

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

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

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

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

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Breuil, Pierre
Auteur(s) secondaire(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, section des métaux
Adresse	Paris : Publications du Journal "Le Génie civil", 1903
Collation	1 vol. (48 p.-2 p. de pl.) : ill. ; 25 cm
Nombre de vues	54
Cote	CNAM-BIB 8 Ku 108 (4)
Sujet(s)	Laboratoire commun de métrologie LNE-Cnam (Paris) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	10/04/2025
Notice complète	https://www.sudoc.fr/124442706
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8KU108.4

80 Ku 108 (4)

Extrait du Journal LE GÉNIE CIVIL



LABORATOIRE D'ESSAIS

DU

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

SECTION DES MÉTAUX

PAR

PIERRE BREUIL

CHEF DE LA SECTION DES MÉTAUX

LICENCIÉ ÈS SCIENCES

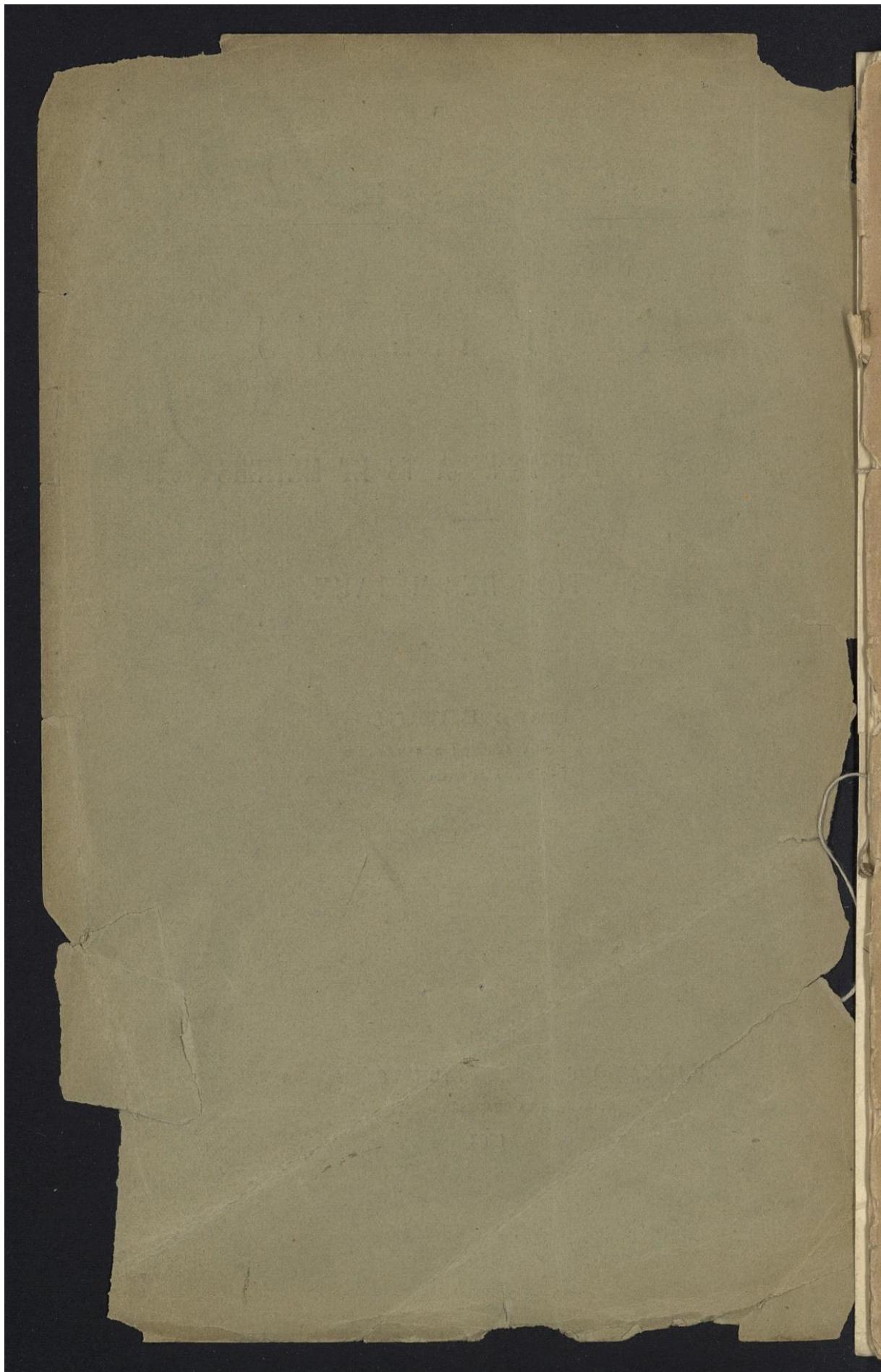
(Avec deux planches hors texte.)

PARIS

PUBLICATIONS DU JOURNAL LE GÉNIE CIVIL

6, RUE DE LA CHAUSSÉE-D'ANTIN, 6

1903



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

à Monsieur Chauzy, Directeur du Conservatoire des
Arts et Métiers
Homme de son très respectueux et très dévoué serviteur
Extrait du Journal LE GÉNIE CIVIL

P. Breuil

LABORATOIRE D'ESSAIS

DU

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

SECTION DES MÉTAUX

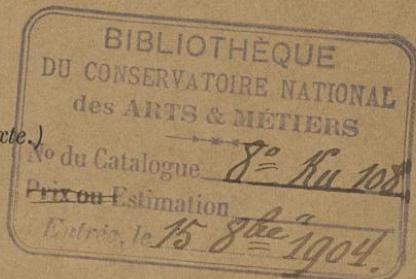
PAR

PIERRE BREUIL

CHEF DE LA SECTION DES MÉTAUX

LICENCIÉ ÈS SCIENCES

(Avec deux planches hors texte.)

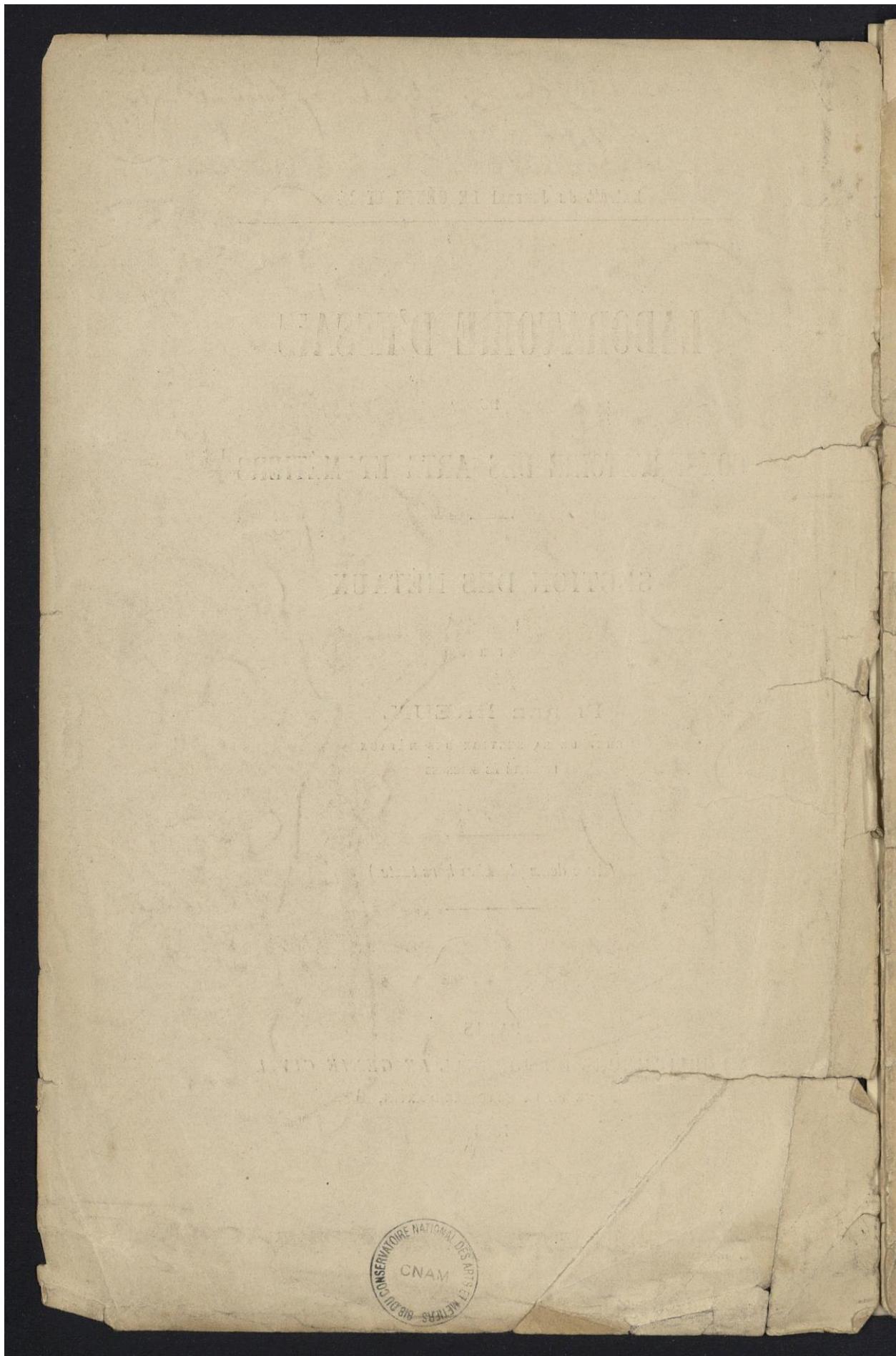


PARIS

PUBLICATIONS DU JOURNAL LE GÉNIE CIVIL

6, RUE DE LA CHAUSSÉE-D'ANTIN, 6

1903



LABORATOIRE D'ESSAIS

DU

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

SECTION DES MÉTAUX

Dispositions générales.

Le *Génie Civil* a déjà donné⁽¹⁾ la description générale du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, et expliqué comment ce Laboratoire est divisé en cinq sections. Nous nous proposons de donner ici, avec l'assentiment de M. Pérot, directeur du Laboratoire, des renseignements plus précis sur les machines et appareils de tous genres constituant l'outillage de la section des métaux dont nous avons la direction.

Ceux qui ont eu l'occasion de voir les Laboratoires d'essais de Charlottenbourg ou de Zurich, créés par Martens et de Tetmajer, ont pu constater que la section des métaux de ces Laboratoires est largement installée. A Charlottenbourg trois vastes salles abritent des machines d'essais imposantes: l'une de ces salles est réservée à la grande machine de 500 tonnes de la construction Hoppe, de Berlin; la deuxième salle contient une machine Werder de 100 tonnes, une machine verticale Pohlmeier de 100 tonnes, une de 50 tonnes et une machine verticale Martens de 50 tonnes, etc.; la troisième renferme les machines célèbres de Wöhler, des machines de torsion, etc. Cette installation était très belle; nous disons était, parce que, au commencement de l'année prochaine, ainsi que M. Martens nous l'a fait savoir, le Laboratoire de Charlottenbourg disparaîtra et sera remplacé par un nouveau laboratoire beaucoup plus important, situé à Gross-Lichterfelde, où l'on pourra trouver, par exemple, des machines d'essai de 2000 tonnes, pour l'expérimentation de parties de construction complètes.

Le Laboratoire de Zurich a été plus modestement installé que celui

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XLIII, n° 44, p. 161.

de Charlottenbourg, mais il n'en est pas moins remarquable pour cela ; il est dû à l'intelligente initiative de M. de Tetmajer qui a trouvé en M. Schüle un digne successeur (1).

Dans une très belle salle sont réunies toutes les machines de la section des métaux : appareils hydrauliques, machines de Pohlmeier, d'Amsler, grande machine universelle de 100 tonnes de Werder, etc.

Quand on se propose de rivaliser avec de telles installations et qu'on ne dispose que d'une année pour résoudre le problème, la tâche est lourde. Grâce aux conseils des constructeurs, à qui nous devons rendre tout d'abord hommage parce qu'ils ont été nos collaborateurs les plus actifs ; grâce à la direction des hommes éminents qui siègent au Conseil d'administration et à la Commission technique du Laboratoire du Conservatoire, il a été possible, dans ce délai, d'installer le laboratoire des métaux parallèlement avec tous les autres, dont il a été précédemment question dans l'article du *Génie Civil* cité plus haut.

La section des métaux occupe à peu près la moitié du rez-de-chaussée du bâtiment principal du Laboratoire et possède un petit laboratoire au premier étage de ce bâtiment. La salle des fours, où elle doit opérer les traitements des métaux, est située dans le sous-sol du bâtiment Vaucanson.

Le rez-de-chaussée du bâtiment nouveau est à 2 mètres en dessous du niveau du sol et ce fut là une des premières difficultés de l'installation du Laboratoire, car il fallut songer immédiatement aux moyens de descendre les matériaux d'essais, souvent très lourds et très encombrants, qui nous sont envoyés (lourdes chaînes, colonnes, machines destinées à l'expérimentation). Pour cela, on a installé deux grues fixes pivotantes à treuil mobile et capables de soulever 5 tonnes ; ces deux grues ont été construites par la maison Augé, de Paris. Leur portée variable est, au maximum, de 3^m 200. L'une permet de manœuvrer les pièces et de les descendre dans la cour du Laboratoire ; l'autre, située à l'entrée de la grande salle de la section des métaux et des machines, peut pénétrer dans cette salle à travers une baie qui a une hauteur de 6 mètres. Les pièces sont descendues sur le sol de la grande salle et peuvent être enlevées avec un pont roulant. La figure 1 représente la façade du bâtiment où sont placées ces grues.

Nous n'aurions pas parlé de ces deux grues, dont l'idée première revient à M. Desgeans, membre de la Commission technique du Labo-

(1) M. de Tetmajer, l'illustre président de l'Association Internationale des Méthodes d'essais, a, depuis quelques années, quitté Zurich pour Vienne où il occupe une haute situation.

toire, si nous ne voyions pas en elles un véritable appareil destiné à des essais. Ces essais seront des essais d'appareils de levage (palans à corde ou à chaîne). On sait que l'usage tend à s'établir d'essayer les chaînes ou les cordes des palans, non seulement à la traction statique, mais encore sous une charge mobile double de la charge maximum que les palans ont à soulever. Il faut donc, de toute nécessité, pour les essayer de cette dernière manière, leur suspendre un poids et faire monter ou descendre ce poids. Or, les grues, dont il vient d'être ques-



FIG. 1. — Vue d'ensemble du nouveau bâtiment du Laboratoire.

tion ci-dessus, fourniront un point de suspension très commode pour ce genre d'essais ; il suffira, en effet, d'accrocher le palan à essayer à leur crochet.

Le poids de charge sera constitué par des galettes en fonte ; on pourra de cette manière essayer des palans jusqu'à 5 000 kilogr. La grue offre un avantage marqué pour ces essais, c'est le suivant : au fur et à mesure qu'on tire sur le palan, le poids de charge s'élève au-dessus du sol ; comme il n'est pas très prudent de le laisser s'élever à une grande hauteur à cause des ruptures éventuelles de la chaîne, il faut donc descendre le crochet de la grue de la même quantité que celle dont la chaîne du palan a été raccourcie ; de cette façon, le poids de charge peut rester toujours à la même position au-dessus du sol et être très près de celui-ci.

Disons en outre qu'il sera possible à la section des métaux de faire l'essai des palans jusqu'à 20 tonnes, au moyen d'une disposition future prévue.

Un pont roulant de 3 tonnes, construit par la maison Sautter et Harlé, dessert la grande salle du Laboratoire dont la section des métaux occupe la moitié ; l'autre moitié étant occupée par la section des machines. Cette salle a 86 mètres de longueur et 8^m 25 de largeur, c'est une des plus grandes salles d'essais qui existent au monde (¹). Des voies avec rails à onnières sur longrines en bois permettent d'y accéder de toutes parts et nous pouvons ajouter que les plus grosses pièces pourront y être manœuvrées sans difficulté.

On a cherché, en opérant ainsi, à réaliser du mieux possible un des moyens d'action qui, selon nous, doit faire le succès du Laboratoire, c'est répondre aux besoins de l'industrie avant tout, en lui permettant de nous amener même et surtout ses plus grosses pièces.

Le pont roulant de 3 tonnes sera suffisant pour cela, croyons-nous, car toute pièce à essayer qui a un poids élevé (telle qu'une colonne, une chaîne, une poutre, etc.) a le plus souvent des dimensions suffisantes pour qu'on puisse en soulever une extrémité, le sol supportant l'autre, et c'est dans ce but aussi que nous avons fait paver en bois debout le sol de la salle, pour éviter de le détériorer par suite de la lourdeur des pièces, comme c'eût été le cas avec un sol cimenté.

Les autres salles de la section des métaux sont en béton recouvert d'un enduit de ciment.

Le plafond de ces salles qui constitue le plancher de l'étage supérieur est en ciment armé du système Hennebique et a subi, avec plein succès, les essais ordinaires prescrits pour l'établissement des constructions de ce genre.

Installation hydraulique.

La section dispose, pour les essais variés auxquels elle doit procéder, de machines de traction et de compression dont la commande se fait au moyen d'eau sous pression. La grande machine universelle de 300 tonnes, qui sera montée l'année prochaine, possède, notamment, un cylindre hydraulique producteur de l'effort, qui contient 600 litres d'eau et doit recevoir cette eau à la pression de 125 kilogr. par centimètre carré pour développer l'effort total de 300 tonnes. La section possède aussi une presse de 500 tonnes, actionnée par de l'eau à 500 kilogr.

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XLIII, n° 41, p. 161.

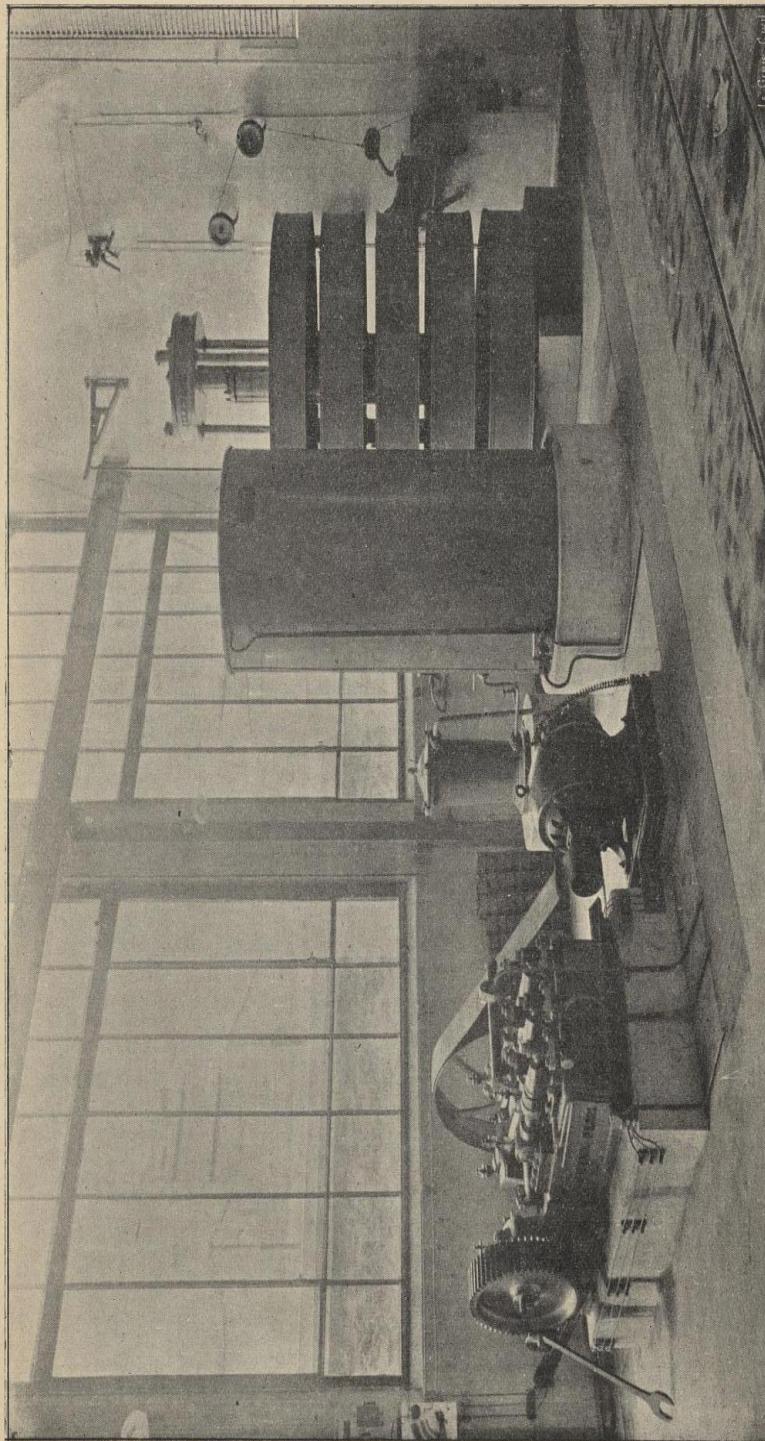


FIG. 2. — LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS : Vue d'ensemble de l'installation hydraulique.

par centimètre carré ; d'autres presses ou cylindres de traction doivent être également alimentés par de l'eau sous pression, nous les décrirons plus loin. Il était donc nécessaire de pouvoir disposer d'une installation hydraulique qui satisfît à tous les besoins.

C'est avec le concours de la maison Clémang, de Paris, que nous sommes parvenus à installer complètement cette partie de notre section. La figure 2 en donne une vue d'ensemble.

L'installation hydraulique comprend :

- Un filtre d'épuration de l'eau d'alimentation ;
- Une bâche à eau de 1 500 litres ;
- Une pompe à trois corps fournissant 1 500 litres d'eau à l'heure à la pression de 125 kilogrammes ;
- Un accumulateur à poids variables, muni de ses dispositifs de sûreté ;
- Toute la tuyauterie à haute et à basse pression ;
- Des distributeurs à quatre voies ;
- Des compresseurs, multiplicateurs de pression.

Filtre. — Le filtre nous a paru être un appareil indispensable de cette installation ; il y a intérêt, en effet, pour la conservation des cuirs des machines, à n'y introduire que de l'eau propre ; de même, il faut éviter pour les robinets à pointeau la circulation des petits graviers qu'une eau non filtrée amène toujours. Ces petits graviers s'incrustent dans le siège des robinets lorsqu'on ferme ceux-ci, et l'on n'obtient jamais l'étanchéité nécessaire à une installation qui demande de la précision.

En sortant du filtre, l'eau (de source) peut se rendre, grâce à un robinet à trois voies, soit dans la canalisation d'alimentation à basse pression, sans passer dans la bâche, soit directement dans cette bâche.

L'eau de cette bâche y est puisée par la pompe, qui la refoule dans l'accumulateur à mesure que l'eau de l'accumulateur est consommée dans les machines, puis elle retourne à la bâche par une canalisation spéciale. Cette organisation permet de nous servir toujours de la même eau, par économie. Il est possible également d'ajouter cette eau de glycérine, afin de mieux conserver les cuirs des machines ; enfin le grand volume de la bâche permet d'avoir toujours une réserve d'eau qui laisse envisager sans émoi un manque d'eau de source même d'assez longue durée.

Cette bâche est munie, il va sans dire, de robinets pour l'admission de l'eau et l'aspiration de la pompe, de tuyaux de trop-plein, de tuyaux de retour, de robinets de vidange, etc.

Pompe. — La pompe est horizontale (fig. 1 et 2, pl. I), elle a trois pistons, actionnés par un arbre vilebrequin avec manivelles calées

à 120 degrés. L'arbre de couche fait 50 tours à la minute et est commandé par un train d'engrenages (dont l'un des pignons est en cuir vert), au moyen d'un arbre portant un volant de 1^m 05 de diamètre.

La commande du volant est faite, au moyen d'une courroie, par un moteur électrique Jacquet, alimenté sous 440 volts et pouvant développer 10 chevaux d'une façon continue.

Les clapets d'aspiration et de refoulement de la pompe, placés dans deux collecteurs séparés, sont parfaitement accessibles, et cet appareil a donné toute satisfaction.

Accumulateur. — L'accumulateur a une capacité de 35 litres ; la course de son piston est de 2 mètres ; il est muni d'un dispositif simple et sûr qui permet de fournir à volonté des pressions de 25, 50, 75, 100 et 125 kilogr. par centimètre carré. Ce dispositif a été imaginé par M. Macré, Ingénieur de la maison Clémang.

Pour cela, à la traverse supérieure *b* du piston (fig. 3, pl. I) sont fixées trois tiges *c*, dont la longueur est plus du double de la course du piston et qui traversent le pied en fonte du cylindre où elles sont guidées ; elles pénètrent ensuite dans des fourreaux noyés dans le massif de maçonnerie supportant l'accumulateur. Sur ces tiges sont ménagées, à des hauteurs déterminées, des mortaises dans lesquelles on peut passer des clavettes *d*. Ces clavettes se trouvent ainsi trois par trois dans le même plan horizontal. Sur chaque groupe de clavettes reposent deux plaques de fonte *e*, pesant chacune 2 tonnes. On a le moyen, en retirant les clavettes qui supportent les plaques et en commençant par le bas, de produire les pressions variées indiquées ci-dessus.

L'enlèvement ou la mise en place des clavettes est très facile : les mortaises sont assez grandes pour laisser passer les clavettes et pour que celles-ci ne soient pas coincées entre les tiges et les plaques ; les plaques reposent l'une sur l'autre au moyen de boîtes en acier sur lesquelles sont placées des rondelles-ressorts Belleville. De cette manière, lors de l'élévation rapide du piston sous l'influence de l'eau sous pression arrivant de la pompe, les clavettes viennent successivement reprendre contact avec les plaques de charge sans aucune brutalité, les rondelles amortissant le choc.

Nous avons choisi de préférence un accumulateur à poids plutôt qu'un accumulateur à eau ou à air, bien que ces derniers soient fort employés en Allemagne ; l'accumulateur à poids a sur ceux-ci, à notre avis, le grand avantage de donner une pression immuablement constante. En effet, les accumulateurs à eau sont constitués par deux cylindres placés sur le même axe, un grand et un petit ; un piston à

deux têtes pénètre dans ces deux cylindres. Dans le grand cylindre on admet l'eau de la ville, dans le petit, l'eau sous pression fournie par une pompe ; cette eau est donc soumise à une pression égale à celle de l'eau à basse pression, multipliée par le rapport des surfaces des deux pistons.

Si l'on remplace l'eau de la ville par de l'air comprimé, on a affaire au deuxième genre d'accumulateur. Il est bien évident que pour l'accumulateur à eau, si la pression de l'eau de la ville vient à varier, (et on sait qu'elle varie, en été surtout), la haute pression varie aussi. Pour l'accumulateur à air comprimé, la chose est pire, car du fait même que le piston se déplace dans les cylindres à cause de la compressibilité de l'air, la pression varie. Il faut, en outre, se soucier de fournir constamment de l'air comprimé, de parer aux fuites ; enfin, un réservoir renfermant de l'air comprimé sous une pression de 20 kilogr. ou de 40 kilogr. comme cela est nécessaire dans ces accumulateurs n'est pas absolument sans danger.

Appareils de sûreté. — Un accumulateur hydraulique n'est d'un fonctionnement sûr qu'autant qu'il est muni de dispositifs permettant d'éviter certains accidents. Il est évident que si rien ne s'y opposait, sous l'effet de la pompe qui peut refouler l'eau constamment, le piston monterait dans le cylindre jusqu'à en sortir. Pour éviter cet inconvénient, l'accumulateur porte sur sa plaque supérieure une tige *f* (fig. 3, pl. I) qui vient agir, au moment voulu, sur un levier supérieur *g*, lequel actionne, par une tringle *h*, un levier inférieur *i* chargé d'un contrepoids. Lorsque l'accumulateur n'est pas trop haut, ce contrepoids applique une soupape de retenue sur son siège, mais lorsque cette soupape est libérée, l'eau refoulée par la pompe n'entre plus dans l'accumulateur et est évacuée dans les caniveaux. L'accumulateur s'arrête donc dans son ascension, mais il ne redescend pas, car il existe sur son conduit un clapet de retenue qui se ferme dès que la soupape de sûreté est levée.

Il y avait à craindre qu'un tuyau de la canalisation à haute pression vint à se rompre. Pour éviter la descente trop rapide de l'accumulateur qui en fût résultée, celui-ci a été muni d'une tringle *j* (fig. 3, pl. I) qui vient, avant que l'accumulateur soit au bas de sa course, agir sur un levier chargé d'un poids ; ce levier se lève et fait descendre une tige *a* qui étrangle progressivement un orifice *b* (fig. 7, pl. I) par où l'eau peut fuir.

Ces deux dispositifs de sûreté fonctionnent bien ; ils sont réunis dans une même pièce qui porte le clapet de retenue de l'accumulateur et les tubulures d'amenée et de départ de l'eau sous pression (fig. 4 à 7, pl. I). La figure 6 représente une coupe verticale de la

boîte de sûreté, passant par la soupape de sûreté ; la figure 5, une coupe verticale de cette boîte suivant AB (fig. 4), c'est-à-dire passant par la soupape de sûreté, le clapet de retenue et la tige de ralentissement ; la figure 7, une coupe de cette tige de ralentissement ; la figure 4, une vue en plan de la boîte de sûreté.

Distribution. — Nous avons muni notre accumulateur d'un dispositif qui oblige la pompe à fournir automatiquement de l'eau à l'accumulateur quand il est sur le point d'être vidé ou arrête cette pompe dès que l'accumulateur est plein. On aurait pu se contenter, comme dispositif de sûreté, de la soupape de sûreté précédente, sans crainte d'avaries, mais il faut bien remarquer que cette soupape, quand l'accumulateur est à sa position supérieure et s'est arrêté, n'empêche pas la pompe de fonctionner et de consommer du travail, quoique marchant inutilement et sans pression. Le dispositif d'embrayage et de débrayage automatique par l'accumulateur lui-même a été imaginé (comme les précédents) par M. Macré. La figure 11 (pl. I) représente schématiquement ce servo-moteur hydro-électrique.

L'accumulateur porte sur une plaque une tige *c* qui lève ou abaisse une fourchette *d*. Celle-ci est solidaire d'un robinet à trois voies *e* qui met en relation ou non l'accumulateur avec un petit cylindre *f* placé au-dessous de lui. Quand la fourchette est abaissée (position *b*), l'eau est évacuée du petit cylindre dans le caniveau par le tuyau *g*, et le piston de ce petit cylindre monte, sollicité qu'il est par le poids de la plaque *h* d'un rhéostat de démarrage monté en série avec le circuit de l'induit du moteur. Le rhéostat ferme donc le circuit et fait marcher le moteur, et, par suite, la pompe. Quand, au contraire, la fourchette est relevée (position *a*), dans le mouvement de montée de l'accumulateur, l'eau de celui-ci est admise sous la tête du piston du petit cylindre, ce piston vient soulever la plaque du rhéostat et le circuit du moteur de la pompe est rompu ; la pompe s'arrête. Ce petit appareil fonctionne très bien.

La tuyauterie à haute pression est constituée par des tubes en acier de 25 millimètres de diamètre intérieur sans soudure, réunis par des raccords en bronze.

La tuyauterie d'amenée d'eau à basse pression et celle de retour de l'eau des machines à la bâche sont constituées par des tubes en fer soudés à recouvrement, de 27 millimètres de diamètre intérieur.

On sait que le distributeur à pointeau est un organe délicat dans une distribution à haute pression ; aussi nos machines d'essai ont-elles été groupées par deux, de façon à pouvoir être desservies par un seul et même

distributeur. Ce genre de distributeur, étudié sur nos indications, est monté sur une colonnette en fonte située près des machines. Il comprend quatre robinets à pointeau placés dans un même corps en bronze; deux sont horizontaux, les deux autres sont verticaux. Les deux robinets horizontaux sont destinés à amener l'eau à l'une ou à l'autre des machines d'essais; l'un des robinets verticaux sert à amener ou fermer l'eau à haute pression, l'autre sert à évacuer l'eau des machines dans la conduite de retour. Un raccord est prévu dans la partie supérieure du distributeur pour le montage d'un manomètre destiné à la mesure de la pression.

Les figures 8 à 40 (pl. I) représentent des détails de ce distributeur. Pour éviter les fausses manœuvres, la commande des robinets horizontaux se fait avec des volants et celle des robinets verticaux avec des biquilles. Un de ces appareils a été installé dans la cour de notre Laboratoire pour l'essai des tuyaux et récipients de toute nature devant résister aux fortes pressions. A ce distributeur afflue, grâce à un jeu de robinets spéciaux, soit de l'eau à basse pression, soit de l'eau à haute pression (à 125 kilogr. ou à 500 kilogrammes).

Autres machines hydrauliques.

La section possède deux compresseurs à vis, l'un de 2 litres, l'autre de 6 litres, branchés parallèlement sur la canalisation à haute pression et actionnés tous deux par un petit moteur électrique spécial. Le premier permet de développer une pression de 500 kilogr. par centimètre carré; le deuxième (fig. 3), une pression de 160 kilogr.: celui-ci est du système Desgoffes, il a été construit par les ateliers de l'artillerie de Puteaux. Avec ces appareils, il nous sera facile de faire avec précision l'essai de récipients quelconques, car avec eux la pression croît lentement, résultat qu'on obtient difficilement avec un robinet d'étranglement monté sur une conduite à haute pression.

Nous pourrons, au moyen de cette installation hydraulique, alimenter les machines d'essais, faire l'essai des récipients de toutes natures : tubes en fer, acier, cuivre, laiton, caoutchouc, etc.; nous pourrons tarer exactement des manomètres, indiquant des pressions pouvant atteindre jusqu'à 500 kilogr., et nous espérons, sous peu, pouvoir disposer d'une installation permettant d'atteindre et de mesurer des pressions de 2 000 kilogr. par centimètre carré.

Nous ne citerons que pour mémoire trois pompes à débit variable dont le Laboratoire dispose encore pour les essais qui devraient être faits hors du Laboratoire.

Presses hydrauliques. — Les essais de compression des métaux ou matériaux de construction sont relativement fréquents et nécessitent des machines puissantes, car les efforts développés sont quelquefois considérables. La section des métaux possède deux presses hydrauliques capables de répondre aux exigences de l'industrie à ce point de vue.

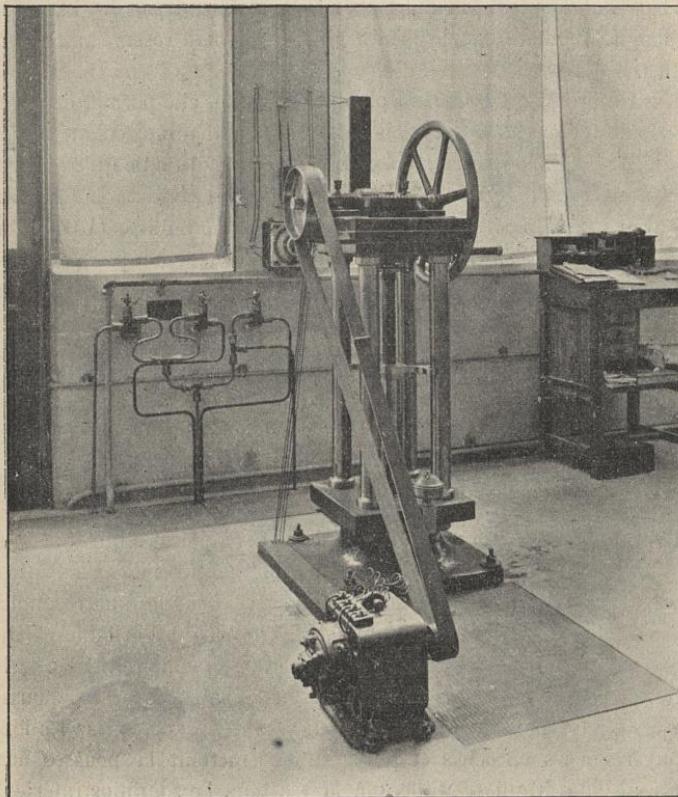


FIG. 3. — Compresseur hydraulique.

Ces deux presses ont servi aux essais classiques de M. Tresca sur les phénomènes d'écoulement des métaux. La plus petite est de construction américaine, elle permet de développer des efforts atteignant jusqu'à 80 tonnes ; elle admet sur son plateau des pièces de 400 millimètres \times 400 millimètres \times 400 millimètres. Elle a quatre pistons de mêmes dimensions qui agissent simultanément sur le plateau mobile. Cette

disposition, adoptée aujourd'hui dans les engins de cette nature lorsqu'ils ont à comprimer des pièces de grandes dimensions ou de dimensions irrégulières (presses à vulcaniser les courroies en caoutchouc), a l'avantage de rendre possible un centrage assez bon du plateau mobile par rapport au sommier supérieur fixe. Cette petite presse a aussi l'avantage d'être facilement démontable et il est possible, en changeant les barreaux formant son cadre et en les remplaçant par des barreaux de longueur différente, de modifier l'emplacement réservé aux éprouvettes.

L'autre presse est beaucoup plus intéressante, elle permet de développer des efforts de 500 tonnes; elle avait malheureusement, autrefois, peu de hauteur entre ses sommiers; cependant, telle qu'elle était, elle avait rendu et elle aurait pu rendre des services nombreux. Il y avait néanmoins lieu de prévoir un dispositif qui lui permit de comprimer de longues pièces, comme cela nous a été demandé plusieurs fois.

Pour utiliser la presse au mieux de nos intérêts, il n'y avait pas lieu de compter sur la course du piston qui n'était que de 400 millimètres et ne se prêtait pas aux variations de longueur des pièces. Nous avons alors rendu le sommier supérieur amovible et nous avons augmenté la longueur des colonnes.

Le sommier supérieur, soulevé par le pont roulant du Laboratoire, peut être élevé jusqu'à 2^m 50 au-dessus du plateau du piston qui, lui-même, est à 308 millimètres au-dessus du sol.

Ce sommier coulisse sur les quatre colonnes verticales qui sont munies d'encoches circulaires situées à 42 centimètres l'une de l'autre. Des boîtes coniques intérieurement sont placées sur les quatre angles du sommier supérieur et montent avec lui le long des colonnes. Dans chaque boîte sont situées deux demi-bagues de même conicité que la boîte, de sorte que, lorsqu'une pièce est en essai, le sommier pousse sur ces quatre boîtes, qui, agissant sur les bagues coniques, les font appuyer sur les encoches et par suite transmettent la poussée aux quatre colonnes qui travaillent à la traction. Le sommier inférieur s'arc-boute sur les extrémités inférieures des colonnes au moyen de colliers robustes montés fixes sur des rainures circulaires.

Cette disposition est sûre, commode et peu coûteuse, et c'est pour cela que nous l'avons décrite; en effet, nous aurions pu produire le déplacement du sommier au moyen de vis avec engrenages, ou de pistons auxiliaires de rappel, mais en opérant ainsi nous n'aurions pas réalisé une disposition plus sûre, et elle eût été plus coûteuse.

Cette modification a été faite, d'après nos indications et à notre entière satisfaction, par la maison Vve Ch. Jaeggé et fils, de Paris.

La figure 4 représente le groupe des deux presses, avec le compresseur qui les alimente dès que la pression de 125 kilogr. par centimètre carré fournie par notre accumulateur cesse d'être suffisante. La

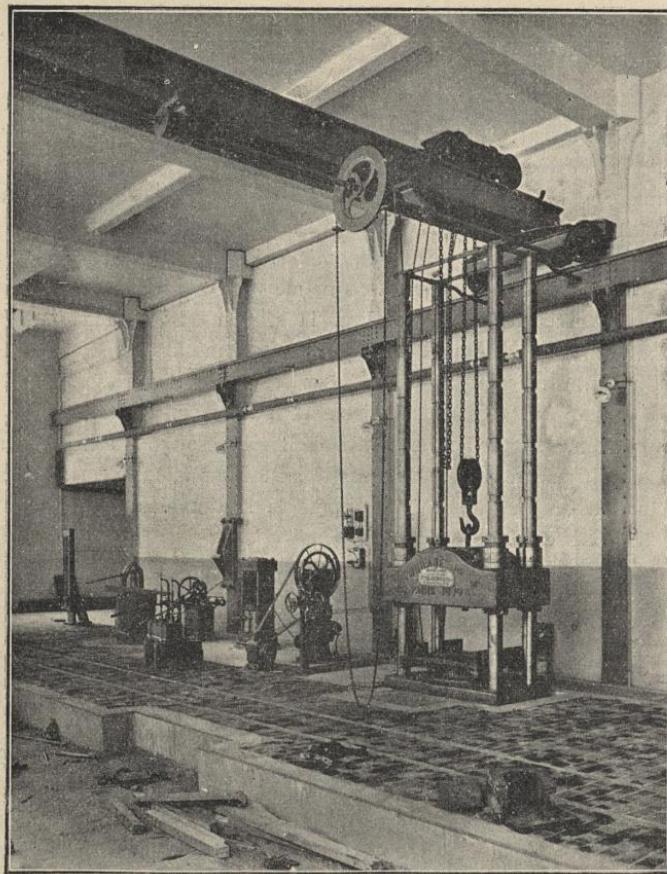


FIG. 4. — Vue d'ensemble des presses hydrauliques et des pompes.

grande presse de 500 tonnes est à droite ; les guides de son plateau sont démontés.

Un manomètre à mercure système Galy-Cazalat, c'est-à-dire à réduction de pression, est branché sur le distributeur à quatre pointeaux qui permet de desservir indifféremment l'une ou l'autre de ces presses.

**Machines pour essais de traction, flexion,
compression, etc.**

Les grosses presses que nous avons précédemment décrites ont surtout pour but d'essayer des pièces volumineuses et non pas d'établir les constantes caractéristiques des métaux. Ce rôle est réservé à des machines plus précises, car il faut avouer que le mode de mesure de l'effort développé au moyen de la pression dans le pot de presse, comme c'est le cas pour ces machines, est affecté d'erreurs qui ne peuvent satisfaire à des besoins de précision très grands. Aussi, espérons-nous avoir bientôt un dynamomètre de précision qui permettra d'évaluer exactement des pressions même de 500 tonnes.

Comme nous venons de le dire, la section des métaux possède déjà des machines de précision qui sont en mesure de déterminer les constantes mécaniques des métaux et alliages employés dans l'industrie, par les essais ordinairement en usage, de traction, de compression, de flexion, et enfin de torsion soit par sollicitations lentes, soit par sollicitations vives (choc). Nous allons décrire succinctement les machines dont dispose la section des métaux pour effectuer ces essais.

ESSAIS DE TRACTION.

La grande machine universelle de 300 tonnes, qui sera installée l'année prochaine au Laboratoire, permettra d'essayer à la traction des pièces ayant jusqu'à 25 mètres de longueur avec un encombrement transversal de 1 mètre \times 1 mètre. Sa description nous entraînerait trop loin; elle fera plus tard l'objet d'une étude détaillée.

Disons cependant que nous nous sommes astreints à en faire un outil maniable sans difficultés et qu'un seul homme suffira pour la conduire. Elle sera munie d'enregistreurs qui, pendant le cours de l'essai, et quelles que soient les dimensions des pièces, inscriront un diagramme reliant les déformations aux efforts qui les produisent.

On pourra aussi essayer avec cette machine des petites éprouvettes ordinaires, et sa sensibilité sera très grande (20 kilogr. par exemple feront sentir leur influence sur la balance). On pourra expérimenter les plus grandes pièces connues (tout au moins jusqu'à 300 tonnes), grâce à un outillage convenablement établi et qui variera suivant les cas.

Machine verticale système Trayvou (fig. 5). — Cette petite machine verticale permet de développer des efforts de 25 000 kilogr.; elle est suffisamment répandue dans l'industrie pour qu'il soit inutile de la décrire en détail. Il suffira de dire que l'effort est produit sur

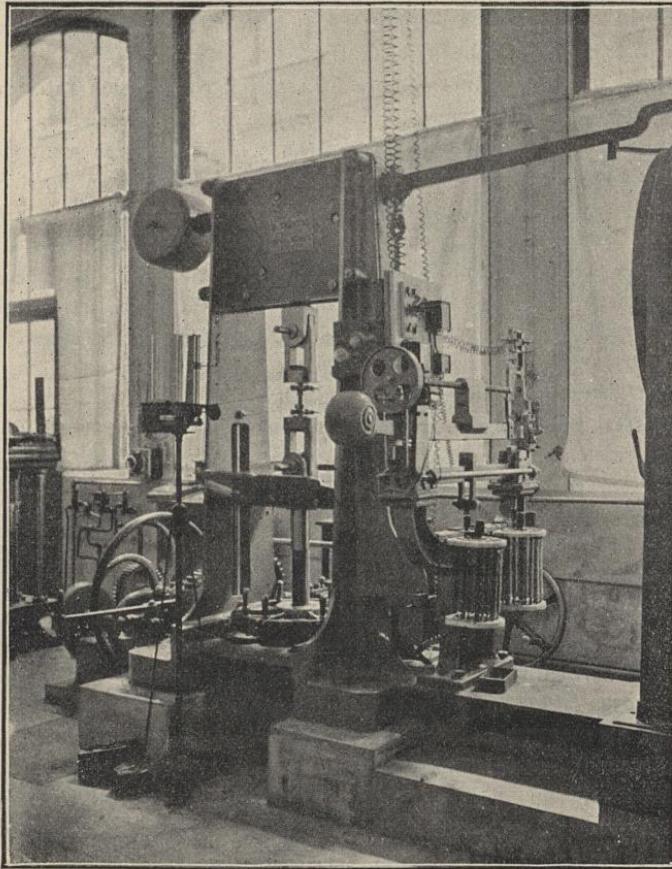


FIG. 5. — Machine Trayvou disposée pour un essai de traction.

l'éprouvette au moyen d'une vis guidée qui peut monter ou descendre grâce à un train d'engrenages actionné par un moteur électrique. L'effort est mesuré au moyen d'une balance à fléau, graduée en tonnes, sur laquelle on peut déplacer un poids curseur de 25 kilogr.,

en commandant la vis sur laquelle ce poids est monté par un volant dont chaque division de la graduation correspond à 10 kilogr. Cette machine porte également sur un de ses leviers un prolongement qui vient agir, par l'intermédiaire d'une tringle de tirage, sur une balance à pendule munie d'une aiguille indicatrice. Cette deuxième balance peut suppléer à la première en cas d'avarie; elle ne peut supporter que 10 tonnes. Nous avons pu nous en servir pour tarer rigoureusement la machine à chaque instant.

Cette machine permet de faire des essais de compression au moyen d'un appareil de réversion qui s'y adapte; elle peut également être utilisée pour des essais de flexion en y installant une poutre de flexion et un couteau. Sa course maximum est de 700 millimètres; elle possède un outillage complet pour saisir des barreaux ronds ou plats, lisses ou filetés, à épaulements ou à œils. Elle peut servir à la mesure précise de la limite d'élasticité proportionnelle, et à la traction, au moyen d'un élasticimètre système Néel et Clermont, qui permet d'apprécier des allongements de $1/500$ de millimètre avec précision.

Nous avons fait l'acquisition, pour cette machine, d'un dispositif d'enregistreur automatique du type Delaloe.

Il n'est pas facile de faire l'enregistrement des courbes de traction, compression ou flexion, avec les machines à leviers. Tout récemment, M. Mesnager a donné une solution très élégante de ce problème; quant à nous, nous avons déjà adopté le dispositif de M. Delaloe qui, d'ailleurs, s'est bien comporté. Ce dispositif (fig. 6) trace sur un tambour enregistreur une courbe dont les abscisses sont les déformations et dont les ordonnées (génératerices du tambour) sont les efforts correspondants.

La déformation du barreau est transmise au tambour enregistreur au moyen de fils de bronze tendus constamment par un contrepoids; deux fils sont attachés sur deux pinces fixées soit sur le barreau (cas de la traction), soit sur les sommiers, (cas de la compression), et tendus bien parallèlement à l'axe de traction de la machine; ils passent sur deux poulies E montées folles sur un axe vertical. Entre deux pignons solidaires de ces deux poulies, roule un pignon à mouvement planétaire F claveté sur l'arbre qui entraîne le tambour enregistreur. On réalise, au moyen d'une disposition convenable des fils, un mouvement différentiel et l'on n'enregistre que la variation de distance entre les pinces fixées sur l'éprouvette, à l'exclusion de tous glissements de celle-ci dans les coins d'amarrage.

Les efforts sont transmis par la rotation de la vis d'entraînement du poids curseur de la balance, au moyen d'une cordelette, à une vis

verticale B située près du cylindre, et sur laquelle monte ou descend un écrou C, guidé convenablement et portant la plume traceuse.

Pour faire manœuvrer le poids curseur automatiquement, nous avons utilisé le mouvement même de la bascule. Quand l'effort exercé sur l'éprouvette fait rompre l'équilibre et oblige le fléau à se

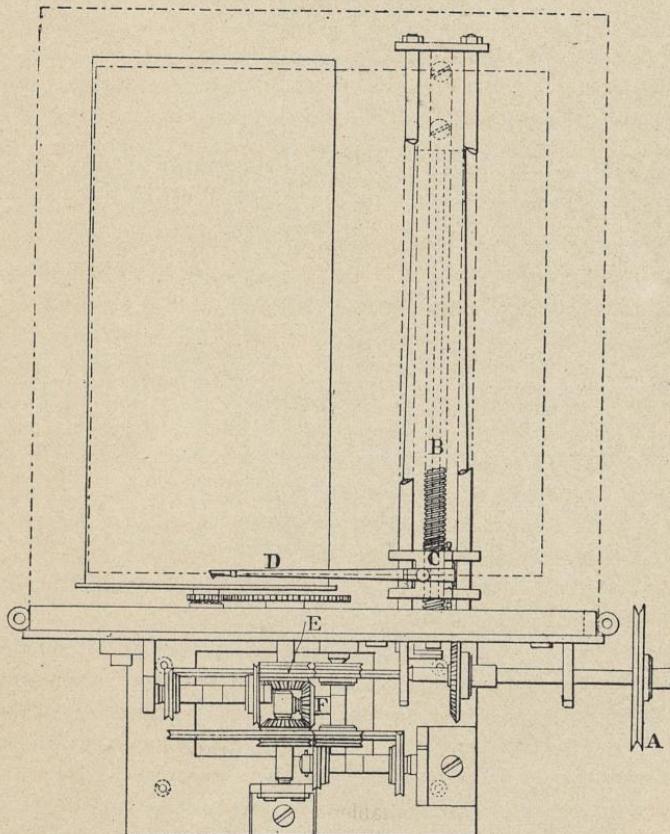


FIG. 6. — Enregistreur Richard pour machine Trayou.

lever ou à s'abaisser, ce fléau vient commuter le courant dans les inducteurs d'un petit moteur monté sur le fléau, et qui vient agir sur la vis du poids curseur. Cette vis, mise en mouvement par ce petit moteur, fait donc avancer ou reculer le poids et rétablit l'équilibre. Il existe deux contacts entre lesquels le fléau oscille. Le petit moteur est muni d'un frein qui vient s'appliquer sur son induit lorsque le

courant des électrods est interrompu, de façon à atténuer les lancés.

La grande difficulté consistait en ce que nous avons tenu à alimenter le petit moteur sous 110 volts et à le faire démarrer pour peu que l'équilibre fut rompu ; cela nous obligeait, au début, à rapprocher les contacts, et nous avons eu des courts-circuits en les rapprochant par trop l'un de l'autre. Nous avons, à la suite de cet inconvénient, amplifié dix fois le déplacement de l'extrémité de la balance, de façon à faire l'interruption du circuit sans avaries, tout en conservant la sensibilité voulue à la balance. Ce petit commutateur amplificateur interrompt le circuit sur des godets à mercure.

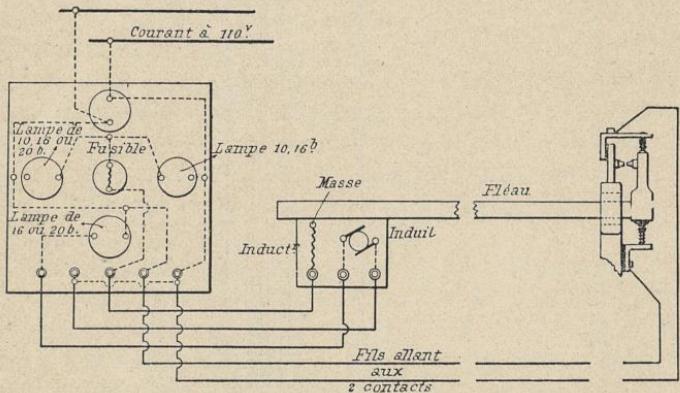


FIG. 7. — Schéma des circuits du servo-moteur Delaloe.

Ainsi monté, l'appareil, qui nous paraît assez nouveau, fonctionne avec une grande sensibilité (20 kilogr. sont suffisants pour faire établir le contact dans un sens ou dans l'autre) ; le petit moteur se freine sans dépasser l'équilibre de plus de 40 kilogr. et on peut tracer le diagramme des essais sans toucher à la machine.

Ajoutons que cette machine d'essai est entraînée par un moteur à courant continu alimenté sous 440 volts, fourni par la Société Gramme. L'opérateur a sous sa main le rhéostat de démarrage et celui de champ magnétique de ce moteur, ainsi que le petit tableau de distribution sur lequel sont placés les plombs et le commutateur du moteur.

Le schéma de la figure 7 représente le montage des circuits du petit moteur de la balance ; on pourra remarquer que de simples lampes à incandescence de puissance variée suffisent pour changer la vitesse du moteur. Cet enregistreur a été construit par la maison Jules Richard, de Paris.

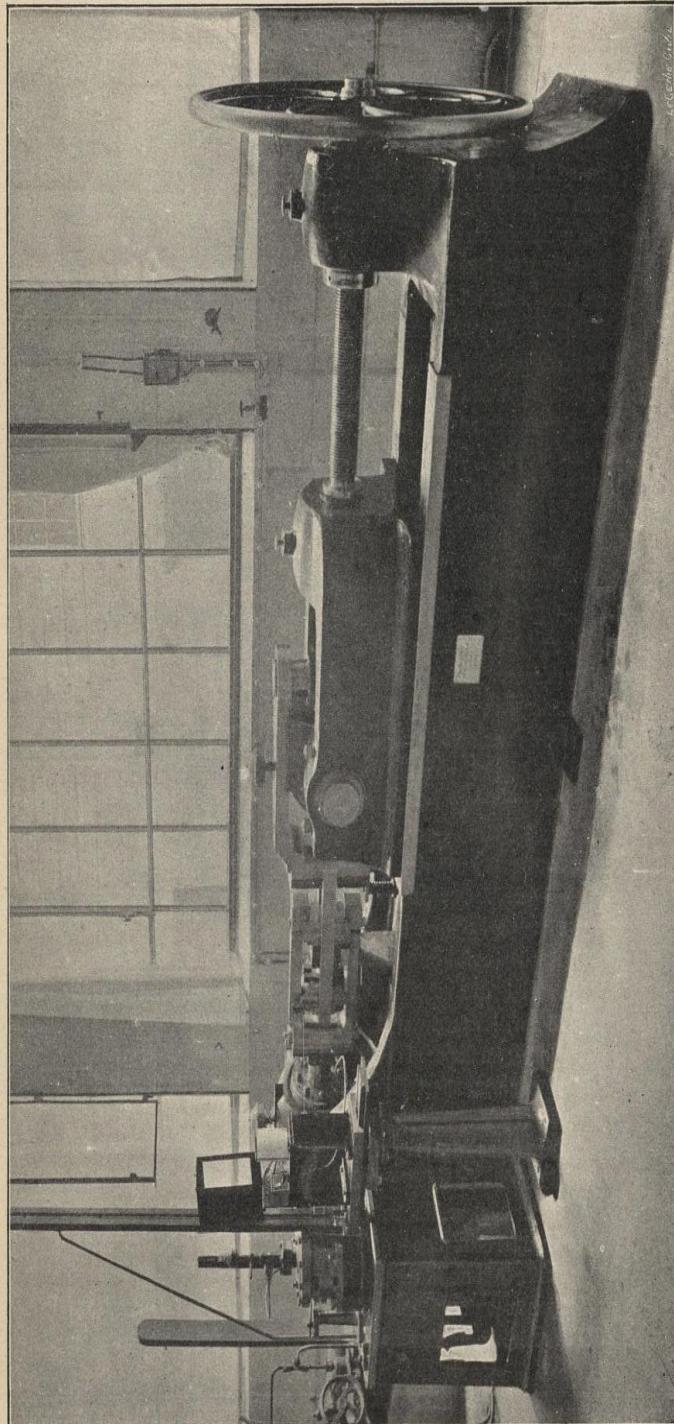


Fig. 8. — LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS : Machine, système Maillard, disposée pour des essais de flexion.

Machine système Maillard (fig. 8). — C'est une machine horizontale, que l'atelier d'artillerie de Puteaux, sous la direction du colonel Hartmann, l'un des fondateurs du Laboratoire, a construite pour nous, avec un soin tout particulier. Elle se différencie de la précédente par bien des points. D'une part l'appareil qui engendre les efforts sur les éprouvettes est un cylindre hydraulique alimenté par de l'eau sous pression (160 kilogr. par centimètre carré au maximum); et l'une des mordaches est attachée au piston de ce cylindre. D'autre part, l'effort produit est transmis par l'éprouvette à un piston logé dans un deuxième cylindre hydraulique où la pression de l'eau est mesurée au moyen d'un manomètre. La surface active des deux pistons est la même, on en verra la raison plus loin.

Le deuxième cylindre est monté sur un chariot qui peut être déplacé au moyen d'une longue vis actionnée par un volant à main. Cette vis permet de mettre aisément les éprouvettes en place dans les mordaches.

Les deux cylindres sont montés sur des tourillons et l'on a, de cette manière, un ensemble mécanique à centrage parfait. L'amenée de l'eau aux deux cylindres se fait par leurs tourillons, au moyen de deux robinets à pointeau qui sont montés sur ces tourillons : l'un de ces robinets admet l'eau dans le cylindre, l'autre peut mettre le cylindre en communication avec le manomètre.

Ce manomètre est différentiel; son grand piston n'a ni cuir ni diaphragme et, pour éviter les frottements, on fait subir à l'ensemble des deux pistons un mouvement de rotation dans un plan horizontal (mouvement dit louvoyant) entre deux positions différentielles d'un petit angle. Ce mouvement est obtenu au moyen d'un petit moteur électrique logé dans le socle du manomètre.

Un deuxième manomètre est adapté à la machine. C'est un manomètre enregistreur métallique Richard qui porte en ordonnées, sur un tambour, les pressions et, par suite, les efforts supportés par l'éprouvette; un dispositif de fils en bronze, solidaires des éprouvettes, actionne un mouvement différentiel, analogue à celui de la machine Trayvou, et porte les déformations en abscisses.

Cette machine est très commode; elle peut développer des efforts de 50 tonnes. Sa colonne mercurielle, divisée en centimètres, a 3 mètres de hauteur. On peut la tarer à chaque instant, et c'est dans ce but que les deux pistons ont la même section. Pour ce tarage on peut opérer de la manière suivante :

Essayons une pièce à la traction et soit P la charge qu'elle supporte. Si l'on relève la pression π_1 dans le cylindre tracteur et si S est la

surface du piston, il est évident que l'effort total développé dans ce cylindre sera $\pi_1 S$ et sera plus grand que l'effort P , car il faut compter avec les efforts de frottement dus au cuir; or on ne connaît pas ces derniers efforts, appelons-les x_1 ; on posera donc:

$$\pi_1 S - x_1 = P.$$

Mais cet effort P est transmis au deuxième cylindre, de même section S que le premier, qui aura produit aussi des frottements x_2 et il est évident qu'on doit poser, si π_2 est la pression relevée dans ce cylindre :

$$P = \pi_2 S + x_2,$$

on a donc $\pi_1 S - x_1 = \pi_2 S + x_2$

ou $(\pi_1 - \pi_2) S = x_2 + x_1$.

Mais les deux pistons ayant même surface active et les pressions π_1 et π_2 étant très peu différentes, on peut admettre que les frottements x_1 et x_2 sont égaux; par suite, on a :

$$x_2 + x_1 = 2x_2$$

d'où $(\pi_1 - \pi_2) S = 2x_2$

et $x_2 = \frac{\pi_1 - \pi_2}{2} S.$

Comme on le voit, il suffit, quand on a tendu l'éprouvette, de mettre successivement en communication les deux cylindres avec le manomètre et de faire la différence des deux lectures pour avoir les frottements des cuirs, pour des pressions π_2 variables tout le long de l'échelle. On dresse un tableau des erreurs provenant de ces frottements et on en tient compte dans les essais.

Cette machine diffère de la véritable machine Maillard, dans laquelle le cylindre qui sert à mesurer la pression est fermé par un diaphragme sur lequel appuie le piston, en ce que ce diaphragme est supprimé et que le deuxième piston comporte un cuir.

La machine de la section des métaux peut être desservie, soit par l'accumulateur, soit par le compresseur de 160 atmosphères, que l'atelier d'artillerie de Puteaux a construit; elle possède l'outillage nécessaire pour faire des essais de compression, de traction et de flexion, et l'enregistrement est possible dans chaque cas.

Comme autre particularité, cette machine offre celle de n'avoir pas besoin de fondations; en effet sa base est très large et son bâti très puissant; tous les efforts sont facilement supportés par le bâti, et le sol sur lequel repose cette machine n'a que son poids à supporter; il est vrai qu'il dépasse 8.000 kilogrammes.

Machines système Fremont (fig. 9). — La section des métaux possède deux machines du système Fremont ; l'une sert à des essais de traction, l'autre est une poinçonneuse-plieuse-cisailleuse. Ces machines sont toutes les deux munies du dispositif d'enregistrement si ingénieux imaginé par M. Fremont. Disons, en quelques mots, en quoi il consiste : les déformations des éprouvettes sont, comme à l'ordinaire, transmises à un tambour tournant ou à une planchette glissant sur deux guides au moyen de fils passant sur des poulies de renvoi. Ce qui distingue ce genre d'enregistreur c'est le dispositif employé pour la mesure des efforts développés par la machine. M. Fremont a admis, ce qui est très près de la vérité, que le bâti de la machine subit, du fait des efforts développés dans celle-ci, des déformations élastiques, qui sont proportionnelles à ces efforts. En mesurant les déformations élastiques, après les avoir convenablement amplifiées, bien entendu, on mesure donc les efforts supportés par les éprouvettes. Cette idée très ingénieuse a ouvert un champ nouveau aux essais des machines et a permis à M. Fremont de voir clair dans les phénomènes peu connus du cisaillage, du poinçonnage, etc.

La machine de traction (à gauche, fig. 9) a son axe de traction vertical ; elle a une puissance de 2500 kilogr. Nous la réservons aux essais de petites éprouvettes métalliques, petits câbles, courroies, etc. Elle possède d'ailleurs une balance avec deux curseurs, l'un pour les centaines de kilogrammes, l'autre pour les kilogrammes. Son bâti, en forme de C, a été étudié dans le but d'avoir des flexions assez notables. Nous avons vérifié expérimentalement son fonctionnement ; il était très bon. Le levier amplifie une soixantaine de fois les flexions du bâti et donne en ordonnées, sur la planchette enregistreuse, 25 millimètres par tonne d'effort.

La cisailleuse (à droite, fig. 9) possède un enregistreur absolument analogue. Ce sont les flexions du bâti en forme de C qu'on enregistre pour mesurer les efforts développés ; la coupe de la pièce est donnée à chaque instant par la quantité dont a baissé la lame supérieure de la cisaille, quantité qui est amplifiée trois fois et traduite par un déplacement de la planchette. Nous disposons aussi d'un agencement convenable pour faire des trous par poinçonnage ou pour flétrir de petits barreaux.

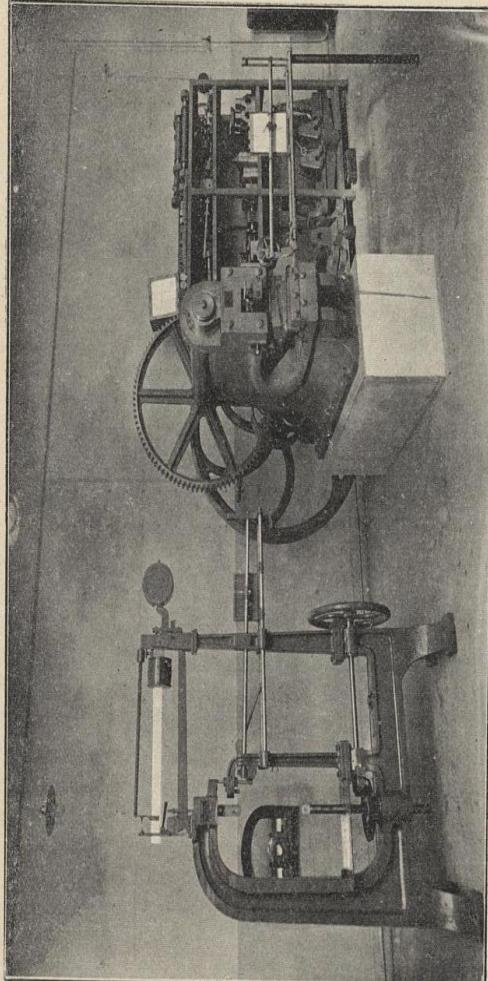


FIG. 9. — Machines système Fremont.
(À gauche, machine de traction ; à droite, cisailleuse-poinçonneuse-pliuse.)

AUTRES MACHINES.

La section des métaux possède une machine verticale pour la traction des fils imaginée par M. Vuillet, et dont la puissance est de 500 kilogr.; elle a comme organe de mesure un fléau qui se charge automatiquement par la tension d'un ressort à boudin accroché à son extrémité. Un enregistreur est également monté sur cette machine.

Dynamomètre Perreaux. — Cet appareil est trop connu pour qu'il soit utile de le décrire ; il consiste, comme on le sait, en une petite machine destinée aux essais de tissus, fils, etc. ; l'organe tracteur est une vis, l'organe de mesure un ressort à pincettes. Sa puissance est de 500 kilogrammes.

Appareil Monge. — Cet appareil est destiné à l'essai à la flexion des barreaux carrés de fonte ; le barreau est placé entre deux couteaux et prolongé par un levier au bout duquel on suspend une bâche à eau qui peut contenir 150 litres. Le barreau en fonte ainsi fléchi en porte à faux est chargé graduellement par l'arrivée du liquide dans la bâche. Celle-ci est jaugée au préalable ; il suffit donc de lire un niveau pour connaître le poids qui amène la rupture du barreau. Cet appareil a été construit par la maison Falcot frères, de Lyon.

Machine Tangye. — C'est une ancienne machine avec laquelle le général Morin et M. Tresca ont pu faire des recherches qui, encore aujourd'hui, ont conservé un certain intérêt. Sa commande est hydraulique ; la mesure de l'effort se fait au moyen d'une balance dont le fléau est gradué en 50 kilogr. Le poids curseur amené à l'extrémité du fléau équilibre 2500 kilogr. ; il est possible de suspendre à l'extrémité de ce fléau une plaque de fonte qui fasse également équilibre à 2500 kilogr., en ramenant alors le poids curseur au zéro, on a de nouveau toute la graduation du fléau à sa disposition pour une nouvelle variation de charge de 2500 kilogr. On peut opérer ainsi jusqu'à 25000 kilogrammes.

Cette machine ne nous servira que rarement, les précédentes étant plus perfectionnées et plus commodes ; cependant elle offre comme avantage d'avoir un banc assez long (3 mètres) et de permettre ainsi l'essai de cordages, et des corps qui s'allongent beaucoup avant leur rupture.

Machine de torsion d'Amsler-Laffon (fig. 10). — Les métaux sont assez souvent soumis à des efforts composés : efforts de traction et torsion combinés (ressorts), ou de flexion et torsion (arbres, essieux) ou sim-

lement à des efforts de torsion seuls. La section des métaux ne pouvait donc se désintéresser des mécanismes qui permettent ce genre d'essais. Elle a fait dans ce but l'acquisition d'une petite machine de torsion qui a été construite par la maison Amsler-Laffon, de Schaffhouse.

Cette machine comprend un train d'engrenages qui fait tourner une mordache dans laquelle on amarre une des extrémités des fils à essayer ; l'autre extrémité des fils est attachée dans une mordache identique à la première, mais solidaire, grâce à un axe horizontal monté sur billes, d'un pendule vertical qui porte deux contrepoids à son extrémité inférieure.

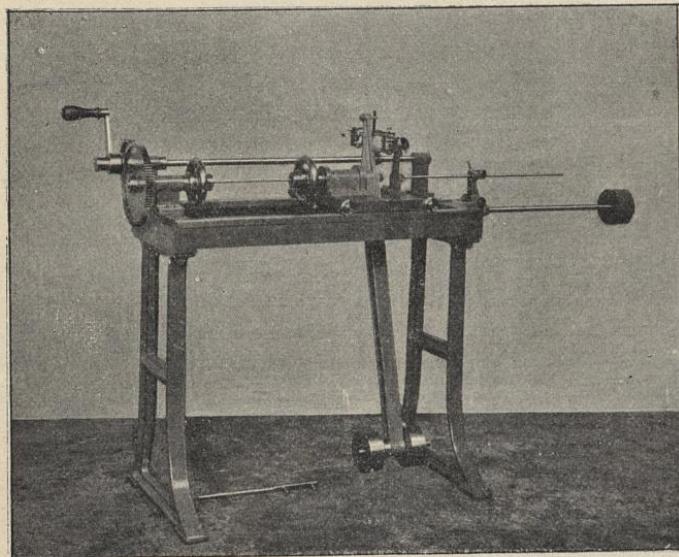


FIG. 10. — Machine de torsion Amsler-Laffon.

Sous l'effet de la torsion du fil, provoquée par la rotation du train d'engrenages, le pendule dévie plus ou moins de sa position verticale et entraîne par son extrémité supérieure un traîoir qui inscrit les déviations du pendule suivant les génératrices d'un tambour enregistreur. La rotation du tambour est proportionnelle à la rotation de l'extrémité du fil amarrée au train d'engrenages. Il est donc possible d'enregistrer les couples en fonction des angles de torsion.

Le pendule est placé sur un petit chariot qui se déplace sur le bâti de la machine et qui peut être tendu au moyen d'un levier coudé chargé d'un contrepoids. Ce dernier agencement est indispensable pour

éviter les flambages du fil qui sont la conséquence de sa torsion et qui se produiraient inévitablement si on ne le tendait pas constamment pendant l'essai.

Cette petite machine est munie d'un levier et d'un plateau de tarage ; l'opération du tarage, qui se fait avec des poids marqués, demande environ dix minutes. On voit qu'on peut, en tout temps, vérifier si la machine a varié. Elle peut tordre des barrettes ayant jusqu'à 8 millimètres de diamètre, et des tôles minces de 20 millimètres de largeur sur quelques millimètres d'épaisseur. Le moment maximum de torsion de la machine est de 8 kilogrammètres ; elle est surtout destinée à l'essai des fils métalliques.

Les essais de torsion sur de grosses pièces pourront être exécutés dès que la grande machine uniyerselle de 300 tonnes sera installée ; les pièces pourront avoir 60 millimètres d'épaisseur et 1 mètre de longueur.

Machine à mouvements alternatifs de Falcot (fig. 11 du texte et fig. 1 et 2, pl. II). — La section des métaux ne s'occupe pas exclusivement des métaux ; elle doit aussi procéder aux essais mécaniques sur les cordages, sur les courroies de tous genres, les tissus et les caoutchoucs de toute nature. Il nous a semblé indispensable de pouvoir disposer d'une machine qui, d'une part, permet de répondre aux demandes des industriels en ce qui concerne ces diverses matières, d'autre part, qui offrit assez d'élasticité dans son fonctionnement pour nous permettre d'étudier ces corps méthodiquement.

Pour essayer les caoutchoucs, on leur fait subir des élongations réitérées, après les avoir soumis au préalable à une extension permanente. C'est ce que la machine en question, d'une puissance de 4 tonnes, réalisera avec facilité. Elle consiste, en effet, en deux machines combinées dont l'une est une machine de traction ordinaire, horizontale, avec balance à leviers et poids curseur, et mordaches à talons, etc ; l'appareil tracteur est constitué par un train d'engrenages commandé à la main et qui agit sur une vis portant la mâchoire de traction. Bien entendu on peut, grâce à des appareils de réversion, transformer, quand le besoin s'en fait sentir, la machine en machine de compression. Nous signalerons également, en passant, que le poids curseur du fléau est commandé par un volant fixe qui agit sur la vis d'entraînement de ce poids, au moyen d'un joint à la cardan ; toute oscillation intempestive, due à la main de l'opérateur, est ainsi complètement évitée. C'est là, d'ailleurs, une des particularités caractéristiques des balances de la maison Falcot frères.

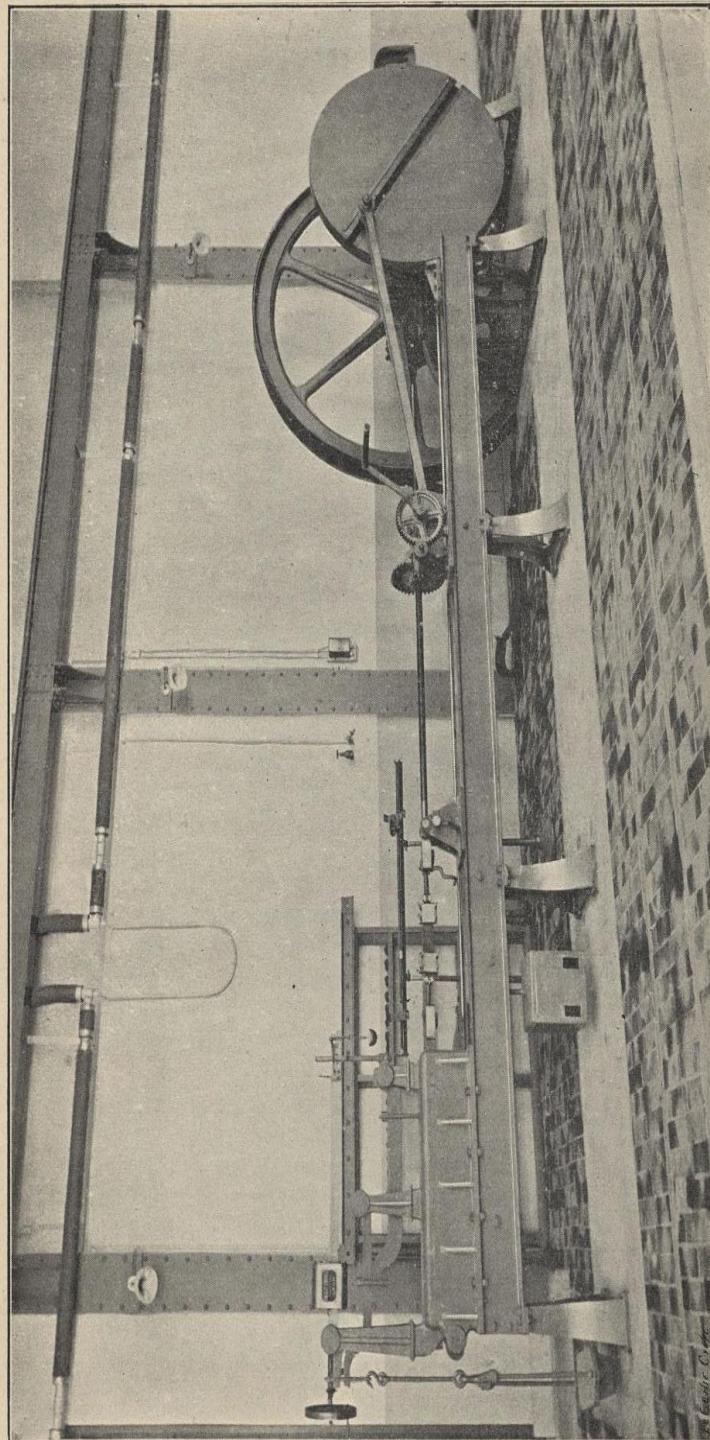


FIG. 11.— LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS : Machine Falco à essayer les caoutchoucs.

Le train d'engrenages tracteur, au lieu d'être immuablement fixe, comme dans les machines de traction ordinaires, est monté sur un coulisseau (fig. 1, pl. II) qu'on peut ou non bloquer sur le banc de traction de la machine. Si le coulisseau est libre, comme il est attelé à une double bielle *b* qu'un excentrique commande, il est possible de le faire avancer et reculer d'une quantité déterminée sur le banc, en mettant l'excentrique en rotation. C'est ce qu'on réalise au moyen d'un arbre au bout duquel est claveté le plateau-excentrique, et qu'un moteur électrique actionne. L'excentricité maximum est de 70 centimètres, de sorte qu'on peut faire déplacer le coulisseau porte-engrenages de 1^m 40.

Signalons que la machine est munie d'un compteur automatique des oscillations et d'un débrayage automatique qui vient faire arrêter ce compteur dès que les pièces sont rompues (pl. II). Lorsque la pièce se rompt, la mordache qui est en relation avec la vis de traction tombe par son propre poids et vient heurter, par l'intermédiaire d'un doigt, une tringle située le long du banc de la machine. Au bout de cette tringle est fixée la queue de la barre d'un petit excentrique qui met en action le compteur de tours. La tringle en basculant libère cette barre et le compteur de tours s'arrête.

Le moteur électrique de 10 chevaux sous 440 volts qui conduit cette machine a été construit par la Société Gramme, de Paris, et offre une particularité intéressante : sa vitesse, en effet, peut varier dans le rapport de 1 à 6; ce résultat est obtenu en faisant varier la réluctance de son champ magnétique. Pour cela les pièces polaires sont montées mobiles et se déplacent parallèlement à l'axe de l'induit, augmentant ainsi l'entrefer et réalisant la variation de vitesse cherchée. On s'étonnera peut-être que nous ayons adopté une commande de ce genre; la raison en est que nous avons en vue des études complètes sur le caoutchouc, les cordages, etc., au point de vue des sollicitations rythmées et de l'influence que peut avoir la vitesse du rythme sur les propriétés mécaniques de ces corps.

Cette machine permettra aussi d'effectuer des essais d'oscillation de tuyaux en caoutchouc (boyaux de freins); elle a près d'elle : de l'air comprimé, du gaz, de l'électricité, pour parer à tous ses besoins. Il nous sera possible d'entreprendre avec elle les essais dont il vient d'être question, soit à de hautes, soit à de basses températures. Tout est à faire dans ce domaine et nous nous efforcerons d'y apporter un peu de lumière. La machine est très commode pour l'essai des cordages, à cause de son grand bâti. Le moteur qui vient d'être décrit commande une transmission intermédiaire dont l'arbre traverse le mur séparant

les deux salles de la section, et peut venir commander les machines de cette deuxième salle.

Moutons de choc. — Nous ne nous étendrons pas longtemps sur ces appareils. L'un d'eux est constitué par un ancien mouton de 50 kilogr., destiné à des essais d'estampage; ce mouton peut être soulevé jusqu'à 1 mètre au moyen d'une transmission. Le deuxième appareil, qui n'est pas encore complètement installé, comprend : une chabotte de 1 200 kilogr. en fonte, solidement fixée à un massif en maçonnerie, et deux rails parallèles de 5^m 825 de hauteur scellés au mur, et distants de 410 millimètres, qui laisseront coulisser des poids variés atteignant jusqu'à 40 kilogr. Une coupure a été faite dans le bas de ces montants de façon à permettre l'introduction et la fixation à la chabotte de pièces de grandes dimensions dans tous les sens; d'ailleurs la chabotte est très longue et permettra de faire des essais de choc par flexion sur des pièces ayant jusqu'à 1 mètre entre appuis.

Les essais au choc sont très en faveur à l'heure actuelle et avec raison. Tout l'outillage de précision nécessaire pour ces essais a été confié à la maison Falcot et Jacquesson, de Soissons. Nous pourrons, avec lui, procéder à des essais absolument scientifiques qui porteront sur les divers genres de sollicitations vives connues (traction, flexion en porte à faux ou sur deux appuis, compression, etc.); nous déterminerons les efforts supportés à chaque instant par les éprouvettes, leurs déformations réelles, leurs travaux en kilogrammètres, etc. Cette installation fera l'objet d'une communication ultérieure. Avec ce mouton, nous pouvons cependant déjà procéder aux essais courants de l'industrie, et nous disposons, en outre, d'une chabotte spéciale pour l'essai au choc sur barreau encastré, tel qu'il est préconisé par l'artillerie de marine, et d'une série d'enclumes et de touches pour les essais de rivets au choc.

APPAREILS DE MESURE ET PETIT OUTILLAGE DE LA SECTION DES MÉTAUX.

La section des métaux possède pour faire ses mesures, en outre des compas, niveaux, règles, etc. ordinaires, et de ses enregistreurs déjà décrits, toute une série d'instruments que nous allons énumérer :

1^o Un élastimètre, système Néel et Clermont, pour la mesure exacte de l'élasticité des barrettes d'essai. C'est un excellent instrument amplificateur des déformations, qui permet d'apprécier et d'enregistrer le $1/500$ et au besoin le $1/1000$ de millimètre. Nous n'en décrirons pas le principe, cela nous mènerait trop loin;

2^o Des jauge de précision;

3^o Des appareils à rouleaux de Bauschinger qui permettent d'apprécier le $1/200$ de millimètre;

4^o Des machines pour la mesure de l'allongement des cordages, câbles métalliques, etc., qui ne peut être faite comme pour les métaux, c'est-à-dire en rapprochant les bouts rompus des témoins. La section a fait construire par la maison Jaeggé, de Paris, un appareil qui permet de lire ces allongements à un quart de millimètre près. Cet appareil est constitué par une règle creuse dans la rainure de laquelle est maintenue une vis; sur cette vis se déplacent deux coulisseaux portant chacun deux viseurs avec un réticule; le deuxième coulisseau n'est engrené avec la vis qu'autant qu'on empêche de tourner une petite vis tangente qu'il porte avec lui. On réalise ainsi un dispositif analogue à celui des cathétomètres, c'est-à-dire qu'on peut déplacer les deux viseurs simultanément ou l'un par rapport à l'autre. Si donc on vise deux repères tracés sur le cordage avec ces deux viseurs et qu'on suive ces repères, grâce à la construction de l'appareil, on ne notera sur le tambour du deuxième viseur que la variation de distance de ces deux repères et cela jusqu'à la rupture. L'écartement maximum des repères peut être de 1 mètre.

Cet appareil est fixé sur deux pieds démontables et peut être déplacé à volonté. Il a été imaginé par la Compagnie P.-L.-M. et il est d'un fonctionnement excellent;

5^o Des appareils Manet et des appareils Rabut pour l'expérimentation des ponts en fer ou des planchers métalliques. Ces appareils sont trop connus pour qu'il soit utile d'en parler autrement ici;

6^o Enfin, un assortiment assez complet de pièces pour l'amarrage des barreaux ou témoins variés: coins pour les barreaux ronds ou méplats, à têtes lisses ou filetées, à yeux ou à épaulements; cosses d'amarrage variées pour câbles et cordages ayant jusqu'à 60 millimètres de diamètre; bielles pour les chaînes, cônes pour les câbles métalliques, etc.

Il y a, en outre, tout l'outillage de forge nécessaire aux essais de fendage, de pliage, d'emboutissage à froid ou à chaud sur de petits échantillons, etc.

Comme outils de précision, nous citerons encore un scléromètre système Martens (fig. 12), qui appartient à la section des matériaux de construction, mais dont nous pourrons disposer. Cet appareil sert à déterminer la dureté des métaux par la méthode du striage. Il consiste en un petit levier droit, monté sur couteau; à l'une des extrémités du levier est fixé un petit diamant angulaire qui peut être appliqué plus ou moins fortement sur la pièce à essayer par suite du déplacement

d'un poids curseur qui se meut sur l'autre bras du levier. Le métal à essayer est placé sur une petite table montée sur une articulation sphérique, et l'on fait tracer une rayure sur le métal, en manœuvrant la table sous le diamant. On mesure au microscope la largeur de cette rayure; cette largeur est exprimée en fonction du poids et qualifie la dureté du corps.

Nous ne donnons qu'une idée de ce mode d'expérimentation qui

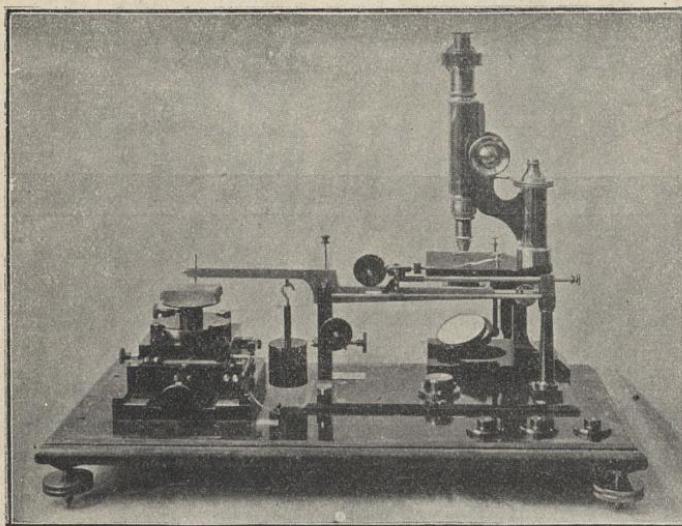


FIG. 12. — Scléromètre Martens.

exige beaucoup d'autres précautions; il y a également d'ailleurs d'autres manières d'opérer.

La section n'aura garde d'oublier, d'ailleurs, la méthode de Brinell pour les mesures de dureté.

Il sera possible, d'autre part, de faire des mesures de dimensions avec une haute précision grâce à un appareil palpeur de Bauschinger que possède la section des matériaux.

Nous pourrons aussi utiliser pour certains essais les deux machines Amsler-Laffon qui appartiennent à la section des matériaux de construction. L'une de ces machines a une puissance de 5 tonnes, l'autre de 30 tonnes. Le principe de ces appareils est le même. Ce sont des presses à l'huile de ricin.

La mesure de l'effort développé par ces presses sur les éprouvettes

se fait au moyen d'un manomètre différentiel monté sur le même bâti que le pot de presse; les deux cylindres à haute et à basse pression ont le même axe. Ce mode de mesure serait affecté d'erreurs

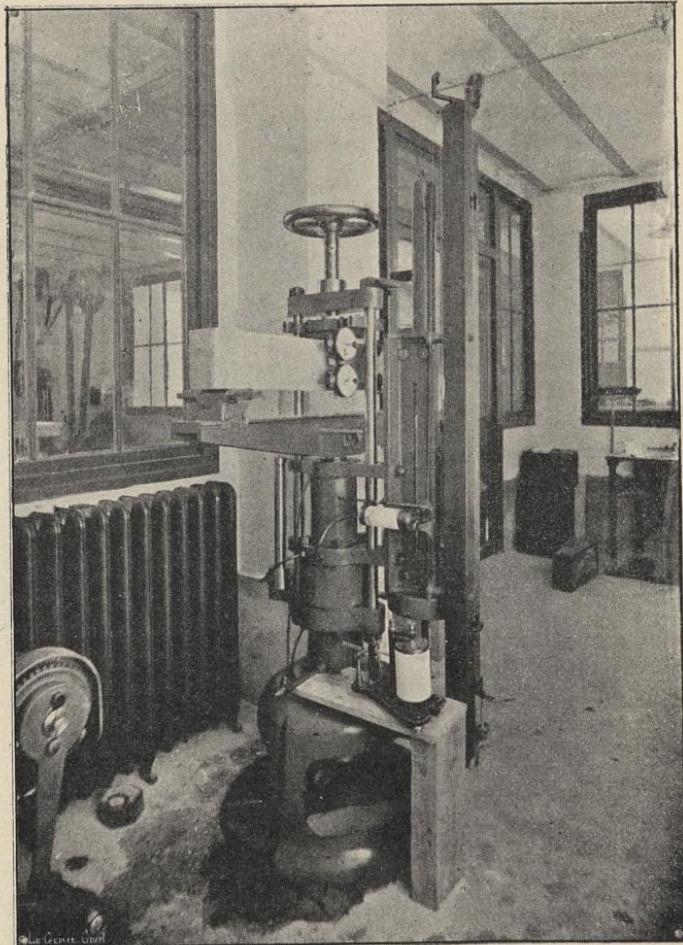


FIG. 13. — Machine hydraulique Amsler-Laffon, de 5 tonnes.

si M. Amsler n'avait pris la précaution de supprimer les cuirs de ses pistons, et cela est possible grâce à la grande viscosité du liquide et au long guidage des pistons. Les fuites de liquide sont faibles et les

pistons flottent pour ainsi dire dans une gaine liquide lubrifiante qui rend les frottements insignifiants.

Ces machines possèdent d'ailleurs un mécanisme qui permet de changer le rapport de réduction du manomètre et qui leur confère une double sensibilité. Les échelles manométriques portent une double graduation correspondant à ces deux systèmes. Pour la petite presse les échelles sont établies pour 1 000 et 5 000 kilogr. ; pour la grande, elles le sont pour 7 000 et 30 000 kilogr. Une petite pompe à main rend les manœuvres de changement d'échelles très faciles.

La petite presse (fig. 13) porte sur son piston une poutre sur laquelle on peut déplacer deux appuis de flexion qui peuvent être écartés jusqu'à 1 mètre l'un de l'autre. Il est possible, avec cette poutre de flexion, de faire des essais sur des barreaux de fonte ou de bois ; la partie centrale de la poutre a une rotule pour les essais de compression. La presse de 30 tonnes ne peut recevoir que des pièces de compression.

Mon collègue et ami M. Leduc, chef de la section des matériaux de construction, décrira d'ailleurs plus complètement tout ce qui a trait aux machines ou appareils dépendant de sa section.

Machine à essayer les huiles, système Martens (fig. 14). — Il a été entendu que la section des métaux s'occuperaient des essais d'huiles au point de vue frottement ; il est inutile de faire remarquer combien ces essais sont importants, étant donnée la consommation énorme de lubrifiants qui est faite dans l'industrie. Nous avons eu l'occasion de faire connaître aux lecteurs du *Génie Civil*,⁽¹⁾ que la cherté d'une huile n'implique pas nécessairement ses bonnes qualités de graissage. C'est imbu de cette idée que nous avons fait acquérir pour la section des métaux une machine perfectionnée, qui nous mettra en mesure de déterminer le coefficient de frottement des lubrifiants à des pressions, vitesses et températures différentes.

La machine comprend un arbre creux tournant dans deux paliers robustes supportés par une colonne en fonte ; sur la fusée de cet arbre est placée une boîte portant deux coussinets en bronze ; cette boîte est prolongée vers le bas par un pendule gradué sur lequel coulisse un poids. L'huile à essayer est placée dans un petit godet et coule entre les coussinets et la fusée qu'elle lubrifie puis s'écoule dans un réservoir situé sous la tête pendulaire. Quand on met la fusée en mouvement, celui-ci fait dévier la boîte et d'autant plus que l'huile est plus visqueuse. On peut donc, en enregistrant la déviation du pendule,

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XLII, n° 7, p. 403.

connaître l'effort de frottement qui provoque la déviation constatée du pendule. Cette disposition est, en somme, celle du frein de Prony.

Les déviations sont relevées sur une petite bande de papier qui se déroule devant un crayon porté par le pendule, et sont données en fonction de la vitesse de l'arbre. Un deuxième crayon fixe trace constamment une ligne de repérage dont le pendule s'écarte plus ou moins. On peut faire varier la vitesse de l'arbre au moyen de cônes étagés, depuis 100 tours jusqu'à 400 tours, ce qui correspond sur la fusée à une vitesse maximum tangentielle de 2 mètres par seconde. Un moteur électrique de 2 chevaux, type Gramme, sous 440 volts, commande la machine et est muni d'un rhéostat de démarrage et d'un rhéostat de champ qui laissent toute latitude pour le réglage de la vitesse.

La pression sur la couche lubrifiante est produite par une tige qui s'appuie sur le coussinet supérieur et qui est plus ou moins pressée sur lui au moyen d'une vis s'emmarrant dans la tête du pendule; la tige de pression appuie par son autre extrémité sur une boîte à eau fermée par un diaphragme et qui est mise en relation avec un manomètre sur lequel on relève les variations de la pression hydraulique et, par suite, les variations de pression de la tige sur les coussinets. On peut atteindre de cette manière des pressions de 200 kilogr. par centimètre carré sur la couche lubrifiante.

Le bout de la fusée et l'arbre de transmission sont creux et peuvent être réchauffés ou refroidis. M. Martens emploie de la vapeur pour le réchauffage. Comme nous n'en n'avions pas à notre disposition au Laboratoire, cela nous a obligé à imaginer et à faire construire par la maison Adnet, de Paris, un petit appareil qui fonctionne à notre satisfaction. Cet appareil consiste en une petite cuve en cuivre rouge fermée par un couvercle avec boulons à charnière dans laquelle on introduit le liquide réchauffeur ou refroidisseur (de la glycérine). Sous cette cuve, soigneusement entourée d'une enveloppe calorifuge, sont placées deux rampes de brûleurs à gaz. Près de la cuve est fixée une petite pompe rotative Dumont, identique à celle employée par les automobiles, qui aspire le liquide chaud dans la cuve et le refoule vers la fusée d'où il revient par un tube spécial pour retourner à la cuve. Cette circulation rapide, dont on peut à volonté faire varier la vitesse, permet de réaliser telle température que l'on veut, et de la maintenir constante. La pompe est actionnée par le moteur électrique qui commande la machine d'essai.

Dans la cuve est placé un serpentin en cuivre rouge dans lequel nous pouvons détendre de l'acide carbonique liquéfié pour réaliser les basses températures; on emploie le même liquide de circulation que

pour le réchauffage. Nous avons prévu, pour le cas du réchauffage seulement, que la circulation du liquide pourrait se faire par l'emploi d'un simple thermo-siphon. Nous ignorons si ce genre d'installation

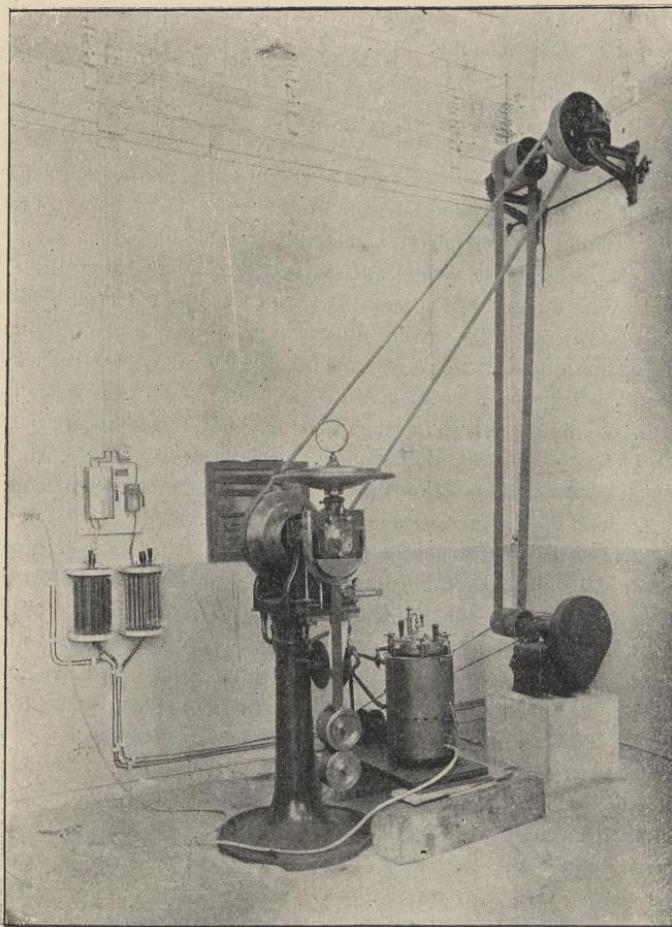


FIG. 14. — Machine à essayer les huiles (système Martens).

est tout à fait nouveau, mais nous pouvons assurer qu'il est très commode, et que les températures s'établissent avec une rapidité et se maintiennent avec une constance qui n'auraient jamais pu être réalisées avec une étuve munie d'un régulateur ordinaire.

La machine possède une deuxième tête pendulaire analogue à la précédente et destinée à la mesure du coefficient de frottement des métaux. Pour cela, ces métaux sont façonnés sous forme de trois petits coussinets qui sont logés dans la boîte. On fait les mêmes déterminations que ci-dessus, mais en employant toujours une même huile parfaitement connue.

ESSAI DES MÉTAUX À OUTILS ET DES OUTILS.

Des essais très intéressants pour les industriels et qui n'ont pas fait, comme les essais de résistance ordinaire, l'objet de savantes recherches, mais qui cependant n'ont pas moins d'importance que les précédents, sont les essais des métaux destinés à faire des outils. Et pourtant ces métaux sont parfois d'un coût très élevé et sont utilisés en quantité assez notable. Il nous a paru indispensable de prévoir pour notre section des moyens qui permettent d'étudier et de contrôler les métaux de ce genre dans les diverses transformations auxquelles ils sont soumis. Nous pourrons donc essayer et qualifier les métaux pour outils (crochets de tour, de rabotage, mèches, limes, fraises, etc.). C'est ainsi que déjà nous avons pu répondre à quelques questions qui nous étaient posées par les industriels à ce sujet.

Nous pourrons étudier sur les métaux à outils, l'effet de la trempe, de la forme des extrémités coupantes, de la vitesse de coupe, etc. Notre Laboratoire possède, en effet, un atelier de mécanique qui comprend : des tours de précision, des perceuses, un étau-limeur, une raboteuse, une fraiseuse universelle, des scies, etc. Toutes ces machines-outils sont commandées par des moteurs électriques et il sera extrêmement facile de faire une étude complète du métal à essayer, sous forme d'outil, ou de voir comment il se comporte quand il est placé sur telle ou telle machine-outil. On pourra connaître, grâce à l'alimentation de nos diverses machines-outils par le courant, le travail dépensé pour le façonnage de tel métal à expérimenter dans les conditions les plus variées. Il y a là tout un champ de recherches qui est encore presque en entier inexploré.

**Appareils pour le traitement thermique industriel
des métaux.**

FOURS ORDINAIRES.

La section des métaux possède un certain nombre d'appareils qui lui permettront d'étudier l'influence de la chaleur sur les propriétés des métaux. Nous n'avons pas besoin de faire ressortir l'importance de ces questions : on peut dire que les grands progrès réalisés en métallurgie sont nés d'une étude méthodique, rationnelle, des modifications et transformations souvent profondes subies par les métaux sous l'influence des agents calorifiques. La section ne pouvait donc se désintéresser de ces problèmes.

Pour être réellement utile au point de vue pratique, notre installation aurait dû comprendre les mécanismes ou engins nécessaires à la production des métaux eux-mêmes, et ceux nécessaires à leur façonnage, en un mot, nous eussions dû réaliser une petite usine de fabrication, avec son matériel de fours, cubilots, lingotières, laminoirs, presses à forger, pilons, etc. Nous en avons eu la pensée, mais, comme nous étions obligés de réserver nos premières ressources à l'acquisition de machines d'un usage journalier ou de plus grande importance, nous avons dû remettre à plus tard l'acquisition de ce matériel de fabrication, qui formera la deuxième branche de l'installation des métaux, et qui en sera probablement la partie la plus féconde en résultats nouveaux.

On a si bien compris l'intérêt de ces laboratoires-usines qu'on en installe un peu partout, en Amérique, en Angleterre ; il n'est pas douteux qu'en suivant l'évolution du métal dans toutes les transformations qu'il subit, depuis sa formation jusqu'au moment où il est mis en œuvre, en étudiant scientifiquement, méthodiquement, les variations de ses propriétés, on ait un moyen de relier entre eux certains phénomènes, qui, pris isolément, déconcertent l'esprit, alors qu'ils peuvent être simplement la conséquence naturelle de phénomènes précédents inconnus ou inaperçus.

Nous ne nous faisons, d'ailleurs, aucune illusion : avec notre matériel de petites dimensions, nous serons toujours éloignés de ce qui se passe réellement dans les grandes usines productrices ; nous n'avons pas la prétention de les imiter et nous devrons recourir à leur expérience, à la sanction de la pratique, chaque fois que nous aurons avancé un fait nouveau résultant de nos petits essais. Ce qui nous paraît plus

immédiatement important, en l'occurrence, c'est de pouvoir dire aux petits industriels et aux Ingénieurs disposant de peu de moyens : « Nous avons un outillage de fabrication précis et varié qui est à votre disposition » et de pouvoir, en outre, fabriquer nous-mêmes des métaux et alliages nouveaux et en trouver les propriétés mécaniques.

Le but du Laboratoire est double : faire les essais courants et faire des travaux originaux.

Pour fabriquer nos métaux, nous pouvons, à l'heure actuelle, disposer d'une fournette, système Bigot, à chauffage au gaz, qui peut contenir un creuset de 2 litres de capacité et permet de réaliser une température de 1 400 à 1 600 degrés sans difficultés; nous aurons ainsi toute latitude pour fabriquer des alliages variés, ou fondre des fontes. Cette fournette dépend de la section des matériaux de construction.

Nous avons en vue l'acquisition prochaine d'un four à creuset avec chauffage au coke et soufflage au vent, qui nous donnera le moyen de fondre des lingots de 25 kilogr. environ. Ce four sera agencé de manière à recevoir un petit cubilot pour la fusion de la fonte.

Nous prévoyons également l'achat du matériel si simple et si précieux qui sert à la production des métaux par la méthode nouvelle du docteur Goldschmidt : l'aluminothermie.

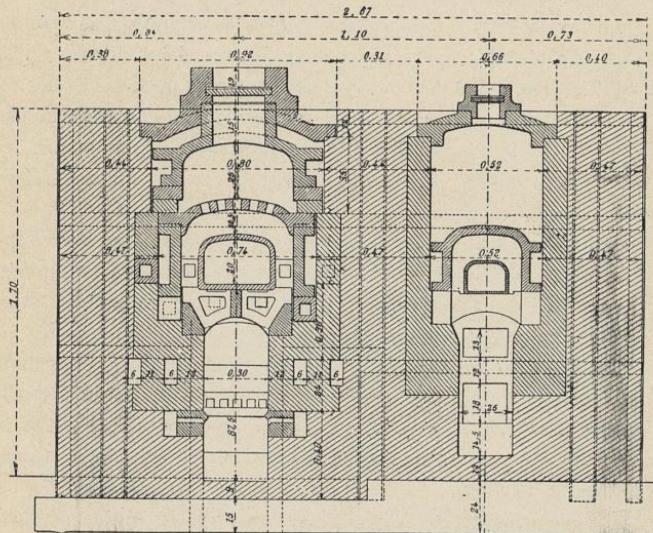
Les réchauffages des métaux, soit pour de simples recuits, soit pour des trempes, soit encore pour des revenus, exigent des fours se prêtant à ces traitements variés. Nous ne pouvons songer à traiter de très grandes et très lourdes pièces; aussi nous nous sommes posé comme condition de réchauffer des barres ayant au maximum 1 mètre de longueur sur 400 millimètres \times 400 millimètres.

Nos fours constituent deux massifs⁽¹⁾. Dans le premier, qui a 3 mètres de longueur, 1^m 80 de largeur et 1^m 70 de hauteur, sont ménagées deux chambres de chauffe égales. En bas le cendrier et la grille; au-dessus de la grille, une sole constituée par des barreaux en terre réfractaire espacés, par les interstices desquels passent les flammes. Ces flammes viennent entourer un moufle où sont placées les pièces à traiter. On peut retirer ces moufles et faire du chauffage à flamme directe. Les flammes, après avoir léché le moufle, se rendent aux carreaux et de là à la cheminée par un tuyau de descente, qui peut être étranglé plus ou moins par un registre.

La particularité de ce système, c'est de pouvoir réaliser un chauffage rapide du moufle. Pour cela, les flammes ne viennent pas directement en contact avec le massif de maçonnerie, toujours lent à échauffer;

(1) Voir le *Génie Civil* t. XLIII, n° 11, p. 165.

elles sont emprisonnées entre le moufle et une voûte mince en terre réfractaire, qui est elle-même séparée du massif par un espace suffisant. Ce dispositif permet, grâce au réchauffage rapide de cette enveloppe, d'avoir une haute température en peu de temps. Des portes sont établies pour permettre d'obturer aisément les issues, et l'on dispose d'une conduite de vent alimentée par un ventilateur. On peut ainsi atteindre la température de 1 600 degrés sans difficultés. Chaque moufle peut être ouvert aux deux extrémités, et il est très facile de faire une chute de température en laissant les pièces dans le four.



est entraîné et vient brûler au-dessus de la grille, en fournissant un excès de chaleur qui permet de réaliser une température de 1 700 degrés dans le moulé. Ces températures sont nécessaires pour l'étude des matériaux de construction.

Un deuxième massif (fig. 15), plus petit que le premier, renferme d'une part une cornue simple avec brûleurs au goudron, d'autre part, deux petites cornues placées dos à dos, chacune avec leur foyer et qui sont employées journallement pour le recuit des petites barrettes; il n'est pas nécessaire, de cette façon, d'allumer le grand four pour de petits barreaux. Dans un essai récent, que nous avons fait avec ces fours, nous avons atteint, après douze heures de chauffage, la température de 1 200 degrés; après vingt-deux heures, 1 400 degrés; après vingt-neuf heures, 1 600 degrés, avec simple tirage de la cheminée.

Toute cette installation a été faite, sur la demande du Laboratoire, par la maison Dalbouze fils, Brachet, de Blottefière, de Puteaux; les dispositions sont dues à M. de Blottefière; la maison Billaud-L'Hermitte a fait toute la maçonnerie.

Nous pourrons, dans ces fours, faire les traitements thermiques industriels, et nous disposons d'installations pyrométriques complètes pour la mesure des températures. Près du grand massif est placé un bac de trempe à circulation d'eau continue.

Pour les essais ou le façonnage des pièces métalliques, la section pourra disposer de deux petites forges dont l'une a été fournie par la maison Barbier-Vivez et possède un petit ventilateur, disposé dans sa hotte, qui est mû par un moteur électrique, ce qui évite toute fumée dans le local de la forge.

Aussitôt que possible, nous installerons deux petits trains de lamoins avec cylindres de rechange, qui seront placés en face du grand massif des fours et permettront de façonner des barres et d'étudier les phénomènes si intéressants du corroyage. Un petit pilon est également prévu.

FOURS ÉLECTRIQUES.

Four à arc. — On connaît les travaux de M. Moissan sur les hautes températures obtenues à l'aide des fours électriques. Le champ de recherches qu'il a ouvert par l'emploi de cet appareil nouveau s'agrandit tous les jours. Nous pourrons y travailler aussi, grâce à la libéralité d'un industriel de Paris, M. Gabreau, à qui nous devons le four à arc qu'il a inventé, en collaboration avec son fils, M. Edouard Gabreau. Ce four est représenté par la figure 16; il est destiné à faire la fusion ou le réchauffage de petites pièces réfractaires.

Il est difficile de faire un chauffage uniforme avec l'arc électrique : celui-ci ne chauffe que sur de petites surfaces qui prennent immédiatement une température très élevée et fondent sans que les surfaces contiguës soient notablement atteintes. Les fours à arc électrométallurgiques, à carbure de calcium notamment, comportent des charbons

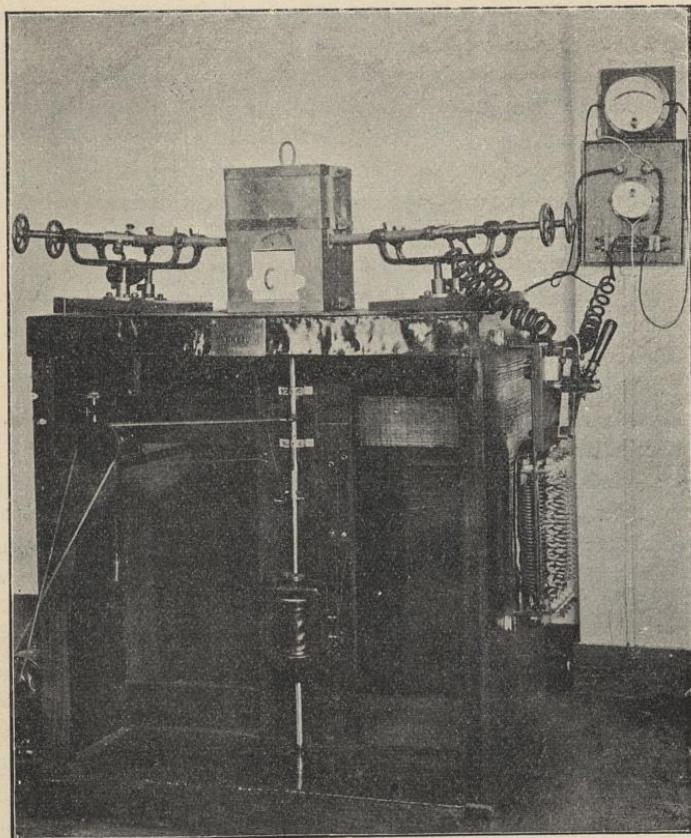


FIG. 16. — Four électrique à arc, système Gabreau.

disposés au sein même de la matière à traiter, et nécessitent des courants énormes ; on ne sait pas, d'ailleurs, exactement comment se répartit la chaleur dans la masse. MM. Gabreau, frappés de ces difficultés, ont cherché à réaliser un four à la fois économique et permettant d'obtenir un chauffage régulier des creusets ou des pièces à traiter.

Les arcs sont montés par deux en série sous 110 volts, et un rhéostat de réglage permet de faire varier le voltage à leurs bornes; ils sont enfermés dans un petit massif en terre réfractaire solidement fretté, percé des ouvertures nécessaires et constitué de façon que la chaleur développée se concentre bien sur le creuset. Celui-ci est placé entre les deux arcs produits et est soutenu par une longue pièce réfractaire qui passe à travers le fond du four. Si l'on se contentait de laisser le creuset immobile entre les deux arcs, au bout de quelques minutes il serait ramolli, puis fondu par places. Pour obvier à cet inconvénient, M. Gabreau a eu l'idée de donner au creuset à la fois un mouvement de rotation sur lui-même et un mouvement alternatif de bas en haut (fig. 16). Le premier mouvement est obtenu au moyen d'une courroie actionnée par un petit réducteur de vitesse qui entraîne un moteur électrique, la courroie fait tourner l'arbre vertical qui porte le creuset; le deuxième mouvement est provoqué par un électro-aimant, qui attire ou repousse cet arbre suivant que son circuit, alimenté sous 110 volts, est interrompu ou établi par un petit commutateur monté sur le réducteur de vitesse précité.

Ce dispositif a assuré la réussite du four. On arrive, au moyen de ce four, à fondre les métaux comme l'acier doux, le nickel, en quelques minutes. Nous citerons la fusion de 300 grammes de nickel, que nous avons obtenue en seize minutes, en partant du four froid; l'intensité maximum était de 75 ampères. On conçoit qu'avec cet appareil on puisse obtenir des métaux d'une grande pureté; il suffit de les enfermer complètement dans le creuset. On peut aussi fondre des verres, des strass; on les obtient alors avec une limpideté parfaite.

Fours à incandescence. — Mais, si cet appareil chauffe bien, il a l'inconvénient de chauffer trop vite pour certains essais; c'est pourquoi nous nous sommes procuré deux autres petits appareils capables de réaliser aussi des températures élevées, mais par une gradation plus lente et réglée à volonté. Ces fours électriques, du système Heraeus, procèdent d'un tout autre principe. Ils sont constitués essentiellement par un tube en porcelaine entouré de spirales de platine, dans lesquelles passe le courant réchauffeur. L'un d'eux est horizontal (fig. 17), l'autre est vertical, du système Holborn. Le tube du premier a 60 millimètres de diamètre intérieur, 60 centimètres de longueur; le tube du second a 150 millimètres de hauteur seulement. Le premier consomme 50 ampères, sous 110 volts, pour atteindre des températures de 1 400 degrés, le deuxième 15 ampères, sous 110 volts, pour atteindre des températures maxima de 1 200 degrés.

Un petit tableau de distribution, avec les appareils de mesure, les disjoncteurs et rhéostats nécessaires, dessert ces deux fours, et, grâce à ces rhéostats, on peut maintenir, dans chacun d'eux, les températures constantes depuis 200 jusqu'à 1 400 degrés.

Le four horizontal servira à des essais de réchauffage précis sur les métaux ; nous pourrons déterminer avec lui les points singuliers des aciers, les points de transformation magnétique, les dilatations aux

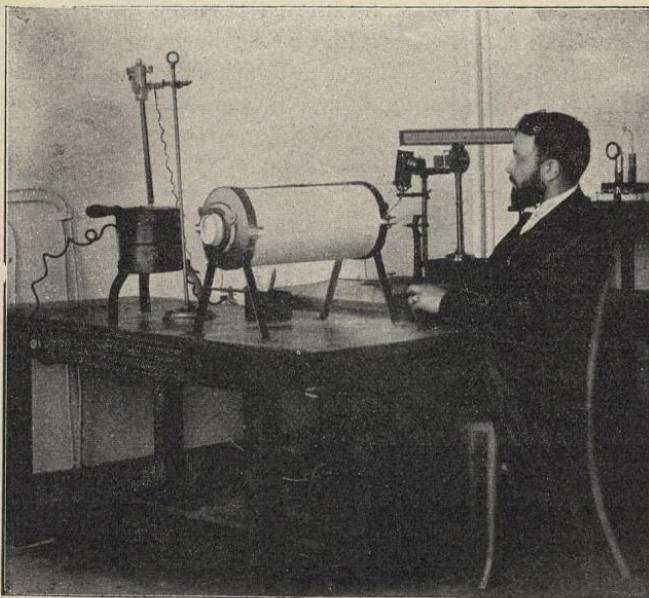


FIG. 17. — Fours électriques à résistance, système Heraeus, avec leur installation pyrométrique.

températures élevées, etc. Ajoutons qu'il nous servira pour les essais de traction de métaux aux hautes températures. Le four vertical est destiné à la détermination des points de fusion des métaux, car il est aménagé pour recevoir un petit creuset.

Ce qui forme la caractéristique de ces fours, qui ne sont pas nouveaux, c'est leur faible coût par suite de la faible quantité de platine qui y est employée : dans certains fours électriques, par exemple, le platine entourant le tube en porcelaine est sous forme de fils ; ici, il est en feuille mince, de sorte que le contact est mieux assuré et la surface de chauffe bien plus grande. La meilleure utilisation du métal dans ces fours fait que



le four horizontal ne contient que 20 grammes de platine, et le four vertical 5 grammes seulement : la feuille de platine a 13 millimètres de largeur et 7 millièmes de millimètre d'épaisseur. Nous ne parlons pas de l'enveloppe des fours qui est constituée par des calorifuges connus.

Ces fours ont été fournis par la maison Heraeus, de Hanau. Pour la mesure précise des hautes températures, nous possédons un pyromètre Le Chatelier avec ses accessoires : échelle graduée, galvanomètre Deprez d'Arsonval, etc. (fig. 17); le tout a été fourni par la maison Carpentier, de Paris. D'ailleurs, il existe au Laboratoire d'autres pyromètres qui utilisent aussi des galvanomètres différents : galvanomètre enregistreur Ducretet, ou galvanomètre Siemens. Une vue d'ensemble de l'installation des fours électriques a déjà été donnée dans le *Génie Civil* (1).

Laboratoire de micrographie.

Les travaux de Martens en Allemagne, Roberts-Austen et Stead en Angleterre, et surtout d'Osmond en France, qui a fondé une école dont les œuvres sont déjà considérables, ont créé une science nouvelle : la micrographie des métaux, qui est pleine de promesses pour l'avenir et à laquelle l'industrie fait appel déjà depuis plusieurs années.

Notre section ne pouvait se désintéresser de ces études qui forment un complément indispensable des études physiques ou chimiques des métaux. Connaitre la constitution intime d'un métal, c'est avoir souvent le moyen de prévoir la façon dont il se comportera au point de vue mécanique; inversement, les manifestations d'ordre mécanique trouvent leur explication dans la structure particulière que le microscope peut révéler.

Nous disposons donc d'une installation microscopique qui permettra d'examiner la constitution intime des métaux. Le microscope que nous possédons est celui de M. Le Chatelier, construit par M. Pellin, de Paris. L'avantage de cet instrument consiste en ce qu'il suffit de préparer une seule face de l'échantillon soumis à l'examen; cet appareil ayant déjà été décrit dans le *Génie Civil* (2), nous ne nous étendrons pas à son sujet. Nous lui avons fait, toutefois, subir quelques modifications par les soins de M. Lemaireley, de Paris, notamment en ce qui concerne le support des échantillons, dont l'axe ne coïncidait pas toujours avec celui de l'objectif. En outre, M. Le Chatelier prend ses photographies en disposant la chambre noire verticalement sous l'appareil;

(1) Voir le *Génie Civil*, t. XLIII, n° 44, p. 164.

(2) Voir le *Génie Civil*, t. XLI, n° 42, p. 189.

nous avons monté l'appareil à pivotement et nous avons disposé la chambre noire horizontalement, c'est-à-dire que nous nous servons pour la photographie des mêmes tubes que pour la visée. La chambre noire a un tirage de 1^m 50 et peut faire des épreuves 13 × 18. Nous pouvons avoir des grossissements de 1 500 diamètres avec des objectifs convenables. Nous avons en vue, d'ailleurs, la modification complète du porte-objet du microscope.

Les opérations les plus longues de la micrographie des métaux sont celles relatives à la préparation des échantillons. Mais nous n'avons aucune difficulté pour prélever les échantillons dans les pièces à examiner, grâce aux machines-outils de notre Laboratoire. Quant au polissage, nous le faisons au moyen d'une petite tournette d'opticien mue mécaniquement, que nous avons spécialement agencée à cet effet. Cette tournette comprend deux arbres verticaux montés sur pointes, qui reçoivent les plateaux de polissage; ces deux arbres sont commandés par un petit moteur électrique, sous 110 volts, qui tourne à 1 500 tours. Nous pouvons monter soit une meule en carborundum, soit des disques en laiton, soit des disques en feutre, ou des disques en bois couverts de peau de chamois ou de draps. La préparation des échantillons est alors facile. Ajoutons qu'un cabinet noir est aménagé dans le Laboratoire, pour tout ce qui concerne les opérations photographiques.

Laboratoire de chimie.

Nous terminerons cette étude en disant que nous possédons tout ce qui est strictement nécessaire pour procéder aux analyses chimiques des métaux : étuves, four à incinération, hotte ouverte ou fermée (avec vitrage en verre armé, gracieusement fourni par la Compagnie de Saint-Gobain), etc. Nous pourrons faire toutes les analyses qui seront jugées nécessaires pour interpréter ou compléter des essais mécaniques. Il est évidemment impossible à une section de métaux de se passer de laboratoire de chimie; les résultats donnés par les essais physiques et chimiques s'enchaînent trop étroitement; ce laboratoire avait donc sa place marquée ici.

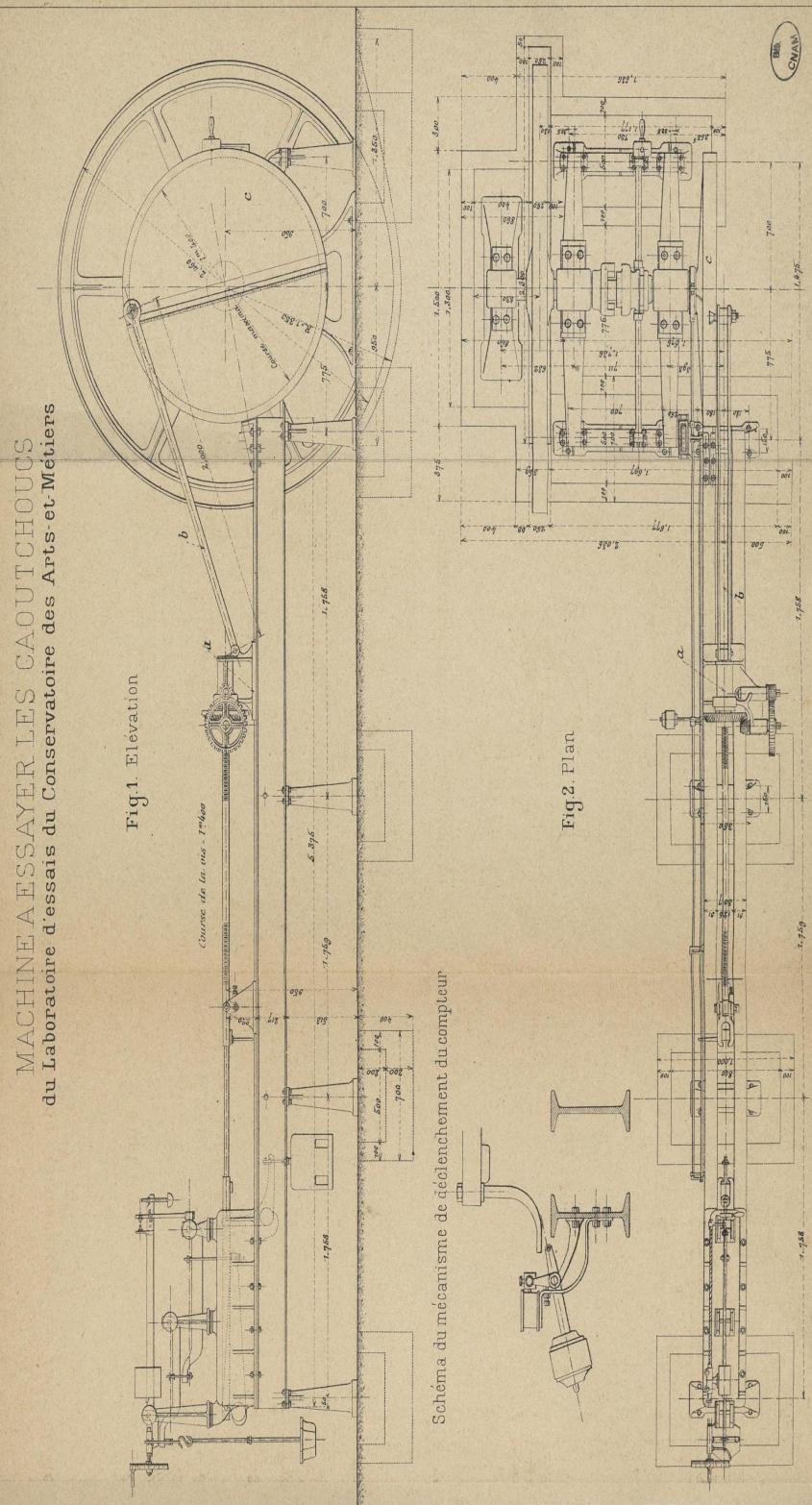
Il existe, en outre, pour des recherches électrométallurgiques, qui seront faites ultérieurement, une prise de courant pour 100 ampères placée dans notre cabinet de chimie; de même une conduite d'air comprimé, à 12 kilogr., existe dans toute l'étendue du laboratoire des métaux, y compris le laboratoire de chimie.

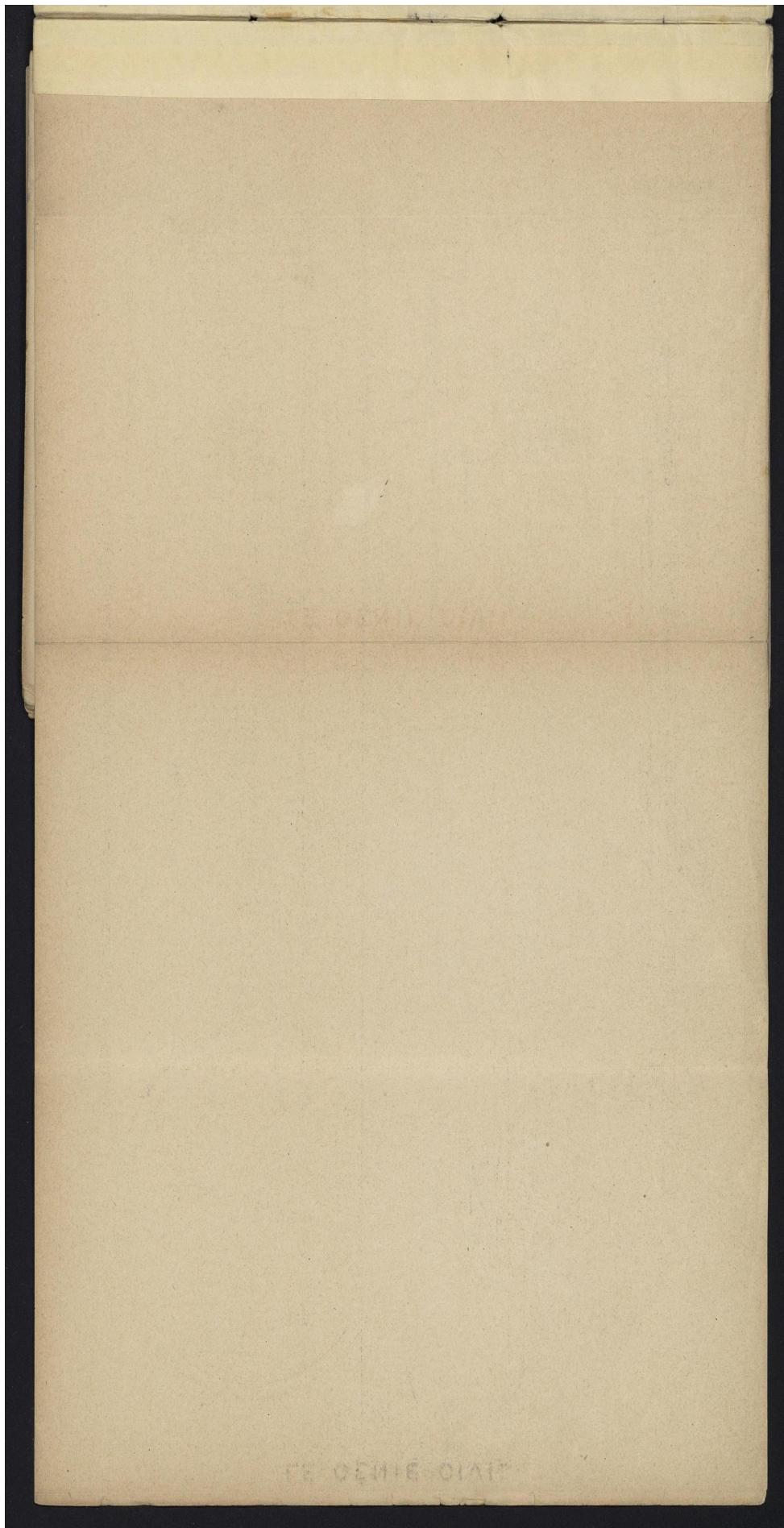
Par cette énumération un peu sèche, ~~mais~~ bien incomplète ~~pour~~ ^{et} tout, on peut voir que telle qu'elle est actuellement, la section des métaux du Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers est inachevée mais elle peut déjà faire tous les essais courants. Son outillage sera toujours augmenté au fur et à mesure des besoins, et dès que des essais d'un genre nouveau nous seront demandés. Nous avons exposé nos espérances : il dépendra du public, notre principal collaborateur, de les voir se réaliser à brève échéance, car la rémunération, d'ailleurs très modique, des essais, sera toujours consacrée à l'amélioration de nos installations et à l'achat de nouvelles machines. Entourés par les sollicitudes des pouvoirs publics, encouragés de toutes parts, nous voyons s'ouvrir pour nous un avenir séduisant, et nous pouvons avouer, en toute sincérité, que l'industrie et le commerce paraissent trouver en notre Laboratoire les voies et moyens qui leur conviennent, car le nombre de nos essais augmente de jour en jour.



IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGERE, 20, PARIS. — 43396-10-03.







Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

INSTALLATION HYDRAULIQUE DU LABORATOIRE D'ESSAIS

du Conservatoire des Arts et Métiers

Fig.1 et 2. Pompe de refoulement

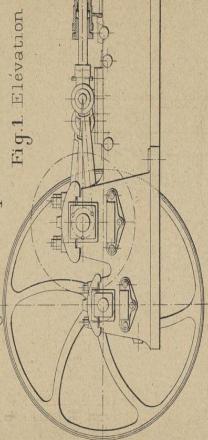


Fig.1. Elevation

Fig.3. Accumulateur à pression variable

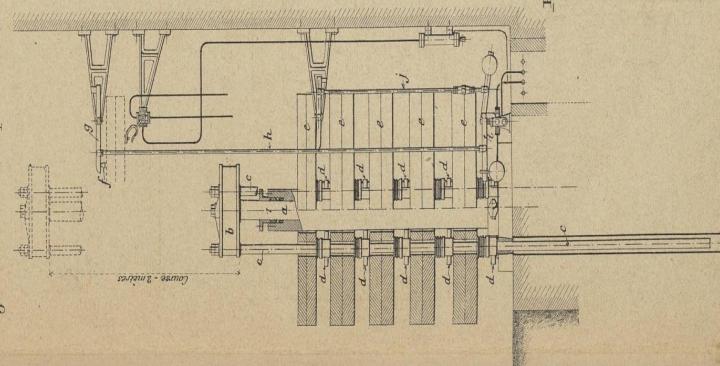


Fig.4 à 8. Boîte de sûreté.

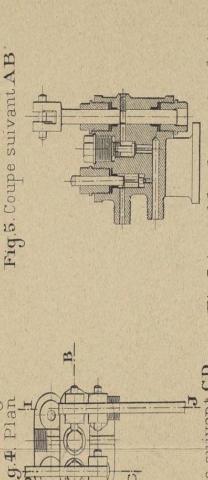


Fig.5. Coupe suivant AB

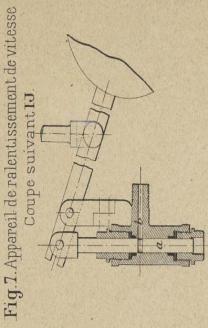


Fig.6. Coupe suivant CD

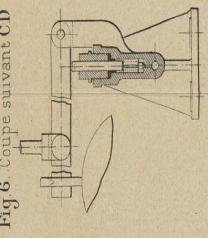


Fig.7. Appareil de ralentissement de vitesse

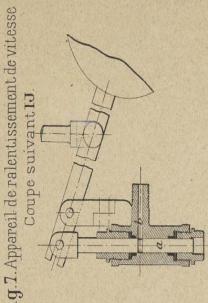


Fig.8. Plan

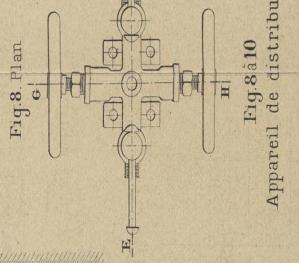


Fig.9. Coupe suivant EF

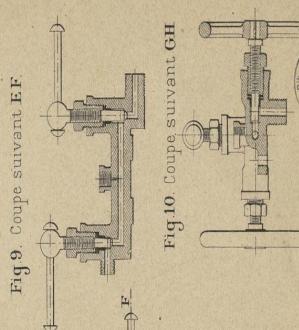


Fig.10. Coupe suivant GH

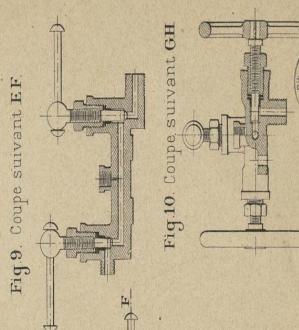
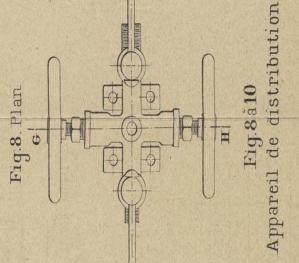
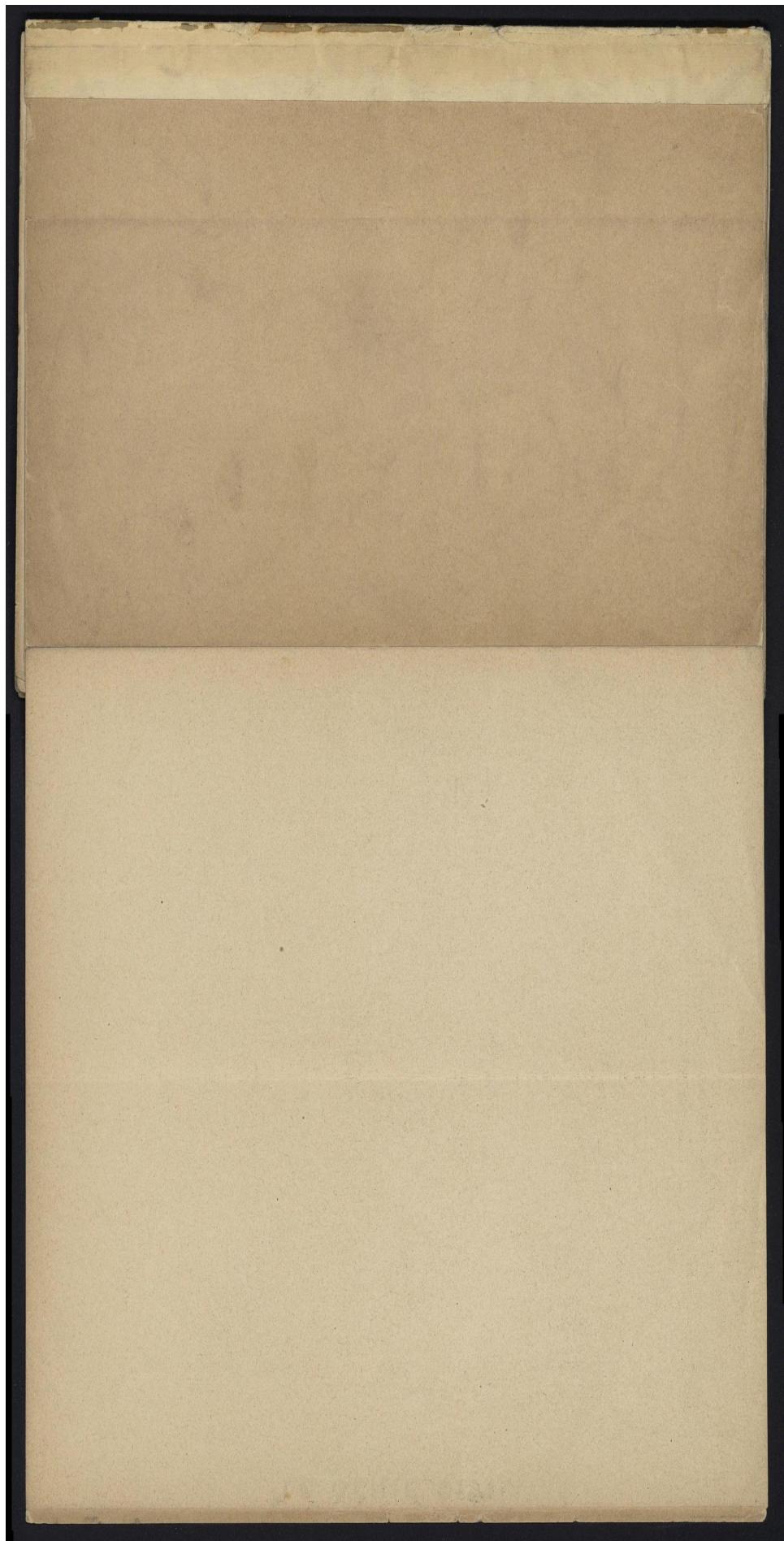


Fig.8 à 10



Appareil de distribution



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires