.
MENOCCHIO. Décatissage, 563.
MILON. Médaille Dumas, 12.
MORIN. Joint démontable (P), 870.

N

NILES. Tour, 401.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## O

Osmond. Don de 4 600 francs, 6.
Osmond, Frémont et Cartaud. Déformation et rupture des fers et aciers doux, 863.
Osven et Colburn. Machine à bouteilles, 285.

## P

Pargent. Compteur à gaz (P), 685.
Pauly. Moteur (P), 686.
Parsons. Bateaux à vapeur, 219.
Perot. Surchauffe, 259.
Persoz. Numérotage des fils de soie, 419.
Philbert. « Génie rural ». Médaille d'argent, 12.
Poillon. Grille (P), 685.
Portebois. Horloge perpétuelle. Médaille de bronze, 12.
Prenière. Médaille de bronze, 14.
Pyle. Machines à bouteilles, 282.

## R

Ransome. Scie à rubans, 680.
Raphael-Georges Lévy. Le Transvaal et son avenir, 42.
Ravaz. Vignobles en terrains crayeux. Médaille d'or, 11, 18.
Raymond. Pince pour piles Redde, 40.
Redde. Pince pour piles, 40.
Renard. Hélicoptères, 865, 867.
Richard (G.). Notes de mécanique, 108, 219, 380, 513, 662, 848. Littérature des périodiques, 137, 262, 404, 552, 653, 873.
Richardson. Machine soufflante, 248.
Redon du Colombier. Minerais de fer algériens (P), 685.
Ronna. Notice nécrologique, 4. Don à la bibliothèque, 534.
Rylands et Emmet. Machine à bouteilles, 279.

## S

Sagouren et Ponsart. Vignobles en terrains crayeux. Médaille de vermeil, 11.
Salmon. Chasse-corps (P), 684.
Samain. Ascenseurs (P), 870.
Shaw et Courtney. Moulins à vent, 380.
Sauvage. Unification des filetages, 52.
Schmitthenner. Turbines, 123.
Sebert (Gén$^{al}$). Classification décimale, 82.
Séverin. Machine à bouteilles, 283.
Simon. Produits en aluminium pour industries textiles de M. Du Pasquier, 25. Décatissage, 513. Numérotage des fils de soie, 413. — Lunettes de protection Détourbe, 711.
Stahl. Cyclo-prisme (P), 684.
Stupakoff. Machines à mouler, 115.
Suffren. Appareils de sécurité (P), 870.
Summerfield. Condenseurs pour stations centrales, 251.

## T

Taylor. Dynamomètre, 112.
Teisserenc de Bort. Ballons-sonde, 7.
Turpin, Médaille de bronze, 14.

## V

Velter. Décès, 686.
Verhoye. Médaille de bronze, 14.
Vernay. Machines à bouteilles, 284.
Viola. Essoreuses, 513.

## W

Weiss. Traité de la condensation, 688.
Walkinson. Surchauffeurs, 118.
Worms de Romilly. Décès, 5.

## Z

Zimmer. Manipulation mécanique des matériaux, 662.


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

# DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE DEUXIÈME SEMESTRE DE LA CENT DEUXIÈME ANNÉE DU BULLETIN


## A

**Agriculture.**
— *Reboisement des montagnes* (Kuss), 162, Utilisation des fruits du Sapindus utilis (Livache), 865.
**Aviation.** Hélicoptères (Renard), 865.

## B

**Bibliographie.**
— *Répertoire bibliographique universel basé sur la classification décimale* (général Sebert), 82.
— Livres reçus à la bibliothèque, 553, 593, 872.
— *Les Pompes* (Masse), 685.
— *Traité de la condensation* (Weiss), 688.
— *Histoire du fer* (Beck), 691.
**Bouteilles** (Fabrication des) (Appert), 273.

## C

**Chaudières.**
— *Surchauffeurs* Watkinson, 118. *Étude de la surchauffe* (Perot), 259.
**Céruse.** *Remplacement par le blanc de zinc. Expériences de l'Institut Pasteur*, 671.

## D

**Décatissage** (Simon et Minnocchio), 503.
**Dynamomètre** pour ventilateurs Taylor. 42.

## E

**Essoreuses** (Viala), 513.
**Exercice de 1902.** Rapport de MM. Lafosse et Simon, 160.

## F

**Filature et moulinage de la soie.** Conditions du travail (Lagard et Embs), 561.
**Filetages** (*Unification des*). *Système international, application en France* (Sauvage), 32, 404.
**Fils.** *Tissage. Unification du numérotage.* (E. Simon), 413, (et Persoz), 419.
— *Frottement de fer sur bois*, 261.

## H

**Haveuses mécaniques dans les houillères anglaises**, 522.

## L

**Laboratoires industriels de l'Allemagne** (Granger), 713.
**Levage.** Appareils de — aux chantiers de Fore River, 511.
— *Manutention des matériaux* (Zimmer), 662.
**Littérature des périodiques**, 137, 262, 405, 453, 553, 873.
**Lunettes de protection.** Dêtourbe (Simon), 711.


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# M

## MACHINES-OUTILS

**Commande d'outils mobiles** Fromholt, (Barbet), 24.
— *Scie à ruban horizontal*, Ransome, 680.
— *Tour vertical*, Niles, 401.
**Travail des outils** (Codron), Forage, 215, 290, 566, 769.

## MÉTALLURGIE

**Alliages**, cuivre et magnésium (Boudouard), 200.
**Laminoir Grey** (Baclé), 701.
*Laminoir pour moulures* Johnson, 852.
**Aciers au nickel** (Guillet), 208.
**Aciers au manganèse** (Guillet), 421.
*Fonderie*. Machines à mouler Stupatieff, 115.
*Hauts fourneaux*. Chargeurs Rust. Manutention des minerais aux forges de Lackanawa, 249.
*Machines soufflantes* de 3 000 ch. Richardson et Westgarth, 248. Westinghouse, 860.
*Presse à forger* de 2 000 tonnes des ateliers Borsig, 848.
**Transformations allotropiques** *du fer et de ses alliages* (Boudouard), 447.

— — **Moteurs à vapeur**. *Condenseurs* de la station de la New York Rapid Transit C°, 108. — Pour stations centrales d'électricité (Summerfield), 231.
— *Turbines* pour bateaux (Parsons), 219.
— *Machine de 3 000 chevaux* des tramways de Newcastle, 854.
**Moulins à vent**. Concours de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, 280.

# N

**Notes de mécanique**, 123, 219, 280. 513, 662, 848.

# P

**Piles**. Pinces pour — Redde (Raymond), 40.
*Pompes centrifuges* à hautes pressions (Darley), 117.
**Prix**. Séance générale, 3.
— *du Commerce*. Cartels et Trusts. Rapport de M. Cheysson, 15.
— *d'Agriculture*. Reconstitution des vignobles en terrains crayeux. Rapport de M. Benard, 18.
— *Médailles*, 11, 13.

# R

*Raccords de tuyauterie*. Guillemin. 136.
**Résistance des matériaux**. *Limite élastique des métaux* (Frémont), 251.
*Déformations permanentes*. Étude expérimentale (Bouasse), 489.
*Déformation et rupture des fers et aciers doux* (Osmond, Frémont et Cartaud), 863.
*Roues en acier*. Ehrardt, 400.

# S

**Séances**. Procès-verbaux, 10 juillet, 552; 23 octobre, 13-27 novembre, 683, 870.

# T

**Textiles**. *Pièces en aluminium* de M. du Pasquier (E. Simon). 25, 871.
*Unification du numérotage des fils* de soie, (Simon et Persoz), 413, 419.
**Transvaal et son avenir** (R.-G. Lévy). 42.
*Turbines modernes* (Schmitthenner), 123.

# U

**Unification des filetages** en France (Sauvage), 32.
— *Du numérotage des fils* de soie (Simon et Persoz), 413.
— *Des profils et des spécifications techniques* (Bernheim), 74.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires