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

Auteur ou collectivité : France. Ministère de la guerre
Auteur : France. Ministère de la guerre (1791-1936)
Titre : Rapport de la Commission militaire sur l'Exposition universelle de 1878

Adresse : Paris : Imprimerie nationale, 1879
Collation : 1 vol, (XV-858 p.) : ill., tabl. ; 26 cm
Cote : CNAM-BIB 8 Xae 270
Sujet(s) : Exposition internationale (1878) ; Paris ; Matériel de guerre -- 19e siècle ; Cartographie -- 19e siècle ; Chemins de fer -- France -- 19e siècle ; Télégraphe -- Appareils et matériel -- 19e siècle
Langue : Français

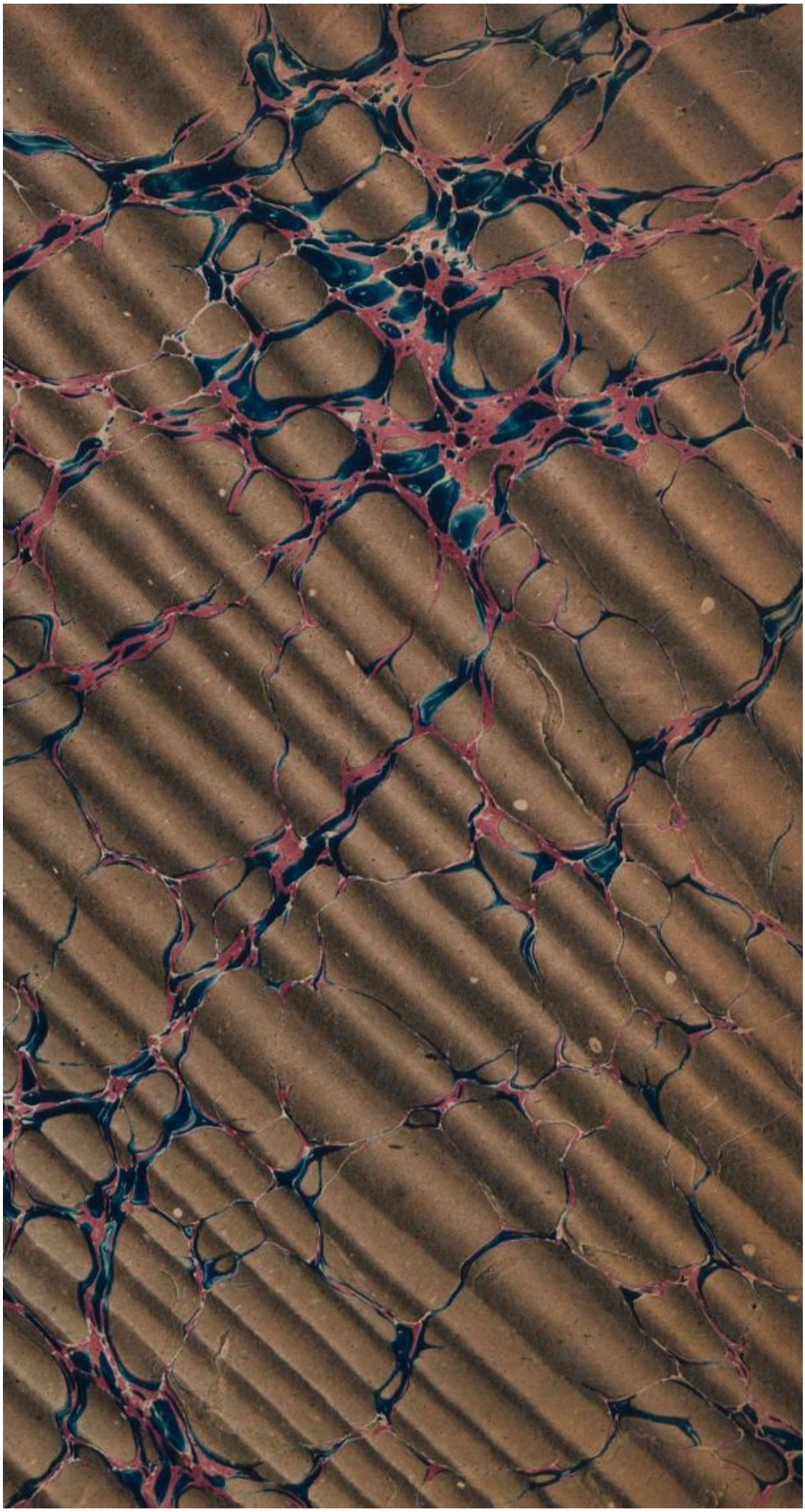
Date de mise en ligne : 21/12/2017
Date de génération du document : 21/12/2017

Permalien : http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE270

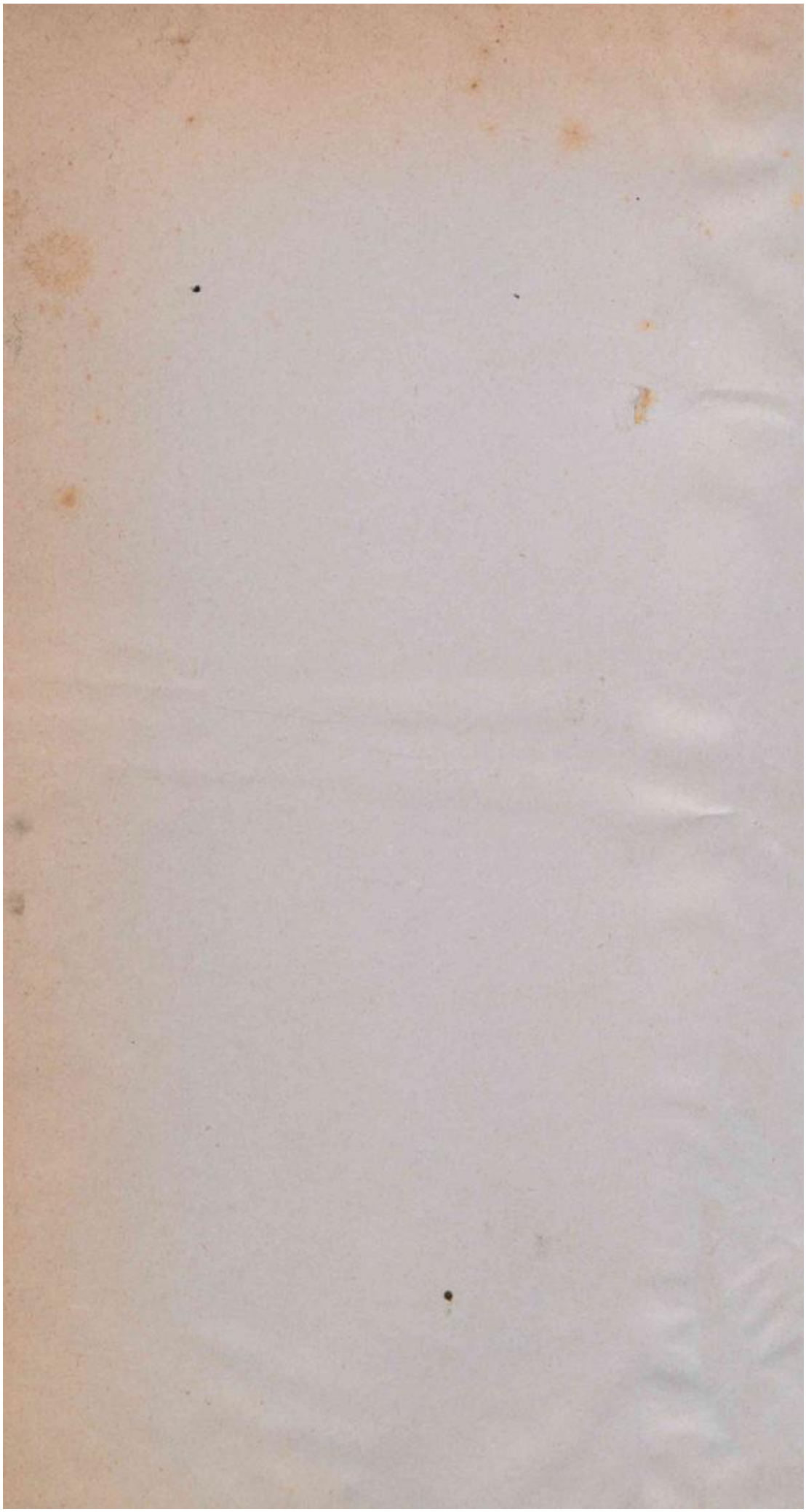
La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres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

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

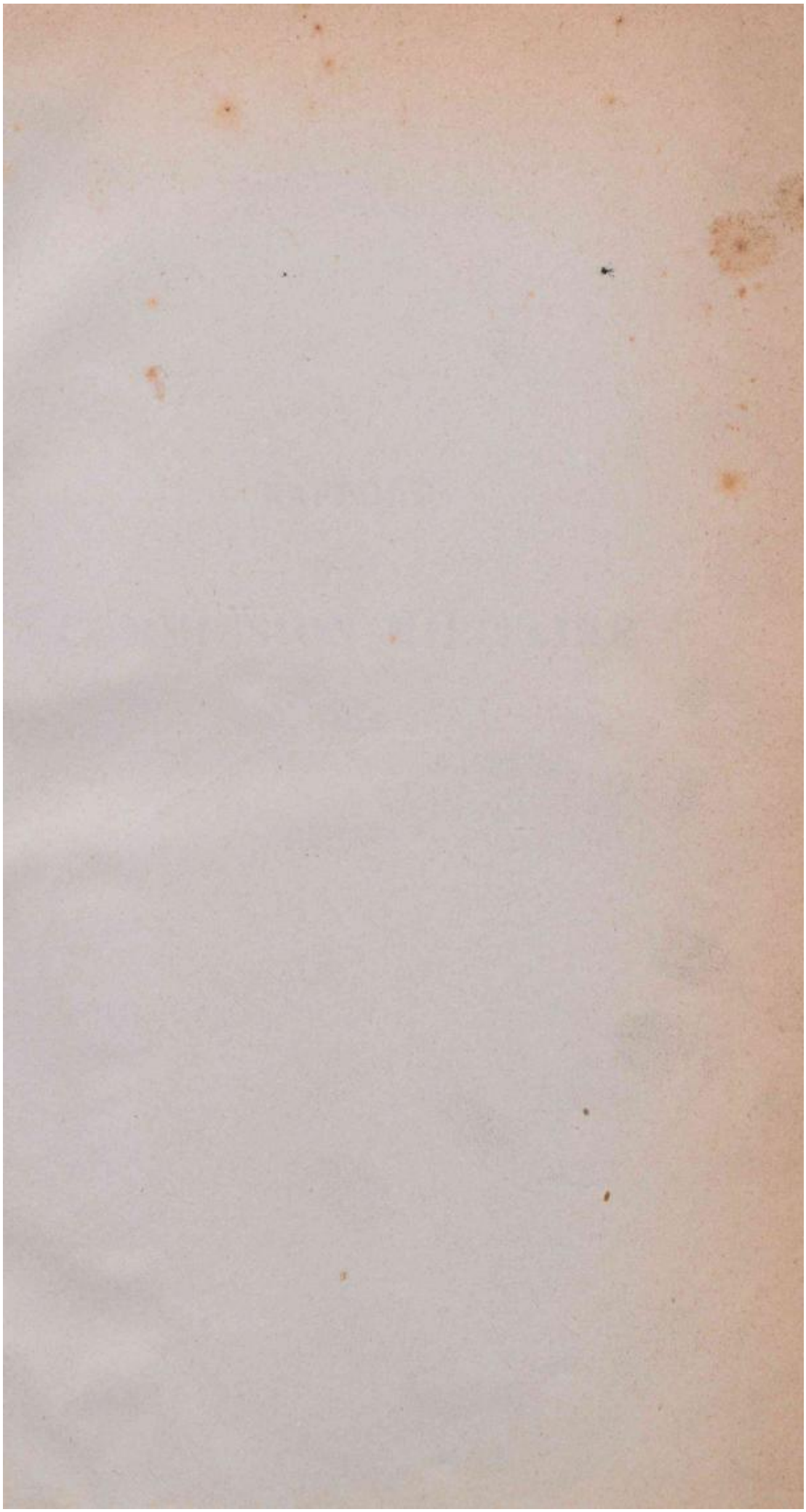
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



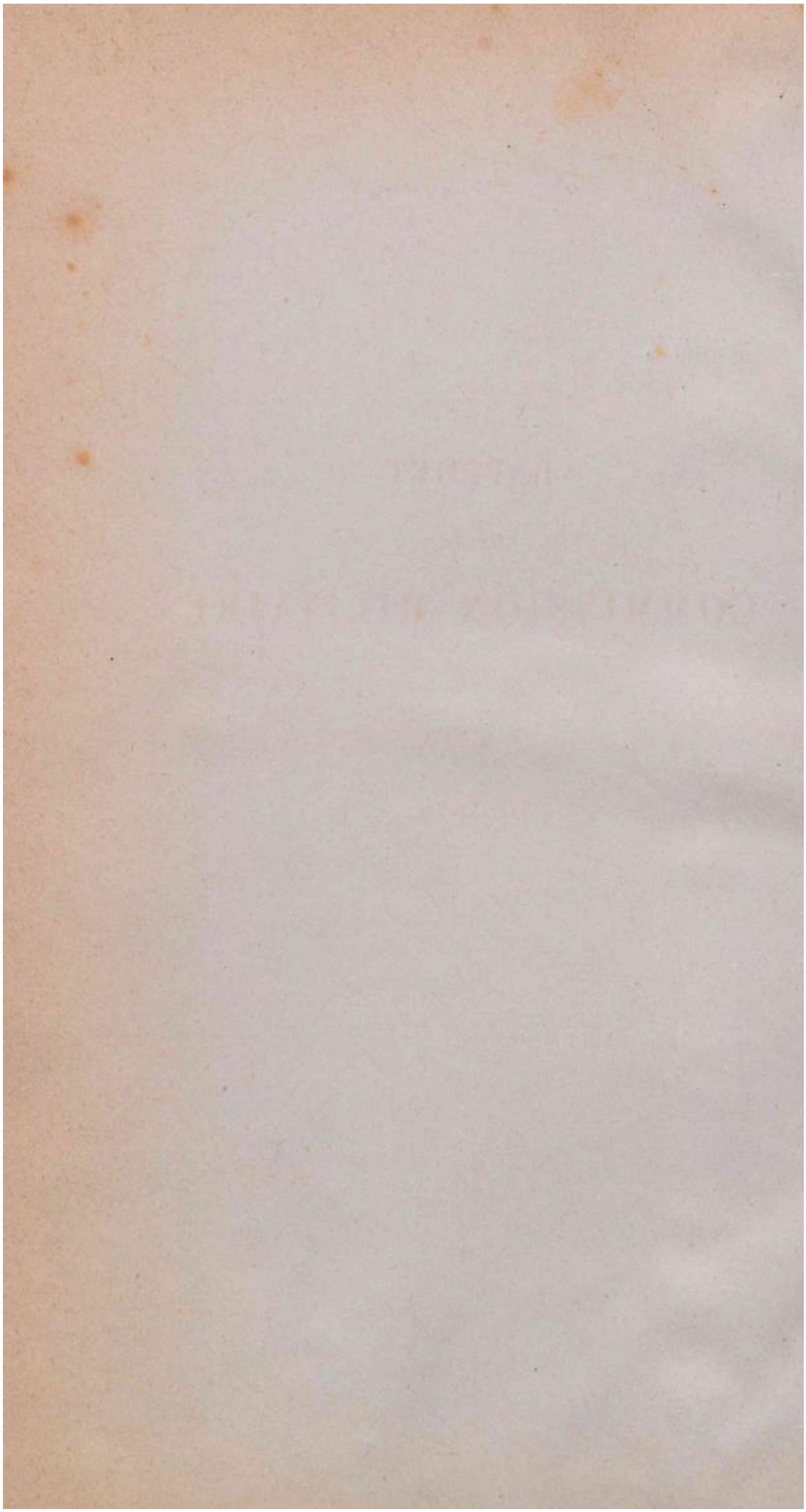
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1 Vol in 8° X cte 113

1e Exemplt.

RAPPORT

DE LA

COMMISSION MILITAIRE

SUR

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° 390
8° Xae 270

MINISTÈRE DE LA GUERRE.

RAPPORT

DE LA

COMMISSION MILITAIRE

SUR

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1878.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXIX.

CNAM. BIBLIOTHEQUE CENTRALE
1 7501 00211669 5

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MINISTÈRE DE LA GUERRE.

RAPPORT

DE LA

COMMISSION MILITAIRE

SUR

L'EXPOSITION UNIVERSELLE

DE 1878.

PARIS.

IMPRIMERIE NATIONALE.

M DCCC LXXIX

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE SOMMAIRE.

Pages.

AVANT-PROPOS IX

SECTION I. Administration 1

SECTION II. Artillerie 353

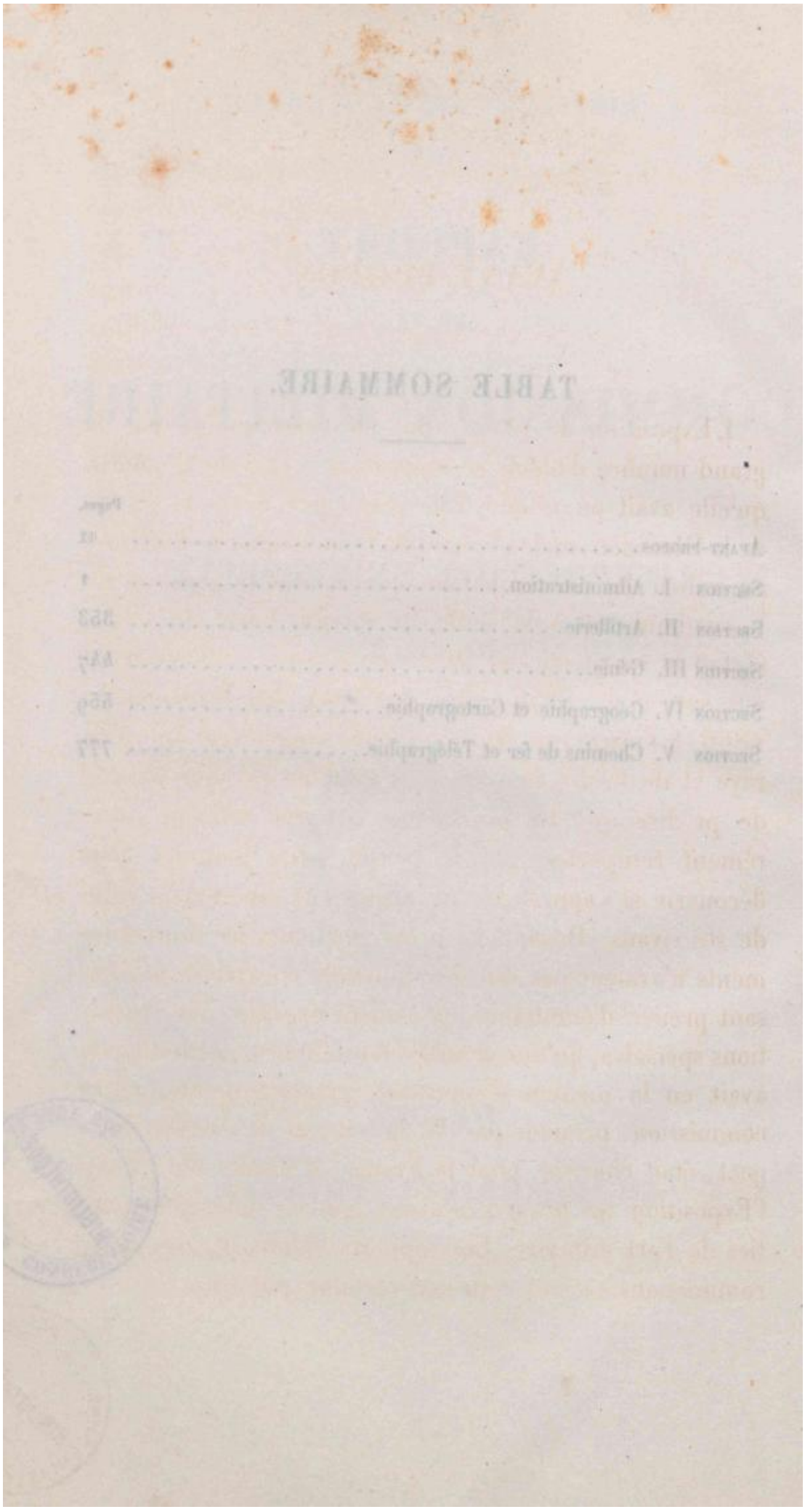
SECTION III. Génie 447

SECTION IV. Géographie et Cartographie 559

SECTION V. Chemins de fer et Télégraphie 777

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AVANT-PROPOS.

L'Exposition de 1867 avait été remarquable par le grand nombre d'objets se rapportant à l'art de la guerre qu'elle avait pu réunir. Elle venait peu après la guerre de la Sécession, au lendemain de la campagne de Bohême, au milieu des préoccupations que causait la question du Luxembourg et à la veille du terrible choc de 1870. C'était le temps où l'on attribuait presque exclusivement nos succès de 1859, ainsi que ceux des Prussiens en 1866, à l'usage que les vainqueurs avaient fait du canon rayé et du fusil à aiguille, et il semblait presque naturel de prédire que les prochaines victoires seraient assurément remportées par le peuple assez heureux pour découvrir et s'approprier un armement supérieur à celui de ses rivaux. Devant ces préoccupations, les Gouvernements n'avaient pas cru devoir rester en arrière et, faisant preuve d'émulation, ils avaient organisé des expositions spéciales, qu'une commission militaire internationale avait eu la mission d'apprécier, pendant qu'une autre commission, présidée par M. le général de division Forgeot, était chargée, pour la France, d'étudier dans toute l'Exposition les progrès réalisés dans les différentes parties de l'art militaire. Les rapports établis par ces deux commissions avaient reçu une certaine publicité.

BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS CONSERVATOIRE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1878, il n'y avait pas, à proprement parler, au palais du Champ de Mars, d'exposition purement militaire; le nombre des exposants de la classe 68, réservée aux produits de cette nature, ne s'élevait qu'à soixante, parmi lesquels l'Espagne et l'Italie avaient seules présenté un véritable ensemble; la plupart des autres Gouvernements, et en première ligne la France, s'étaient abstenus, ou tout au moins leurs expositions partielles, complètement disséminées, n'avaient trait qu'aux branches presque exclusivement scientifiques. A notre époque cependant, où la science de la guerre est absolument liée à toutes les autres, on pouvait presque affirmer qu'il n'existait aucune classe de produits, même parmi ceux pouvant paraître les plus étrangers aux choses de la guerre, qui ne présentât un intérêt plus ou moins immédiat pour l'armée, et c'est dans cet ordre d'idées qu'une décision ministérielle du 6 avril 1878, rendue par M. le général Borel, désigna une commission, présidée par M. le général de division Arnaudeau, sénateur, pour rechercher dans toutes les parties de l'Exposition les choses qui pourraient intéresser l'armée.

La Commission d'études à l'Exposition de 1878 était ainsi composée :

Président :

M. le général de division Arnaudeau, sénateur;

Membres :

MM. Bassot, capitaine d'état-major à l'état-major général du Ministre;

Bugnot, lieutenant-colonel d'état-major, chef du 5e bureau de l'état-major général du Ministre;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Calemard du Génestoux, lieutenant-colonel d'artillerie au dépôt central;

Cholleton, colonel du 113e de ligne;

Desantis, officier d'administration principal;

Fraissynaud, capitaine au 82e régiment d'infanterie;

Gabanou, adjudant d'administration en 1er;

Hellot, lieutenant-colonel du 4e régiment territorial d'artillerie;

Humann, lieutenant-colonel du 12e régiment de dragons;

Julliard, capitaine d'artillerie;

Keller, sous-intendant militaire à l'état-major général du Ministre;

Lambert, ingénieur de 1re classe du service des poudres et salpêtres;

Laussedat, colonel du génie;

Le Lorrain, chef d'escadron d'état-major à l'état-major général du Ministre;

Mangin, lieutenant-colonel du génie au Dépôt des fortifications;

Mensier, lieutenant-colonel du génie au Dépôt des fortifications;

Monnac, officier d'administration principal;

Mony, intendant militaire;

Penel, capitaine d'état-major à l'état-major général du Ministre;

Peruy, médecin principal de première classe au conseil de santé;

Prudent, capitaine du génie au Dépôt des fortifications;

Rapp, médecin-major au conseil de santé;

Rouby, chef d'escadron à l'état-major général du Ministre.

Les fonctions de secrétaire furent remplies par le capitaine Penel.

Le travail fut réparti entre cinq sous-commissions, et l'on admit en principe que les rapports fournis par les of-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ficiers ou employés dépendant du Ministère de la guerre, mais étrangers à la Commission, pourraient être acceptés. Dans aucun cas, d'ailleurs, les opinions émises par un de ses membres ne devaient engager la Commission tout entière, chacun conservant la responsabilité entière du travail signé par lui. L'ouvrage que nous publions aujourd'hui se trouve donc divisé en cinq sections, répondant aux cinq sous-commissions.

Première section. — *Administration.*

Président : M. l'intendant Mony. Membres : MM. Keller, Peruy, Rapp, Monnac, Desantis et Gabanou. Les études de la sous-commission ont été divisées en quatre chapitres.

Le premier, relatif au service de l'habillement, traite des matières premières, des opérations à leur faire subir, de la fabrication des objets et des conditions dans lesquelles se peuvent faire les essais avant la réception par le Ministère de la guerre.

Le chapitre II, consacré aux ambulances et hôpitaux, fait ressortir les progrès réalisés sous le rapport de l'installation et du matériel.

Le chapitre III a été réservé aux subsistances militaires et traite de la conservation des farines, vins, viandes et fourrages, des préparations à faire subir aux produits alimentaires dans les établissements militaires.

Enfin le chapitre IV, entièrement consacré aux machines, étudie tous les progrès réalisés depuis la dernière Exposition; il est dû à M. Dupasquier, ingénieur civil attaché à la manutention militaire de Paris.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deuxième section. — *Artillerie.*

Président de la deuxième sous-commission : M. le lieutenant-colonel Calemard du Génestoux. Membres : MM. Julliard et Lambert. Le travail est divisé en cinq chapitres.

Le premier traite des canons, projectiles et blindages.

Le chapitre II est consacré aux diverses sortes de fusées; le chapitre III, aux voitures et affûts; le chapitre IV, aux mitrailleuses, et le chapitre V, au su bstances explosives.

Troisième section. — *Génie.*

Président de la troisième sous-commission : M. le colonel Laussedat. Membres : MM. Mangin et Mensier. Le travail de cette sous-commission, qui se rapporte à tout ce qui intéresse plus particulièrement l'arme du génie, a été divisé en huit chapitres.

Les deux premiers traitent des ouvrages de fortification et des ponts militaires; le chapitre III est consacré aux voies ferrées portatives, parmi lesquelles le porteur Decauville; les chapitres IV et V traitent des appareils d'explosion et de l'éclairage des camps et casernes; le chapitre VI passe en revue les divers systèmes de couverture pouvant être employés dans les bâtiments militaires; le chapitre VII a été réservé à la description d'un appareil très remarqué à l'Exposition et au congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences : le périgraphe instantané de M. le lieutenant-colonel Mangin,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui permet de prendre rapidement des vues panoramiques. Enfin le chapitre VIII, consacré aux nouveaux appareils de lumière électrique, est dû au capitaine d'artillerie Leclère.

QUATRIÈME SECTION. — *Géographie et Cartographie.*

Président de la quatrième sous-commission : M. le lieutenant-colonel Bugnot. Membres : MM. Rouby, Prudent et Bassot.

Le premier chapitre est consacré à la cartographie française et étrangère et à une étude sur le figuré du terrain due au capitaine Moessard; le chapitre II traite des instruments de géodésie et d'astronomie, et le chapitre III, des procédés d'impression et machines.

CINQUIÈME SECTION. — *Chemins de fer et Télégraphie.*

Président de la cinquième sous-commission : M. le commandant Le Lorrain. Membres : MM. Penel et Fraissynaud.

Le Rapport de la Commission est formé par la réunion des divers travaux de ces cinq sous-commissions.

En raison des difficultés qu'a présentées l'impression d'un ouvrage dû à un grand nombre de collaborateurs et renfermant des figures dans le texte, la publication a éprouvé un certain retard; mais les études que l'on y rencontre ont été constamment tenues au courant des nouveaux perfectionnements qui ont pu être relevés dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les divers appareils depuis la fermeture de l'Exposition. C'est ainsi, notamment, que le rapport sur la lumière électrique a été complété une dernière fois par son auteur en septembre 1879.

Paris, ce 1er novembre 1879.

Le Capitaine d'état-major,
Secrétaire de la Commission d'études,

F. PENEL.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RAPPORT
DE
LA COMMISSION MILITAIRE
SUR
L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

PREMIÈRE SECTION.
ADMINISTRATION.

CHAPITRE PREMIER.
SERVICE DE L'HABILLEMENT.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

A l'exception d'un produit industriel, improprement appelé *cuir-liège*, dont la valeur sera examinée en quelques mots dans cette étude, l'Exposition universelle de 1878 n'a montré rien d'absolument nouveau au point de vue particulier du service de l'habillement de l'armée.

On conçoit d'ailleurs que, dans les exhibitions de cette nature, les exposants s'attachent particulièrement à présenter les produits industriels d'un usage général, capables de fixer l'attention du commerçant ou du consommateur par les qualités qu'ils présentent aux divers points de vue utilitaire, économique ou artistique, et qu'ils se préoccupent médiocrement des besoins de l'armée, auxquels l'administration est chargée de donner satisfaction par l'achat de matières ou d'effets de types et de qualités rigoureusement déterminés par les règlements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais si l'Exposition de 1878 n'a montré aucun produit nouveau susceptible de prendre place immédiatement dans la nomenclature du service, elle a offert néanmoins des renseignements d'une certaine valeur touchant les améliorations poursuivies et quelquefois obtenues dans les moyens de production mis en œuvre par l'industrie.

Il a semblé qu'il devait être intéressant pour l'administration de la guerre d'être tenue au courant des modifications et des perfectionnements apportés dans la construction de l'outillage industriel, modifications ou perfectionnements qui ont pour objet une plus grande somme de qualités des produits et quelquefois aussi un abaissement de leur prix de revient.

Dans cet ordre d'idées, il a paru utile de signaler divers appareils ou machines, et, sans entrer dans le détail des organes qui les constituent, on s'est efforcé de faire comprendre en quoi consistent les progrès accomplis et les conséquences qu'ils entraînent.

La préparation des cuirs méritait également un examen particulier.

On a pu remarquer, dans les produits exposés à la classe 49, de magnifiques cuirs forts pour semelles extérieures. Les progrès réalisés par la tannerie, au double point de vue de la qualité réelle des produits et de leur belle apparence, sont considérables. Ces progrès se sont manifestés surtout dans l'emploi des matières premières qui servent à la préparation des peaux. Jusqu'à ces derniers temps on n'employait au tannage que les écorces de chêne et de châtaignier; on commence à leur substituer diverses autres matières tirées du règne végétal et, notamment, le *quebracho colorado* de la Plata, ou le *hemlock* des mêmes régions. On a exhibé, en effet, à côté d'échantillons de ces bois, des cuirs nourris et faits en six mois.

Il convient de dire toutefois que ces bois donnent aux cuirs une coloration rouge brun intense, qui sera peut-être un obstacle à leur vulgarisation. Il faut ajouter aussi que leur emploi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est encore un objet d'étude, et qu'il n'est pas entré dans la pratique de manière à faire une concurrence sérieuse aux écorces de chêne. Quoi qu'il en soit, si les expériences qui se poursuivent dans plusieurs tanneries étaient concluantes en sa faveur, l'industrie aurait fait une importante découverte, car les écorces de chêne et de châtaignier devenant de plus en plus rares, eu égard à l'importance toujours croissante de la consommation, leur prix devient de jour en jour plus élevé.

Cette élévation du prix des écorces et les frais considérables résultant de l'immobilisation de capitaux importants, pendant le temps très long (quinze à dix-huit mois) qu'exige le tannage complet des gros cuirs, donnent aux produits de la tannerie un prix de revient très élevé.

Aussi toutes les recherches ont-elles pour but la découverte de matières tannantes nouvelles et de procédés de préparation plus efficaces et plus rapides que ceux que l'on a employés jusqu'à ce jour.

Les efforts d'un tanneur français semblent avoir été couronnés de succès. Il en sera question dans cette étude.

Enfin, dans le travail relatif au service de l'habillement sera comprise la description d'un appareil primitivement destiné à indiquer les qualités de résistance des métaux à la traction, à la flexion et à l'écrasement, et qui, après avoir subi diverses modifications secondaires dans sa construction, semble pouvoir être employé avec succès à l'épreuve des qualités de résistance à la traction des tissus divers affectés au service de l'armée.

Cet appareil, dont la construction repose sur des données scientifiques certaines, et dont les indications semblent devoir être d'une exactitude rigoureuse et constante, remplacerait avantageusement le dynamomètre horizontal dont on se sert actuellement, qui est sujet à des dérangements fréquents et qui fournit des indications d'une exactitude trop souvent contestable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 1er. — CARDAGE DES LAINES.

Assortiments de la maison Célestin Martin, constructeur-mécanicien, à Verviers (Belgique). — Le cardage est l'ensemble des opérations qui ont pour objet d'ouvrir les laines, d'en démêler et d'en multiplier les brins, d'en effectuer la séparation et plus tard la réunion dans un ordre déterminé, de manière que, n'étant plus adhérents les uns aux autres, ils présentent une égale résistance aux forces qui doivent agir uniformément sur la masse, et qu'ils puissent être réunis par l'étirage pour fournir un fil régulier dans toute sa longueur.

L'ensemble des appareils qui concourent à ce résultat se désigne sous le nom de *carderie* ou *assortiment de cardes*. Il comporte une carde *briseuse*, une carde *repasseuse* et une carde *boudineuse*.

Afin de comprendre les progrès réalisés par les appareils construits par la maison C. Martin, il est nécessaire d'indiquer brièvement le rôle de chacune des cardes dont la réunion compose un assortiment.

Sans entrer dans le détail minutieux des organes qui constituent les machines à carder, on peut dire que le cardage est obtenu par l'effet d'une combinaison de cylindres et de tambours garnis de pointes métalliques recourbées, plus ou moins fines et plus ou moins rapprochées, la finesse et le rapprochement de ces pointes étant toujours en raison directe de la finesse de la laine à travailler.

Les tambours et les cylindres se transmettent la laine, par suite des divers mouvements de rotation dont ils sont animés, et finissent par la conduire à un dernier organe, nommé le *peigneur*, qui la détache sous forme de *matelas*, de *ruban* ou de *boudin*.

Dans les cardes, telles qu'elles sont construites ordinairement, la *briseuse* (celle qui reçoit la laine en flocons) fournit sur le tambour, qui en est le dernier organe, une nappe de fila-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments (le matelas) d'une épaisseur régulière produite par le rapprochement et la superposition des brins de la laine.

Le cylindre sur lequel cette nappe est venue s'enrouler est porté sur la *carde repasseuse,* dont la fonction consiste à développer cette nappe en un long ruban continu, qui est lui-même divisé par la troisième carde, la *boudineuse,* en un nombre plus ou moins grand de faisceaux cylindriques comprimés et sans torsion appréciable, que l'on nomme des *boudins.* Ces boudins, transportés sur le métier à filer, sont convertis en fils d'un diamètre et d'une torsion déterminés suivant l'espèce d'étoffe que leur entrelacement doit produire au tissage.

On conçoit, par ce qui précède, que le travail de la deuxième carde s'effectuant sur le matelas produit par la première n'a d'autre effet qu'une division plus complète de la masse de laine mise en œuvre, en agissant sur ses brins dans le même sens que la première, c'est-à-dire suivant une direction perpendiculaire à l'axe des cylindres ou des tambours de l'appareil. En d'autres termes, les brins de laine qui ont été disposés en nappe par la carde briseuse et disposés parallèlement entre eux sont repris par la carde repasseuse dans cette même position, et travaillés à nouveau sans que leur parallélisme soit détruit. De sorte que, si la nappe fournie par la première carde présente des irrégularités aux divers points de vue de son épaisseur, de l'espacement des brins, de son opacité ou de sa transparence, ces mêmes irrégularités peuvent se reproduire après le travail de la carde repasseuse.

Il y a là un inconvénient sérieux, qui peut se manifester surtout dans le travail des laines teintes en couleurs différentes et dont le mélange en proportions définies doit fournir un drap d'une couleur et d'une nuance déterminées. Tel est le cas des mélanges destinés à produire les draps gris de fer foncé, gris de fer bleuté et bleu céleste pour chasseurs et hussards.

Il convient d'ajouter encore que le maintien constant d'un parallélisme trop rigoureux dans les fibres de la laine peut, dans une certaine mesure, faire obstacle au parfait feutrage de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'étoffe et rendre son garnissage plus difficile et moins complet.

Dans les carderies exposées par la maison Martin, il semble que l'on ait remédié à ces divers inconvénients.

La carde briseuse ne produit plus une nappe allant s'enrouler sur un cylindre. Le dernier organe de l'appareil, le *peigneur*, détache la laine sous la forme d'un ruban de 15 centimètres de largeur environ, lequel, constamment soutenu dans le trajet qu'il doit parcourir, de manière à éviter sa rupture ou même la simple désagrégation des fibres qui le composent, va s'offrir aux organes travailleurs de la carde repasseuse. Il se présente à ces organes, non pas dans le sens de sa longueur et perpendiculairement à la direction des pions de la carderie, mais bien dans le sens de sa largeur, les brins de laine dont l'assemblage a formé le ruban étant parallèles aux cylindres travailleurs de la carde repasseuse.

Il résulte de cette disposition nouvelle que la laine est travaillée à nouveau suivant une direction autre que celle qui lui avait été donnée par la carde briseuse, que le mélange de ses brins s'effectue avec plus d'efficacité et que les irrégularités de la masse sont nécessairement corrigées.

Cette carde repasseuse fournit une nappe qui s'enroule sur un cylindre pour être reprise par la carde boudineuse.

La construction de ce dernier appareil ne présente rien de particulier sous le rapport de la qualité du travail effectué, mais il n'en est pas de même en ce qui se rapporte à la quantité du produit définitif.

Les *boudineuses* généralement employées comportent, à la suite des cylindres travailleurs, un dernier tambour, dont la surface est, alternativement et par portions égales, recouverte de pions de carde ou dépourvue de ces pions, de telle sorte que le *peigneur* chargé de détacher la laine pour la livrer à l'organe particulier qui la transforme en boudins n'agit effectivement que sur la moitié de la surface de ce tambour.

Si l'on suppose cette surface totale égale à 100, on voit que la laine délivrée au peigneur, bien que provenant de cylindres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travailleurs présentant cette même surface, n'occupe plus qu'un espace égal à cinquante. Il faut donc que la couche de laine que le peigneur dispose sur les parties du tambour garnies de pions de carde soit d'une épaisseur double de celle qu'elle a présentée pendant son passage sur les divers cylindres. D'où, nécessairement, des boudins d'un diamètre double de celui qu'ils auraient présenté si la division de la nappe avait pu être obtenue sans avoir recours à ces alternances de vides et de garnitures dont il a été parlé plus haut; et, comme dernière conséquence, une somme de travail plus considérable au filage, pour amener ces boudins au diamètre définitif du fil à produire.

Dans la carde boudineuse de la maison Martin, on a doublé, triplé ou quadruplé le nombre de ces derniers tambours, et l'on a réparti les rubans de carderie sur leur surface de manière que l'arasement représenté par la somme des largeurs de ces rubans fût exactement égal à la surface totale de la nappe à convertir en boudins. On a obtenu ainsi un nombre de boudins deux fois, trois fois, ou quatre fois plus considérable et présentant une densité seulement égale ou même inférieure à celle de la nappe de laine fournie par les cylindres travailleurs.

Cette dernière modification apportée aux carderies a donc eu pour résultat la production d'un plus grand nombre de boudins que par le passé dans un même espace de temps, la réduction du diamètre de ces boudins et, par suite, un filage ultérieur plus facile et plus prompt.

§ 2. — ÉPAILLAGE DES LAINES.

Depuis que l'élevage des moutons dans les prairies de l'Australie et de la Plata a reçu le développement qu'il a atteint aujourd'hui, les laines de ces contrées ont pris une place de plus en plus considérable sur les marchés européens.

Mais leur travail présente des difficultés particulières, à cause de leur mélange avec une foule de débris végétaux et, notamment, une sorte de petit chardon (le grateron), que les moutons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retiennent dans leurs toisons. Ces graterons adhèrent aux filaments de la laine au moyen de leurs crochets, et rendent presque impossible un nettoyage complet par les moyens mécaniques. Les draps fabriqués avec ces laines conservent une quantité de parcelles végétales bien plus grande que celle qui existe dans les draps fabriqués avec des laines d'autres provenances. Ces matières végétales se combinent peu ou point avec les colorants des bains de teinture, de sorte que leurs débris émergent sous forme d'une multitude de taches pâles tranchant sur le fond des étoffes.

Avec l'emploi des laines ordinaires, peu chargées de paille, on pouvait encore épailler à la main; des ouvrières, prenant chaque pièce de drap et la passant en revue, enlevaient, à l'aide d'une pince, les fragments végétaux apparents. Mais avec les laines de la Plata ou de l'Australie, le remède était insuffisant et trop dispendieux. Il fallait absolument trouver autre chose.

Plusieurs savants ou industriels, et en particulier MM. Frézon, Jolly, Chaudet, ont cherché à utiliser, sous des formes diverses, l'action destructive que les acides minéraux, à une température convenablement élevée et à un degré de concentration suffisant, exercent sur la cellulose et les débris végétaux, en respectant la laine. Cette propriété avait déjà été utilisée pour extraire la laine des tissus laine et coton, afin de la faire entrer dans la fabrication de nouvelles étoffes.

C'était surtout sur les tissus que les divers procédés d'épaillage étaient appliqués. Pour les draps teints en laine cela présentait l'inconvénient d'altérer ou de modifier les couleurs fixées par les bains de teinture. Le drap était imprégné d'une solution d'acide sulfurique étendu, essoré à un degré convenable, puis soumis à l'action d'une température de 70 à 80 degrés, pour amener la carbonisation des débris végétaux. On pouvait aussi l'exposer à l'action du gaz chlorhydrique et, lorsqu'il en avait absorbé une dose suffisante, le chauffer vers 70 ou 80 degrés. L'emploi de l'acide chlorhydrique gazeux permet même l'épail-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lage de draps déjà teints, car il n'altère pas certaines couleurs de grand teint.

Néanmoins, et malgré les résultats obtenus, il serait préférable, à tous les points de vue, d'opérer sur la laine en flocons. On obtiendrait ainsi une élimination plus complète de la matière végétale, qui ne serait pas retenue dans les mailles du tissu, et l'on ne s'exposerait pas à affecter désavantageusement la couleur ou la nuance des étoffes.

On a donc cherché à effectuer l'épaillage chimique sur les laines. Mais on rencontrait de grandes difficultés dans la pratique pour imprégner uniformément d'acide et chauffer également les masses traitées au degré convenable. Ces difficultés devenaient encore plus grandes pour éviter soigneusement le danger du feutrage des fibres, dont il importait de conserver l'isolement.

MM. Mullendorff, en Belgique, et M. Raulin, en France, ont imaginé et exposé d'ingénieux appareils qui conduisent au résultat cherché, en évitant le feutrage.

Le système d'épaillage proposé par M. Mullendorff consiste dans l'exposition de la laine étalée sur des cadres, par couches de moyenne épaisseur, à l'action simultanée du gaz chlorhydrique et de l'air chaud.

M. Raulin utilise la perméabilité aux gaz de la laine tassée et comprimée dans une espèce de tambour a double fond percé de trous. Après l'avoir imprégnée par imbibition et filtration de la solution d'acide sulfurique, il fait passer à travers la masse, au moyen d'un ventilateur, un courant d'air chaud produit par la combustion du charbon dans un foyer. Il provoque ainsi l'action destructive de l'acide sans déplacer la fibre et, par conséquent, sans produire le moindre feutrage de la laine. Il ne reste plus ensuite qu'à laver sur place au moyen d'un courant d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — FILAGE DES LAINES.

Métiers à filer la laine de la maison C. Martin, de Verviers (Belgique). — Le filage est l'action de transformer les *boudins* (produit définitif des machines à carder) en fils continus d'une grosseur déterminée à l'avance et en rapport avec leur destination ultérieure.

Ce résultat est obtenu au moyen du métier à filer, qui doit, en outre, tordre les fils et les renvider sur les bobines destinées à l'ourdissoir, lorsqu'il s'agit des fils devant former la chaîne du tissu, et sur les canettes qui doivent garnir les navettes des métiers à tisser, quand on produit le fil appelé à constituer la trame de ce tissu.

Dans les métiers à filer ordinaires les organes principaux sont les suivants :

1° Un bâti en fonte d'une longueur proportionnée au nombre de broches sur lesquelles le fil doit se renvider au fur et à mesure de sa production. Ce bâti supporte les bobines de la carde finisseuse garnies de boudins. En avant de ces bobines et sur un même plan horizontal sont fixés de petits cylindres cannelés recouverts d'autres cylindres compresseurs ;

2° Un second bâti en fonte, rendu mobile par le mouvement d'un chariot auquel il est assujetti et qui se meut sur des rails disposés sur le sol ou le plancher de l'atelier, perpendiculairement à la position du métier. Il porte les broches sur lesquelles le fil doit se renvider.

Les bobines garnies des boudins de la carde étant placées sur la tête du métier, l'ouvrier fileur amène le chariot porte-broches sous les cylindres horizontaux fixés au premier bâti, les soulève successivement et relie les boudins aux broches du chariot.

Les organes du mouvement étant mis en rapport avec la force motrice qui doit les actionner, le travail du filage commence à s'effectuer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce travail, et pour les métiers ordinaires, on distingue quatre actions principales :

La première, qui consiste à amener la quantité de boudin nécessaire à la production d'un fil ayant un poids et un diamètre déterminés pour une certaine unité de longueur, et qui constitue la *traction;*

La deuxième, qui a pour objet d'étirer le produit de la traction jusqu'à l'obtention du diamètre cherché, et que l'on nomme l'*étirement.*

La troisième, qui est simultanée de la deuxième et qui doit donner au fil la cohésion et la résistance nécessaires, constitue la *torsion.*

Enfin, la quatrième, qui a pour effet de renvider les fils sur les broches du chariot, est le *renvidage.*

Cette succession dans les opérations du filage, avec les pertes de temps occasionnées par les arrêts, préoccupait depuis longtemps les constructeurs et les manufacturiers.

Dès 1867, MM. Pierrard, Parfaite et fils, de Reims, et, plus tard, M. Vimont, de Sedan, construisaient des métiers à filer continus et cherchaient à résoudre les questions suivantes :

1° Supprimer le chariot mobile du métier Mull-Jenny.

2° Diriger le fil, à la sortie des cylindres compresseurs, et le guider en lui donnant un appui, de manière à le maintenir dans un écart à la fois modéré et constant de l'axe de sa course, et à le soustraire ainsi aux effets nuisibles de la force centrifuge qui en provoquait trop souvent la rupture.

3° Donner au fil, et sans interruption du travail, le tors requis par le numéro à produire et l'envider mécaniquement sur des bobines cylindriques ou coniques, suivant qu'il s'agissait de fil pour chaîne ou de fil pour trame, en effectuant simultanément et d'une manière continue les opérations, jusqu'alors successives, de la torsion et de l'envidage.

Malgré les efforts des constructeurs, ces diverses conditions n'avaient pu être réalisées d'une manière absolument satisfaisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le problème très complexe qu'il s'agissait de résoudre a été repris par M. Célestin Martin, de Verviers, et si ce constructeur n'a pas encore atteint la perfection, on peut du moins affirmer qu'il a réalisé, dans la construction de ses métiers à filer la laine, des améliorations incontestables, qui paraissent devoir conduire à l'emploi de plus en plus grand de ces appareils.

Il suffira d'énumérer les résultats qu'il procure, pour faire comprendre l'étendue des progrès réalisés :

1° En raison de la plus grande vitesse de rotation des broches, 6,000 à 7,000 tours à la minute, ils produisent une somme de travail beaucoup plus considérable que les métiers renvideurs, chez lesquels la vitesse de rotation des broches est rarement supérieure à 4,000 tours. La production est encore accrue par ce fait qu'elle est continue, tandis que dans le fonctionnement des métiers Mull-Jenny on éprouve des arrêts et des interruptions, la torsion et l'envidage ne s'effectuant que successivement.

2° Les métiers continus donnent un fil plus parfait et doué d'une tension plus régulière, car, d'un côté, la résistance du fil n'est plus éprouvée par la course d'un chariot, et, d'un autre côté, on n'a plus à redouter les effets de l'opération du dépointage, qui a l'inconvénient de détendre momentanément le fil, auquel la tension ne peut être rendue que par une secousse nuisible à sa qualité.

3° Ils ne sont pas sujets aux oscillations et aux chocs provenant de la mise en marche du chariot dans les Mull-Jenny, d'où une usure moins rapide des organes et une plus grande régularité dans leur fonctionnement.

4° Ces métiers offrent une économie considérable sous le rapport de la production. Ils donnent très peu de déchets, puisque le fil, travaillé dans les meilleures conditions, ne casse presque jamais. Un métier symétrique de 400 broches, avec la têtière au milieu et 2 bancs de 200 broches chacun, exige seulement l'emploi de deux rattacheurs, qui sont d'ailleurs fort peu occupés et peuvent, en se retournant, surveiller chacun un autre métier. De plus, l'emplacement occupé par un métier continu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est deux fois et demie moindre que celui qu'occupe un Mull-Jenny porteur d'un même nombre de broches.

Si l'on rapproche de ces considérations le fait d'une production augmentée dans la proportion de la moitié, on doit en tirer cette conséquence qu'avec le nouveau système de métier on peut, dans un atelier renfermant 4,000 broches de renvideurs, installer 10,000 broches de ces métiers continus et faire le travail de 15,000 broches, c'est-à-dire quadrupler presque la production dans le même emplacement.

Il est vrai que, pour actionner ces appareils, il faut compter sur une dépense de force motrice sensiblement plus considérable que celle qui est exigée par les métiers actuels. Néanmoins, et malgré cet excédent de dépense, l'économie résultant d'une plus grande production, jointe aux avantages réalisés au point de vue de la plus grande régularité du fil obtenu, suffit pour assurer l'avenir des métiers continus.

Il est, enfin, une dernière considération qui est loin d'être sans importance, à savoir, que ces métiers fonctionnent dans les conditions les plus favorables à l'hygiène et à la santé des ouvriers. Le rattacheur n'a qu'à se promener devant le métier dont il a la surveillance; il est toujours libre de ses deux mains pour rattacher, et n'est jamais dans l'obligation de se baisser, de s'accroupir ou d'allonger les bras et le corps pour atteindre le fil cassé.

§ 4. — TISSAGE.

Métiers à tisser de la maison Ve Mercier et L. Mercier, de Louviers. — Dans sa structure la plus simple, — celle que présentent les draps de troupe, — le drap est le produit d'un simple croisement de fils alternant régulièrement et placés à angle droit.

Cet entre-croisement s'effectue entre les fils de la chaîne, préalablement disposés sur le métier dans le sens longitudinal de l'étoffe, et les fils de la trame fournie par une bobine placée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la navette, dont la course dispose ces fils dans le sens transversal du tissu.

Dans les métiers à tisser mécaniques, les seuls qui soient employés industriellement aujourd'hui, la course de la navette et le déroulement du fil qu'elle porte s'accomplissent automatiquement; de sorte que, lorsque le fil vient à se rompre, ce qui arrive assez souvent, le métier continuant à fonctionner, les fils de chaîne opèrent l'entre-croisement déterminé par le jeu des lisses qui les soulèvent alternativement, sans que la trame vienne se placer dans le sommet de l'angle formé par ce croisement. Il en résulte, dans le corps du tissu, des irrégularités préjudiciables à sa solidité.

Quand l'ouvrier chargé de la surveillance d'un métier est constamment attentif à son travail, il arrête la marche de ce métier, aussitôt qu'un fil vient à se rompre et le rattache avec soin; mais s'il apporte de la négligence dans la surveillance dont il est chargé, les défauts de tissage dont il vient d'être question se produisent nécessairement.

Pour éviter ces défauts il fallait parvenir à provoquer l'arrêt automatique du métier dès qu'un fil venait à se rompre. Le problème semble avoir été résolu heureusement dans les ateliers de construction de M^me^ veuve A. Mercier et L. Mercier, de Louviers.

Ces constructeurs ont adapté à la navette un petit appareil accessoire, qu'ils nomment, fort improprement d'ailleurs, le *casse-duite*. (Une duite est le fil de trame qui va d'une lisière à l'autre lisière du tissu.) Ce petit appareil est constitué par une pièce métallique tournant librement sur un axe en fer qui la supporte; elle est placée dans le creux de la navette, à l'une de ses extrémités, et peut, au besoin, faire saillie au dehors de cette navette par une ouverture correspondante pratiquée dans le bois. Le fil de la navette passe à travers une petite fente pratiquée dans le corps de la pièce métallique.

Lorsque la navette est en mouvement, et pendant la durée de son trajet sur la largeur du métier, cette pièce est soutenue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'effet de la tension du fil qu'elle supporte et est maintenue à l'intérieur de la navette, sans qu'elle puisse faire saillie au dehors. Si le fil vient à se rompre, la tension cessant avec la rupture, la pièce, n'étant plus soutenue, tombe en tournant sur l'axe de son support et saillit au dehors de la navette par l'ouverture dont il a été question. Elle rencontre, à l'extrémité de sa course, un taquet fixé sur le métier à tisser, appuie sur lui par l'effet de la force de projection de la navette et détermine le débrayage de la courroie de transmission de la force motrice en provoquant l'arrêt instantané du métier.

Par les quelques lignes qui précèdent on voit que la navette *casse-duite* et le système de débrayage du métier que comporte son emploi, amenant l'arrêt immédiat du métier, peuvent avoir pour conséquences :

1° La suppression de certaines irrégularités de tissage en évitant les réparations des rentrayeuses;

2° La conduite de deux métiers par un seul ouvrier.

Ces avantages méritaient d'être signalés.

§ 5. — FOULAGE DES DRAPS.

Appareils à fouler les draps de la maison Leclère et Damuseaux, de Sedan. — Fouler un tissu c'est juxtaposer ses fils espacés par les nécessités du tissage, les lier entre eux, faire d'une toile claire et sans cohésion une étoffe solide, compacte et opaque, augmenter son épaisseur et ses qualités de résistance, aux dépens de ses dimensions, accroître ses propriétés calorifiques et son imperméabilité.

L'opération très complexe du foulage s'effectue au moyen d'appareils, sortes de caisses fermées pouvant s'ouvrir sur deux côtés pour les besoins de la manipulation des étoffes, dont les organes principaux sont les suivants :

1° Une paire de cylindres délivreurs remplissant l'office de laminoirs, entre lesquels le tissu est plus ou moins pressé suivant le degré d'écartement des cylindres;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Un clapet de glissement, qui oblige le drap à se replier et à se tasser plus ou moins dans une trompe de guide; il est précédé d'un conduit pour l'introduction de l'étoffe;

3° Des fouloirs rotatifs, qui viennent frapper ou comprimer le drap alternativement à mesure qu'il est entraîné au dehors de la trompe de guide;

4° Un tablier de foulage fixe ou élastique sur lequel s'opère la pression ou la percussion des fouloirs;

5° Un rouleau mobile sur lequel glisse le drap, à sa sortie des organes fouleurs, pour retomber dans le fond de l'appareil, disposé de manière à recevoir le liquide qui tient en dissolution les substances grasses et alcalines employées au foulage.

Dans le foulage, dont le feutrage de l'étoffe est le résultat, on distingue trois actions d'ordres différents :

1° Une action mécanique résultant du frottement et de la pression;

2° Une action physico-chimique produite par l'emploi de substances grasses et alcalines et par celui du véhicule aqueux qui les tient en dissolution;

3° Une action purement physique, élévation de la température, produite par le frottement auquel l'étoffe est soumise et son confinement dans un appareil clos de toutes parts.

Cet exposé très sommaire des principaux organes d'une fouleuse et des actions diverses qui contribuent à produire le feutrage d'un tissu doit suffire pour faire comprendre que la perfection des résultats du foulage doit dépendre nécessairement de la régularité dans le fonctionnement de l'appareil, de la marche uniforme et non interrompue de la pièce d'étoffe à travers les organes fouleurs, et du maintien constant d'une même température à l'intérieur des appareils.

Dans les foulons, quel qu'en soit le modèle, il arrive fréquemment que la pièce de drap, attirée inégalement par les cylindres délivreurs, se présente à l'action des fouloirs tantôt en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

masse trop considérable, tantôt en quantité insuffisante. Dans le dernier cas, il se produit un glissement trop rapide et un foulage insuffisant, si la couche de drap ne remplit point l'espace compris entre les organes fouleurs. Dans le premier cas, au contraire, il se forme une accumulation du tissu telle que sa marche en est forcément ralentie, et même quelquefois arrêtée, jusqu'au moment où le foulonnier, visitant les appareils dont la surveillance lui est confiée, rétablit la marche régulière de l'étoffe à l'intérieur du foulon.

Dans ces circonstances d'arrêt ou simplement de ralentissement, la compression ou la percussion des fouloirs, s'exerçant pendant longtemps sur les mêmes points de la surface de l'étoffe, amènent l'échauffement du tissu et produisent des dégradations d'un caractère particulier et quelquefois très grave, connues sous les noms d'*échauffures* ou de *brûlures,* suivant leur degré d'intensité.

Afin de prévenir les accidents de cette nature, les foulonniers consciencieux sont obligés d'ouvrir très souvent les appareils à fouler pour s'assurer de la marche régulière de l'étoffe. De là, des abaissements dans la température qui règne à l'intérieur des foulons, et, comme conséquence, un retard appréciable dans le feutrage.

Au contraire, lorsque le foulonnier néglige d'exercer une surveillance active et continue sur la marche des étoffes, les dégradations dont il a été question plus haut se produisent inévitablement.

Afin d'éviter ces dégradations et les inconvénients résultant des alternatives de froid et de chaleur de l'intérieur des fouleuses, il fallait trouver un appareil mécanique capable d'indiquer sûrement à l'attention du foulonnier, et sans qu'il eût besoin d'ouvrir la caisse du foulon, les irrégularités qui pouvaient se produire dans la marche de l'étoffe.

Pour obtenir ce résultat, MM. Leclère et Damuseaux, constructeurs-mécaniciens à Sedan, ont adapté à leurs fouleuses un appareil qu'ils nomment le *révélateur Romey,* qui se place à l'ex-

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

térieur de la caisse, sur l'arbre en fer, suffisamment rallongé, du petit rouleau de glissement. Il se compose essentiellement :

1° D'une petite poulie folle, à gorge, actionnée au moyen d'une lanière par une autre poulie de plus petit diamètre calée sur l'arbre du cylindre inférieur principal de la fouleuse;

2° D'un frein très légèrement serré sur l'arbre du rouleau de devant;

3° D'une bague qui limite l'écartement;

4° D'un timbre à répétition.

Dès que le drap ralentit sa marche sous les cylindres, le timbre sonne à intervalles assez éloignés; jusque-là le foulonnier n'a rien à faire, il se tient seulement pour averti qu'une avarie peut se produire. A mesure que se ralentit la marche du drap, la sonnerie est plus accélérée. Si l'arrêt de l'étoffe vient à se produire, le timbre fait entendre un roulement continu et assez énergique pour dominer le bruit causé par les engrenages ou les machines de l'atelier. En résumé, c'est un cri d'alarme, d'autant plus puissant que le danger est plus proche. Et comme il se fait entendre avant que l'avarie se produise, le foulonnier a toujours le temps de débrayer sa machine pour faire disparaître les causes du retard apporté accidentellement dans la marche du drap.

§ 6. — APPAREIL DYNAMOMÉTRIQUE POUR L'ESSAI DES TISSUS.

Allongement et résistance à la traction. — MM. Chauvin et Marin Darbel, ingénieurs-constructeurs, 23, rue du Banquier, à Paris.

Une des conditions importantes imposées par l'administration de la guerre à la plupart des tissus en usage dans l'armée est celle qui se rapporte à leurs qualités de résistance à la traction, ces qualités devant être d'autant plus marquées que le service particulier auquel chaque sorté d'étoffe est assujettie lui impose des fatigues plus considérables.

Pour la vérification des tissus, telle qu'elle est prescrite par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les cahiers des charges en vigueur, on fait usage du dynamomètre de l'ingénieur Perreaux.

Cet instrument se compose essentiellement d'un ressort métallique mis en rapport avec une aiguille susceptible de se mouvoir sur un cadran gradué. Ce ressort est relié à l'organe qui effectue la traction sur la matière à expérimenter, de telle sorte que le parcours de l'aiguille sur le cadran est d'autant plus grand que l'effort exercé sur le ressort est plus énergique. Dès que la rupture de la pièce essayée vient à se produire, toute traction cessant, le ressort se détend et la marche de l'aiguille est arrêtée au même instant.

Cet appareil est disposé horizontalement. On lui reproche diverses imperfections, dont les principales se rapportent :

1° A la variabilité dans les indications fournies;

2° A la difficulté que l'on éprouve pour constater la plus ou moins grande exactitude de ces indications.

En effet, le ressort métallique, dont la disposition constitue l'organe indicateur des efforts exercés, subit nécessairement les effets du travail de tension auquel il est très souvent soumis, ainsi que ceux, non moins certains, des variations de la température. Ses propriétés d'élasticité sont, pour ces deux raisons, susceptibles de modifications, suivant le plus ou le moins d'énergie des causes capables d'agir sur lui.

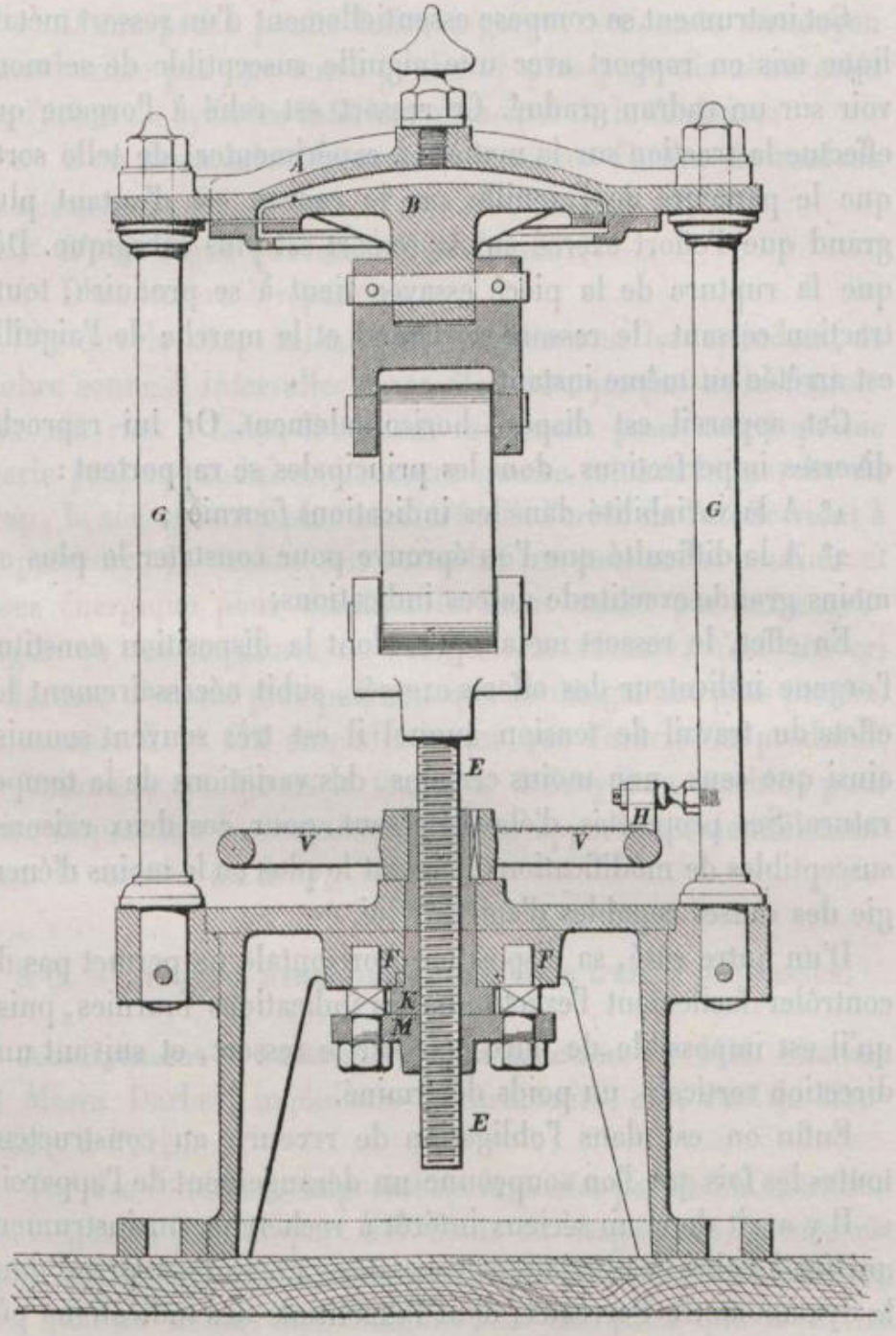
D'un autre côté, sa disposition horizontale ne permet pas de contrôler facilement l'exactitude des indications fournies, puisqu'il est impossible de faire agir sur le ressort, et suivant une direction verticale, un poids déterminé.

Enfin on est dans l'obligation de recourir au constructeur toutes les fois que l'on soupçonne un dérangement de l'appareil.

Il y avait donc un sérieux intérêt à rechercher un instrument qui fût à l'abri des variations constatées à maintes reprises dans le dynamomètre Perreaux, dont l'exactitude des indications pût être facilement contrôlée, et d'une construction assez simple pour que le réglage pût en être effectué en tous lieux et sans le secours d'hommes spéciaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

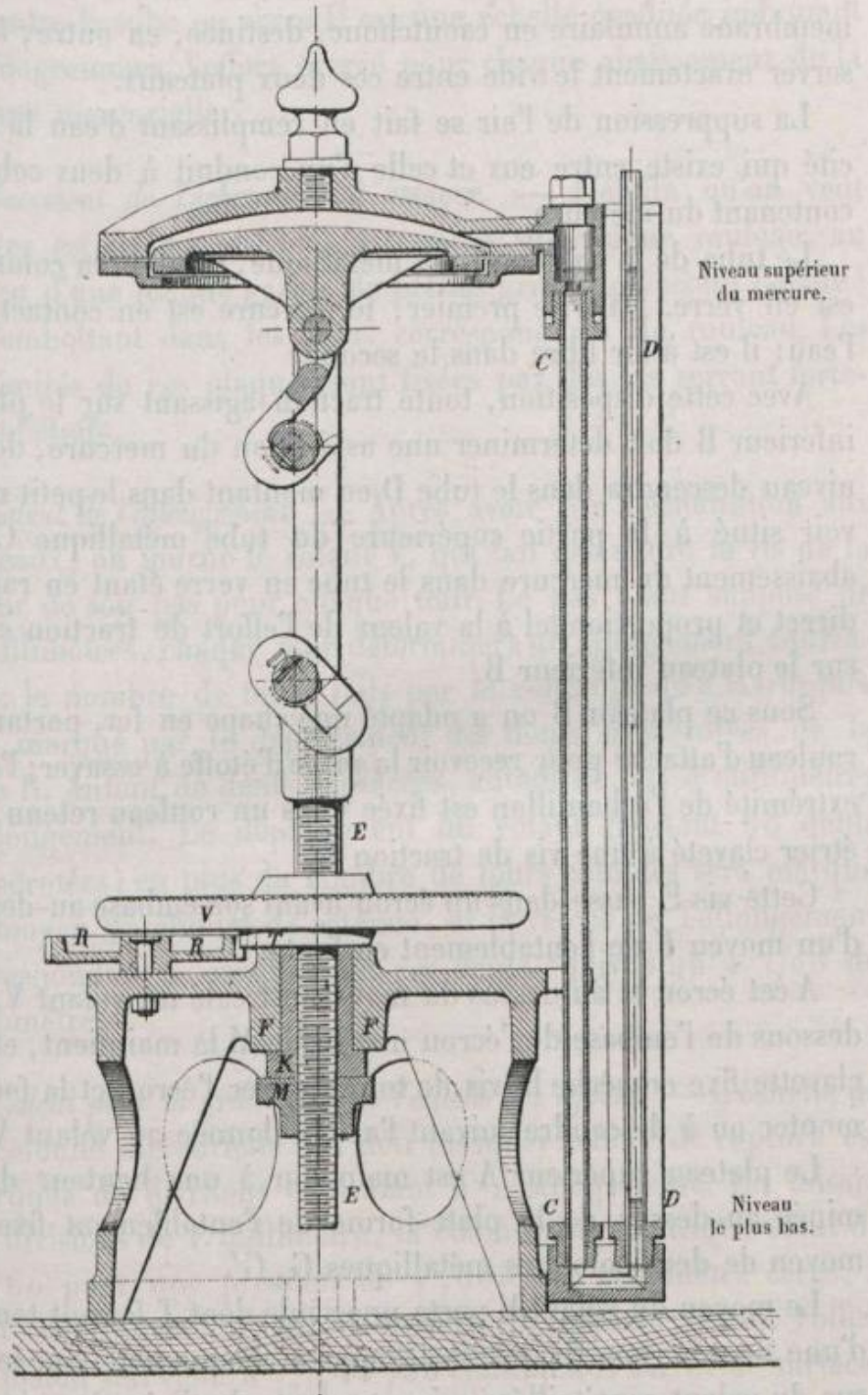
La machine construite et exposée par MM. Chauvin et Marin



Darbel, dont nous donnons ici le croquis, semble réunir ces diverses conditions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fonctionnement de l'appareil repose sur les effets de la



pression atmosphérique, et sa construction est basée sur les lois qui régissent ce phénomène physique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Deux plateaux; le plateau B, inférieur et mobile, est suspendu à un plateau supérieur A, fixe, au moyen d'une forte membrane annulaire en caoutchouc, destinée, en outre, à conserver exactement le vide entre ces deux plateaux.

La suppression de l'air se fait en remplissant d'eau la capacité qui existe entre eux et celle d'un conduit à deux colonnes contenant du mercure.

Le tube de la colonne C est métallique, celui de la colonne D est en verre. Dans le premier, le mercure est en contact avec l'eau; il est à air libre dans le second.

Avec cette disposition, toute traction agissant sur le plateau inférieur B doit déterminer une aspiration du mercure, dont le niveau descendra dans le tube D en montant dans le petit réservoir situé à la partie supérieure du tube métallique C, cet abaissement du mercure dans le tube en verre étant en rapport direct et proportionnel à la valeur de l'effort de traction exercé sur le plateau inférieur B.

Sous ce plateau B on a adapté une chape en fer, portant un rouleau d'attache pour recevoir la pièce d'étoffe à essayer; l'autre extrémité de l'échantillon est fixée dans un rouleau retenu à un étrier claveté à une vis de traction E.

Cette vis E passe dans un écrou ayant son embase au-dessous d'un moyeu F de l'entablement en fonte.

A cet écrou et au-dessus du moyeu est calé un volant V. Au-dessous de l'embase de l'écrou une bride M la maintient, et une clavette fixe empêche la vis de tourner avec l'écrou et la force à monter ou à descendre suivant l'action donnée au volant V.

Le plateau supérieur A est maintenu à une hauteur déterminée au-dessus de la plate-forme de l'entablement fixe, au moyen de deux colonnes métalliques G, G′.

Le moyeu du volant V porte une seule dent T faisant tourner d'une dent la roue R, qu'elle échappe à chaque tour. Sur le dessus du volant sont taillées soixante dents destinées à maintenir le volant V à l'aide d'un cliquet H fixé à une des colonnes G. Les dents du volant ainsi que celles de la roue R sont numé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rotées, afin de constituer un compteur pour mesurer la descente de la vis E.

Contre le tube en verre D est une échelle graduée indiquant en kilogrammes l'effort exercé pour chaque abaissement de la colonne mercurielle.

Placement de l'échantillon à essayer. — L'étoffe qu'on veut essayer est fixée à ses deux extrémités sur chaque rouleau, au moyen d'une plaque garnie de petites griffes traversant l'étoffe [1] et s'emboîtant dans les trous correspondants du rouleau. Les extrémités de ces plaques sont fixées par des vis serrant fortement l'étoffe.

Calcul de l'allongement. — Après avoir fixé l'échantillon aux rouleaux, on tourne le volant V, qui fait descendre la vis de la valeur de son pas pour chaque tour. Le pas étant supposé de 3 millimètres, chaque tour déterminera un allongement équivalent; le nombre de tours faits par le volant jusqu'à la rupture sera marqué par le déplacement des dents numérotées de la roue R. Autant de dents déplacées, autant de fois 3 millimètres d'allongement. Le déplacement du volant (portant 60 dents numérotées) en plus du nombre de tours comptés sera marqué au moyen du cliquet de retenue, et la valeur de l'allongement correspondant à chacune de ces dents équivaudra à 1/20 de millimètre.

Calcul pour la graduation de l'échelle des efforts. — L'échelle de la colonne mercurielle qui doit indiquer l'effort de rupture est marquée de divisions équivalant à 1 kilogramme. En faisant ces divisions de 1 millimètre, la colonne barométrique étant de 0,760 pour une pression de $1^k,033$ par centimètre carré, il faut théoriquement que la surface du plateau faisant l'office de piston soit égale à $\frac{760}{1035} = 736$ centimètres carrés de surface,

[1] Il serait préférable de remplacer ces griffes par des plaques cannelées mises en mouvement par des vis de pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle correspond à celle d'un cercle ayant un diamètre de 3o6 millimètres.

Quelle que soit la pression atmosphérique et quelle que soit l'altitude du lieu où l'on opère, les divisions indiquant les efforts à raison du diamètre du plateau aspirateur restent invariables. Seulement, au lieu de pouvoir indiquer jusqu'à l'effort maximum dû à la pression atmosphérique, l'appareil ne peut indiquer que jusqu'à l'effort en rapport avec la hauteur de la colonne de mercure capable d'équilibrer la pression atmosphérique.

Précision de l'échelle et preuve par la pratique. — Cet appareil a la précision et la sensibilité des appareils de pesage les plus exacts; il a, en outre, l'avantage d'indiquer l'effort sans qu'il soit besoin de recourir, comme dans les balances ou les bascules, à aucun attouchement qui pourrait avoir pour effet d'avancer le moment de la rupture de la pièce éprouvée.

La pression atmosphérique donnant toujours des divisions immuables, le contrôle est toujours facile : il suffit de suspendre au plateau B des poids étalons, dont la charge doit correspondre aux indications de l'échelle. La hauteur de cette dernière est rendue variable au moyen de deux coulisses, dans lesquelles glissent les petites vis destinées à son arrêtement. Par ce moyen, on peut placer le point O de l'échelle au niveau exact du mercure, quand on a suspendu la pièce à essayer.

Préparation de l'appareil par l'eau et le mercure. — Pour charger l'appareil, on dévisse le bouchon de la colonne métallique C, et, par l'ouverture, on verse le mercure jusqu'au niveau du point O de l'échelle, lequel doit être situé un peu au-dessus du fond du réservoir de la colonne métallique. Cette précaution a pour but de se garantir contre la résistance s'exerçant dans les conduits de très petit diamètre par l'effet de la capillarité.

Le mercure remplissant les deux colonnes C et D, on ferme hermétiquement avec le bouchon de la colonne C pour dévisser

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui du plateau supérieur fixe, par lequel on verse de l'eau jusqu'à ce qu'elle déborde.

En résumé, les avantages de cette machine à essayer les fils et les tissus paraissent devoir être les suivants :

1° Exactitude mathématique des indications de l'échelle des efforts exercés;

2° Vérification toujours facile de son bon fonctionnement;

3° Indication simple et exacte des plus petits allongements produits avant la rupture;

4° Simplicité de l'appareil dont le chargement peut être effectué par tout le monde.

Il semble que l'administration de la guerre doit avoir un intérêt sérieux à mettre en essai un appareil de cette nature.

§ 7. — TANNAGE DES PEAUX.

Nouveau procédé de tannage des peaux. — Système de M. J. T. Monneins, tanneur à Gironde (Gironde).

Tout le monde sait que le tannage est le résultat d'une série d'opérations qui ont pour objet de faire d'une peau, quelle qu'elle soit, — matière molle et essentiellement fermentescible, — un produit nouveau, résistant, imperméable et imputrescible.

Les divers traitements auxquels sont soumises les peaux qui doivent réunir ces qualités essentielles exigent un temps considérable (14 à 18 mois, suivant la taille et la force des peaux), et l'influence de leur durée s'exerce nécessairement sur la valeur marchande du produit, dont le prix doit être d'autant plus élevé qu'il s'est écoulé un plus long espace de temps entre l'achat des peaux par le tanneur et leur livraison au consommateur.

Pendant cet intervalle, en effet, le tanneur a immobilisé un capital considérable qui n'a pu rien produire, et il est tout naturel qu'il surélève le prix de sa marchandise de manière à recouvrer les intérêts des capitaux immobilisés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La situation résultant de cet état de choses était préjudiciable à la fois aux intérêts du producteur, qui, pendant toute la durée de ses travaux, ne pouvait prévenir les chances de perte résultant souvent des changements brusques survenus dans le cours des cuirs fabriqués ou dans celui des matières employées à leur fabrication, et aux intérêts du consommateur, obligé de payer des prix bien supérieurs à la valeur réelle et intrinsèque du produit acheté.

Aussi s'est-on préoccupé de tout temps de trouver des procédés de tannage plus rapides et capables néanmoins de conserver aux cuirs toutes les qualités qu'ils doivent avoir.

Les recherches dans ce sens étaient restées à peu près infructueuses, car, si l'on arrivait à obtenir un tannage plus rapide, c'était au détriment des qualités du cuir.

Pour ouvrir la peau, en écarter les fibres, afin de faciliter la pénétration du tanin dans toute son épaisseur, on a eu trop souvent recours à des moyens violents. On a fait intervenir divers acides minéraux à différents états de concentration, et l'on a pu, par ces moyens, obtenir une pénétration plus prompte des principes tannants. Mais ces résultats n'ont pu être acquis impunément. Les cuirs préparés par ces méthodes étaient secs, cassants, et conséquemment dépourvus des éléments qui assurent leur souplesse et leur durée.

M. Monneins s'est appliqué à résoudre le problème qui s'imposait à l'industrie de la tannerie, et si l'on en juge par la valeur réelle des cuirs qu'il a exposés, il semble que ses louables efforts ont été couronnés de succès.

Cet industriel, rejetant absolument l'emploi de toutes substances minérales, à cause de la pernicieuse influence qu'elles exercent sur les qualités du cuir, prétend avoir découvert une matière, — produit du règne végétal, — renfermant en elle-même des principes tannants et agissant comme un puissant auxiliaire des écorces employées, quelle qu'en soit l'origine. Cette matière a la propriété de gonfler les peaux, de précipiter rapidement le tanin des écorces et de le faire absorber en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très grande quantité, ce qui explique la très grande rapidité du tannage, la rondeur des cuirs et le rendement considérable en poids obtenu par son procédé.

Au dire de M. Monneins, les quantités d'écorce employées ne sont pas plus grandes que celles qu'exige le procédé ordinaire. Pour tanner 100 kilogrammes de peaux, il ne dépense pas plus de 300 kilogrammes d'écorce de moyenne qualité. La quantité de matière nouvelle, dont la nature est connue de l'inventeur seul, ne coûte que 3 francs. Le tannage complet est obtenu après 6 mois de fosse, sans altération aucune des qualités et de la couleur des cuirs. Le rendement *en cuir sec de fond*, pour 100 kilogrammes de peaux fraîches avec cornes et crâne, dépasse 50 p. o/o. Par le procédé ordinaire et pour les mêmes conditions de siccité des cuirs, ce rendement n'est jamais supérieur à 44 ou 45 p. o/o. De sorte que, si l'on suppose le cours du cuir au plus bas prix de 4 francs le kilogramme, on a pour un excès de rendement moyen de 5 kilogrammes un bénéfice de 20 francs par rapport à celui que procure le système de tannage ordinaire. A la vérité, il convient de diminuer de cette somme le prix de la matière auxiliaire employée (soit 3 francs); il reste encore, par 100 kilogrammes de peaux fraîches, un bénéfice de 17 francs.

Maintenant, si l'on considère la réduction considérable du temps pendant lequel les peaux restaient en fosse, sans production d'intérêts des capitaux employés à leur achat, on est forcément amené à reconnaître la plus grande valeur économique du procédé nouveau par rapport à celle du procédé ordinaire.

Un exemple rendra plus saisissable la portée des affirmations de l'inventeur.

Soit un industriel préparant annuellement 1,000 cuirs, du poids frais de 50 kilogrammes l'un.

Le rendement par les procédés de tannage ordinaire étant de 45 p. o/o, on obtient 22,500 kilogrammes de cuir, à 4 francs le kilogramme. . . . . 90,000^{f}

Le rendement par le procédé Monneins étant de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Report.....	90,000f
50 p. o/o, on obtient 25,000 kilogrammes de cuir, à 4 francs le kilogramme.....	100,000
Différence.....	10,000
La matière auxiliaire employée coûtant 3 francs pour 100 kilogrammes de peaux, il convient de diminuer la somme de.....	1,500
Le bénéfice ressort à.....	8,500f

Si l'on suppose que l'achat des 1,000 peaux fraîches a nécessité l'emploi d'une somme de 50,000 fr. immobilisés pendant la durée des opérations du tannage (18 mois), et si l'on estime à 7 p. o/o le taux représentatif de l'intérêt industriel de cette somme, on voit que cette inactivité du capital équivaut à une perte de 5,250 francs. La durée du tannage du système Monneins étant seulement de 6 mois, l'immobilisation de ce même capital ne donne plus qu'une perte de 1,750 francs, soit, en réalité et par rapport aux résultats fournis par les procédés ordinaires, un gain de..... 3,500f

D'où l'on peut conclure que, pour une production annuelle de l'importance de celle qui a été prise pour exemple, le procédé de M. Monneins est susceptible de procurer une augmentation de bénéfice de..... 12,000f

Cuir-liège de M. de Beerski (classe 41). (Usine à Paris-Passy, rue du Ranelagh.) — Le cuir-liège de M. de Beerski est le produit de l'assemblage, par superposition, d'une feuille de liège et de deux tissus qui la recouvrent sur ses deux faces.

L'adhérence entre le liège et les tissus est obtenue au moyen d'une simple dissolution de caoutchouc.

Que l'on veuille faire un shako, par exemple; la carcasse est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formée de feuilles de liège d'une certaine force, qui sont recouvertes d'une toile légère à l'intérieur et du drap d'uniforme à l'extérieur.

Qu'il s'agisse de confectionner des effets de grand équipement, comme ceux qui ont été exposés, on emploie des bandes de liège d'une épaisseur variant entre $0^{m},001$ et $0^{m},002$, et on les recouvre sur les deux faces de toiles fortes noircies ou recouvertes d'un enduit particulier.

Les vêtements imperméables de M. de Beerski sont confectionnés avec des tissus de laine, ou de tout autre textile, entre lesquels on place une feuille de liège d'une ténuité extrême afin de conserver aux effets toute la souplesse désirable, l'adhérence entre cette feuille et les tissus étant toujours obtenue au moyen du caoutchouc en dissolution.

L'appellation choisie pour désigner le produit dont il s'agit, produit qui avait déjà figuré à une exposition au palais de l'Industrie, et qui avait, à cette même époque, été soumis à l'examen de la commission supérieure et consultative de l'habillement, semblerait indiquer qu'il s'agit d'une matière susceptible de remplacer le cuir proprement dit, dans la plupart des usages auxquels il est affecté. Il n'en est rien cependant; il suffit de comparer les caractères généraux du produit particulier dont il s'agit à ceux du cuir en général, pour en être convaincu.

Les propriétés essentielles du cuir sont les suivantes :

L'extensibilité;

Une résistance à la traction proportionnée à son épaisseur et aux qualités développées par le tannage ou par le corroyage;

L'imperméabilité.

Les propriétés du liège, qui ne peuvent être réellement modifiées par son assemblage avec un tissu quelconque, sont absolument opposées à celles du cuir.

Il est doué d'une très grande élasticité de pression, mais il n'est pas extensible, son élasticité de traction étant à peu près nulle. L'élasticité à la flexion est également très peu marquée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque l'on opère sur des feuilles d'une certaine épaisseur; elle ne se manifeste que dans les feuilles d'une extrême ténuité, dépourvues, par conséquent, de toute qualité de résistance à la traction. Quant à l'imperméabilité, elle ne saurait exister dans le liège, alors surtout qu'il est réduit en feuilles, puisque sa masse est parsemée de trous affectant des formes et des dimensions très variables.

Il semble, en conséquence, que le cuir-liège ne saurait être employé, sans inconvénients sérieux, à la confection d'effets ou d'objets qui doivent présenter une ou plusieurs des qualités offertes par le cuir en général.

GABANOU.

§ 8. — PROCÉDÉS DIVERS DE FABRICATION DE LA CHAUSSURE.

1° Système Goodyear. — Dans la section des États-Unis et dans la section française (classe 58), M. Goodyear, industriel, demeurant à Paris, 142, faubourg Saint-Denis, a exposé une série de machines pour opérer mécaniquement la confection de la chaussure. L'étude de ce procédé pouvant intéresser l'administration de la guerre, on a cru utile de l'exposer dans tous ses détails, en suivant, autant que possible, l'ordre des opérations, et en indiquant celles d'entre elles qui peuvent être supprimées pour la confection de la chaussure militaire.

1re opération. On procède d'abord au laminage du cuir à semelle, au moyen d'une machine à cylindrer les cuirs, consistant en deux rouleaux mus par un engrenage et une manivelle. La pression peut être augmentée ou diminuée en augmentant ou diminuant les poids qui sont à l'extrémité de leviers agissant sur les cylindres. Un seul passage au laminoir suffit habituellement pour donner au cuir la consistance voulue pour avoir une bonne première et une bonne semelle forte; quand il ne suffit pas, ce dont l'ouvrier est juge, on cylindre de nouveau le cuir en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapprochant les cylindres, s'il y a lieu, par le moyen qui vient d'être indiqué. La machine à cylindrer coûte 900 francs.

2e *opération* Le cuir ainsi préparé sert au découpage des premières et des semelles fortes, qui s'effectue au moyen d'une presse à couper, permettant, dit-on, d'en couper au moins quatre par minute, en la faisant fonctionner avec deux hommes. La même presse, au moyen d'une légère modification, qui s'opère en quelques minutes, peut aussi servir à couper les doublures et les étoffes. Cette machine coûte 850 francs.

3e *opération.* Au moyen d'une petite machine spéciale formant accessoire de la machine à coudre, on grave les premières et les semelles fortes. Cette opération consiste à faire sur le pourtour de la première et de la semelle forte une rainure en biseau destinée à recevoir la couture.

4e *opération.* On procède ensuite à la main, comme dans la fabrication ordinaire, au montage des parties essentielles de la chaussure sur la forme, en étirant l'empeigne le plus possible. Cette opération exige un bon ouvrier et de la force; aussi doit-on regretter qu'elle soit la seule qui ne soit pas confiée à une machine, laquelle pourrait, sans doute, la faire plus rapidement et dans les meilleures conditions. M. Goodyear se préoccupe de rechercher la solution de cette intéressante question. On signalera toutefois l'existence de deux appareils de ce genre à l'Exposition. Celui de M. Cathelineau, demeurant à Rennes et représenté à Paris par M. Biron, 28, rue de l'Entrepôt, très ingénieux, accompagné de 3 porte-formes, permet de monter au minimum 120 paires en dix heures, sans être obligé d'avoir recours à un ouvrier cordonnier; il coûte 650 francs; celui de M. Lemercier (classe 58, section française), qui, aussi simple au moins que le précédent, est plus complet, en ce qu'il permet de fixer les bouts sans sortir la forme de l'appareil; il comporte en outre un accessoire pratique, dit chasse-semence à aiguille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aimantée, remplaçant le marteau dans la pose des semences au montage, ce qui permet de faire beaucoup plus rapidement cette partie du travail. Il donne au montage 70 paires par journée de 10 heures; son prix est de 910 francs, dont 10 francs pour le chasse-semence. On peut donc considérer comme résolue cette partie du travail à la mécanique.

5e opération. Une petite machine, composée d'une série de lames et d'un rouleau de bois dur ou de métal fonctionnant ensemble à une vitesse relative à l'épaisseur du cuir, sert à couper les bandes au moyen desquelles on prépare les trépointes avec un accessoire de la machine à coudre, qui permet de tailler la bande de cuir en biseau sur une de ses faces, en pratiquant une gravure ou rainure sur l'autre. La machine à couper les baguettes coûte 175 francs.

6e opération. Après le montage et la préparation des trépointes, on procède à la couture première, qui réunit à la fois la première, l'empeigne et la trépointe, en faisant usage de la machine à trépointes d'un agencement très ingénieux pour arriver à faire rapidement, au moyen d'aiguilles courbes très fines, une bonne couture bien dirigée par un guide spécial.

Cette machine est mise en mouvement soit par une pédale, soit par la vapeur, et dans ce dernier cas la production est sensiblement plus élevée; on peut l'évaluer de 250 à 300 paires par journée de 10 heures.

7e opération. On enlève les clous fixant la première semelle à la forme et l'on coupe à la main le cuir qui déborde, pour être en mesure de bien poser d'aplomb la semelle forte, après avoir mis à la main le remplissage fixé à la colle de pâte, et pour lequel on utilise les déchets de cuir. La semelle forte est alors maintenue au moyen de quelques clous, et on la bat au marteau sur le remplissage. Après avoir bien dégagé les gravures pour faciliter la couture, on procède à la couture de la semelle forte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec une machine faisant le point de chaînette, et dont les dispositions ne diffèrent de la précédente que par le jeu des organes. Les deux machines à coudre coûtent ensemble, avec les deux accessoires dont il a été parlé plus haut, et divers outils, 7,500 francs, et elles conduisent la couture jusqu'à l'emplacement des talons.

Le fil employé aux coutures n'est pas poissé à la main, comme dans la confection ordinaire, procédé qui a le double inconvénient d'user le fil et de l'imprégner irrégulièrement; le poissage se fait par le passage du fil dans un bain de poix chauffé à la vapeur, d'où il sort pour être enroulé sur une bobine, après avoir traversé un conduit dans lequel il peut être plus ou moins serré au moyen d'une vis de pression pour assurer la pénétration de la poix. Ainsi préparé, le fil contient certainement plus de suc résineux et en est plus régulièrement imprégné que dans le travail à la main.

Pour faciliter la couture, qui doit se faire par l'ouverture très petite pratiquée par l'aiguille, le fil, en se déroulant de la bobine, passe sur une partie chauffée, qui ramollit suffisamment la poix pour donner plus de flexibilité au fil et en faciliter le passage dans le trou de l'aiguille. Dans ce passage une partie de la poix ramollie est raclée et vient former un petit amas en goutte à la sortie du fil. On pourait craindre qu'il ne résultât de là un amoindrissement dans la qualité préservatrice du fil, si ce fil, par le mode de préparation employé, ne contenait pas une plus grande quantité de matière résineuse que par le procédé ordinaire, et si la goutte dont il vient d'être parlé ne contribuait pas, en se refroidissant, à boucher avec le fil le trou de passage. Ce trou peut, d'ailleurs, être maintenu d'autant plus petit que c'est la machine qui fait l'effort nécessaire pour étirer le fil, opération pour laquelle, dans le travail à la main pour la chaussure courante comme celle de la troupe, on peut toujours craindre que l'ouvrier ne fasse abus de l'alêne emmanchée, afin de diminuer l'effort qu'il a à faire.

Ces observations ont paru essentielles pour dissiper les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

craintes qui ont été exprimées au sujet de la possibilité de la prompte destruction du fil par l'insuffisance du poissage, eu égard à la dimension des ouvertures de passage du fil.

8e opération. Après la couture de la semelle forte, on ferme complètement les gravures, sans emploi de colle, et l'on unit ou lisse les semelles, en faisant usage d'une machine du prix de 1,200 francs, préférable au marteau, en ce qu'elle ne casse pas le fil, comme le fait quelquefois le martelage, qui est en outre plus coûteux, en raison du temps qu'il exige. Cette machine est bien conçue dans ses dispositions, qui permettent d'assujettir en tous sens à volonté la chaussure à la pression nécessaire, sans qu'aucune partie puisse y échapper.

9e opération. On découpe les sous-bouts et les bons bouts au moyen d'un emporte-pièce, dont on peut se servir au pied ou à la vapeur. Cette machine à découper coûte 700 francs.

10e opération. Au moyen d'une machine spéciale, du prix de 250 francs, et qui peut aussi servir à parer les contreforts, quand il en est fait emploi dans la confection, on coupe les couche-points.

11e opération. Avec une petite machine fonctionnant avec une grande rapidité, soit à la main, soit préférablement à la vapeur, on tourne et plisse les couche-points pour les mettre de forme avec les talons. Son prix est de 200 francs.

12e opération. Après avoir réuni à la main les sous-bouts, bons bouts et couche-points nécessaires pour former un talon, on place le tout sur la machine à talons, laquelle en quatre révolutions presse, perfore, remplit de clous et rejette au dehors le talon prêt à être fixé sur la chaussure. Avec cette machine, qui coûte 9,000 francs, on peut préparer quatre talons à la fois.

13e opération. On pose le talon sur la chaussure au moyen de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la machine à talons Mac-Kay, que l'on peut appeler une parfaite cloueuse, parce que les clous qui maintiennent le talon partent du bout, traversent tous les sous-bouts, pour venir se river à l'intérieur de la chaussure sur une forme ferrée. La même machine permet de dresser les talons par un simple mouvement de rotation. Elle coûte 8,000 francs.

14e *opération*. On pare le devant du talon (partie plate ou concave) au moyen d'un mouvement de guillotine bien réglé, pour ne pas couper la semelle. La machine, fort simple, ne coûte que 250 francs.

15e *opération*. On redresse les lisses au moyen d'une machine qui est disposée de façon à ce qu'on ne touche pas l'empeigne; dans ce but, la chaussure est placée sur une forme à expansion, fixée sur un étau se mouvant dans toutes les directions, et dans un sens rectiligne et circulaire, permettant d'amener toutes les parties des côtés et du bout de pied successivement à l'action de l'outil à parer. Cette ingénieuse machine coûte 1,200 francs.

16e *opération*. Au moyen d'une machine complétant la précédente, on polit l'avant-pied des chaussures, en ne laissant que la cambrure à finir à la main. Cette machine coûte 1,800 fr.

Le travail dont la description vient d'être donnée peut être simplifié en faisant usage de la machine Blake à coudre les semelles, au lieu et place des deux machines pour la couture à trépointe du système Goodyear, dont il est parlé plus haut. Cette machine, plus ancienne, coud de toute épaisseur, de 2 à 25 millimètres, avec une grande solidité. Elle permet donc de réunir en une seule les deux opérations décrites ci-dessus sous les numéros 6 et 7, en supprimant, bien entendu, la trépointe, et, par conséquent, aussi de n'avoir pas recours aux opérations décrites sous le n° 3, gravure des semelles, et le n° 5, préparation des trépointes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine Blake, dont le prix n'est que de 2,500 francs, doit exiger moins de réparations que les deux machines de M. Goodyear, du prix de 7,500 francs avec leurs accessoires, non seulement parce qu'elle est unique, mais aussi parce qu'elle est moins délicate dans ses organes. Quant au fil employé pour son fonctionnement, il peut être poissé avantageusement par le procédé qui a été décrit plus haut.

Pour toutes les causes qui viennent d'être indiquées, l'emploi de la machine Blake permet de réaliser dans le prix de la confection une économie qui devrait lui faire donner la préférence, si la suppression de la trépointe et de la double couture ne devait certainement occasionner une infériorité sensible de qualité.

La même simplification de travail est obtenue en substituant à la machine à coudre Blake la machine à visser de M. Goodyear. Cette machine, dont le prix est très élevé, 2,000 francs, semble permettre d'obtenir un résultat à peu près aussi satisfaisant que celui donné par la machine Blake, en ce sens que par le vissage le tout est maintenu également dans toute l'épaisseur du cuir, et cela avec une telle force, qu'il est impossible de rien séparer sans déclouer. Cet état de choses est dû à ce que la forme de vis très saillante du fil taraudé employé exclut toute possibilité de mouvement, comme cela a lieu avec la chaussure simplement clouée et rivée. La disposition de la machine Goodyear permet d'obtenir à l'intérieur du soulier une rivure qui ne fait courir aucun risque de voir par l'usage quelques pointes repoussées en dedans; de plus, par un mouvement automatique combiné, la vis est coupée exactement de toute l'épaisseur qu'elle traverse instantanément. Elle est construite de manière à espacer les vis à volonté, de 6 millimètres à 6 centimètres, et peut visser de 250 à 300 paires par jour. Le fil, soit de fer, soit de cuivre, servant au vissage, est taraudé d'avance.

Après avoir vu fonctionner séparément les trois systèmes que l'on vient de décrire, on est amené à leur donner pour ordre de préférence l'ordre dans lequel on en a présenté la description. Le premier système, c'est-à-dire celui dans lequel la couture se fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en deux opérations distinctes et avec trépointe est celui qui permet incontestablement d'obtenir la meilleure chaussure, étant admis que toutes les matières employées soient de qualité égale. Ce système est donc celui auquel il conviendrait de donner la préférence pour la confection de la chaussure militaire, si l'administration se décidait à substituer la couture à la machine au mode mixte, actuellement employé, vissage de la cambrure à la mécanique et couture à la main du surplus de la semelle. Dans ce cas, toutes les machines décrites pour ce système, y compris la machine à monter de M. Cathelineau ou celle de M. Lemercier, seraient à employer, à l'exclusion toutefois de celle faisant la 16e opération, tout à fait inutile pour une chaussure qui n'est pas une chaussure de luxe.

Ici se pose donc la question de savoir si la substitution dont il vient d'être parlé présenterait de réels avantages.

Au point de vue de la rapidité du travail, et par conséquent de l'importance de la production, la solution dans le sens affirmatif ne saurait être douteuse.

Au point de vue du prix de revient, il doit en être de même, si l'on en juge par ce qui se passe dans l'industrie, qui livre aujourd'hui des chaussures complètement cousues au même prix que les chaussures clouées ou vissées, alors qu'avant l'emploi des machines à coudre, elle ne livrait les chaussures cousues qu'avec une surélévation de prix importante.

Au point de vue de la qualité, d'après ce qui a été dit à l'occasion du poissage du fil, rien ne permet de supposer sérieusement que la couture à la machine avec trépointe ne soit pas aussi solide que la couture à la main faite pour des fournitures courantes, comme celles d'une grande importance que nécessitent les besoins de l'armée.

Il est indispensable d'ajouter que les chaussures cousues à la machine, quelle que soit celle employée, sont susceptibles d'être bien réparées à la main; c'est là un point essentiel, qu'il était utile de faire ressortir, surtout en ce qui concerne la chaussure du soldat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'expérience seule pourrait bien fixer sur les résultats relatifs à obtenir sous les divers points de vue qui viennent d'être indiqués; d'accord avec la proposition qui a été faite à ce sujet par la commission supérieure de l'habillement, on ne peut que conclure à ce qu'un essai soit entrepris dans une large mesure, sous la haute direction et la surveillance de cette commission, et soit bien combiné de façon à réaliser toutes les économies possibles. Si l'administration de la guerre n'est qu'indirectement intéressée dans la question du procédé de confection, elle n'en a pas moins un intérêt sérieux à être fixée à cet égard, afin de pouvoir régler en conséquence les conditions de la fourniture, de façon à obtenir tout le possible dans le sens de l'économie et de la rapidité de production, sans nuire à la qualité.

On croit devoir signaler ici que M. Goodyear propose de remplacer dans la chaussure le cambrion par un ressort métallique en acier mince, plat et courbé d'une manière particulière, et qui, placé entre la première et la seconde semelle, donnerait à la cambrure plus de flexibilité, faciliterait, en conséquence, la marche et conserverait aux chaussures leur forme première. Si l'on était assuré d'avoir toujours des ressorts bien trempés, la proposition pourrait être accueillie, au moins à titre d'essai: mais, vu la crainte que l'insuffisance de la trempe ou l'oxydation ne provoquent de fréquentes ruptures des ressorts qui occasionneraient des blessures aux pieds et la détérioration de la chaussure, ce changement ne paraît pas applicable à la chaussure militaire, dont il n'augmenterait d'ailleurs pas le prix.

2° Machines Keats à coudre les chaussures. — Les indications qui précèdent doivent être utilement complétées, en appelant l'attention sur les machines à coudre les cuirs de M. Keats, exposées dans la classe 58, section anglaise.

Celles de ces machines qui servent à la couture des semelles premières et semelles fortes avec trépointes paraissent plus parfaites que celles du système Goodyear, si l'on en juge, par ce fait que, par l'emploi de deux fils, comme dans la couture à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

main, elles donnent un point fermé remplissant bien les trous effectués par l'aiguille.

Avec les machines Keats il est fait usage d'une aiguille ou crochet-alêne qui descend sans fil, et perce la matière, comme le fait l'alêne emmanchée, dans le travail à la main.

L'introduction des deux fils employés a lieu alors de la manière suivante. Au moment où l'aiguille remonte, après avoir percé le cuir, le premier fil poissé, amené par l'aiguille au-dessus de la pièce à coudre, est saisi et élargi par le crochet; une navette renfermant une pelotte de fil poissé placée en dehors de l'ouvrage introduit alors le second fil, et un tour partiel du guide de la pelotte produit un nœud dans le milieu de l'ouverture préparée au moyen du premier fil, ce qui donne au point une grande solidité.

Les deux fils sont tenus chauds par le gaz, comme dans la machine Goodyear, de façon à ce qu'aucune rigidité ne vienne entraver la bonne exécution du point. Le fil supérieur n'éprouvant aucune tension, ainsi que cela a lieu dans d'autres machines, et notamment dans celles de M. Goodyear, ne subit aucune altération, et conserve bien la poix dont il est imprégné. Quant au fil de la navette, il retient d'autant mieux la matière résineuse que rien n'obstrue son passage.

Dans le travail des machines Keats, la solidité du point résulte donc à la fois de l'emploi de deux fils, ce qui donne plus de force à la couture, et aussi de la qualité du poissage, qui, en préservant le fil, en assure la longue conservation.

Comme dans le système Goodyear, la couture de la chaussure nécessite quant à présent l'emploi de deux machines, une à bigorne, pour les premières, et une avec un petit étau, pour les semelles fortes. Bien que le prix des machines Keats, en France, ne soit pas encore définitivement fixé, on peut être assuré qu'il sera très considérablement inférieur à celui des deux machines Goodyear, si l'on en juge par leur prix en Angleterre (environ 1,000 francs par machine.)

Pour poisser et préparer les fils, M. Keats dispose d'un appa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reil qui ne diffère pas sensiblement de celui employé par M. Goodyear, et repose sur le même principe.

Le produit du travail des deux machines Keats est évalué à 600 paires par journée de 10 heures, quand les machines marchent au moteur.

Si donc l'administration jugeait convenable de faire faire les essais proposés pour juger du mérite de la confection des chaussures par le système Goodyear, il serait tout au moins indispensable de mettre en parallèle les machines à coudre du système Keats, qui semblent devoir donner au moins d'aussi bons résultats, si l'on s'en rapporte à ce qui vient d'être exposé et à la décision du jury, qui leur a accordé une médaille d'or, comme aux machines Goodyear.

3° Machines à visser. — L'Exposition comprenait un certain nombre de machines à visser, généralement très simples et connues, parmi lesquelles une seule a paru mériter une mention spéciale dans ce travail, par ce seul fait qu'elle présente d'ingénieuses particularités. Il s'agit de celle de M. Motty-Cuisset (classe 58).

M. Moty-Cuisset est un ouvrier cordonnier qui a eu l'idée de faire par lui-même la machine qu'il a exposée. Il a donc cherché à y introduire les avantages pratiques et utiles à différents égards que l'expérience lui avait révélés; mais, par contre, sa machine ne présente pas comme construction toute la perfection dont elle serait susceptible, si elle était établie par un véritable constructeur.

Bien qu'un peu grossière dans sa forme et un peu lourde, ce que l'inventeur reconnaît lui-même, elle présente cependant dans les organes essentiels une perfection suffisante pour que le fonctionnement de la machine se fasse sans difficulté.

La pédale qui sert, par le jeu d'un levier, à rapprocher la chaussure de la partie de l'appareil qui fait le vissage, n'exige par sa disposition qu'un effort peu considérable et peu fatigant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour l'ouvrier qui opère. Pour permettre à celui-ci, sans interrompre le travail, de se reposer de la position debout qu'exige l'emploi de la pédale, l'inventeur a eu l'idée d'adapter à la partie antérieure de sa machine un siège en cuir rembourré, qui, par un triple mouvement d'élévation, de traction et d'abaissement bien combiné, peut venir se placer au-dessus de la pédale, à hauteur voulue pour permettre à l'ouvrier de s'asseoir commodément, et de continuer à faire marcher la machine par un simple mouvement de corps sur le siège. Cette disposition permet aussi d'employer au besoin des ouvriers estropiés ou peu solides, qui ne pourraient pas actionner une pédale. Cette singulière particularité n'a d'autre inconvénient que de charger un peu la partie de la machine située au-dessous du niveau de la table sur laquelle est établi solidement tout le mécanisme servant au vissage; mais il convient de remarquer que rien ne s'oppose à ce qu'on la supprime, puisque ce n'est qu'un organe accidentel de fonctionnement.

Pour le vissage on utilise ordinairement la bigorne mobile dont l'appareil est pourvu; mais on peut aussi le faire directement sur la forme ayant servi au montage de la chaussure, au moyen d'un changement de dispositions facile à exécuter.

Le vissage s'effectue en manœuvrant une manivelle, bien à la portée de la main de l'ouvrier, qu'il soit assis ou debout, et mettant en mouvement une roue dentée venant s'engrener à un pignon denté qui fait descendre le fil non taraudé dans un conduit vertical entouré par un ressort dont l'effet est régulier pendant la durée de sa détente. Le fil, ainsi dirigé verticalement, arrive à un petit appendice horizontal, situé près du point où doit se faire le vissage et présentant une ouverture que l'on peut rendre plus ou moins large, au moyen d'une vis de pression, et qui est disposée de telle façon que le fil de cuivre, en y passant, est taraudé à une profondeur variable à volonté. Le fil ainsi préparé arrive à la chaussure, dans laquelle il s'enfonce jusqu'à ce que l'effort exercé sur l'étau de la bigorne ou sur la forme avertisse l'ouvrier que toute l'épaisseur du cuir est traversée. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fil est alors coupé au ras de la semelle par une mâchoire, qui agit d'elle-même, dès que la pénétration est complète. Un petit canal incliné conduit la limaille de cuivre du point où se fait le taraudage dans un tube, qui la porte dans une boîte située au-dessous de la table de la machine, où elle est recueillie.

M. Moty-Cuisset a ajouté à sa machine un petit appareil très peu volumineux et très simple, qui permet de monter la chaussure sur forme, quelle qu'en soit la dimension, et cela par un simple mouvement de vis, qui élève ou abaisse une des extrémités, un coussinet en caoutchouc se trouvant à l'autre. Cet appareil est assez léger pour être manœuvré à la main, si l'ouvrier préfère opérer le vissage sur forme; il donne en outre la facilité de parer la chaussure, après l'opération du vissage sur forme ou hors forme. Dans ce but on le fixe sur la table de la machine à visser, au moyen d'une clef, dont le jeu se fait par un simple mouvement de pression sur une poignée située en dessous de la table. Ce petit mécanisme n'est pas la partie la moins intéressante de la machine à visser de M. Moty-Cuisset, qu'elle complète.

MONY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

AMBULANCES, HÔPITAUX.

MATÉRIEL D'AMBULANCES.

§ 1er. — VOITURES ET FOURGONS.

1° Voiture Dietrich Lohner, exposée par M. J. Lohner, carrossier à Vienne. — Cette voiture est à quatre roues, appartient au type tapissière et est attelée de deux chevaux conduits en guides.

TRAIN.

Diamètre des roues	de devant	0m,95
	de derrière	1 ,15
Largeur de la voie		1 ,54
Largeur des bandages		0 ,64

Essieux droits.

A l'avant-train, comme à l'arrière-train, la caisse est suspendue sur trois ressorts à demi-pince, les deux premiers perpendiculaires à l'essieu et concaves vers le haut, le troisième parallèle à l'essieu et à concavité inférieure.

CAISSE.

Composée d'un intérieur ou caisse proprement dite et d'un siège, elle mesure en longueur 3m,50, dont 96 centimètres pour le siège et 2m,54 pour l'intérieur; sa hauteur est de 1m,35 sur les côtés et de 1m,40 au niveau du milieu de la largeur, le toit étant légèrement voûté. A la partie inférieure, la caisse est évidée, sur une longueur de 42 centimètres, de manière à per-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mettre le passage des roues sous le fond; la hauteur s'en trouve réduite, dans toute cette partie, de 22 centimètres. La largeur de la caisse est uniformément de $1^{m},35$. Le fond de la caisse est à 85 centimètres du sol.

SIÈGE.

C'est un simple coffre pouvant contenir quelques rations de vivres et de fourrage et quelques outils à charretier. Le couvercle, dépourvu de rembourrage, sert de siège au conducteur et à deux hommes valides ou blessés légèrement. Le dossier du siège consiste en une bande de fort cuir à semelles, clouée sur les montants de la paroi antérieure de l'intérieur. De chaque côté du siège se trouvent une petite tringle de soutien en fer et une lanterne à réflecteur. Un frein à mécanique permet d'agir, de la droite du siège, sur la partie antérieure des roues de derrière.

INTÉRIEUR.

L'intérieur présente à étudier ses parois et son aménagement interne.

Paroi antérieure. — Ouverte dans toute sa largeur sur une hauteur de 70 centimètres. Cette ouverture est traversée horizontalement par le dossier du siège, verticalement par un montant servant à consolider la charpente.

Paroi latérale. — Ouverte sur une longueur de $1^{m},72$ et sur une hauteur de 80 centimètres. Cette ouverture, qui atteint jusqu'au toit, est traversée verticalement par un montant en bois, horizontalement par le dossier des banquettes intérieures et, un peu au-dessous de ce dossier, à 70 centimètres du fond, par une forte barre en bois, longeant la caisse dans toute sa longueur, et sur l'usage de laquelle on aura à revenir.

Paroi postérieure. — Ouverte sur toute sa largeur et sur une hauteur de $1^{m},10$. Cet espace vide est verticalement traversé, sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la ligne médiane, par un montant en fer allant depuis le fond jusqu'au faîte. La portion inférieure de cette paroi est occupée par un hayon de 30 centimètres de hauteur, tenu fermé par deux crochets. Le hayon est articulé sur deux bras en fer, lesquels, de leur côté, s'articulent sur le fond de la caisse, de telle sorte que, quand toutes les charnières sont ouvertes, le hayon est transformé en un marchepied placé à 45 centimètres du sol et à 35 centimètres du fond de la caisse.

Des rideaux en toile à voile, habituellement remontés vers le faîtage, peuvent être tendus au-devant des nombreuses ouvertures des parois de la caisse.

AMÉNAGEMENT INTERNE.

Cet aménagement est conçu de telle manière que la voiture peut indifféremment être employée à transporter, dans son intérieur, soit 8 blessés assis, soit 4 blessés couchés.

Premier cas. Voiture aménagée pour le transport de 8 blessés assis. Les banquettes régnant le long des deux côtés de la caisse sont dressées, et les brancards, qui ne servent que dans le deuxième cas, sont démontés, roulés et glissés sous les banquettes. La banquette se compose d'une planche, légèrement rembourrée sur la face servant de siège, et de deux pieds. Chaque pied consiste en une tige en fer, fixée à charnière, au-dessous de la planche, par l'une des extrémités, et engagée, par l'autre, dans une douille métallique pratiquée dans le plancher. La planche elle-même s'articule à charnière avec la paroi correspondante de la caisse. Pour replier la banquette, on rabat les pieds sous la planche et la planche contre la paroi.

Deuxième cas. Voiture aménagée pour le transport de 4 blessés couchés. Les banquettes sont repliées et 4 brancards-couchettes (du même type que le brancard réglementaire de l'armée) sont disposés sur deux étages, à droite et à gauche de l'axe médian de la caisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Intervalle entre l'étage supérieur et le faîte..... $0^m,56$

Intervalle entre { les deux étages..... 0 ,64
l'étage inférieur et le fond..... 0 ,20

MODE DE SUSPENSION DES BRANCARDS.

1° A l'extrémité postérieure de la caisse, le bout des hampes est passé dans des anneaux en cuir, fixés, du côté de la paroi, contre cette paroi même, du côté du plan médian, contre le montant en fer qui relie le fond de la caisse au faîtage. Ces anneaux sont empêchés d'osciller trop librement autour de leurs points de suspension au moyen de petites courroies en cuir, passant transversalement en surjet par-dessus elles, afin de brider ces mouvements et de limiter le ballottement des brancards.

2° A l'extrémité antérieure de la caisse, le bout des hampes est passé dans des anneaux en cuir appendus à un petit chariot, dont la description suit.

MODE D'INTRODUCTION DES BRANCARDS.

Chaque brancard est poussé dans le fond de la caisse au moyen d'un chemin de fer, composé d'un système de rails et d'un chariot.

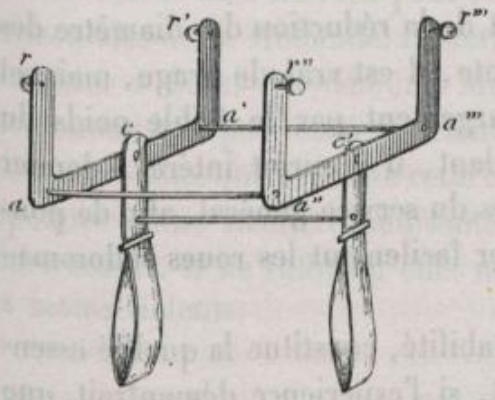
1° *Rails.* La large ouverture qui est pratiquée à la paroi latérale de la caisse est traversée, à $0^m,70$ du fond et dans toute la longueur de la caisse, par une forte barre en bois, mentionnée plus haut. A cette même hauteur, une barre semblable s'étend depuis le montant médian de la paroi antérieure jusqu'à celui de la paroi postérieure. Ces barres de bois sont creusées, celle de la partie médiane sur ses deux faces, celles des parois latérales sur leur face interne seulement, d'une gouttière de 2 centimètres de profondeur sur 3 centimètres de largeur. Le bord inférieur de chaque gouttière et une partie de la largeur de celles-ci ($0^m,005$ environ) sont recouverts par une lamelle métallique régnant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur toute la longueur des gouttières. Ces gouttières sont ainsi transformées en des sortes de gorges, qui, deux à deux, constituent les rails dans lesquels roulent les roues du chariot.

2° *Chariot.* Ce chariot se compose : *a*, de 4 roues en laiton (r, r', r'', r'''), de dimensions proportionnées à celles de la gorge étroite et basse dans laquelle elles sont destinées à rouler; *b*, d'un système de tringles en fer appendu aux axes des quatre roues. Une première tringle, deux fois coudée en U ($r\,a\,a'\,r'$, et r'', a'', a''', r'''), relie la roue de devant à la roue de derrière du même côté. Deux tringles droites (aa'' et $a'\,a'''$) relient respectivement les deux roues du même côté avec les deux roues de l'autre. En *c* et *c'*, à la partie moyenne de la branche horizontale des tringles en U, s'articulent, au moyen d'une charnière à pivot, deux tiges métalliques, auxquelles sont appendus les anneaux en cuir servant à recevoir les bouts de hampe destinés à gagner le fond de la caisse. Les roues des chariots supérieurs, au lieu d'être reliées par un fer plat coudé en forme d'U, le sont par un fer plat droit, afin d'obtenir un plus grand intervalle entre le brancard du haut et celui du bas.

Il est dès lors facile de se rendre compte du fonctionnement du système. Quand il s'agit de charger un blessé, le chariot est amené vers la paroi postérieure de la caisse. Les porteurs, au nombre de trois, amènent le brancard vers la partie postérieure de la voiture. Les deux porteurs qui sont du côté de la tête du blessé placent les bouts de hampe sur le fond de la caisse, puis simultanément les engagent dans les anneaux de cuir appendus au chariot; ils se retirent alors, et le troisième porteur fait trois pas en avant en poussant doucement sur les hampes du brancard, qui, transformé en une



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorte de brouette, gagne doucement et facilement le fond de la voiture.

Le dispositif adopté pour l'introduction des brancards de l'étage supérieur (qui doit toujours être occupé le premier) est absolument analogue.

Un frein à sabot est appendu sous la caisse.

Le poids de la voiture est de 650 kilogrammes. Le prix de vente de l'échantillon exposé est de 1,650 francs (prix marqué); d'un autre côté, le représentant du constructeur consentirait à l'abaisser à 1,400 francs.

CONCLUSIONS.

Les caractères particuliers de la voiture Dietrich Lohner sont :

La légèreté,

La stabilité,

Le mode spécial d'introduction des brancards.

Les deux premiers caractères sont inhérents à la construction même de la voiture; le troisième doit être envisagé à part.

La légèreté de la voiture Lohner doit être considérée comme un avantage considérable, si toutefois il est démontré qu'elle n'a pas été obtenue aux dépens de la solidité.

La stabilité très grande de la voiture est le résultat de l'abaissement du fond de la caisse et de la réduction du diamètre des roues. Cette réduction augmente, il est vrai, le tirage, mais cet inconvénient est compensé largement par le faible poids du véhicule. D'autre part, cependant, il y aurait intérêt à donner à la voiture le train des voitures du service général, afin de pouvoir, en cas d'avarie, remplacer facilement les roues endommagées.

Cette légèreté, jointe à la stabilité, constitue la qualité essentielle de la voiture Lohner, et, si l'expérience démontrait que cette qualité n'exclut pas une solidité suffisante, aucun modèle ne mériterait mieux d'être pris en considération, pour la déter-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mination d'un type de voiture d'ambulance légère ou de cavalerie.

Quant au chariot de suspension, il est d'apparence un peu légère et pourrait, tel que nous l'avons vu, ne pas résister à un long service de guerre; mais il serait aisé et peut-être prudent de le confectionner avec plus de solidité. Sauf cette réserve, il est juste de déclarer qu'il est supérieur à tous les autres appareils, et qu'il mérite la préférence, si toutefois l'on ne renonce, en principe, à ces mécanismes compliqués, qu'une bonne instruction des infirmiers et des brancardiers rendrait superflus.

En dehors de la voiture Lohner, aucune des voitures de transport de blessés qui figurent à l'Exposition ne semble mériter une mention particulière. La collection de types de voitures exposée par la Société française de secours aux blessés n'offre d'intérêt qu'au point de vue historique. On peut en dire autant de la voiture Evans, exposée dans la Section des États-Unis.

La voiture de l'ingénieur Deelemann (Indes néerlandaises) ne répond en aucune façon aux conditions des guerres européennes ni des expéditions en Algérie. Celle que présente la Suisse est une voiture de luxe, qui ne saurait convenir au service militaire, et celle des Pays-Bas a la prétention de constituer un petit hôpital roulant, d'ailleurs tellement pesant qu'il faut au moins huit chevaux pour le traîner, même sur les routes horizontales de la Hollande. Resterait la voiture de M. Schmidt, carrossier à Saint-Pétersbourg. Mais le tampon cylindrique en caoutchouc interposé entre le train et la caisse, et constituant la seule nouveauté que présente cette charrette, ne paraît pas devoir répondre d'une manière suffisante au but que se propose le constructeur. Il ne suffit en effet nullement à amortir les chocs les moins violents.

RAPP.

2° Voiture à deux roues de M. E. Schmidt, de Saint-Pétersbourg. — La voiture à deux roues présentée par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. E. Schmidt, de Saint-Pétersbourg, comme voiture de transport pour les blessés, ne se recommande point par l'installation des brancards, mais par un mode de suspension destiné à adoucir les mouvements de balancement produits par la marche du cheval.

La caisse de la voiture, au lieu de reposer sur deux ressorts de voiture ordinaires, s'appuie sur un ressort cylindrique en caoutchouc placé à angle droit sur une tige en fer. Cette tige est fixée, près du ressort, à une bande de fer ayant la forme d'un U et attachée elle-même à la partie inférieure de la caisse; l'autre extrémité de la tige se relie à l'essieu par deux anneaux demi-circulaires, dont l'un est soudé à l'essieu même, et dont l'autre forme boucle à l'extrémité de la tige. Grâce à cette disposition, les pressions de haut en bas causées par les mouvements du cheval se transforment partiellement en mouvements de l'avant à l'arrière, et les balancements si désagréables de la voiture à deux roues se trouvent considérablement amoindris.

D'après l'opinion de gens compétents en construction de voitures, l'invention de M. Schmidt aurait un certain mérite. Mais il resterait à expérimenter comment ce mécanisme, d'ailleurs peu compliqué, se comporte après un certain temps d'usage. Il y a lieu de croire que l'action du ressort de caoutchouc varie considérablement suivant l'état de la température, et qu'elle peut même devenir nulle par les grands froids.

J. Keller.

3° Fourgon de matériel (Société française de secours aux blessés). — En dehors des modèles officiels, le seul fourgon du matériel qui mérite d'être cité est celui que la Société de secours a fait construire sur les indications d'un médecin de l'armée.

Il est à quatre roues et attelé de deux chevaux, conduits en guides.

Poids, 1,080 kilogrammes; prix, 2,600 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRAIN.

Diamètre des roues { de devant . . . . . 0m,95 / de derrière . . . . . 1 ,45

Largeur de la voie. . . . . 1 ,70

Essieux droits.

Suspension sur trois ressorts à chaque train, deux longitudinaux à concavité inférieure, un transversal à concavité également inférieure.

CAISSE.

La caisse comprend un cabriolet, avec un coffre de siège renfermant des outils de charretier, et un intérieur. Elle mesure :

1m,50 de largeur,

1m,63 de hauteur,

2m,52 de longueur.

La caisse est pourvue sur ses parois latérales de deux marchepieds.

Son plancher est à 1 mètre de la ligne de terre.

L'intérieur de la caisse est divisé, au moyen de cloisons en planches, en une série de loges ou compartiments s'ouvrant, les uns sur la paroi postérieure, les autres sur la paroi latérale.

Le compartiment supérieur seul occupe toute la longueur et toute la largeur de la caisse; il s'ouvre indifféremment sur la paroi antérieure et sur la paroi postérieure, et renferme une table d'opération et quelques brancards.

Les compartiments qui s'ouvrent sur l'arrière sont destinés au matériel de pharmacie. Ceux qui s'ouvrent sur les parois latérales sont symétriques des deux côtés et sont destinés au matériel de chirurgie, au linge et à quelques effets pour malades.

Chaque compartiment reçoit soit un panier, soit une cantine et un panier. Les cantines sont en bois de chêne et s'ouvrent par leur face antérieure, sans qu'il soit nécessaire de les décharger. Les paniers sont en osier, à couvercle, et ne peuvent être ouverts que déchargés. Paniers et cantines sont recouverts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en toile goudronnée. Les uns et les autres peuvent être chargés sur des mulets de bât. Les cantines ont les dimensions de celles de l'armée.

PAROI POSTÉRIEURE.

Au-dessous de l'ouverture du compartiment supérieur (brancards et table d'opération), une petite portière, qu'on peut soulever de bas en haut, ferme deux compartiments placés à droite et à gauche du plan médian, et renfermant chacun un panier de flacons d'approvisionnement pour les cantines de pharmacie.

Au-dessous de cette petite portière, on trouve deux portes en tôle qui s'ouvrent comme les deux battants d'une armoire et laissent, de chaque côté de la ligne médiane, apercevoir trois rayons ou compartiments superposés. Celui du haut, peu élevé, est destiné aux livres de la pharmacie. Les deux autres, de dimensions égales en hauteur et en largeur, renferment chacun une cantine de pharmacie. Seulement le compartiment inférieur, beaucoup plus profond, contient derrière la cantine un grand panier de réserve de médicaments et de matériel de pharmacie. Les deux cantines de chacun des côtés de la cloison constituent, par leur réunion, une pharmacie complète.

PAROI LATÉRALE.

Pour mémoire : le grand compartiment supérieur cité plus haut et destiné aux brancards, etc.

Au-dessous de ce compartiment, la paroi latérale se compose de deux sortes d'armoires placées côte à côte, l'une vers l'avant-train, l'autre vers l'arrière-train. Chacune de ces armoires s'ouvre par une porte en tôle à deux battants. Chacune se compose :

1° De deux compartiments supérieurs placés des deux côtés du plan médian et renfermant chacun un panier de linge ;

2° D'un compartiment inférieur logeant, au premier plan, une cantine de chirurgie et, derrière celle-ci, un panier de réserve pour l'approvisionnement de la cantine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces armoires ne descendent pas jusque sur le fond de la caisse. Au-dessous de l'armoire, répondant à l'arrière du train, se trouve, en effet, un grand compartiment, dont nous avons parlé en décrivant la paroi postérieure, sur laquelle il s'ouvre, et qui est occupé par le panier de réserve de médicaments. Mais le compartiment placé sous l'armoire répondant à l'avant-train s'ouvre sur les côtés. Ce compartiment est commun aux deux moitiés latérales de la voiture. Il est occupé par trois paniers destinés à recevoir des gouttières, des attelles, un approvisionnement de linge, de gaze, d'ouate et de plâtre, d'amidon, de dextrine ou de silicate de potasse, pour la confection d'appareils inamovibles.

APPRÉCIATION.

Les compartiments supérieurs sont d'un accès difficile, en raison de l'élévation de la caisse au-dessus du sol et de son élévation propre. Ce sont là des inconvénients auxquels il serait facile de remédier en cas de nouvelles constructions.

Quant à la disposition et au compartimentage de la caisse, on ne peut que les recommander. Les principaux avantages de ce type sont : l'utilisation complète pour le chargement de tout le cube de la caisse, ce qui n'a pas lieu dans les types de voitures à couloir central; la possibilité, en cas d'accident survenu à la voiture, de rendre indépendant du véhicule le chargement, qui peut être transporté à dos de mulet; la facilité avec laquelle on trouve la plupart des ressources sous la main sans avoir à décharger la voiture.

Sauf réserves en ce qui concerne les nomenclatures de médicaments, objets de pansement, etc., on peut dire qu'une ambulance pourvue de voitures de ce type serait, à nombre égal, beaucoup mieux et beaucoup plus sûrement approvisionnée qu'une ambulance dotée de voitures à couloir et de rayons à tiroirs, sans être moins mobile que cette dernière.

RAPP.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — APPAREILS GORODESKY.

Dans la section russe, M. Valentin Gorodesky, ex-capitaine du train de l'armée russe, a exposé deux appareils destinés à faciliter le transport des blessés en voiture et en chemin de fer. Ces appareils sont construits d'après un principe uniforme ; ils ne diffèrent dans leurs dispositions de détail que par leur mode d'emploi. L'idée mère consiste à faire reposer les brancards sur des lames de bois flexibles, assemblées comme les fers de ressort de voiture.

S'il s'agit de l'appareil pour voitures, M. Gorodesky dispose quatre ressorts, deux par deux, sur deux traverses en bois, longues chacune de $1^{m},50$.

Les deux traverses sont écartées l'une de l'autre d'une longueur de $2^{m},08$, et sont reliées par trois cadres en bois, dont celui du milieu est vertical, et les deux autres, également inclinés, peuvent se rabattre sur le précédent à l'aide de charnières. Ces cadres sont destinés à supporter une toile, qui forme un abri au-dessus des blessés. Le tout peut se plier de façon à faire avec les deux brancards un paquet peu volumineux et du poids total de 48 kilogrammes.

L'appareil se place sur les ridelles d'un chariot quelconque. Il a été, dit-on, expérimenté avec succès dans la dernière guerre russo-turque, sur une petite échelle néanmoins, car on n'avait pas eu le temps de fabriquer un grand nombre d'appareils.

L'appareil de M. Gorodesky, facile à confectionner à bon marché en Russie, où le bois ayant la qualité requise est abondant et peu cher, a l'inconvénient d'être trop lourd. D'ailleurs, nous avons un mode de suspension plus commode et plus facile à installer ; il consiste en quatre doubles crochets-ressorts, qui se fixent par un des bouts à la ridelle, tandis que les bouts libres soutiennent le brancard ; celui-ci se trouve ainsi encadré par les ridelles, au lieu d'être élevé au-dessus d'elles à une hauteur peu favorable à la douceur des mouvements.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le transport par chemin de fer, M. Gorodesky fixe ses supports en bois à de solides montants, également en bois, munis d'une semelle à l'aide de laquelle on les attache par quatre vis au plancher des wagons. Chaque montant peut recevoir deux supports placés l'un au-dessus de l'autre, de manière à former deux rangs de brancards, l'un supérieur et l'autre inférieur.

Les wagons russes à marchandises étant fort longs et s'ouvrant aux extrémités, on peut y installer trois brancards bout à bout, par conséquent douze brancards en totalité, dont six en bas et six en haut. Il faut, pour chaque groupe de six brancards, quatre montants sur lesquels les deux intermédiaires sont munis de quatre supports chacun.

Le poids d'un montant intermédiaire est de..... $27^{k},450$
Celui d'un montant extrême, de..... 17 ,700
Celui d'un brancard, de..... 12 ,700

Il en résulte que le poids total des quatre montants intermédiaires, des quatre montants extrêmes et des douze brancards d'un wagon est de 333 kilogrammes.

Ce poids, bien que considérable, n'est pas très élevé par rapport à la charge totale que le wagon est susceptible de recevoir. Mais la construction des montants constituerait une mise de fonds importante, et leur usure paraît devoir être assez rapide en temps de guerre; enfin un inconvénient particulièrement grave, au point de vue de leur emploi, c'est la difficulté qu'on éprouve à mettre en place et à retirer les brancards du bas.

Pour ces motifs, l'appareil Gorodesky est loin de valoir le système du général Zawadovsky, présenté en 1876 à l'Exposition de Bruxelles, non plus que la pince prussienne, qui semble constituer aujourd'hui le moyen le plus commode et le plus expéditif pour la transformation des wagons de marchandises en wagons d'ambulance.

J. Keller.

BIB. CNAM RESERVE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — MODIFICATIONS DIVERSES APPORTÉES AU BRANCARD RÉGLEMENTAIRE FRANÇAIS.

(Société française de secours aux blessés.)

La Société de secours aux blessés a apporté au brancard réglementaire français une série de modifications, intéressant :

1° La toile et son mode de fixation sur les hampes ;

2° Les traverses, leur mode d'insertion sur les hampes, leur articulation médiane et le dispositif destiné à maintenir la traverse rigide quand le brancard est monté ;

3° Les pieds, l'arrondissement de leur extrémité inférieure, la matière employée, leur système automatique d'abaissement et de relèvement.

Toile. — Au lieu d'être fixée sur les hampes par des clous plantés à travers une bande de cuir, comme sur le brancard réglementaire, la toile du brancard de la Société de secours y est attachée au moyen d'une corde passée dans des anneaux.

Traverses. — Les traverses du brancard de la Société, au lieu de s'insérer sur les hampes, d'une part au moyen d'une articulation à pivot, d'autre part au moyen d'un système de fermeture, comme c'est le cas pour le modèle réglementaire, s'insèrent sur le bois au moyen de deux articulations fixes à pivot. D'autre part, la traverse est brisée au milieu, et les deux demi-traverses s'articulent à plat l'une sur l'autre au moyen d'un troisième pivot.

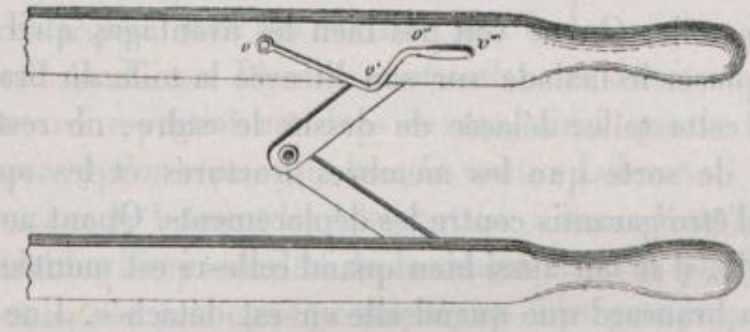
De cette manière on supprime la fermeture du brancard réglementaire, fermeture d'un système plus ou moins compliqué et d'un fonctionnement plus ou moins difficile, qu'on est obligé de faire jouer chaque fois qu'on veut démonter ou remonter le brancard réglementaire.

La difficulté dans le système adopté par la Société de secours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

consiste à maintenir rigide la traverse du brancard monté. La Société de secours a essayé de la vaincre par le dispositif suivant:

Sur la face interne et à chacune des deux extrémités de chaque hampe, à petite distance des traverses, sont articulés à pivot des crochets ou verrous en laiton, $v\,v'\,v''\,v'''$, ayant la forme d'une tige deux fois coudée sur elle-même. Le point d'insertion du verrou sur la hampe, v, est calculé de telle manière que, quand les demi-traverses sont fléchies l'une sur l'autre, le verrou, par le premier de ses deux coudes, repose sur les barres de fer. Quand, au contraire, la traverse est rigide, le



coude n'est plus soutenu et, par son propre poids, le verrou s'abaisse. Il se trouve alors que le verrou repose sur le plat de la barre par son extrémite libre, et que la partie du crochet comprise entre les deux coudes appuie, comme un coin, contre le bord intérieur de la demi-traverse adjacente; le même fait se présentant du côté de l'autre demi-traverse, la traverse est maintenue dans la position rigide.

Pour démonter le brancard, on le renverse sur lui-même; les crochets retombent de leur propre poids, et il suffit d'imprimer une légère pression à la traverse pour que, l'articulation médiane jouant, les deux demi-traverses se replient l'une sur l'autre, de sorte que le brancard est naturellement plié.

Pieds. — Les pieds du brancard de la Société sont arrondis à la partie qui touche le sol; ils sont en fonte et se relèvent ou s'abaissent automatiquement quand on monte ou démonte le brancard, les extrémités extérieures des demi-traverses agissant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une saillie sur les pieds, de manière à les placer dans la position verticale ou horizontale, selon qu'on ouvre ou qu'on ferme le V formé par les traverses.

Le poids du brancard de la Société est de 9 ou 10 kilogrammes, selon que les pieds sont en bois ou en fer. Le prix de revient est de 30 à 35 francs.

APPRÉCIATION.

Les raisons données en faveur du mode d'attache adopté pour la fixation de la toile sur le cadre sont la possibilité de laver la toile et celle de déposer le blessé sur son lit sans le retirer de dessus la toile. On ne voit pas bien les avantages qu'il peut y avoir à placer le malade sur son lit avec la toile du brancard, puisque cette toile, délacée de dessus le cadre, ne reste plus tendue, de sorte que les membres fracturés et les appareils cessent d'être garantis contre les déplacements. Quant au lavage de la toile, il se fait aussi bien quand celle-ci est montée sur le cadre du brancard que quand elle en est détachée. Une brosse et un peu de savon suffisent pour cela, et il n'y a pas à craindre que la toile ne rentre trop ou que la corde ne disparaisse. Du reste, si l'on avait soin de teindre en roux la toile du brancard, les taches de sang seraient moins apparentes.

Les pieds à extrémités arrondies peuvent présenter quelques avantages en facilitant, dans une certaine mesure, l'introduction des brancards dans les voitures. La substitution du métal au bois pour la confection des pieds n'est pas sans inconvénients, à cause de l'augmentation de poids qui en résulte et de la diminution de solidité occasionnée par l'ajustage du fer sur le bois.

En ce qui concerne les traverses, l'articulation de ces barres de fer à leur partie moyenne doit être approuvée sans réserve, en ce sens que les manœuvres toujours difficiles de la fermeture et de l'ouverture du cadre du brancard sont supprimées. On ne saurait cependant considérer comme entièrement résolu le problème qui consiste à trouver un moyen simple et solide de maintenir dans sa rigidité la traverse tendue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les crochets à verrou ne paraissent pas avoir une solidité intrinsèque bien grande et ont le grave inconvénient de diminuer, par leur articulation sur les hampes, la solidité de celles-ci.

Au point de vue de la légéreté, le brancard de la Société de secours, comme d'ailleurs celui de l'armée, dont il dérive, semble avoir atteint et même dépassé des limites au delà desquelles la solidité de l'appareil paraît compromise.

En dehors des brancards de la Société de secours, un petit nombre d'autres échantillons figurent à l'Exposition. Les uns sont sans intérêt pour notre armée : tels sont les hamacs qu'on a pu remarquer dans les sections des Indes anglaises et des Indes néerlandaises. D'autres sont connus et décrits en France; le brancard espagnol est dans ce cas, ainsi que le brancard autrichien, qu'on a pu voir dans la voiture Lohner. Il n'y a de nouveau que le brancard réglementaire italien. Mais son poids considérable, l'impossibilité de le rouler et de le plier, et sans doute aussi son prix élevé, rendent cet objet peu propre à être employé pour le service de guerre.

RAPP.

Brancard Locati. — Le brancard Locati est devenu le brancard réglementaire de l'armée italienne. Mais alors même qu'il serait parfait dans la construction, ce qui est contestable, il a le grave inconvénient de peser 13 kilogrammes.

Ce qui le distingue encore des brancards généralement connus, ce sont deux larges pattes de toile placées à la hauteur du tronc du blessé et destinées à se rabattre sur lui pour l'empêcher de se jeter hors du cadre.

J. KELLER.

§ 4. — TENTES ET BARAQUES.

1° Tente Le Fort. — M. le Dr Léon Le Fort est un ardent promoteur de l'emploi de la tente pour l'hospitalisation des ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lades. Depuis 1870, il fait des expériences qui le confirment de plus en plus dans son opinion. Notre rôle se bornant à la description de l'objet exposé, nous laisserons de côté la question de doctrine, et nous n'envisagerons la tente Le Fort qu'au point de vue de la construction, du nombre de lits abrités, du poids et du prix de la tente présentée comme spécimen à l'Exposition.

Nous reconnaissons tout d'abord que le fabricant de la tente, M. Chapon, a confectionné une toile modèle; nous dirions volontiers trop belle, car il ne s'agissait pas pour lui de montrer ce qu'il sait faire, mais de produire un tissu suffisamment solide et serré. Or, celle qui est exposée a le défaut d'être très lourde et de donner à la tente un poids exagéré, alors que l'armature de M. Le Fort, qui est très légère, semble exiger que ce poids soit aussi réduit que possible.

La tente Le Fort exposée au Champ de Mars est formée de deux travées représentant chacune un élément d'une longueur de $5^{m},20$ sur une largeur de $6^{m},20$; au total, une surface de $10^{m},40$ sur $6^{m},20$, soit $64^{mq},48$, pouvant contenir seize lits. Les éléments se relient l'un à l'autre à l'aide d'œillets et de cordes à coulants. La tente est double sur toutes les faces, avec un intervalle de 50 centimètres entre les deux toiles, dont celle de dessus porte des œillets à la partie supérieure, pour permettre l'échappement de l'air vicié.

Elle est munie au sommet d'un double faîtage et soutenue de $5^{m},20$ en $5^{m},20$ par un montant vertical ; les côtés sont tenus écartés par deux bras, qui sont reliés au montant par un manchon mobile, de telle sorte qu'on peut tendre ou détendre à volonté la toile; les parois latérales peuvent se relever, mais elles ont le désavantage d'être inclinées au lieu de tomber verticalement. De nombreuses cordes servent à consolider la tente, soit sur les grandes faces, soit aux pignons; ce qui ne laisse pas que d'offrir un grave inconvénient pour la circulation à l'extérieur, tandis qu'à l'intérieur le peu d'élévation des bras est également une gêne pour la commodité des mouvements. Enfin, la longueur des travées est telle que la toile s'infléchit fortement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

après un court espace de temps, et réduit encore l'espace utile, déjà considérablement diminué par l'inclinaison des parois latérales.

Le poids total d'une tente à quatre travées, d'une longueur de 20m,80 (soit pour 32 lits), et de ses accessoires, est de 680 kilogrammes, soit le chargement d'une voiture à deux colliers. Ni l'inventeur, ni le constructeur, n'ont pu indiquer le chiffre exact du prix de revient.

En somme, la tente Léon Le Fort, bien qu'elle ait été imaginée par un praticien éminent, ne paraît pas encore réaliser toutes les conditions d'une bonne tente de campagne.

2° Tente Couette. — M. Couette, fabricant de tentes à Paris, est également à la recherche d'une tente d'ambulance, légère, facile à monter et à démonter et d'un prix modéré.

Bien que destinée au même but que celle de M. le Dr Léon Le Fort, elle en diffère notablement par le mode de construction et quelque peu par la forme. Comme celle-ci, toutefois, elle se compose de travées qu'on relie les unes aux autres par des coulants et des œillets. Chaque travée est à double toile; mais ces toiles, au lieu de conserver entre elles un écartement uniforme, se rejoignent au sommet; cette disposition est défectueuse, parce qu'elle ne permet pas le jeu de l'air à la partie supérieure, et empêche, par là, l'action de la ventilation dans la région où elle devrait être le plus énergique.

La toile de dessous, après avoir suivi, en partant du faîte, une direction inclinée à 45 degrés environ, tombe verticalement sur une hauteur de 1m,50. Celle de dessus, s'écartant davantage de la verticale que la précédente, peut se prolonger jusqu'au sol et y être fixée à l'aide de piquets, ou être relevée jusqu'à une hauteur de 2 mètres mesurés verticalement.

La tente est soutenue, en son milieu, par deux montants disposés en branches de compas entr'ouvert, reliés au sommet par des cordes et s'écartant l'une de l'autre, sur le sol, de 1m,50.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le faîtage est formé à chaque travée par un bâton rond de 4 m, 70 de long attaché fortement aux montants par des cordes.

La muraille verticale de la toile de dessous est consolidée par des montants verticaux de 2 mètres, qui traversent cette toile à la hauteur de 1 m, 50, pour aller jusqu'à celle de dessus, à 2 mètres.

Ces montants sont reliés également, au moyen de cordes, par des traverses horizontales de même force, et sont maintenus verticaux par des cordes de tirage rattachées aux piquets de la toile supérieure. Lorsque cette dernière toile est abattue, elle couvre les cordes; lorsque, au contraire, elle est relevée, les piquets qui servaient à la tendre ne peuvent devenir une cause de gêne pour la circulation, car ils ne se trouvent pas à plus de 1 m, 40 de la paroi verticale.

La toiture et les parois verticales, ainsi que les toiles des pignons, sont percées de fenêtres en toile quadrillée; celles des deux toiles de la toiture se correspondant, il s'ensuit que l'eau pénètre dans la tente par les fortes pluies, ainsi que nous avons pu le constater à la suite des pluies abondantes qui sont tombées dans les derniers jours de l'Exposition. Partout ailleurs la tente était bien étanche, et la circulation intérieure y semblait au moins aussi aisée que dans celle de M. le docteur L. Le Fort.

Néanmoins, et bien qu'elle ne soit pas entourée de cordages, qui rendent les approches des tentes si gênantes et parfois dangereuses, la tente Couette ne répond encore que d'une manière imparfaite aux conditions d'une bonne tente d'ambulance.

Elle mesurait en hauteur 3 m, 90, en largeur entre les parois verticales 5 m, 50, enfin en largeur totale 8 m, 30.

Le poids de la tente avec ses deux pignons était de 190 kilogrammes, soit 95 kilogrammes par travée avec un pignon. Une travée intermédiaire, c'est-à-dire sans pignon, ne pèse que 80 kilogrammes.

Le prix de la tente de deux travées est de 1,600 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Baraque-hôpital de M. Tollet. — Outre les tentes d'ambulance que nous avons décrites, la classe 14 de la section française présentait encore des spécimens d'installation hospitalière dus à l'esprit inventif de M. l'ingénieur Tollet; les uns figuraient des hôpitaux fixes et permanents, les autres des hôpitaux temporaires et mobiles. Parmi ces derniers, on remarquait particulièrement un élément ou travée de baraque-hôpital pour le service de campagne.

Cette travée forme l'amorce d'un bâtiment plus étendu, destiné à abriter 20 lits accolés deux à deux ou dix lits séparés l'un de l'autre. Elle a une forme ogivale et se compose d'arêtes en fer, ayant également la forme ogivale et reposant par leur extrémité inférieure sur une semelle de fer en U placée horizontalement sur le sol ou fixée sur une longrine en bois. Ces arêtes sont espacées de $1^{m},20$ l'une de l'autre et évidées sur deux faces opposées, comme les fers à double T du commerce. Les rebords forment une saillie de 4 centimètres et, dans le fond de l'évidement, se trouve fixée une bande de bois ou tasseau ayant quatre centimètres de largeur et autant d'épaisseur; les espaces libres entre la bande et les rebords forment deux coulisses ou rainures parallèles, larges et profondes de 2 centimètres, où l'on peut engager les bouts de planches ayant 18 millimètres d'épaisseur, $1^{m},18$ de longueur et 11 centimètres de largeur. Ces planches, placées de champ l'une sur l'autre, forment une double muraille, de forme ogivale comme l'arête en fer elle-même, avec un matelas d'air de 4 centimètres.

Les arêtes en fer sont reliées l'une à l'autre par des tringles, également en fer, dont les bouts recourbés s'engagent dans des anneaux fixés aux arêtes. Au sommet de l'ogive et dans toute sa longueur, est ménagée une ouverture surmontée d'un lanterneau, pour l'échappement de l'atmosphère viciée. Les faces opposées d'une travée sont percées chacune d'une porte à deux battants, vitrés dans leur moitié supérieure.

Au milieu du pignon se trouvent une grande porte également à deux battants, vitrés comme ceux des portes latérales, et une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande fenêtre placée au-dessus de la porte; le reste du pignon forme une paroi pleine et double comme celle des côtés.

La toiture est couverte d'une couche de feutre anglais, qui, soutenue par une console en fer à la naissance de l'ogive, déborde légèrement et forme auvent. Cette disposition a pour but non seulement de mieux garantir le sommet de la baraque contre les infiltrations des eaux pluviales, mais encore de procurer quelque ombre, en été, et d'empêcher la pluie de pénétrer directement par les fenêtres.

La travée qui vient d'être décrite représentait un élément de salle de $4^{m},85$ de hauteur sur $4^{m},50$ de largeur, pour recevoir des lits placés sur un seul rang; pour une baraque de vingt lits, il faudrait 22 mètres de longueur, en y comprenant deux cabinets réservés à un pignon pour les services accessoires.

Cette construction, d'une grande simplicité, qui ne comporte ni clous, ni vis, ni pointes, ni chevilles, méritait d'attirer l'attention du ministre de la guerre, qui la fit, en effet, examiner dans tous ses détails, par une commission spéciale. Il résulte des expériences faites à ce sujet que deux hommes, même peu exercés, peuvent démonter une travée en vingt minutes et la remonter en vingt-cinq ou trente minutes, que les matériaux qui la composent ne se détériorent point par ces opérations, que la dilatation des diverses parties se fait d'une manière indépendante pour chacune d'elles et ne donne, en conséquence, lieu à aucune déformation dans les surfaces et dans les joints.

Le prix de la construction serait d'environ 40 francs par mètre carré; comme volume et comme poids, une baraque formerait le chargement d'un truc et demi de chemin de fer.

En somme, l'invention de M. Tollet semble offrir de grands avantages au point de vue de la légèreté, de la solidité, de la rapidité de construction, de la facilité du transport et de la modicité du prix; elle paraît devoir trouver son emploi dans l'établissement d'ambulances de gares, d'ambulances d'évacuation et d'hôpitaux temporaires, et, à ce point de vue, convenir parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culièrement à la Société de secours aux blessés, dont la mission principale sera de concourir au service hospitalier sur les derrières de l'armée.

J. KELLER.

INSTALLATION ET MATÉRIEL

DU SERVICE DES HÔPITAUX MILITAIRES.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Les divers produits qui figurent à l'Exposition présentent, en général, des conditions de luxe et de richesse d'exécution telles qu'ils ne répondent, dans la plupart des cas, qu'aux besoins des classes privilégiées par la fortune.

La préoccupation dominante des exposants a été certainement la recherche du beau, du merveilleux même, et fort peu d'entre eux ont exposé des objets à la portée des classes de condition moyenne.

On conçoit dès lors que l'Exposition n'offre qu'un intérêt fort limité pour un service public comme celui des hôpitaux, qui s'accommode peu d'objets fabriqués avec beaucoup de richesse, d'abord à cause de la fragilité qu'ils auraient par rapport au service qu'ils seraient appelés à faire, et ensuite à cause de l'élévation de leur prix.

A cette considération il convient d'en ajouter une autre : c'est que l'exploitation du service hospitalier dans les établissements sédentaires, comme en campagne, exige souvent un matériel tout à fait particulier sous le double rapport de la forme et de la solidité. Aussi l'étude de l'Exposition ne peut-elle offrir, par rapport à ce service, qu'une portée assez restreinte et n'a-t-elle donné lieu qu'aux quelques observations résumées ci-après.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 1^er^. — PLAN ET MODÈLE D'HÔPITAUX.

Agencement de ces hôpitaux. — M. Tollet a présenté à la classe 14 un plan d'hôpital d'un système particulier, et construit dans le but principal de rendre aussi favorables que possible les conditions hygiéniques et de salubrité dans les salles de malades.

M. Tollet a pensé que le meilleur moyen d'atteindre ce résultat est de renoncer à traiter les malades dans les hôpitaux monuments, dont les murs finissent à la longue par s'imprégner d'émanations malsaines, où la multiplicité des étages est un obstacle à l'aération et entraîne nécessairement une trop grande agglomération d'hommes malades, deux conditions tout à fait contraires à une bonne hygiène.

Il a appliqué, dans la construction des hôpitaux, le principe des pavillons isolés et sans étages, situés à une distance convenable les uns des autres, et entourés de jardins.

Le plan d'hôpital dont il s'agit comprend :

1° Des pavillons pour salles de malades;

2° Un bâtiment pour l'administration et les services généraux, tels que cuisine, pharmacie, lingerie, etc.;

3° Un hangar pour les voitures d'ambulance;

4° Un amphithéâtre et une salle des morts;

5° Une chapelle, avec logement pour l'aumônier;

6° Un logement pour les sœurs hospitalières;

7° Un logement pour les infirmiers.

Les pavillons destinés aux malades ne comportent qu'une sorte de rez-de-chaussée, surélevé du sol de 1^m^,60 environ. Le plancher, revêtu d'un dallage en ciment au bitume, repose sur des piliers de maçonnerie.

Les murs sont formés de deux cloisons en briques, avec armature en fer, d'une épaisseur de 23 centimètres chacune, et distantes l'une de l'autre de 22 centimètres. L'intervalle laissé entre les deux cloisons constitue ce que l'on appelle le matelas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'air, dont l'objet principal est d'isoler la température des salles de celle de l'extérieur, tout en servant pendant l'hiver à mettre en communication l'air pur venant des prises d'air pratiquées dans les sous-sol avec l'intérieur des salles de malades.

Chaque pavillon se compose d'une unique salle de 32 lits et des dépendances suivantes : cabinet à 1 lit pour malade isolé, poste de l'infirmier de garde, réfectoire, bains et tisanerie, salle de dépôt du linge sale et lieux d'aisances. Ces deux dernières dépendances sont entièrement séparées de la salle et situées dans un petit pavillon annexe communiquant avec le pavillon principal au moyen d'un couloir couvert.

Les salles sont entourées de vérandas qui peuvent recevoir, à certaines heures du jour, et quand il en est besoin, des malades que leur état de santé ou le mauvais temps ne permettent pas de faire sortir dehors, mais auxquels le grand air est cependant nécessaire.

Ces vérandas ne sont certainement pas sans quelque utilité, mais elles constituent plutôt une disposition de luxe; de plus, le développement qu'elles font donner à la toiture projette de l'ombre sur les croisées et diminue nécessairement la lumière du jour dans l'intérieur des salles.

Le plafond des salles est de forme ogivale, de manière à faciliter la circulation de l'air. L'aération s'opère par les rosaces qui surmontent les portes donnant accès dans les salles de malades, par les impostes des fenêtres, et par des registres disposés dans les murs des salles, et communiquant avec les prises d'air au moyen du matelas isolateur dont il vient d'être parlé. Ces divers modes d'aérer sont efficaces et offrent le précieux avantage de ne pas agir trop sensiblement sur l'air ambiant des malades.

Les salles sont toutes d'égales dimensions (29^{m},40 cent. de long, sur 7^{m},50 cent. de large) et de la contenance uniforme de 32 lits; le volume d'air attribué à chaque lit est d'environ 57 mètres cubes, soit 30 mètres cubes de plus que dans les salles ordinaires de malades.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le réfectoire et la salle de bains affectés à chaque pavillon constituent une heureuse innovation.

Il y avantage, en effet, au point de vue de la propreté intérieure des salles, et de l'hygiène par conséquent, à ce que les malades qui peuvent se lever aillent prendre leur repas dans un local spécial, indépendant de celui qu'ils habitent d'une manière pour ainsi dire continuelle.

D'un autre côté, par la proximité de la salle des bains avec les salles de malades, se trouvent prévenus les dangers sérieux auxquels sont exposés certains malades, qui, pour aller prendre leur bain, sont obligés parfois de traverser des corridors trop ventilés, et d'accomplir, en outre, un trajet plus ou moins long.

Ainsi qu'il a déjà été dit, le dépôt du linge sale et les lieux d'aisances sont entièrement séparés des salles de malades. Cette disposition est favorable. Il se dégage, en effet, de ces deux dépendances, en raison de la nature du service auquel elles sont affectées, et malgré tous les soins désirables de propreté, des émanations infectes, nuisibles pour la santé, et à l'abri desquelles il importe essentiellement que les malades se trouvent placés.

Les lieux d'aisances comportent des tinettes mobiles placées immédiatement au-dessous du siège des latrines. Ces récipients contiennent des matières désinfectantes; ils sont enlevés et vidés tous les jours.

Tous les pavillons sont reliés entre eux par une galerie couverte, afin que l'exécution du service ne puisse être gênée en rien par le mauvais temps.

Il n'est pas sans intérêt de faire observer ici que, par le mode de leur construction, dans laquelle il n'entre que du fer et de la brique, ces pavillons, bien que n'étant pas entièrement à l'abri des détériorations qui pourraient être produites par un incendie, sont néanmoins relativement incombustibles et se prêtent facilement à toutes sortes de lavages ou de procédés de désinfection.

Toutes ces dispositions répondent au but poursuivi par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Tollet, qui a eu en vue d'éviter l'agglomération des malades, d'augmenter, dans des proportions notables, le volume d'air dans les salles, d'isoler les grands malades, particulièrement ceux atteints de maladies contagieuses; en un mot, de favoriser le plus possible les conditions d'hygiène et de salubrité.

Tout en reconnaissant les avantages qui résulteraient de l'adoption du système de M. Tollet, il y a lieu cependant de constater qu'un établissement hospitalier construit d'après ce modèle exigerait un emplacement de terrain relativement considérable (près de trois hectares pour un hôpital de 300 malades); que, pour ce motif, l'exécution du service serait aussi beaucoup plus difficile que dans les hôpitaux ordinaires, en raison des distances à parcourir; qu'il entraînerait, par suite, un surcroît de personnel, et qu'enfin les dépenses, en ce qui concerne l'éclairage et le chauffage, seraient nécessairement beaucoup plus élevées.

Ces considérations méritent toutes de fixer l'attention; elles ont, en effet, une importance dont il y a lieu de tenir grandement compte dans l'étude du système Tollet.

Quoi qu'il en soit, le plan d'hôpital dont il s'agit paraît présenter de réels avantages; mais, avant de se prononcer sur l'ensemble de ce système, il semble indispensable d'attendre le résultat des expériences qui vont être faites à Bourges, où a été construit un hôpital du modèle Tollet.

Fauteuil roulant. — Les hôpitaux militaires ne sont point pourvus de fauteuil roulant, à l'aide duquel un malade peut de lui-même, par un léger effort de la main, se transporter d'un endroit à un autre. La manière dont certains malades sont transportés aujourd'hui est fatigante et incommode pour les infirmiers, en même temps qu'elle est assez gênante pour le malade lui-même.

Bien que cet objet mobilier soit appelé à être employé seulement dans des cas exceptionnels, il serait à désirer néanmoins qu'on en dotât chaque hôpital d'un nombre en rapport avec l'importance du service.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un des meilleurs modèles à adopter, à la condition toutefois que les roues devront être garnies d'une bande de caoutchouc, afin d'en amortir le bruit, serait celui exposé par M. Dupont et dit « à deux manivelles ». Ces deux manivelles sont situées au bout des deux accoudoirs; elles sont adaptées à un arbre de couche qui communique le mouvement à deux pignons à engrenage, lesquels font tourner les roues et déterminent la locomotion.

A l'arrière du fauteuil se trouve une roue pivotante, qui permet au fauteuil d'évoluer facilement à droite ou à gauche, et même de tourner sur place.

Le fauteuil est encore muni d'un porte-pieds à deux lames servant de point d'appui pour les pieds du malade qui s'y trouve assis. Ces deux lames se rabattent sur elles-mêmes, et peuvent se dissimuler sous le siège dans la position verticale.

Le prix du fauteuil varie naturellement suivant qu'il est confectionné avec plus ou moins de luxe. Le fauteuil canné, celui qui semblerait convenir le mieux au service des hôpitaux, coûte environ 250 francs; mais ce prix subirait probablement une réduction notable s'il s'agissait de fournitures d'une certaine importance.

§ 2. — OBJETS DE LITERIE.

Lits pour les épileptiques. — Il n'est peut-être pas sans intérêt de signaler le lit pour malades épileptiques, exposé par M. Sibilliat, à la classe 14, et construit en vue d'empêcher que les malades de cette catégorie ne tombent durant leurs moments de crise. Ce lit se distingue par les galeries articulées dont il est bordé de tous les côtés, et qui peuvent se relever ou s'abaisser à volonté.

Sommier élastique. — Les objets de literie sont, en général, d'un modèle trop compliqué ou d'une fabrication trop riche pour pouvoir être utilisés avec avantage dans un service comme celui des hôpitaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques spécimens de couchettes en fer cependant s'écartent de cette règle. Celui exposé par M. A. Parmentier mérite d'être signalé tout particulièrement, à cause de son sommier à lames métalliques, fabriqué de manière à favoriser l'hygiène dans les salles de malades.

Ce sommier est adhérent à la couchette; il est formé de ressorts à double flexion en lames d'acier minces, quoique suffisamment consistantes, et pouvant supporter très facilement un poids de 100 kilogrammes; elles sont d'une largeur de 2 à 3 centimètres et d'une longueur de 25 à 35 centimètres.

Les lames, placées dans le sens vertical, sont maintenues, à leurs deux extrémités, par des bandes longitudinales de fer feuillard; elles ont toute la souplesse et toute l'élasticité désirables, et sont disposées de manière à entretenir une aération permanente au-dessous du matelas sur lequel repose le malade, ainsi qu'à augmenter le volume d'air dans les salles; de plus, elles se prêtent à un nettoyage complet et facile, ce qui est d'une très grande importance, surtout dans les cas d'affections contagieuses. Enfin, elles sont rendues antiseptiques et insecticides par la peinture à la base de bitume de Judée dont elles sont enduites. Le sommier A. Parmentier a aussi l'avantage de diminuer le travail pour les personnes chargées de faire le lit.

Ce sommier est de tous ceux qui ont été exposés au Champ de Mars celui qui paraît réunir les meilleures conditions. Je crois utile de le signaler comme étant un des plus avantageux à adopter pour le cas où la paillasse actuelle, dont le remplacement par le sommier élastique est à l'étude, viendrait à être supprimée.

Le sommier A. Parmentier pourrait être facilement adapté aux couchettes en fer articulées actuellement en usage dans les hôpitaux temporaires, en lui faisant subir quelques modifications de détail, dont la principale consisterait à lui donner les articulations nécessaires, de manière qu'il puisse se plier en même temps que la couchette, et sans qu'il en résulte une augmentation sensible de volume.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'addition dont il s'agit coûterait environ 20 francs, dont 18 francs pour la fourniture du sommier et 2 francs pour la main-d'œuvre.

§ 3. — CUISINES.

1° Gril Briens. — De tous les grils qui sont exposés, celui de Briens paraît être le plus ingénieux et le plus commode. M. Briens est parvenu, en donnant simplement aux lames de son gril une forme deux fois recourbée, à empêcher la graisse de tomber sur le brasier ou la plaque brûlante du fourneau, ce qui avait pour inconvénient de produire de la fumée et des odeurs désagréables, se communiquant aux aliments, ou quelquefois même de la flamme, qui noircissait les grillades.

Avec ce système, il est impossible que les liquides qui s'échappent des viandes pendant leur cuisson viennent à tomber sur le feu; ils s'écoulent par les sillons inférieurs formés par les lames du gril, et s'accumulent dans le réservoir de l'extrémité.

Il y aurait, je crois, avantage pour le service à doter les cuisines des hôpitaux militaires du gril Briens, qui est, d'ailleurs, d'un prix très modéré.

2° Cuisine De Coutard. — M. de Coutard, ingénieur, a présenté une cuisine portative spécialement destinée à la préparation des aliments dans les ambulances.

Cette cuisine se compose d'une cuisine proprement dite et d'un four.

Dans la première partie se trouvent : 1° le foyer intérieur, se terminant par un manchon horizontal en tôle galvanisée, que la fumée traverse pour se rendre à la cheminée; 2° la marmite où se prépare le bouillon, et qui comprend l'espace laissé vide autour du manchon; 3° deux larges orifices à la partie supérieure de l'appareil, surmontés de deux couvercles et destinés à recevoir des paniers en tôle percée, et où l'on place la viande et les légumes à faire cuire; 4° un robinet par lequel on retire le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bouillon de la marmite; 5° enfin, un bouchon de vidange permettant de nettoyer l'intérieur de l'appareil.

La deuxième partie comporte un four servant à rôtir les viandes, et, à sa partie supérieure, quatre petits orifices, dans lesquels s'emboîtent des casseroles de dimensions diverses affectées à la préparation des aliments particuliers. Cette deuxième partie est chauffée en même temps que la première et avec la chaleur produite par le même foyer.

La construction de l'appareil, sauf l'enveloppe en bois qui le recouvre, est entièrement composée de parties métalliques.

Le poids de celui qui est exposé est de 208 kilogrammes, et sa valeur de 900 francs environ; on peut y préparer la soupe pour cent soixante-cinq hommes. Il va sans dire que l'on peut donner aux cuisines portatives des dimensions diverses, leur contenance pouvant varier entre 60 et 1,500 litres.

Un des deux orifices qui se trouvent à la partie supérieure de la marmite proprement dite pourrait recevoir un récipient en tôle unie au lieu de tôle percée, qui serait, au besoin, employé pour la préparation du ragoût.

Il y a lieu de remarquer que la cuisine De Coutard ne comporte rien pour la préparation des légumes, qui entrent pourtant pour une large part dans la composition du régime alimentaire du soldat malade, et qu'elle ne permet pas la cuisson des aliments pendant la marche.

Il faut reconnaître néanmoins que les mesures adoptées pour la disposition du foyer et du manchon sont ingénieuses, et permettent une prompte cuisson des aliments avec une quantité de combustible relativement peu élevée. Elles sont telles, en effet, que presque tout le calorique produit se trouve utilisé.

La cuisine De Coutard, que la Société de secours aux blessés a déjà introduite dans son matériel, pourrait également être adoptée avec quelque avantage dans les ambulances de l'armée. Mais, dans ce cas, il deviendrait indispensable de la monter sur un train à deux roues, afin d'en rendre le transport prompt et facile.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Cuisine à vapeur Egrot. — La cuisine Egrot, qui est exposée à la classe 53, est destinée à la cuisson des aliments au moyen de la vapeur. Il est à peine besoin de dire que ce mode de cuisine ne convient nullement au service en campagne, et qu'il peut être seulement employé dans les établissements militaires (casernes, hôpitaux, etc.) ayant une certaine importance.

La cuisine Egrot se compose : 1° d'un générateur; 2° d'un réservoir de retours; 3° d'une bouteille alimentant le générateur; 4° d'une caisse à charbon; 5° de marmites isolées, à une certaine distance les unes des autres, et sur une même ligne, servant pour la préparation de la soupe, des légumes, des ragoûts et du bœuf à la mode.

Le générateur est à foyer intérieur; sa position est verticale, ce qui lui fait occuper relativement peu de place. Il est alimenté par une bouteille située immédiatement au-dessus, et qui reçoit elle-même les retours de vapeur condensée, auxquels on ajoute nécessairement la quantité d'eau équivalente à celle qui s'échappe à l'état de vapeur par les soupapes.

Le générateur peut être mis en pression après 30 à 40 minutes de chauffage, alors qu'on a obtenu une température de trois atmosphères environ.

Les marmites sont de contenances variables et à double fond. C'est dans ce double fond qu'est envoyée la vapeur lorsqu'on doit faire cuire des aliments. Elle y arrive au moyen d'un conduit de vapeur, qui part du générateur, et qui s'étend le long de la ligne qu'occupent les marmites. La disposition du conduit de retours de vapeur est identique. La vapeur pénètre dans l'intérieur du double fond par un robinet spécial à chaque marmite, qu'on ouvre et ferme à volonté; un autre robinet donne issue à la vapeur condensée, qui est ensuite envoyée dans les conduits des retours.

Chaque marmite est isolée du sol et supportée par deux axes fixés dans un pied support, et qui la font osciller de manière à la maintenir, à l'aide de manettes, dans un sens aussi incliné qu'on le désire. Le couvercle est à charnières; il est adhérent à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un contrepoids qui sert à le soulever ou à l'abaisser, suivant que l'exigent les conditions de la cuisson.

On peut, avec un même générateur, fournir à la fois la vapeur nécessaire pour la cuisson des aliments et la préparation des tisanes. Il y a un intérêt majeur à disposer l'appareil Egrot en vue de cette double destination, dans tous les cas où le local le permet. Son fonctionnement s'opérerait alors, on le conçoit facilement, dans des conditions beaucoup plus économiques.

Le prix d'une cuisine Egrot dépend tout naturellement du nombre de marmites qu'elle doit comporter. Celle qui est exposée coûte environ 25,000 francs; on peut y préparer l'alimentation de 1,500 hommes.

Les avantages de cette cuisine, si on les compare à ceux que présentent les systèmes actuellement employés, sont nombreux et de nature à être pris en sérieuse considération.

Ils ont principalement pour résultat de faciliter l'exécution du service, de diminuer le travail de main-d'œuvre, de rendre facile l'entretien des marmites et des objets accessoires, d'éviter la fumée et les odeurs désagréables de graillon que produisent les graisses en contact immédiat avec le feu, et de réaliser, enfin, une économie de combustible.

On doit regretter cependant que l'appareil Egrot ne comporte pas de dispositif permettant de faire griller les viandes ou poissons, et de préparer les aliments particuliers, ce qui nécessite l'établissement d'un fourneau spécial, ainsi qu'on a été dans l'obligation de le faire dans les établissements civils qui ont adopté ce système de cuisine.

Dans les localités où le prix du gaz est peu élevé, la cuisine Egrot pourrait être complétée par l'addition d'un fourneau à gaz, à l'aide duquel il serait pourvu à l'insuffisance qui vient d'être signalée.

Mais cette cuisine est d'un système trop compliqué et surtout trop coûteux pour pouvoir être installée avec avantage dans des établissements d'une importance minime ou même secondaire. En ce qui regarde le service hospitalier, elle pourrait être intro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duite seulement dans les hôpitaux ayant habituellement un nombre élevé de malades (trois cents au minimum), et sous la réserve que le même générateur pourra servir à la fois pour le service de la cuisine et celui de la tisanerie.

§ 4. — TISANERIE.

Tisanerie à vapeur. — M. Egrot a également exposé à la classe 53 une tisanerie à vapeur d'après le même système que la cuisine. Cette tisanerie comprend : 1° un alambic à double fond ; 2° une bassine au bain-marie pour cataplasmes, s'emboîtant dans un récipient où se trouve disposé un serpentin de vapeur pour maintenir l'eau à une température convenable ; 3° deux bassines à double fond pour infusions ; 4° quatre bassines également à double fond et oscillant sur deux axes.

La tisanerie fonctionne d'une manière absolument semblable à la cuisine ; mais il ne me semble pas que le service de tisanerie dans un hôpital militaire soit assez important pour qu'il y ait avantage à doter cette dépendance d'un appareil à vapeur spécial, qui est d'un prix relativement très élevé. La préparation des tisanes par ce système ne me paraît susceptible d'être adoptée que là où il existe déjà une cuisine à vapeur, et où la disposition des locaux est telle que le même générateur puisse produire la vapeur nécessaire au chauffage de la cuisine et de la tisanerie.

MONNAC.

§ 5. — BOIS DE LIT IMPROVISÉ POUR HÔPITAUX DE CAMPAGNE.

M. le docteur Léon Le Fort a présenté un bois de lit improvisé pour le service hospitalier de campagne. C'est moins une invention qu'une démonstration de la facilité avec laquelle on peut confectionner rapidement des bois de lit avec quelques planches, telles qu'on en trouve pour ainsi dire dans tous les lieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

habités. Ces bois se composent d'un cadre dont le fond est formé de planchettes disposées transversalement ; aux angles sont cloués d'autres bouts de planchettes en guise de pieds. Le meuble tout entier peut se fabriquer avec une grande rapidité, même par des ouvriers peu expérimentés.

Ce procédé a, d'ailleurs, reçu la consécration de l'expérience. Durant la guerre du Mexique, on fabriqua des bois de lit avec des planches de caisses à biscuit.

M. le docteur Le Fort a aussi imaginé de remplacer le matelas par deux toiles fortement tendues sur les rebords inférieur et supérieur d'un cadre qui s'ajuste dans le bois de lit. Il a obtenu de cette façon un couchage hygiénique, peu dispendieux et facile à installer.

J. Keller.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

SUBSISTANCES MILITAIRES.

MOULINS ET PROCÉDÉS DIVERS DE MOUTURE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

L'examen des procédés divers de mouture présentés à l'Exposition ne peut manquer, dans les circonstances actuelles, d'avoir un sérieux intérêt pour l'administration de la guerre, qui opère directement la mouture d'une partie de ses blés et confie à l'industrie privée la mouture du surplus. L'attention s'est donc naturellement portée sur les mécanismes compris dans l'enceinte de l'Exposition qui ont paru présenter soit un caractère de nouveauté, soit certains avantages sur les procédés habituels, et dont on va donner successivement la description et le fonctionnement.

§ 1^er^. — MOULINS BLUTEURS, BATTEURS ET DIVERS.

1° Meule blutante de MM. Aubin et Baron, meuniers constructeurs à Bouray (Seine-et-Oise), ou moulin bluteur. — La meule blutante est destinée à remplacer les meules gisantes pleines aujourd'hui en usage, la meule courante restant la même. Le rayonnage adopté est le rayonnage au centre, chaque rayon ayant la même excentricité ; un sur deux de ces rayons est remplacé par un orifice de même forme, dans lequel vient s'adapter un châssis en fonte recouvert d'une toile métallique, et qui est muni d'une petite queue venue de fonte avec lui et dépassant la face intérieure de la meule gisante. Sous cette meule, une capacité cylindrique de même diamètre qu'elle, munie d'un râteau,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reçoit la farine et la porte, en la rafraîchissant, à un conduit qui permet de recueillir toute celle qui passe à travers les toiles métalliques, dès qu'elle est arrivée au degré de finesse suffisant. Le son seul va sortir à la circonférence de la meule, par un conduit spécial.

Pour activer le passage qui constitue un blutage, les queues des châssis ou boîtes blutantes reçoivent à intervalles réguliers le choc de petits marteaux, fixés sous la meule près de chacune des queues et mus par un levier à deux ou trois branches portant des cames.

Bien que déjà exposé en 1867, ce système ne semble pas avoir été apprécié par l'industrie, puisqu'on ne sache pas qu'il ait été appliqué à d'autres usines qu'à celle de Bouray, qui appartient à l'inventeur. Faut-il voir là une conséquence de la force de l'habitude, qui est souvent difficile à vaincre, ou bien le peu d'avantages qu'offre pour la minoterie le changement préconisé? Cette seconde hypothèse paraît la plus vraisemblable; il convient donc d'examiner quels sont les avantages que l'inventeur attribue à la meule blutante.

Une des conséquences de son emploi est, dit-il, de moudre plus de blé dans le même temps avec la même force, et il ajoute que l'économie de force motrice peut être évaluée à un quart. Cela pourrait être juste si l'on ne tenait compte de la force employée par le petit appareil qui actionne les cames mettant en mouvement les marteaux batteurs, et cela est si vrai que, d'après les indications détaillées de M. Aubin, la meule blutante produit 2,784 kilogrammes de blé moulu en vingt-quatre heures, ce qui est loin d'être un quart en plus par rapport au moyen habituel. Toujours est-il cependant qu'en admettant cette donnée, il y aurait un certain excédent.

Un autre avantage consisterait dans la qualité des produits, due à ce que la farine obtenue n'a pas à subir la chaleur et la pression qu'elle éprouve dans le système ordinaire pendant son trajet prolongé jusqu'au point où elle tombe à la circonférence. Cet avantage théorique, s'il existe pratiquement, ne saurait être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien sensible, sinon il occasionnerait une plus-value du produit, qui entraînerait forcément les minotiers à en faire usage.

Enfin, M. Aubin ajoute que les sons, arrivant à la feuillure sans être mêlés à la farine, y sont mieux nettoyés et par suite sortent plus légers, et qu'enfin le rendement en farine est plus considérable. Ce sont là des résultats que la pratique peut permettre d'apprécier, mais qui ne semblent pas acquis par le fait seul du fonctionnement de la meule blutante, certaines parties de farine devant certainement être entraînées par les sons avant d'être assez réduites pour passer par les toiles métalliques.

En résumé, sans nier les avantages indiqués par l'inventeur, on doit ne pas en exagérer la portée, en présence de la longue abstention dont a fait preuve l'industrie de la minoterie depuis 1867. Néanmoins la simplification qui résulte de l'emploi du système Aubin, en permettant tout au moins de diminuer les appareils de blutage encombrants et onéreux, fait un devoir de le signaler.

Ce système, qui peut s'appliquer à la mouture ronde aussi bien qu'à la mouture fine par un choix convenable des châssis mobiles à toile métallique, se prête au travail spécial des moutures de la guerre. Il pourrait donc y avoir intérêt pour l'administration militaire à faire une expérimentation des meules à boîtes blutantes, dans le cas où cette administration, pour les installations qu'elle peut avoir à faire, notamment dans les places fortes, ne trouverait pas un système plus avantageux à tous égards. L'expérimentation devrait surtout porter sur le point de savoir si, sans s'écarter sensiblement du taux habituel de blutage, le mode de mouture de M. Aubin permettrait d'employer la farine sortant de la meule sans la faire passer par les bluteries, comme il l'indique, et si ce mode pourrait s'appliquer aux blés durs aussi bien qu'aux blés tendres. Si, contre toute attente, la solution était affirmative, la meule blutante serait un moyen simple d'assurer la mouture des blés, au moins dans les places fortes, où les espaces utilisables sont souvent très restreints.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° Moulin agricole locomobile, à blutage direct, du même constructeur. — M. Aubin a aussi exposé un moulin qui a pour but de bluter directement les produits de la mouture à la sortie des meules, et de simplifier ainsi le travail habituel. Dans ce but le moulin à blutage direct se compose comme suit :

Une trémie recevant le blé est située à la partie supérieure de l'appareil ; vient en dessous une paire de meules ordinaires, pour lesquelles on a adopté une disposition spéciale, afin d'empêcher la chaleur de se développer. Il n'y a pas de tourure entre l'archure et les meules ; on y laisse un vide continu de 5 centimètres, par lequel la boulange tombe en pluie à la circonférence dans la chambre du râteau ; par ce vide un courant d'air incessant s'établit de l'œillard de la meule à la circonférence et empêche la chaleur. En dessous des meules est la chambre à râteau, qui a surtout pour but de distribuer régulièrement la boulange aux bluteries ; le râteau monte et descend à volonté, afin d'emmagasiner au besoin la boulange et de régulariser le blutage, et, par sa rotation continue, il fait office d'aspirateur et contribue à activer le courant d'air autour de la meule. Les bluteries du système habituel, très courtes et en deux compartiments égaux ayant ensemble 3 mètres environ d'étendue, sont placées sous la chambre du râteau, qui les alimente, et en dessous d'elles se trouvent la poulie, les engrenages commandeurs et le levier à soulager ; le fer de meule passe dans l'intervalle des deux bluteries.

Ce moulin, qui n'a pas moins de $2^{m},50$ de hauteur, peut être placé sur un bâti ou sur un chariot. Sous cette seconde forme, il se rapproche du moulin Brisson et Fauchon, aujourd'hui en essai ; il a sur lui l'avantage de tenir moins de place, en raison de sa disposition verticale, de mieux se prêter peut-être au rafraîchissement de la boulange, bien qu'il ne faille pas exagérer les conséquences du mode adopté par M. Aubin, mais, par contre, il a l'inconvénient d'avoir moins de solidité comme moulin locomobile, de produire un peu moins, et surtout de moins bien se prêter au blutage, en raison de la petite dimension relative de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses bluteries, qui ont 3 mètres au lieu de 5 mètres, et qui ne sauraient être sensiblement allongées. Le prix des moulins à blutage direct varie suivant la dimension des meules : il est de 5,500 francs pour meules de $1^{m},50$, et 4,000 francs pour meules de $1^{m},30$. La force que nécessite le fonctionnement de tout l'appareil est évaluée à 3 ou 4 chevaux pour meules de $1^{m},30$, faisant 110 kilogrammes à l'heure.

3° Moulin Brisson et Fauchon, constructeurs à Orléans. — Le moulin exposé par MM. Brisson et Fauchon est établi d'après les mêmes principes que le moulin de ce constructeur dont il vient d'être parlé, et qui a été l'objet d'un rapport de la commission supérieure des subsistances, en suite duquel son emploi en service courant est actuellement à l'essai dans la place de Belfort; on se borne à faire ressortir ici les principales données qui concernent ce dernier:

C'est la meule supérieure qui est gisante; un système de grilles métalliques introduit constamment l'air entre les meules pour prévenir l'échauffement de la boulange; les meules sont suspendues d'après le système adopté pour les lampes de navire, de façon à éviter d'avoir à pratiquer le calage de la meule gisante.

Son fonctionnement nécessite trois chevaux-vapeur ou quatre chevaux attelés à un manège. Il produit sur blé tendre, avec meules de $1^{m},20$, 113 kilogrammes par heure. Il n'exige qu'une consommation de 7 kil. 016 de charbon par quintal de blé.

Avec une meule de $1^{m},30$, qui pourrait être adoptée sans autres changements, la production serait supérieure.

Le prix du moulin à une paire de meules de $1^{m},30$ varierait de 5,000 à 5,500 francs, suivant qu'il serait établi sur bâti en fonte ou sur roues.

4° Moulin batteur système Carr, exploité par M. Touflin, concessionnaire des brevets, 25, rue de Constantinople, à Paris. — Le moulin batteur Carr se compose de deux disques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en fer de dimensions variables, armés de broches en acier, se mouvant inversement dans deux plans parallèles; les rangées de broches emboîtées les unes dans les autres tournent ainsi en sens opposés, sans qu'il y ait en aucune partie des organes de l'appareil contact ou frottement des surfaces. Le blé, introduit par un conduit au centre de l'appareil disposé verticalement, est violemment projeté, sous l'action de la force centrifuge, en dehors des disques, après avoir reçu une série de chocs de toutes les broches en mouvement, qui le désagrègent et le réduisent en boulange.

Pour faciliter cette opération, le blé est mouillé, au moyen d'un appareil spécial, dans la proportion de 2 à 2 1/2 p. o/o, au moment même où il va être conduit au batteur; il n'a donc pas le temps d'absorber d'humidité, et, l'écorce seule étant humidifiée, on peut croire que la quantité minime d'eau introduite dans le travail est, comme l'indique M. Touflin, évaporée entièrement dans le mouvement des plateaux, dont la vitesse est portée à 1,150 tours.

La boulange obtenue est presque aussi fraîche que celle provenant des meules ordinaires, et le passage dans les bluteries, organisées comme à l'ordinaire, permet d'obtenir de premier jet environ 60 p. o/o de farine achevée. Pour avoir le surplus de la farine, la partie à reprendre par le batteur, après passage au sasseur pour faire disparaître les soufflures, varie avec le taux du blutage à obtenir et la qualité des blés mis en mouture. Afin d'atténuer les pertes de temps qu'occasionne cette partie de l'opération, on attend, pour la faire en travail continu, que l'on dispose d'une quantité suffisante de gruaux.

Pour obtenir de bonnes farines, il faut faire usage de plateaux de 80 centimètres, qui donnent sur blé une production de 5 à 6 quintaux métriques à l'heure. Cette production est réduit de 1/3 environ, si l'on tient compte du temps nécessaire pour la remouture des gruaux. Bien que l'on puisse obtenir des productions très supérieures, il semblerait suffisant de s'en tenir à celle indiquée, déjà considérable, si pratiquement elle donne de bons résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les sons se trouvent inégalement nettoyés, ce qui tient sans doute au mouillage et à la rapidité de la désagrégation. Le déchet de nettoyage étant ce que donnent les appareils employés, les autres déchets varient de 0,30 à 0,70 p. o/o.

L'appareil Carr, pour la mouture des blés durs, produit peu de farine de premier jet et exige, pour ainsi dire, qu'il soit au préalable fait des gruaux, à la mouture desquels il est ensuite procédé après sassage. L'opération est donc alors compliquée et réduit la production en sons, mais néanmoins les parties extraites sous une autre forme correspondent avec les sons à peu près au taux actuel d'extraction, à en juger par les renseignements fournis.

Des expériences que le Ministre vient d'autoriser permettront de constater si l'administration de la guerre aurait intérêt à tirer parti du moulin batteur, système Carr, pour le fonctionnement de ses services, soit qu'il puisse être utilisé exclusivement, soit qu'il doive l'être dans une certaine mesure, concurremment avec les meules ordinaires.

Outre sa production considérable, ce mécanisme présente l'avantage de supprimer les rhabilleurs et les frais de rhabillage, de réduire les espaces occupés, si la transmission de la force motrice peut se faire, comme on le croit, plus simplement que dans l'usine de Charonne.

Il reste à déterminer par l'expérience quel est l'écart existant dans l'emploi de la force motrice par rapport au système ordinaire, dans les conditions de production les plus favorables pour le broyeur; on croit devoir exprimer la crainte qu'il ne soit considérable.

5° Moulin de M. Bordier, constructeur-mécanicien, à Senlis. — Ce moulin n'est qu'une variété du précédent. Il en diffère par la disposition des plateaux à broches, qui est horizontale, au lieu d'être verticale, afin de faciliter l'introduction du blé au centre, en même temps que celle d'un courant d'air déterminé par une disposition spéciale du plateau supérieur et qui empêche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'échauffement. Dans ce but, ce plateau se meut dans l'extrémité de l'axe du plateau inférieur, transformé en palier, et M. Bordier interpose entre les deux arbres, terminés par une pointe émoussée de forme convexe, une lentille mobile, convexe aussi sur ses deux faces, et ne se trouvant en contact avec eux que sur la plus petite surface possible. Sollicitée dans les deux sens et noyée entièrement dans l'huile, qui adoucit encore les contacts, la lentille se trouve maintenue au moyen d'un système particulier et reste en équilibre. La marche des plateaux est réglée à sept cents tours seulement, ce qui, outre la disposition particulière qui vient d'être indiquée, atténue sensiblement l'échauffement sur les surfaces de rotation.

D'expériences faites en avril 1878, en présence de délégués de la Société d'agriculture de Senlis, à l'usine de M. Minguet, meunier à Senlis, il résulte que, pour donner un travail convenable, la production de cet appareil ne dépasse pas 110 kilogrammes par heure et n'excède, par conséquent, pas sensiblement celle d'une paire de meules; que la mouture a pu se faire sans mouillage préalable du blé, mais que l'état un peu humide dans lequel se trouvait naturellement le blé a été considéré comme une condition favorable pour faciliter le broyage; que la quantité de farine de premier jet est un peu inférieure à celle que l'on obtient par le travail des meules, et qu'il y a, en conséquence, plus de gruaux à remoudre que dans la mouture ordinaire; que, par contre, la farine de premier jet est plus blanche et que les semoules sont mieux détachées; que les sons, frisés comme dans la mouture ronde, sont suffisamment nettoyés, mais qu'il y reste cependant quelques parties intéressant le rendement en farine; et qu'enfin les farines mélangées, d'une blancheur égale à celle des premières marques employées à la panification, ont donné un pain de bonne qualité, avec rendement supérieur.

En reconnaissant ces résultats, le rapport conclut comme suit: «Le moulin de M. Bordier fait parfaitement la première partie de la mouture, il écrase le grain, mais il n'a pu jusqu'à présent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réduire entièrement en farine la semoule, qui doit toujours être moulue par la meule. »

Il y a donc lieu de faire, pour le système Bordier comme pour le système Carr, la réserve de l'emploi simultané de cet appareil avec la meule ordinaire dans une certaine mesure.

M. Bordier, comme M. Carr, fait emploi des bluteries habituelles, en utilisant le sasseur pour débarrasser les quantités à reprendre des parties légères de son que les semoules contiennent.

La force nécessaire pour mettre l'appareil Bordier en mouvement n'est pas, dit le rapport de la commission de Senlis, beaucoup plus considérable que celle qu'exige une paire de meules, ce qui rend son emploi possible pour les forces hydrauliques les plus ordinaires.

Cette dernière considération pourrait constituer, dans certains cas, un avantage du système Bordier sur le système Carr, qui, en raison de la vitesse considérable des axes et des plateaux, 1,150 tours au lieu de 700, doit nécessiter l'emploi d'un moteur à vapeur. Par contre, le système Carr donne une production beaucoup plus considérable, puisque nous l'avons évaluée par heure à 6 quintaux métriques — 6/3 quintaux métriques, soit 4 quintaux métriques pour le travail complet, alors qu'elle n'est que de 1.10 pour le moulin Bordier. Cette différence tient surtout aux différences de vitesse, mais aussi à la disposition adoptée par M. Bordier pour actionner les plateaux agissant horizontalement, en vue d'obtenir une meilleure répartition du blé, et qui ne permet sans doute pas d'employer une vitesse plus grande sans craindre l'échauffement des surfaces de rotation.

6° Broyeur pulvérisateur à force centrifuge de M. Hignette, ingénieur, à Paris. — Cet appareil n'est qu'une nouvelle variété du système Carr et de son dérivé, le système Bordier. M. Hignette a cherché à remédier aux inconvénients du moulin batteur Carr, savoir : la force considérable qu'exige son emploi,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le grand échauffement qui se produit sur les axes de rotation et les échappées nombreuses qui ont lieu dans le travail et occasionnent cette inégalité qui a été signalée dans les sons.

La force considérable qu'exige le moulin batteur Carr tient en grande partie à ce que le travail de désagrégation du blé se fait presque en totalité dans la course inférieure des plateaux par rapport aux axes, le blé arrivant au centre se trouvant sollicité par l'action de la pesanteur, en même temps qu'en tombant dans le vide il est entraîné dans le mouvement de rotation des plateaux verticaux. C'est pour parer à cet inconvénient que M. Hignette a adopté, comme M. Bordier, pour ses plateaux, la disposition horizontale, qui procure une meilleure répartition du blé entre les broches.

Le grand échauffement qui se produit sur les axes de rotation nécessite dans le travail du moulin batteur des arrêts fréquents, que M. Bordier a cherché à éviter en réduisant la vitesse de ses plateaux, et en leur appliquant la disposition particulière qui a été décrite, mais qui n'atteint le but qu'imparfaitement. M. Hignette pare à cette défectuosité en utilisant pour le mouvement de l'arbre de rotation les paliers graisseurs automatiques de son système breveté, qui donnent un graissage abondant seulement pendant le mouvement, au moyen d'une huile constamment fraîche et épurée.

Enfin il évite les échappées, qui produisent une mouture un peu irrégulière, en donnant à ses plateaux une forme tronconique, qui permet de retenir plus longtemps le blé sous l'action successive des broches et, par suite, d'obtenir un travail plus achevé.

Le broyeur de M. Hignette est à axe vertical; les organes travaillant sont deux plateaux en forme de tronc de cône tournant en sens contraire, sur chacun desquels sont disposées plusieurs rangées concentriques de broches cylindriques, alternant les unes avec les autres, de telle sorte que, lorsque la machine marche, chaque série de broches du plateau inférieur tourne entre deux des séries du plateau supérieur. Ce dernier plateau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est porté par un arbre creux de fort diamètre, sur lequel est calée une poulie. C'est par l'intérieur de cet arbre que le blé est introduit et arrive au centre des plateaux, en évitant toute échappée. Le plateau inférieur est claveté sur un autre arbre, indépendant du premier et sur lequel est calée une autre poulie. Les deux plateaux sont renfermés dans une cuve fermée, à laquelle est ménagée une ouverture pour la sortie de la boulange. Cette sortie est facilitée par un ramasseur fixé au plateau inférieur et qui chasse la boulange par l'ouverture de la cuve. Les deux poulies servent à transmettre le mouvement aux deux plateaux, dont la vitesse est de 1,000 à 1,100 tours. L'appareil est pourvu de trois paliers graisseurs automatiques, un auprès de chacun des paliers et le troisième au-dessus du plateau supérieur.

M. Hignette évalue à 30 p. o/o la réduction de force motrice que nécessite son appareil, par rapport à celle qu'exige le moulin batteur Carr, et à 4 quintaux de boulange au minimum le produit par heure. Ces évaluations peuvent, dit-il, être considérées comme certaines, bien que les essais qui ont été faits du broyeur Hignette n'aient eu jusqu'à ce jour qu'un caractère particulier et restreint. Il reconnaît d'ailleurs qu'avec son broyeur, comme avec les appareils Carr et Bordier, il y aurait intérêt à confier au système ordinaire la remouture des gruaux, l'appareil produisant exclusivement la boulange.

7° Broyeur horizontal, système Fontaine, constructeur-mécanicien à Chartres. — Ce broyeur est une nouvelle variété du moulin batteur système Carr et de son dérivé, le moulin Bordier. Comme ce dernier, il a ses plateaux horizontaux; mais il diffère essentiellement de l'un et de l'autre par les points ci-après. Il n'y a que le plateau inférieur qui tourne, et les broches des deux plateaux, au lieu d'être fixées sur un plan unique, sont étagées; celles des trois premières en partant du centre sont prismatiques, et les deux dernières de même forme sont can-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nelées, les unes et les autres un peu plus longues que celles des deux spécimens susindiqués. Le plateau inférieur a 95 centimètres de diamètre.

Le plateau supérieur, qui est fixe, déborde le plateau inférieur, et forme le couvercle d'un récipient circulaire en bois qui reçoit la boulange, pour la conduire soit à une manche, soit à un élévateur. Les broches de ce plateau sont disposées de façon à se trouver en avant des gradins du plateau mobile pour éviter les échappées.

Sur le dessus du plateau fixe, un engreneur monté sur un socle à vis et écrous alimente l'appareil, avec plus ou moins d'abondance, suivant la position qui lui est donnée au moyen de deux poignées qui permettent de le manœuvrer de droite à gauche. Sur le socle une rondelle en fer percée de trous, comme une bouche de chaleur de cheminée, permet, par le mouvement d'un petit bouton, d'introduire de l'air dans l'appareil dans une proportion variable.

Au lieu et place de l'engreneur, l'inventeur pense qu'il y aurait à tous égards avantage à mettre, comme il se propose de le faire, un comprimeur desservi par une trémie, qui permettrait à la fois d'aplatir le blé et d'en régler la quantité avant de le faire arriver au plateau mobile.

Pour obtenir une grande solidité, reconnue indispensable pour des appareils marchant à grande vitesse, on a fondu d'une seule pièce la plaque de fondation, les quatre colonnes qui supportent le massif des plateaux, et les deux croisillons portant, l'un la poêlette et l'autre la douille en bronze pour le coussinet supérieur.

A ces modifications, dont la valeur ne pourrait être convenablement appréciée que dans un essai de longue haleine, M. Fontaine en a ajouté une autre qui a une grande importance. Un des défauts essentiels du moulin batteur Carr est d'exiger beaucoup de force et d'avoir une transmission compliquée pour arriver à la vitesse donnant une production élevée. Pour y parer sans réduire considérablement la production, comme le fait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bordier, M. Fontaine a adopté la disposition que l'on va décrire :

Le mouvement, donné par une machine locomobile demi-fixe ou fixe, selon le nombre d'appareils à mettre en mouvement, est transmis par deux poulies dont la vitesse de 700 tours est donnée à un arbre horizontal monté sur des paliers graisseurs ; à son extrémité vers le centre, un plateau conique en fonte tournée transmet le mouvement par friction à une bobine garnie de rondelles en cuir, qui prend une vitesse de 2,000 tours, l'appareil marchant à vide, et de 1,600 à 1,800 tours en travail. A l'autre extrémité de l'arbre, au delà des poulies de commande, se trouve un ressort d'acier à plusieurs lames portant une vis au centre, et qui permet d'exercer une légère pression sur les cônes à frictions et de donner l'adhérence nécessaire pour l'entraînement du plateau mobile. La bobine est traversée par un arbre vertical en acier transmettant le mouvement à ce dernier plateau. Pour éviter l'échauffement pendant la marche, toutes les surfaces de frottement de cet arbre sont constamment noyées dans l'huile par une disposition au moyen de laquelle, s'il se produit un peu d'usure, on peut rattraper la différence en soulevant la cuvette à huile au moyen d'une vis verticale du dessous, et sans déranger la verticalité de l'arbre.

Le broyeur Fontaine tient donc en réalité, avec son moteur, une place très restreinte. Jusqu'ici il n'a pas été expérimenté pratiquement d'une façon sérieuse; toutefois l'inventeur a fait connaître qu'il fonctionnera sans doute après l'Exposition.

Théoriquement on suppose que le broyeur en question ne donnera pas moins de 4 à 5 quintaux de boulange à l'heure, que la force nécessaire peut être évaluée de 15 à 18 chevaux pour cette production.

L'administration militaire, qui fait mettre à l'essai le moulin batteur Carr, aura donc intérêt à suivre la mise en œuvre du broyeur qui vient d'être décrit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Broyeur Vapart, exploité par MM. J. Bichon et Cie, constructeurs à Paris, concessionnaires des brevets. — Bien que ce broyeur n'ait encore reçu d'applications industrielles que pour le concassage, le broyage et la pulvérisation de matières autres que les céréales, et notamment des phosphates, cornes, os, cuirs, etc., il a paru utile de parler de cet appareil, qui est désigné comme applicable à la mouture du blé, de l'orge, du seigle, de l'avoine, du maïs, etc., et comme présentant, dans ce cas, des avantages sur les autres procédés de broyage, en ce qui concerne la production et l'économie de force motrice, de main-d'œuvre et d'entretien.

L'appareil comprend un arbre vertical en fer, ayant des portées sur lesquelles sont emmanchés, serrés et clavetés trois moyeux en fonte; sur ces moyeux sont boulonnés trois plateaux circulaires en tôle de fer ou d'acier, portant sur leur face supérieure un certain nombre de palettes dirigées suivant les rayons. Ces palettes sont des équerres en fonte trempée ou en acier; elles sont maintenues sur les plateaux au moyen de boulons dont la tête est en bas et qui sont serrés en haut par un double écrou. En dessous du dernier plateau sont disposées, de la même façon, deux palettes destinées à ramasser le produit de la mouture et à le faire sortir de l'appareil. L'arbre est placé suivant l'axe d'un cylindre, à l'intérieur duquel sont adaptées en face de chacun des plateaux des couronnes dentées, sur lesquelles le choc vient se faire; entre les plateaux se trouvent des déversoirs inclinés. L'arbre se termine, en bas, par un grain d'acier ou de bronze en forme de couteau reposant sur le pivot que renferme la crapaudine; en haut, il porte la poulie de commande.

Les couronnes en fonte coulées en coquille sont boulonnées sur une enveloppe cylindrique en fonte d'une seule pièce, fermée à la partie inférieure par un fond venu de fonte avec elle et percé d'un trou pour le passage des produits de la mouture, et, à la partie supérieure, par un couvercle; ce couvercle est généralement en deux pièces, dont l'une porte un corps de palier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

destiné au coussinet qui maintient l'arbre à sa partie supérieure. La crapaudine est formée par un réservoir à huile venant s'emmancher à frottement doux dans le trou central d'une chaise convenablement disposée.

Pour le broyage, l'arbre et les plateaux sont animés d'un mouvement de rotation autour de l'axe vertical. Par l'ouverture supérieure on charge les matières à broyer; elles tombent sur le premier plateau, s'y distribuent entre les palettes et, par suite du mouvement de rotation, elles sont projetées contre la première couronne dentée, où elles se brisent. L'action de la pesanteur les conduit par le premier déversoir au centre du second plateau; elles sont projetées de la même manière contre la seconde couronne et, descendant par le second déversoir au centre du troisième plateau, elles y sont projetées contre les dernières couronnes et tombent au-dessous de ce dernier plateau, d'où les palettes ramasseuses les poussent dans l'orifice de sortie.

Ce broyeur diffère essentiellement des précédents, en ce que la désagrégation est produite par un simple choc résultant de la projection de la matière à broyer sur une surface immobile; l'effet produit est plus ou moins considérable, suivant la vitesse qui actionne les plateaux; il donne, en conséquence, soit le concassage, soit le broyage en grains plus ou moins fins, soit la pulvérisation. Dans ce dernier cas, on doit avoir recours à une bluterie convenablement disposée, selon la nature des matières, pour extraire les parties fines et retourner au broyeur celles qui n'ont pas la finesse voulue.

Bien que cet appareil n'ait pas encore reçu d'application sérieuse pour la mouture des grains, le constructeur ne le considère pas moins comme le type le plus parfait de ceux existants jusqu'à ce jour pour ce travail, en raison de ce qu'il distribue la matière par un choc méthodique et plusieurs fois répété par le fait du passage successif obligé sur les trois plateaux. Néanmoins, en présence des résistances de l'industrie pour tout changement important dans les procédés habituels, il ne paraît pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposé, quant à présent, à l'exploiter personnellement pour en faire ressortir les avantages.

Bien que ce broyeur ne puisse, pour le moment, être considéré que comme un moyen théorique, en ce qui concerne la mouture du blé, il a paru nécessaire de le décrire et de le signaler à l'attention, parce qu'il paraît en effet contenir, au moins en germe, les éléments d'une application possible.

§ 2. — MOULINS COMPRESSEURS À CYLINDRES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La supériorité incontestable des farines exposées dans la section hongroise ne pouvait manquer d'appeler l'attention, et l'on a dû naturellement rechercher si cet état de choses ne tenait pas aux procédés de mouture employés. On est tenté de le croire, en raison du développement considérable qu'a pris en Hongrie, depuis quelques années, l'emploi des moulins compresseurs à cylindres, et de l'introduction, dans une assez large mesure, de ces appareils, tant en Autriche qu'en Allemagne, en Angleterre et en Russie. L'étude de ces appareils offre donc un intérêt d'autant plus réel que, cette fois, on se trouve présence d'un outillage qui a pour lui la consécration de la pratique dans une large mesure.

L'Exposition universelle en renferme plusieurs spécimens, qui ne présentent entre eux que des différences de détail : on se bornera donc à parler ici de ceux qui devaient plus particulièrement fixer l'attention, et qui ont en effet obtenu des récompenses de premier ordre.

La différence essentielle entre la mouture à cylindres et celle à meules, dit l'un des constructeurs des compresseurs, M. Gantz, consiste en ce que, sur les meules, la boulange est entièrement triturée, et, partant, les sons se trouvent déchirés en petits morceaux, tandis que, sur les cylindres compresseurs, la boulange est travaillée sur une seule ligne de contact, de sorte que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sons restent intacts et se séparent facilement des parties farineuses.

Sans discuter cette allégation, on signale qu'il existe deux types parfaitement distincts de moulins compresseurs à cylindres : celui à cylindres en fonte et celui à cylindres en porcelaine.

1° Moulins compresseurs en fonte durcie, de MM. Gantz et Cie, à Budapest et à Ratibor. — Dans le premier type, ces moulins méritent une mention particulière, parce qu'ils sont les plus répandus, et que, d'ailleurs, ils ont obtenu le premier prix avec diplôme d'honneur à l'Exposition de 1873, à Vienne, et une médaille d'or à l'Exposition de 1878.

En substituant leur fonte durcie au fer ou à l'acier, pour l'établissement des cylindres compresseurs, soit qu'il s'agisse de cylindres cannelés (pour broyer le blé), soit qu'il s'agisse de cylindres lisses (pour désagréger les gruaux et les convertir en farine), ces constructeurs ont réalisé un réel progrès par la prolongation de durée des cylindres, qui se maintiennent bons au travail qu'on leur demande, sans exiger de réparations, tout en continuant à donner d'excellents produits.

Les appareils de MM. Gantz et Cie comprennent trois mécanismes distincts : le broyeur, le désagrégeur et le convertisseur.

Le prix du broyeur varie de 1,640 francs à 2,320 francs, selon la dimension de la machine, changeant avec celle des cylindres et des poulies, qui comportent trois numéros. Celui du désagrégeur varie de 1,480 à 2,005 francs, dans les mêmes conditions; et enfin celui du convertisseur, qui ne comporte qu'un numéro, est de 2,350 francs.

Le broyeur comprend deux paires de cylindres en fonte durcie, cannelés en biais, placés horizontalement, et dont la pression variable est obtenue au moyen de leviers et poids. Les cylindres sont commandés par des roues dentées; ils font de 200 à 250 tours à la minute.

Le désagrégeur comprend deux paires de cylindres lisses en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonte durcie, placés horizontalement, et dont la pression variable est obtenue comme il vient d'être dit pour le broyeur; la commande est la même, seulement elle est réglée de manière à ne donner qu'une vitesse de 180 à 200 tours aux cylindres.

Le convertisseur dispose de trois cylindres en fonte durcie, soit lisses, soit cannelés, superposés, mais non placés sur le même axe vertical, le cylindre central étant en retrait par rapport aux deux autres.

La pression sur les cylindres est obtenue par une disposition récente, au moyen d'anneaux d'allègement en acier élastique roulant avec les cylindres, et dont la tension résulte du déplacement de ceux-ci. Cet arrangement permet de transmettre sur les cylindres, en serrant ou desserrant un écrou, une pression que l'on peut régler selon le besoin, sans que la force soit employée autrement qu'au but proposé, c'est-à-dire au travail de la mouture, les pressions sur les axes étant absorbées par les anneaux. La commande exerce son action sur les cylindres par une poulie et des engrenages, et la vitesse de rotation est de 150 tours.

Au-dessus de chacun de ces trois appareils se trouve placée une trémie dans laquelle est déversé le produit à travailler, dont le passage sur les cylindres est réglé au moyen de vis ou ressorts qui permettent d'augmenter ou de diminuer la quantité portée aux compresseurs, laquelle se divise en nappe en glissant sur un petit cylindre placé aux ouvertures des trémies, qui est strié et tourne sur son axe en même temps que les compresseurs.

Dans le convertisseur, il existe au-dessous de ce petit cylindre un déversoir à rainures.

L'emploi de ces mécanismes est surtout favorable à la mouture haute, et, quelle que soit la combinaison que l'on adopte pour cet emploi, la mouture ne peut être complètement achevée dans des conditions pleinement satisfaisantes qu'en faisant usage, dans une certaine mesure, des meules ordinaires. Le travail, comme dans le système ordinaire, est précédé du nettoyage du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blé au moyen de l'appareil dont on dispose, et qui doit être aussi énergique que possible pour la mouture haute, et suivi, après chaque opération distincte, du sassage et du blutage des produits obtenus soit par les procédés ordinaires, soit avec les tamiseurs centrifuges.

Deux dispositions sont généralement adoptées pour l'emploi de ces mécanismes.

Dans la première, on fait usage des trois appareils et de paires de meules, en combinant leur fonctionnement dans les proportions ci-après, qui sont applicables à un débit de 750 quintaux par vingt-quatre heures :

27 moulins broyeurs à cylindres cannelés;
10 moulins désagrégeurs à cylindres à surface unie;
15 moulins convertisseurs à surface unie;
15 paires de meules de $1^{m},25$, dont 4 pour ébarber et casser le blé et 10 pour finir les grosses farines.

Dans la seconde, on fait usage, avec les meules, seulement du convertisseur, en employant conjointement celui à cylindres cannelés et celui à cylindres lisses. Pour le même débit, la proportion est alors celle qui suit :

23 convertisseurs à cylindres cannelés;
24 — à cylindres lisses;
14 paires de meules comme il est dit ci-dessus.

L'emploi des meules pour ébarber et casser le blé n'est pas indispensable, il n'est qu'avantageux, au point de vue du résultat définitif à obtenir. Il est, en conséquence, possible de supprimer les 4 paires de meules spécialement affectées à la destination qui vient d'être indiquée.

La boulange peut donc s'obtenir soit au moyen de broyeurs à cylindres cannelés (1re disposition), soit au moyen des convertisseurs à cylindres cannelés (2e disposition). Selon le degré de finesse que l'on veut avoir, le passage sur ces cylindres peut être renouvelé un plus ou moins grand nombre de fois, en se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servant graduellement, pour chaque opération suivante, de cylindres de plus en plus fins.

En faisant passer la boulange aux bluteries, on obtient :

1° De la farine de premier jet dans la proportion de beaucoup moins de moitié, par rapport aux procédés ordinaires; elle est naturellement plus blanche;

2° De gros gruaux, auxquels adhèrent encore des particules de son;

3° Des gruaux fins et de la grosse farine entremêlés de petits sons que l'on doit séparer avec des aspirateurs;

4° Enfin des sons purs.

Tous ces produits sont dans des proportions variables, selon la nature des blés, leur état de conservation et le rapprochement plus ou moins grand donné aux cylindres, au gré de celui qui dirige la mouture, et qui se règle pour cela sur le tact qu'il a acquis par la pratique.

Les gros gruaux, soit qu'ils proviennent du premier passage du blé au broyeur, soit qu'ils proviennent des passages subséquents, sont donnés au désagrégeur à cylindres à surface unie, dans la première combinaison, et au convertisseur à cylindres légèrement cannelés, dans la deuxième combinaison, pour être écrasés, afin de faciliter la séparation des gruaux fins d'avec les sons.

Le débit de cette deuxième opération est soumis soit au sassage, soit au blutage, et l'on obtient des farines finies, des gruaux fins et de la grosse farine gruauteuse. La grosse farine et les sons contenant encore des gruaux fins provenant de cette opération peuvent être passés de nouveau sur les cylindres des appareils dont il vient d'être parlé, mais préférablement on les donne aux meules, qui permettent de mieux les finir. Les gruaux fins nettoyés, qu'ils proviennent de la première opération ou de la seconde, et les grosses farines provenant de la première opération sont passés au convertisseur à cylindres lisses et à vitesse différentielle, pour être réduits en farine finie, au moyen d'un ou de plusieurs passages à cet appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme on le voit, les opérations sont multiples et exigent, par conséquent, une certaine expérience pour la bonne direction du travail, qui se complique des passages successifs aux bluteries, sinon même préalablement aux sasseurs.

D'après les renseignements donnés, le broyeur et le désagrégeur peuvent produire chacun 200 kilogrammes environ par heure, et desservir un convertisseur qui peut donner de 300 à 400 kilogrammes par heure.

La force nécessaire pour la production indiquée et la vitesse applicable à chaque appareil est de 1.5 à 2.3 chevaux pour le broyeur et pour le désagrégeur, et de 3 à 5 chevaux pour le convertisseur.

Plus les blés sont secs, plus ils se travaillent facilement avec les moulins compresseurs, qui se prêtent mieux, par conséquent, à la mouture des blés durs ou mitadins qu'à celle des blés tendres, et excluent tout mouillage préalable des blés. On peut trouver dans ce fait l'explication du développement qu'a pris ce système de mouture en Autriche et plus particulièrement en Hongrie.

La maison Gantz devant monter prochainement un moulin complet de son système à Rouen, chez M. Laurent, il sera alors sans doute possible de se rendre compte des avantages de ce système plus exactement qu'on n'a pu le faire à l'Exposition, où l'outillage ne comprenait que des spécimens du broyeur et du convertisseur.

Quant à présent, on croit devoir se borner à dire que ce système de mouture présente une augmentation plutôt qu'une réduction dans l'importance et la dépense des appareils, par rapport au système ordinaire, pour le même travail; qu'il semble exiger toutefois une moins grande dépense de force et, par conséquent, de combustible, et qu'il paraît mieux approprié à la mouture industrielle qu'à la mouture pour les besoins de l'armée.

Néanmoins, comme avec l'expérience cet état de choses pourrait se modifier, et que tout au moins il pourrait y avoir avan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tage à employer les comprimeurs à une certaine partie du travail des moutures, on croit devoir compléter cet exposé par l'indication des autres spécimens figurant à l'Exposition.

2° Moulins compresseurs de MM. Wœrner et Cie, constructeurs à Budapest. — Dans la section hongroise ces constructeurs ont exposé des appareils distincts à deux paires de cylindres pour égruger le grain et pour écraser les gruaux; les cylindres sont en fonte dure, à rayure bien incisive, plus ou moins fine pour les appareils à égruger, et polie dans le sens horizontal et périphérique pour les appareils à écraser les gruaux, avec compression à ressorts et à leviers pour les deux appareils, avec vitesse différentielle pour les machines à égruger et avec la même vitesse pour les machines à écraser. La vitesse des unes et des autres est de 180 tours, et la production par heure varie de 1,250 à 1,650 kilogrammes pour la machine à égruger, suivant que l'on égruge plus ou moins fin, et de 200 à 400 kilogrammes pour la machine à écraser les gruaux, suivant que l'on écrase plus ou moins fin. Peu différent dans son ensemble de l'outillage Gantz, celui de MM. Wœrner ne semble pas devoir lui être préféré; il n'y aurait donc aucune utilité à s'étendre davantage à son sujet.

3° Moulins compresseurs à cylindres en fonte de MM. Hœrde et Cie, constructeurs à Vienne. — Dans la section autrichienne figure ce système particulier, qui, comme celui de M. Gantz, a obtenu une médaille d'or. Il semble donc utile d'en parler, d'autant qu'il comporte l'emploi habituel de la bluterie centrifuge (brevet Martin) perfectionnée.

Ce système comprend indispensablement trois machines : la machine à cylindres universelle, avec pression combinée de ressorts et de leviers pour couper le froment, la machine à remoudre les gruaux, du système Wegman, et la machine centrifuge à bluter.

La machine à cylindres universelle est du système Escher,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vyss et C^ie^; elle comporte quatre gros et forts cylindres en fonte, qui, placés côte à côte, font le broyage ou la mouture en un seul passage. Les axes des cylindres tournent dans des coussinets qui se graissent automatiquement et qui ne s'échauffent jamais, quelle que soit la pression exercée sur les cylindres, parce qu'ils s'humectent eux-mêmes durant le travail. Ce système de coussinets a encore l'avantage de n'exiger le renouvellement de la provision d'huile que deux fois par mois, et dispense de toute autre surveillance. Les cylindres reposent sur un fond qui est coulé d'une seule pièce avec bâti. Les coussinets sont utilisés d'une manière égale, à l'aide d'un ressort. On règle les cylindres d'une façon extrêmement simple : avec une poignée on annule la pression ou bien on l'élève jusqu'à 3,000 kilogrammes. D'autre part, on les règle encore au moyen d'un coin placé entre les coussinets, et qui permet d'écarter ou de rapprocher les cylindres l'un de l'autre, partant d'augmenter ou de diminuer la pression. L'emploi des coins n'est toutefois pas nécessaire pour la mouture simple, mais seulement pour celle des gruaux. Chaque paire de cylindres reçoit d'une trémie placée au-dessus une quantité de grains que l'on peut facilement régler. Cette machine produit de grandes quantités; ses pièces sont garanties de la poussière par une enveloppe en bois; elle peut, dit le constructeur, fonctionner durant des années sans réparations, et il prétend qu'il résulte, d'expériences contradictoires, qu'elle fait le même travail en moitié moins de temps que la meilleure des autres machines du même genre, et qu'elle s'échauffe cependant moins.

La machine à remoudre les gruaux employée par M. Hœrde est celle du système Wegman, dont il sera parlé spécialement plus loin, avec cette différence toutefois que les cylindres sont en fonte, et non en porcelaine.

La machine centrifuge à bluter perfectionnée est du système Martin; elle est de première nécessité, en raison de la grande production de la machine à couper le blé. Elle se compose d'une caisse hermétiquement fermée, contenant un cylindre sur lequel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont fixées les séries de numéros, à régler d'après la production à obtenir. Dans l'intérieur du cylindre, habituellement placé horizontalement, se meuvent avec lui des battants ou ailettes en fer-blanc, qui, en tournant vite, pressent la farine contre la paroi intérieure du cylindre formé par les tissus de blutage. La mouture se déplace donc graduellement en parcourant un cercle sur la périphérie du cylindre, et chaque tour de l'arbre à ailettes, à cause de la direction hélicoïdale de ces dernières, presse la mouture dans le cylindre un peu en avant, parallèlement à son axe. Toutes les particules de la mouture décrivent donc sur la paroi intérieure du cylindre une ligne hélicoïdale, et ce qui n'est pas assez fin pour tomber à travers les mailles des tissus employés arrive à la sortie du cylindre. Aux mailles différentes des tissus employés correspondent des tuyaux d'écoulement pratiqués en bas du cylindre dans le coffre qui l'entoure. C'est par ces tuyaux que la farine tombe dans les sacs, séparée suivant les qualités différentes, ou mélangée au moyen d'une vis sans fin, placée dans le bas du coffre.

La dimension des cylindres varie de 1 mètre à $1^{m},50$, et la vitesse rotatoire des cylindres et des ailettes est de 200 tours par minute.

La mise en action est très simplifiée, puisqu'il n'y a qu'une poulie et une courroie, qui agissent sur un ou deux cylindres, suivant la force de production qu'on veut donner à la machine.

L'emploi de cette machine à bluter présente les avantages ci-après : elle n'occupe guère que le quart de l'espace nécessaire pour les bluteries ordinaires; la production est beaucoup plus considérable, par la raison que le passage s'effectue dans toute la périphérie, tandis qu'avec la bluterie ordinaire il n'y a que la partie de soie inclinée qui laisse passer la farine; cette production est de 500 à 600 kilogrammes par heure; le remplacement des soies est moins fréquent; on peut facilement brosser les soies pendant la marche de la machine.

La machine à bluter est complétée par une trémie placée au-dessus de la boîte à cylindres et destinée à recevoir la boulange

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou les autres produits à bluter, pour les conduire au cylindre bluteur.

Le fonctionnement des deux premiers appareils du système Hœrde comporte, comme pour les machines Gantz et Wœrner, le passage successif, dans la troisième machine, de tous les produits successivement obtenus en une seule fois avec la machine à couper ou égruger le blé, et en plusieurs fois avec la machine à remoudre.

Le machine à bluter ci-dessus décrite, utilisable dans tous les moulins, paraît devoir être plus spécialement recommandée pour ceux disposant d'un outillage de grande production, et aussi pour ceux qui doivent être installés dans un espace restreint, comme cela peut avoir lieu dans les places fortes.

4° Moulin à cylindres avec broyeur en fonte, de M. Daverio, à Zurich. — Pour terminer cette étude sur les moulins compresseurs à cylindres en fonte, on croit devoir citer encore le moulin à cylindres avec broyeurs en fonte dure et coussinets déchargés de M. Gustave Daverio, ingénieur à Zurich, exposé dans la section suisse.

Ce constructeur a voulu, par une simplification dans la combinaison des cylindres et une diminution de frottement dans les coussinets, atténuer la force motrice nécessaire ou augmenter la production en conservant la même force. Dans ce but, comme dans le convertisseur Gantz, son appareil ne comporte que trois cylindres; ils sont à passages indépendants, et, par une disposition particulière, on obtient, dit le constructeur, une décharge presque complète des coussinets, qui permet d'augmenter considérablement la pression et la vitesse des cylindres broyeurs, sans avoir à craindre l'échauffement des tourillons; les galets de décharge, enfermés avec les coussinets dans une sorte de boîte, ramènent constamment l'huile sur les tourillons, sans qu'elle puisse couler au dehors, ce qui procure une économie dans le graissage. Au moyen d'un levier, les cylindres peuvent recevoir, même pendant la marche, un écartement constant et quelconque,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivant la qualité de farine que l'on veut obtenir. Enfin l'absence de toute roue dentée, pour transmettre le mouvement d'un cylindre à l'autre, permet au moulin, malgré sa grande vitesse, de travailler sans bruit.

Grâce à toutes ces dispositions, ce moulin ne demanderait que la moitié de la force motrice employée par les autres spécimens, tout en occupant un espace plus restreint. Avec une vitesse de 260 tours, il rendrait de 200 à 300 kilogrammes par heure, avec une force de un demi à un cheval-vapeur.

Ces résultats seraient de nature à fixer l'attention, au moins pour certains besoins, si le jury, en décernant à cet appareil une médaille de bronze seulement, n'avait ainsi fait ressortir son infériorité relative par rapport aux autres moulins du même système.

5° Moulin compresseur à cylindres en porcelaine, système de M. Wegman, constructeur à Zurich. — Il reste maintenant à parler des moulins compresseurs du deuxième type, c'est-à-dire de ceux à cylindres en porcelaine. Le plus perfectionné et le seul dont il sera fait mention dans cette étude est celui qui est exposé par M. Wegman, de Zurich, dans la section suisse. Il comprend deux machines dont la description et le fonctionnement détaillés sont donnés par un article des *Annales de l'Exposition universelle,* dont on extrait ce qui suit:

« Les deux machines de M. Wegman se composent l'une et l'autre d'un bâti en fonte, qui porte les cylindres et segments en porcelaine à double jeu; le tout est surmonté d'une trémie, relié et mis en mouvement par des engrenages particuliers, poulie et poulie folle.

« La première machine, le grenoir, a un cylindre en porcelaine cannelée à pans coupés, et chaque facette est elle-même creusée de cannelures qui sont striées. Le segment, aussi en porcelaine, est rayé également, et sa partie convexe emboîte le cylindre à peu près sur un tiers de la périphérie de ce dernier. Ce segment peut être rapproché à volonté du cylindre à coussi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nets fixes. C'est dans cette possibilité de rapprocher le segment du cylindre, selon la mouture qu'on veut avoir, que réside un des avantages les plus importants de cette machine. Il est facile de comprendre que, grâce à cette disposition et en variant le rapprochement, on peut indifféremment moudre des blés durs ou tendres, des maïs, des orges, etc. et obtenir une trituration plus ou moins complète, et, par conséquent, des produits de qualités différentes. En rapprochant le segment au degré voulu et en opérant sur le blé, on produit une boulange donnant 25 à 30 p. o/o de farine de premier jet de très belle qualité; si on ne désire obtenir que la qualité de farine habituellement consommée dans les campagnes, on peut même arriver à produire 40 à 50 p. o/o. Ce grenoir ne demande qu'un cheval de vapeur.

« Le blé et ensuite le son doivent subir plusieurs passages à travers le grenoir; un blutage est nécessaire après chaque jet. Au premier jet, le blé est entraîné entre le segment et le cylindre rayé, où il subit, dans son parcours, une pression qui fait éclater le grain. Ce premier passage produit de la farine, des gruaux et du son non fini. M. Wegman vise à faire peu de farine au premier jet, surtout en traitant les blés durs ou demi-durs, qui contiennent plus d'impuretés que les autres. Le son, auquel se trouvent encore attachées des parties farineuses, est ensuite soumis, selon la qualité du blé, à une ou plusieurs opérations du grenoir, en rapprochant chaque fois davantage le segment. Ces opérations, par un effet de grattage, font sortir du son les cellules de farine, sans briser ce premier. Le son de blé dur se trouve entièrement nettoyé; le son de blé tendre est passé avec utilité à travers les cylindres unis. Les sons fins sont très légers et ne renferment plus aucune partie farineuse adhérente à l'écorce.

« Les gruaux obtenus et divisés par grosseurs doivent passer à la deuxième machine à cylindres unis.

« Cette machine se compose de deux paires de cylindres unis en porcelaine. Les deux cylindres intérieurs sont dans des cous-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sinets fixes; ceux placés extérieurement sont mobiles dans tous les sens.

« Pour que le meunier puisse résoudre et dissoudre toutes espèces de gruaux avec cette machine, M. Wegman a fait tourner les cylindres en porcelaine à vitesse différentielle. La nature de ce matériel est telle, que les cylindres, tout en étant lisses, conservent toujours une surface mordante. De cette façon, les cellules contenant les parties farineuses ne sont pas seulement fendues, mais détachées en même temps : par cette disposition, on a augmenté l'effet utile de la machine.

« Malgré l'adhésion toute particulière de ces cylindres, il n'y a ni déchirure ni rapetissement des sons; d'ailleurs, les sons mêlés aux gruaux sont en parcelles si petites qu'ils ne peuvent être réduits d'une manière préjudiciable à la bonne farine pendant le court espace de temps qu'ils passent entre les étroites parties granuleuses des cylindres.

« Pour remoudre environ 150 kilogrammes de gruaux à l'heure, cette machine à cylindres en porcelaine à vitesse différentielle n'exige pas au delà de la force d'un cheval. On ajoute qu'il n'y a pas avantage à augmenter ce travail, car il se formerait alors une couche trop épaisse entre les cylindres, d'où il résulterait que, toutes les parties des gruaux et écorces n'étant plus en contact immédiat avec les cylindres, une portion serait soustraite à leur action, et les parties farineuses encore adhérentes aux écorces ne seraient pas détachées.

« Tous les corps étrangers et plus durs que ces substances farineuses échappent au broiement; car, pour les laisser passer, les deux cylindres extérieurs s'éloignent des deux intérieurs; cet effet est obtenu par la pression automatique donnée aux cylindres extérieurs. »

Les appareils à cylindres en fonte dure valent-ils ou non mieux que les appareils à cylindres en porcelaine? L'expérience seule peut permettre de résoudre cette question. M. Wegman, en préconisant l'emploi des cylindres en porcelaine, fait ressortir que,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la réduction des gruaux en farine, il est nécessaire que la surface lisse des cylindres soit graveleuse et de fine porosité, semblable à de bonnes meules mordantes, et il ajoute que les cylindres en métal dur, ne possédant ni grain ni porosité, n'atteignent jamais le but que se propose la meunerie. Les constructeurs d'appareils en fonte, et notamment M. Gantz, prétendent que les cylindres en porcelaine, en présentant une surface trop polie, amènent souvent un glissement de la marchandise qui nuit à la régularité du travail.

Les uns et les autres appareils, si on en juge par les résultats obtenus, paraissent susceptibles de rendre de bons services, et, bien que le nombre des moulins compresseurs en fonte soit plus considérable que celui des moulins compresseurs en porcelaine, on ne saurait tirer de ce fait un argument en faveur des premiers.

L'étude qui vient d'être faite des moulins batteurs, des broyeurs de différents modèles et enfin des appareils comprimeurs figurant à l'Exposition, semble devoir amener à cette double conclusion que, sans l'emploi des meules dans une certaine mesure, il ne peut y avoir, quant à présent, de mouture complète, pleinement satisfaisante, et qu'il se produit un grand courant d'efforts en vue de substituer aux meules, au moins partiellement, l'emploi de machines plus puissantes comme production, sinon même plus efficaces comme résultats.

On incline à croire que le moment est proche où la France, à l'exemple des autres contrées de l'Europe, devra chercher à modifier son outillage, si elle ne veut pas courir le risque soit de subir les effets de la concurrence dans certaines circonstances, soit de rester en arrière comme produit.

L'administration de la guerre ne saurait se désintéresser dans cette question. Plus que l'industrie privée, elle a besoin de moyens puissants et rapides de production, et tout ce qui à cet égard pourra lui permettre de gagner du terrain, même sans diminution de dépenses, devra être accueilli par elle, si elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut aussi obtenir ses produits sans atténuation de la qualité. La difficulté que lui occasionne le système de recrutement en vigueur pour l'entretien de bons rhabilleurs, si nécessaires au travail par les meules, lui rend d'ailleurs plus particulièrement favorable l'emploi des systèmes qui permettraient de s'en passer, au moins dans une large mesure. Elle devra donc, sans attendre que la minoterie prenne les devants, ne pas hésiter à suivre, sinon à mettre à l'essai les engins nouveaux, afin de trouver une combinaison d'organes permettant de réaliser les avantages possibles sous le rapport de la production, de l'économie et peut-être aussi de la qualité.

Si l'on s'est borné à ne comprendre dans cette étude que les procédés s'écartant des moyens habituels en usage en France pour la mouture des blés, c'est que le procédé de mouture par les meules est arrivé à une perfection qui ne laisse plus, dans cette voie, qu'une marge bien étroite aux améliorations. L'Exposition, à proprement parler, n'en contenait aucune qui méritât une mention spéciale. Les appareils exposés sont tous connus et en usage, et les seuls qui aient reçu une certaine extension dans l'exhibition de 1878 sont ceux qui, par leur disposition, sont particulièrement applicables aux grandes exploitations agricoles. C'est ainsi que divers constructeurs, MM. Albaret de Liancourt, Brouhot et C^ie^ de Vierzon, Hermann-Lachapelle de Paris, Jauffroy-Cadet et fils de Vienne (Isère), et autres, ont exposé des moulins sur colonne-beffroi portant les meules, le mécanisme, la plate-forme et l'archure, sans soles, massifs, fondations ni points d'appui extérieurs. Le dernier comprend même son appareil moteur porté tout en entier sur la colonne du beffroi, et mis en communication avec la chaudière, disposée à proximité, au moyen d'un tube en cuivre.

Tous ces appareils ont l'avantage d'une grande simplicité dans les organes, dans l'installation et dans la marche. Ils se prêteraient donc à des installations fixes dans les places fortes, si, dans cet ordre d'idées, la préférence ne devait être donnée au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moulin locomobile Brisson et Fauchon, qui, tout en assurant les mêmes résultats comme production et qualité des produits, a l'avantage de pouvoir se déplacer, ce qui peut être quelquefois nécessaire, et ce qui permet en tous cas de faire la mouture à proximité des magasins à blé.

Il n'est donc pas utile de s'étendre sur les moulins dont il vient d'être parlé.

Pour épuiser cette question, il restait encore à rechercher les appareils susceptibles de produire un travail suffisant, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours soit à la force hydraulique, soit à la vapeur. Il peut en effet, dans certains cas, y avoir intérêt à conserver en grande partie en blé l'approvisionnement de forts détachés; cette disposition ne peut être adoptée que si on a la possibilité de pourvoir en toutes circonstances à la transformation du blé en farine. Vu le peu d'importance de la consommation journalière dans ces forts, un moulin à manège serait suffisant pour atteindre le but. La recherche dont il vient d'être parlé avait donc une raison d'être; on se hâte de dire qu'elle n'a pas été absolument sans résultats, puisque deux spécimens ont été trouvés : l'un, dit moulin Bouchon, déjà connu de l'administration, l'autre, dit moulin pour la trituration, de M. Brochard.

Le premier se compose d'une trémie qui reçoit le blé et le porte par un conduit sur un tiroir distributeur, lequel reçoit un mouvement de battement pour déverser successivement le blé dans une boîte, qui renferme une noix cannelée et deux petites meules, dont la supérieure est fixe. Le blé, concassé entre les cannelures de la noix et l'œillard de la meule fixe, est moulu et achevé par les surfaces horizontales des meules. La mouture est chassée, par des ailettes fixées au pourtour de la meule tournante, dans une manche inclinée qui la conduit dans une bluterie attenante au massif de l'appareil. Une vis située à la partie supérieure permet d'éloigner ou de rapprocher les meules. Un conduit spécial est ménagé sur l'un des côtés de la boîte pour le passage de l'huile nécessaire au fonctionnement.

Pour les appareils de petite dimension, le mouvement est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donné à la fois au mécanisme et à la bluterie par une manivelle mue à bras. Dans les appareils plus forts, le mouvement est donné par un manège ou par tout autre moteur. Dans le premier cas, on n'obtient guère plus de 20 à 25 litres avec deux hommes; dans le second cas, avec deux chevaux, on peut obtenir jusqu'à 60 litres.

Le second spécimen ne dispose pas de bluterie. Il en faut en conséquence une distincte. Il repose sur le même principe que le précédent: le blé n'est soumis à l'action des meules qu'après un concassage par une noix disposée comme celle des moulins à café. M. Brochard n'a pu donner sur le produit de cet appareil et sur la force que nécessite son fonctionnement que des renseignements insuffisants, qui pourront être complétés à l'occasion d'une expérience qu'il se propose de faire, dans le commencement de l'année 1879, avec un appareil en ce moment en construction. Il reconnaît toutefois d'avance que, tout susceptible qu'il est d'être employé à la mouture du blé dans certains cas, son appareil est surtout construit et vendu pour la trituration de matières dures, telles que les émaux, les bois, porcelaines, ciments, etc.

L'emploi de chacun des deux appareils nécessiterait celui d'un tarare puissant pour le nettoyage préalable des blés, d'autant plus nécessaire qu'avec des moyens de mouture aussi primitifs le produit sera certainement au-dessous des produits ordinaires, bien que les échantillons vus à l'Exposition pour le moulin Bouchon puissent permettre d'espérer des résultats satisfaisants.

MONY.

§ 3. — APPAREILS À NETTOYER LES GRAINS.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La section française et les sections étrangères contiennent des collections nombreuses et variées d'appareils pour nettoyer les grains.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De grands progrès ont été faits pendant ces dernières années. Les appareils sont appropriés selon les besoins de la meunerie ou de l'agriculture et du commerce. Ils consistent en ventilateurs, cribleurs, aspirateurs, diviseurs, sasseurs et laveurs, simples ou combinés.

Appareils pour la meunerie. — Parmi ceux appropriés pour la meunerie, nous mentionnerons comme appelant plus particulièrement l'attention par leur degré de perfectionnement :

1° Un système complet de nettoyage exposé par M. Hignette, ingénieur-constructeur à Paris, se composant des appareils suivants :

Un émotteur-épierreur, qui extrait toutes les matières étrangères plus grosses ou plus denses que le blé;

Un tarare aspirateur à double aspiration;

Un cylindre trieur à alvéoles, pour l'extraction des graines rondes;

Une colonne épointeuse avec aspirateur qui nettoie les blés boutés et enlève les poussières, les grains cassés, les bales et les matières légères.

Tous les déchets sont reçus dans une chambre à poussière.

Les dimensions de ces appareils sont proportionnées à la quantité de blé à nettoyer par heure, qui peut varier de 2 à 30 hectolitres. Le système complet coûte de 2,000 à 8,000 francs, selon le produit de travail à obtenir.

2° Un autre système complet de nettoyage exposé par MM. Rose frères, constructeurs à Poissy (Seine-et-Oise).

Nous savons que beaucoup de meuniers et de négociants l'ont adopté, partiellement ou en totalité, et qu'ils en sont très satisfaits.

D'un autre côté, nous pensons qu'il pourrait être avantageusement utilisé dans les moulins et les magasins de l'administra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion militaire. Aussi croyons-nous devoir en donner une description succincte. L'ensemble du système se compose :

D'un tarare aspirateur américain, avec émotteur et cribleur;
D'un trieur à graines rondes et longues;
D'une colonne épointeuse à fil d'acier;
D'un tarare américain aspirateur simple;
D'un mouilleur automatique.

Ces appareils peuvent être, selon la disposition des lieux, installés sur un seul plancher ou superposés.

Le blé sale est vidé dans un boisseau, du fond duquel il se dirige vers une couronne à godets le distribuant à l'élévateur d'alimentation des cribleurs. La commande de l'élévateur donne le mouvement à ce distributeur, de façon à ce que le débit soit toujours proportionné aux besoins des appareils.

Le blé passe d'abord dans l'émotteur-cribleur cylindrique, formé de deux grilles concentriques et d'une enveloppe pleine.

Les déchets sont recueillis immédiatement, tandis que le blé, après avoir été soumis à l'action du tarare aspirateur américain, tombe dans les trieurs cylindriques à graines rondes et longues.

Le blé se trouve alors débarrassé de la terre, des pierres et autres impuretés et des graines étrangères.

Il reste à compléter le nettoyage. A cet effet, le blé est amené dans la colonne épointeuse, pivotant à la vitesse de 380 tours à la minute, qui le débarrasse de la poussière et des impuretés adhérentes et le démouchette, au besoin.

De là il est conduit dans le deuxième tarare américain. Celui-ci aspire les nouvelles poussières et les refoule dans la chambre commune.

Il est livré ensuite aux ailes en tôle d'un moulinet. La chute du blé dans ce moulinet met en mouvement un volant fixé au même axe, et garni de petits godets puisant l'eau dans un petit réservoir pour humecter le blé dans une proportion variant avec la vitesse du moulinet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le fonctionnement d'un système complet de nettoyage produisant 800 kilogrammes de blé à l'heure exige la force de trois chevaux.

Les appareils coûtent, sans accessoires, 3,370 francs, se décomposant ainsi qu'il suit :

Tarare émotteur-cribleur	600 francs.
Trieurs de graines rondes et longues	1,420
Colonne épointeuse	725
Tarare simple	325
Mouilleur automatique	300
TOTAL	3,370

La maison Rose construit des appareils de diverses grandeurs, pour nettoyer depuis 200 jusqu'à 2,200 kilogrammes à l'heure; les prix varient de 2,000 à 9,000 francs.

Le système complet conviendrait pour les moulins permanents que l'administration militaire aurait à pourvoir de moyens de nettoyage du blé. Le tarare américain avec émotteur et cribleur serait, à la rigueur, suffisant pour les moulins portatifs et ceux à installer, sous la forme la plus réduite, dans les places fortes. Ce tarare pourrait être avantageusement substitué au crible Bourdin, pour le criblage du blé dans les magasins.

Parmi les appareils à laver le blé, nous avons remarqué celui de M. Rebel, de Moissac (Tarn-et-Garonne). Il ne fonctionne pas à l'Exposition, mais, au dire de l'inventeur, cet appareil nettoie complètement les blés par le lavage. Il nettoie à sec les blés trop tendres pour pouvoir être lavés.

Tout le système de nettoyage et de lavage est renfermé dans un cylindre et deux montants, qui tiennent dans un espace de $3^{m},50$ de longueur, 1 mètre de largeur et $1^{m},60$ de hauteur. Son poids est de 1,000 kilogrammes. La force à employer pour laver, nettoyer et sécher 12 quintaux de blé en une heure ne serait que d'un cheval-vapeur. Son prix est de 2,660 francs.

Ce serait merveilleux, si l'inventeur ne se faisait illusion. Du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reste, cet appareil va être expérimenté au moulin militaire de Billy, et, s'il réussissait, il devrait être adopté de préférence à tout autre.

Nous avons vu aussi un nettoyeur décortiqueur exposé par M. Boucher, rue Quincampoix, 96, à Paris. Le principe de cet appareil repose sur le frottement du blé par le blé même. Sous l'action du frottement, la première enveloppe se détache complètement. Le blé doit préalablement être humecté à raison de 1 1/2 à 3 p. o/o d'eau, suivant sa nature et son degré de siccité.

Le blé est introduit par une trémie dans une auge demi-cylindrique en forte tôle. Trois pilons verticaux, dont les têtes arrondies sont garnies d'une toile en fil d'acier, viennent alternativement le battre pour en déterminer la décortication. Il tombe ensuite dans un cylindre à brosse et, de là, dans un aspirateur, qui en opère la division en blé propre et en déchets.

D'après l'inventeur, cet appareil, qui occupe fort peu de place, constituerait un nettoyeur complet et meilleur que tous ceux qui existent. Mais il est permis de douter qu'il soit dans le vrai. Nous n'avons vu à l'Exposition que l'auge et les pilons, dont le fonctionnement nous a paru efficace. Il reste à savoir si le nettoyage se complète au moyen des autres organes, et jusqu'à quel point cet appareil pourrait être utile pour les besoins de l'administration militaire. Des expériences assez prolongées pourraient seules résoudre la question.

L'appareil coûte 1,800 francs et peut, au dire de l'inventeur, nettoyer 1,000 kilogrammes de blé à l'heure.

Appareils pour l'agriculture et le commerce. — C'est à propos des appareils de nettoyage des grains appropriés à l'agriculture et au commerce qu'il a été dit, en commençant, qu'il en existe un grand nombre à l'Exposition universelle. Mais tous ces appareils se ressemblent, sauf quelques dispositions particulières de peu d'importance. Ce sont des cribles ventilateurs, pour la plupart, donnant aux grains une épuration préparatoire et pou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vant servir à des manœuvres de conservation. Nous n'en avons pas vu dans la section française de susceptibles d'être substitués au crible récemment adopté par l'administration militaire pour le criblage de l'avoine.

Nous avons déjà dit que le tarare aspirateur américain pourrait être avantageusement adopté pour le criblage du blé dans les magasins.

Mais nous avons remarqué dans la section anglaise un appareil exposé par la maison Corbett et Peele, de Shrewsbury, sous la désignation de « tarare-éclipse ». C'est un tarare ventilateur perfectionné, se mouvant à bras d'homme, au moyen d'une manivelle. Les déchets sont recueillis dans une boîte; le blé propre tombe dans une auge, d'où un élévateur à godets le déverse dans une trémie, au-dessous de laquelle on place un sac reposant sur une bascule. Lorsque le sac a le poids voulu, le plateau de la bascule s'abaisse automatiquement et fait fermer la vanne de la trémie, de sorte que l'ensachement et le réglage des sacs s'opèrent au fur et à mesure du nettoyage.

Le prix de cet appareil, qui nous a paru ingénieusement combiné, est de 500 francs, rendu à Paris.

En raison de son prix modéré et des services variés qu'il peut rendre, nous croyons qu'il y aurait intérêt à ce que l'administration militaire en achetât un pour être mis en essai.

DESANTIS.

§ 4. — APPAREILS MÉCANIQUES POUR RHABILLER LES MEULES DE MOULINS.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les appareils propres à exécuter mécaniquement le rhabillage des meules peuvent être classés en deux catégories :

1° Ceux disposés pour faire la ciselure avec un diamant tournant très rapidement et pouvant se déplacer, au moyen de mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canismes divers, aussi bien longitudinalement que latéralement ;

2° Ceux dans lesquels on combine des organes mécaniques et la main de l'homme pour opérer le rhabillage, en se servant des marteaux généralement en usage.

1re Catégorie. — Les machines à rhabiller de M. Golay (de Paris), de M. Millot (de Zurich) et de MM. Rose frères (de Paris) rentrent dans la première catégorie.

Les deux premières fonctionnent en empruntant la commande de leur mouvement à un arbre à proximité des meules ; elles diffèrent l'une de l'autre par diverses particularités de leurs mécanismes, mais, dans toutes les deux, le diamant outil agit de la même manière, de sorte que les explications qui vont suivre sont applicables aux deux appareils.

Les machines à rhabiller ne sont pas une invention nouvelle. En 1868, on a fait, au moulin militaire de Paris, des expériences très complètes avec la machine Golay, et l'on a reconnu que, si le rhabillage se fait plus rapidement qu'au marteau plat, il faut, par contre, blanchir deux fois par semaine, au lieu d'une, certaines parties de la meule, ce qui fait perdre, tout au moins, le temps gagné au rhabillage. En effet, le travail de la machine use la pierre d'une manière appréciable à chaque rhabillage, ce qui tend à effacer beaucoup plus promptement l'entrée du cœur et de l'entrepied de la meule, ainsi que les rayons. Cet état de choses ne s'est pas sensiblement modifié depuis 1868.

Il résulterait donc de l'emploi de la machine à rhabiller que les meules s'useraient plus vite, sans que cet inconvénient très sérieux fût compensé ; car, outre qu'il n'y aurait pas économie de temps, il ne serait pas moins nécessaire que la machine fût dirigée et que les meules fussent blanchies par de véritables rhabilleurs.

Il faut noter aussi que, malgré tous les soins que l'on apporte à choisir des carreaux homogènes pour la fabrication des meules, on n'arrive jamais à une homogénéité absolue. Le rha-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

billeur, sentant sous son coup de marteau les différences dans la nature de la pierre, dirige son travail en conséquence, tandis que le diamant ne peut travailler que d'une manière absolument mécanique et toujours la même.

La machine Rose est beaucoup plus simple que les machines précédentes, mais elle a les mêmes inconvénients et donne des résultats moins satisfaisants. Elle peut être comparée à une petite raboteuse, dont l'outil est un diamant qui raye la pierre. Le porte-diamant est manœuvré à la main sur deux glissières; le cliquetage qui sert à fixer l'écartement des ciselures se fait automatiquement par la machine elle-même.

2e Catégorie. — Deux machines à rhabiller se rapportant à la deuxième catégorie ont été exposées, l'une par M. Millot, de Zurich, l'autre par M. Touaillon, de Paris. Ces machines peuvent être manœuvrées par un ouvrier quelconque, après un très court apprentissage, et par conséquent utilisées pour faire un rhabillage tant bien que mal, dans le cas particulier où un moulin se trouverait momentanément dépourvu d'ouvriers sachant plus ou moins bien rhabiller.

Ce cas ne semble pas devoir se présenter dans les moulins de l'administration, auxquels le recrutement des sections d'ouvriers d'administration fournira toujours des ressources suffisantes, au moins en rhabilleurs passables. Nous croyons toutefois qu'il serait utile de le prévoir et de faire acquisition de quelques-unes de ces machines auprès de M. Touaillon, qui les vend au prix de 300 francs, emballage compris.

On peut rattacher aux machines à rhabiller la machine Corundum, de Hogedoom, exposée dans la section anglaise, dans laquelle le diamant rotatif est remplacé par une molette de $0^m,15$ environ de diamètre, formée par l'agglomération de poudres siliceuses très dures. Cette molette est disposée pour être mue mécaniquement et faire les rayons, à la condition qu'ils seront droits. Cette machine ne peut servir qu'à faire et entretenir les rayons, et encore faut-il que la main de l'homme et le marteau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soient employés pour achever le travail aux extrémités que la molette ne peut atteindre. Elle ne serait pas applicable dans la plupart des moulins militaires, où les meules sont à rayons curvilignes.

Ajoutons que les appareils propres au rhabillage mécanique sont d'un prix élevé et que le remplacement des diamants est particulièrement onéreux.

Conclusions. — Nous concluons de ce qui précède que les machines à rhabiller ou à rayonner les meules de moulins ne peuvent jusqu'à présent être utilisées dans le service des subsistances militaires, à l'exception de celles de la deuxième catégorie, qu'on tiendrait en réserve pour le cas peu probable, mais cependant possible, où les ouvriers rhabilleurs viendraient à faire défaut sur un point quelconque.

Desantis.

§ 5. — élévateur renhaye.

La classe 54 comprenait, dans le nombreux et important matériel y exposé, un élévateur dit « élévateur Renhaye ». Les inventeurs de cet engin le présentent comme susceptible d'être affecté au déchargement des grains emmagasinés en vrac dans les navires, au déplacement des grains dans les magasins, en les dégageant de la poussière et en améliorant leur état par la ventilation, à la sanification des grains dans les silos et les greniers par l'introduction d'un courant d'air chaud détruisant les insectes et absorbant l'humidité, et enfin au concassage des grains.

De toutes ces applications, celle qui a paru avoir la plus sérieuse utilité est la première, par la raison qu'elle réduit considérablement la main-d'œuvre et soumet le grain à un brossage énergique par une aération puissante, ce qui a un intérêt d'autant plus grand que, pendant les transports par eau, les grains mis en grenier s'échauffent et tendent à subir des avaries le plus souvent réparables par des manutentions énergiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le même résultat pouvant être obtenu pour les grains emmagasinés, la deuxième application peut aussi présenter un utile emploi pour les établissements qui entretiennent en permanence un approvisionnement considérable.

Quant aux deux autres applications, elles peuvent être faites par d'autres moyens simples, et on pense en conséquence qu'il est inutile, au moins en ce qui concerne la dernière, de s'en préoccuper pour le moment.

Réduit à ses deux premières applications, l'élévateur Renhaye offre déjà assez d'avantages pour que l'on n'hésite pas à examiner la question de savoir si, dans ses conditions d'installation et de fonctionnement, il mérite de fixer l'attention, et si l'administration de la guerre pourrait avoir avantage à en faire l'essai, en vue de la conservation des grains qu'elle entretient dans ses grands établissements.

L'élévateur pneumatique Renhaye repose sur ce principe que, quand on mélange à une certaine quantité d'air en mouvement dans un conduit des matières solides divisées, il se forme un semi-fluide dans lequel les pressions varient suivant les lois des fluides ordinaires.

On peut donc élever des matières solides à des hauteurs déterminées, en réglant le poids spécifique du semi-fluide d'après la pression obtenue, et, quand le poids spécifique de la colonne semi-fluide est trop considérable par rapport à la pression, cette colonne atteint une hauteur qu'elle ne peut dépasser; dès lors, le maximum du rendement a lieu lorsque le poids spécifique de la colonne semi-fluide est dans le voisinage de son maximum.

La puissance mécanique de l'air en mouvement a été ainsi utilisée dans divers élévateurs pneumatiques; l'élévateur Renhaye diffère des autres en ce que l'air est mis en mouvement par un ventilateur centrifuge, et en ce que le poids spécifique du semi-fluide est réglé par un régulateur pneumatique.

En tenant compte des derniers perfectionnements apportés par les inventeurs, cet élévateur se compose comme suit :

1° Un ventilateur double, système Perrigault, pouvant don-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ner son rendement maximum dans le cas spécial d'un semi-fluide;

2° Un récepteur relié à l'œillard du ventilateur par un long tube, lequel est élargi, à sa jonction au récepteur, de manière à diminuer l'étranglement de la veine fluide, et est séparé du tube d'arrivée du grain; ce dernier aboutit au sommet du récepteur, et sa partie finale est formée de tubes de sections croissantes de façon à diminuer progressivement la vitesse du grain à l'entrée de la chambre. Le récepteur se termine par un tube d'écoulement au bas duquel est disposé un régulateur conique à contrepoids;

3° Un régulateur placé autour du tube ascensionnel, qui est en communication avec l'air sortant du ventilateur et, par suite, modifie la vitesse de l'air entraîné.

Le fonctionnement de l'appareil a lieu de la manière suivante :

Le courant d'air produit par l'aspiration très énergique du premier ventilateur, à la surface du blé, entraîne les grains. Pour faciliter cet entraînement, et par suite la marche régulière de l'appareil, il faut que l'orifice d'aspiration soit toujours à très peu près à la même distance des grains que l'on doit élever, $0^{m},05$ environ; c'est le régulateur qui est chargé de cette fonction. Les grains ainsi régulièrement entraînés montent isolés en tournant rapidement et comme brossés énergiquement par le courant d'air, dont la vitesse d'élévation est naturellement plus grande que celle des grains. Le tube d'aspiration débouchant à la partie supérieure du récepteur, les grains et tous les corps lourds tombent au fond de ce récipient et se déversent par son orifice inférieur, qui s'ouvre et se ferme automatiquement, grâce à la disposition ci-dessus indiquée, soit sur le plancher de l'étage qui doit recevoir le grain, s'il est immédiatement au-dessous de la chambre, soit dans une manche, si le plancher est à un autre étage inférieur. L'air s'échappe alors par le tube descendant, qui s'adapte à mi-hauteur du récipient, et va rejoindre le second ventilateur; il entraîne avec lui les poussières et parties

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

légères, qui sont expulsées avec l'air à la partie inférieure par le second ventilateur.

Théoriquement, cet appareil semble donc bien conçu pour recevoir tout au moins les deux principales applications en vue desquelles il a été construit, et, dans ces conditions, on pense que sa mise à l'essai à la manutention de Billy doit être proposée, les inventeurs étant disposés à se prêter aux expériences. Il est en effet indispensable, avant de porter un jugement définitif, de se rendre compte de la valeur pratique de l'appareil, non seulement au point de vue des résultats à obtenir sous le double rapport du déplacement des grains et de leur amélioration, mais encore sous celui du travail réalisé par rapport à la force dépensée. On doit dire que les indications données à ce dernier point de vue sont de nature à faire craindre que le rendement ne soit pas suffisant pour la force que le travail exige; mais, s'il en est ainsi, peut-être serait-il possible de remédier à cet inconvénient, qui pourrait être à lui seul de nature à faire écarter l'emploi de l'appareil.

MONY.

§ 6. — APPAREILS POUR L'ÉTUVEMENT DES FARINES.

Les expériences faites par la Société centrale d'agriculture, en présence de M. Payen, ne peuvent guère laisser de doute sur les conséquences favorables qui résultent, pour la bonne et longue conservation des farines en vase clos, de leur étuvement préalable convenablement fait. Ces expériences, commencées en 1860 sur des farines étuvées par le procédé de MM. Touaillon fils et C^ie^, ont été suivies, de 1862 à 1876, sur un échantillon qui, mis en vase clos pour l'Exposition universelle de Londres en 1862, a été examiné une première fois en 1867, puis fermé de nouveau et examiné une deuxième fois en 1876. A la suite de ce second examen, une commission spéciale, composée de MM. Barral, Hervé-Mangon et baron Thénard, a fait fabriquer avec cette farine du pain et de la pâtisserie, et a constaté que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau évaporée pendant l'étuvement rentre dans la pâte pendant le pétrissage, et qu'en conséquence le déchet se trouve compensé. En séance générale de la Société d'agriculture, les produits de la fabrication ont été trouvés excellents, et à l'unanimité la Société a décerné à MM. Touaillon fils et Cie son grand prix, pour avoir si complètement résolu le problème de la conservation des farines.

« C'est là, a dit M. Payen à la Société d'agriculture, une innovation remarquable que je me suis proposé de signaler à l'attention de la Société; elle est intéressante à plus d'un titre, car elle semble devoir résoudre à la fois deux grands problèmes, qui préoccupent en ce moment l'administration ainsi que les industries de la mouture et de la boulangerie. Il s'agit non seulement d'assurer la conservation des farines et de régulariser leur rendement à la panification, mais encore de prévenir les déperditions et les dangers résultant des diverses altérations spontanées des farines : attaques des insectes, fermentations et moisissures, qui, surtout durant les années humides, occasionnent un notable déficit dans les quantités et la valeur nutritive de cette substance alimentaire. »

Ainsi posée par une autorité aussi compétente que celle de l'éminent savant, la question de l'étuvement des farines, pour en assurer la bonne et longue conservation, ne peut laisser indifférente l'administration de la guerre, qui entretient et peut être appelée à conserver sous cette forme des approvisionnements dont la mise en consommation dans un délai suffisamment rapproché ne peut pas toujours avoir lieu.

Aussi, bien que cette administration ait déjà fait procéder de son côté à des expériences, qui remontent, il est vrai, à plusieurs années, et qui ne confirment pas complètement les résultats susrelatés, croit-on néanmoins utile d'exposer le procédé de MM. Touaillon.

On peut en effet se demander si la différence des résultats obtenus ne tient pas à la différence des moyens qui ont été em-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ployés, dans les deux cas, pour étuver les farines soumises à des essais de conservation et de panification.

L'étuvement des farines se faisait et se fait encore souvent dans des chambres hermétiquement closes, et dans lesquelles la température est suffisamment élevée par des procédés variables. Par le fait de cette élévation, l'eau de végétation ou d'absorption contenue dans la farine se trouve réduite en vapeur, qui vient se condenser contre les parois internes de la chambre et forme de la buée ou des gouttelettes, lesquelles, en retombant dans la farine, y maintiennent un germe de fermentation. On n'obtient ainsi que de 1 1/2 à 2 p. o/o d'eau de moins que dans les farines non étuvées, alors que, pour en assurer la conservation, il serait utile, d'après MM. Touaillon, de n'y pas retrouver plus de 6 p. o/o d'eau.

D'un autre côté, dans les étuves fermées, on ne peut pas varier à volonté le degré de chaleur, et alors l'action brusque d'une température élevée sur la farine a le double inconvénient de décomposer cette matière amylacée et de cuire le gluten, ce qui fait perdre à la farine le caractère nécessaire pour que les pâtes qu'elle sert à fabriquer soient convenablement élastiques; en outre, les ouvriers, forcés d'entrer continuellement dans ces étuves, y souffrent de la température et des transitions continuelles du chaud au froid.

Pour parer à ces inconvénients, MM. Touaillon et fils ont eu l'idée de procéder à l'étuvement à l'air libre, en faisant passer la farine à des températures s'élevant successivement jusqu'à la limite suffisante pour obtenir le résultat indiqué plus haut, soit la réduction à 6 p. o/o de l'eau qui se trouve contenue dans la farine. Dans ce but, ils ont construit l'appareil dont on va donner la description et le fonctionnement, et qui a servi à préparer les farines étuvées sur lesquelles la Société d'agriculture a fait ses expériences.

L'appareil comprend un bâti en bois, sur lequel sont boulonnés deux grands montants en fonte formant châssis, avec un croisillon à la partie supérieure, où se trouve le point de réunion

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des deux montants. Au centre de ce châssis, se trouve un arbre vertical, servant d'axe à une roue d'angle située à la partie inférieure et aux cinq croisillons d'un même nombre de râteaux. Entre les deux montants sont étagés à égale distance cinq plateaux de deux mètres de diamètre, sur lesquels se meuvent les râteaux dont il vient d'être parlé. Ces râteaux portent des chaperons qui pivotent à volonté, et permettent d'incliner ces ramasseurs de telle sorte que, quand la farine arrive au centre du plateau, elle soit poussée à la circonférence, et au contraire poussée de la circonférence au centre, quand la farine arrive à la circonférence du plateau.

Les plateaux sont creux et chauffés par la vapeur au moyen de tuyaux intérieurs en forme de serpentin communiquant avec le générateur par un tuyau extérieur muni d'un robinet, et se terminant par un tuyau de retour d'eau recevant la condensation de la vapeur servant à chauffer les plateaux. Ceux-ci communiquent entre eux au moyen d'anches alternativement placées à la circonférence et au centre, et conduisant la farine d'un plateau à l'autre, et ils sont pourvus de thermomètres pénétrant à l'intérieur, et indiquant la température de la vapeur qui circule intérieurement.

La roue d'angle située à la partie inférieure de l'axe vertical est mise en mouvement par un arbre horizontal, supporté par une chaise à pont et servant d'axe à un pignon et à deux poulies. Un volant sert à régulariser le jeu entre les palettes et le fond de chaque plateau.

Les robinets des prises de vapeur permettent de régler à volonté la température de chaque plateau, de façon à maintenir le premier plateau à 40 degrés centigrades, le deuxième à 50, le troisième à 60, le quatrième à 70 et le cinquième à 80 environ, limite qu'il ne faut pas dépasser et qu'il convient même de ne pas atteindre.

La farine arrive d'abord au centre du plateau le plus élevé; elle y est promenée sur la surface chaude en tôle galvanisée, au moyen du râteau à quatre branches, muni de palettes excen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

triques, partie en peau de buffle, partie en bois garni de poils de sanglier, qui conduisent la farine à l'extrémité de la circonférence, où elle passe dans l'anche qui la déverse sur le deuxième plateau. Les palettes de ce plateau, étant inclinées dans un sens inverse à celles du premier, poussent la farine au centre, où elle tombe par une anche sur le troisième plateau, et ainsi de suite jusqu'au cinquième, d'où elle va se refroidir dans une chambre à ensacher. Quand elle est refroidie, on la met dans des barils ou dans des sacs fabriqués avec de la toile imperméable.

L'appareil fournit de 300 à 400 kilogrammes de farine étuvée à l'heure, et il suffit pour cette production d'un générateur d'un cheval, quand on ne peut utiliser la vapeur d'échappement de machines servant à d'autres usages. Pour cette production, son prix est de 7,500 francs, et il s'augmente de 1,500 francs pour le cas où il serait nécessaire de faire l'acquisition d'un générateur.

MONY.

§ 7. — APPAREILS POUR LA FABRICATION DE LA PÂTE À PAIN ET À BISCUIT.

PÉTRINS MÉCANIQUES.

Les progrès réalisés depuis l'Exposition de 1867 se réduisent à des perfectionnements apportés aux pétrins mécaniques qui existaient alors. Aucune innovation digne de remarque ne s'est produite depuis.

Nous croyons néanmoins devoir passer en revue les divers pétrins mécaniques exposés.

1° Pétrin Deliry. — Ce pétrin consiste en une cuve en fonte, circulaire et rotative, dans laquelle fonctionnent, pour la pâte à pain, un fraseur à axe vertical, en forme de lyre, et deux pétrisseurs à axe horizontal, en forme d'hélice, montés sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

calotte renfermant leurs engrenages, qui a sa place au centre de la cuve. A mesure que la pâte leur est amenée par la rotation de la cuve, le premier travailleur la frase; il contribue ensuite au pétrissage, et les deux autres la découpent et la soufflent. Ces dispositions imitant le travail à bras sont très ingénieuses; on en obtient d'excellents résultats.

Le pétrin Deliry se transforme très facilement en pétrin pour pâte à biscuit. On substitue à la calotte qui a été décrite une autre calotte semblable, sur laquelle sont montés quatre fraseurs à axe vertical, en forme de tire-bouchon, qui travaillent énergiquement la pâte, sans la souffler, à mesure qu'elle leur est amenée par la rotation de la cuve. On est parvenu, par cette modification des travailleurs, à donner à la pâte à biscuit la fermeté et la cohésion voulues : les résultats ne laissent rien à désirer.

Les perfectionnements apportés à ce pétrin ont eu principalement pour but la consolidation des mécanismes. L'un de ces perfectionnements a été l'adjonction de cinq galets placés sous la cuve, vers l'extrémité de la circonférence, ce qui l'empêche d'osciller et prévient, par là, la détérioration prématurée des divers engrenages.

2° Pétrin Lebaudy. — En ce qui concerne la pâte à pain, ce pétrin ne diffère du précédent que dans la disposition des mécanismes de transmission ou de commande. Les travailleurs sont les mêmes, à très peu de chose près, et les résultats du travail sont absolument identiques.

Ce pétrin est d'un prix sensiblement plus élevé que celui du pétrin Deliry; l'adjonction des cinq galets n'y a pas été faite, enfin il n'est pas susceptible d'être transformé en pétrin pour pâte à biscuit. Ces différences doivent lui faire préférer le pétrin Deliry, qui est celui adopté jusqu'ici par l'administration militaire.

Les spécimens exposés des deux pétrins mécaniques dont il vient d'être parlé sont de grande dimension; leur fonctionne-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment exige un moteur de la force de trois à quatre chevaux. Celui exposé par M. Lebaudy est accompagné d'un moteur.

3° **Pétrin Boucheron et Mazières.** — Mêmes dispositions que les précédents, si ce n'est qu'au lieu de deux hélices il n'y en a qu'une, ce qui diminue d'autant la qualité des produits, à moins qu'on n'augmente la durée du travail. Il est évident que ce spécimen devient inutile en présence des deux autres.

4° **Pétrin Menesson.** — C'est encore une cuve en fonte, circulaire et rotative ; il n'a qu'une seule hélice, d'une forme particulière, à laquelle la pâte est amenée par la rotation de la cuve, et qui la travaille en la découpant et la soufflant. Cet appareil exige peu de force, mais il ne peut donner à la pâte un travail suffisant.

5° **Pétrin Boland.** — M. Arbey a exposé un pétrin Boland, construit par lui avec certains perfectionnements. Ce pétrin est une auge cylindrique, dans laquelle fonctionne une hélice d'une forme particulière, qui en occupe tout l'espace intérieur. Il peut être mû à bras, mais non sans beaucoup de fatigue ; c'est plutôt un appareil à moteur mécanique. On sait par une longue expérience qu'il donne de bons résultats, inférieurs cependant à ceux des pétrins mécaniques Deliry et Lebaudy.

6° **Pétrin Dumas.** — C'est une auge demi-cylindrique fixe, en bois, traversée par des travailleurs montés sur un axe horizontal, dont un côté détache constamment la pâte du pétrin, tandis que l'autre la soulève en l'étirant et la soufflant. Ce genre de travail doit donner de bons résultats, inférieurs cependant, croyons-nous, à ceux du pétrin Deliry et autres de même sorte. Le pétrin Dumas pourrait à la rigueur être manœuvré à bras, mais un moteur mécanique lui convient beaucoup mieux.

7° **Pétrin Durvie.** — Auge demi-cylindrique fixe, en bois,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traversée par un axe horizontal en fer auquel sont fixées par le milieu dix palettes en S. Le pétrissage de la pâte se fait sur place, par la rotation de l'axe, et il réussit assez bien. Il présente toutefois un inconvénient, c'est que, dans les espaces séparant les palettes, la pâte n'est pas assez travaillée. On y remédierait facilement, sans augmenter sensiblement la force à employer, au moyen de broches ajoutées à l'arbre et disposées de manière à ne pas gêner le fonctionnement du mécanisme actuel. L'essai en a été fait à la manutention militaire de Paris, où l'on a obtenu, moyennant cette modification, des pâtes très satisfaisantes.

Un système d'embrayage à deux vitesses permet de manœuvrer ce pétrin avec une grande facilité. C'est un véritable pétrin à bras.

8° **Pétrin Mahot.** — Ce pétrin présente de grandes analogies avec le précédent, mais son mécanisme ne paraît pas aussi bien disposé pour la facilité du travail à bras. A l'Exposition, il fonctionnait à la vapeur et donnait d'assez bons résultats.

9° **Pétrin Probst, exposé par M. Guibert.** — Ce pétrin se compose d'une auge fixe, en bois, demi-cylindrique; le fond est disposé de manière à s'ouvrir pour laisser tomber la pâte dans une caisse, après le pétrissage. Le récipient est traversé par deux arbres parallèles en fer, munis chacun de quatre bras de fer en forme de T, qui se croisent alternativement et découpent constamment la pâte. Ce mode de travail donne de bons résultats pour la confection des levains, qui doivent avoir de la consistance. Pour le pétrissage proprement dit, il laisse un peu à désirer, en ce que la farine s'hydrate difficilement et qu'il reste quelques grumeaux, parfois légèrement farineux, dans la pâte. Le mouvement n'est pas trop dur, mais il n'a qu'une vitesse, d'où il résulte que l'ouvrier éprouve plus de fatigue qu'au pétrin Durvie, vers la fin du pétrissage. Le volant n'est pas d'assez grande dimension, ce qui est une autre cause de fatigue. Avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quelques perfectionnements, le pétrin Guibert pourra devenir un bon appareil pour le pétrissage à bras.

10° Pétrin Lesobre. — Ce pétrin se compose d'une cuve fixe, en fer, demi-sphérique, traversée par un arbre armé d'une série de bras en fer, en forme d'hélice, qui pétrissent la pâte en l'allongeant, mais sans la souffler. Avec un travail prolongé, le pétrissage peut produire une pâte assez bien travaillée. Ce pétrin peut être manœuvré à bras, mais avec beaucoup de fatigue.

11° Pétrin Lecart. — On peut comparer ce pétrin à un tambour d'un grand diamètre et d'une petite élévation tournant verticalement sur quatre galets. Ce tambour est creux et ne contient aucune sorte de travailleurs. Le levain, la farine, l'eau, le sel, y sont introduits, et la pâte doit se faire en retombant sur elle-même, à mesure que la rotation la fait monter. Avec ce genre de travail et avec beaucoup de peine, car le pétrin Lecart est établi pour être mû à bras, on peut parvenir à faire une pâte à peu près convenable ; mais le pétrissage à bras étant bien moins fatigant et donnant des résultats incomparablement meilleurs, il ne peut y avoir aucune raison de se servir de ce pétrin.

12° Pétrin Page. — C'est un cylindre fixe, en fonte, dans lequel tourne, sur un arbre horizontal recevant un double mouvement, rotatif et rectiligne, une petite lame de métal allant d'un bout à l'autre et revenant continuellement. Un pareil travail ne peut produire qu'une pâte lourde se développant difficilement ; une expérience faite à l'Exposition l'a démontré. Ce pétrin est destiné à être mû par un moteur mécanique, mais l'inventeur en fait aussi en bois pour être manœuvrés à bras.

13° Pétrin Marion. — Il n'a été exposé qu'un très petit modèle de ce pétrin. C'est une cuve circulaire et rotative, avec une seule hélice, formée de lames de fer et de tubes par lesquels, à l'aide d'un soufflet, de l'air s'introduit dans la pâte, pendant qu'elle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se travaille. Ce système est très compliqué et paraît devoir exposer à des dégradations dans l'organisme; nous ne croyons pas qu'il puisse être admis dans la pratique.

14° Pétrin Fauvarque. — C'est une auge fixe demi-cylindrique, en fonte, dans l'intérieur de laquelle tournent deux travailleurs en fer en forme de Z. La pâte est pétrie sur place, d'où il résulte que les travailleurs doivent être nécessairement à petite distance l'un de l'autre, et que l'auge ne peut avoir que des dimensions restreintes : le pétrin exposé ne pouvait pas contenir au delà de 25 kilogrammes. Nous pensons, contrairement à l'avis de l'inventeur, que ce pétrin, qui a été inventé pour la fabrication du pain d'épice, ne peut être appliqué à la boulangerie.

En résumé, le pétrin mécanique Deliry est, jusqu'à présent, ce qui convient le mieux pour une fabrication de pain d'une certaine importance, ou pour des établissements appelés à fabriquer du biscuit. Ainsi que nous l'avons dit, ce pétrin est à double fin, et c'est le seul avec lequel on puisse faire de la pâte à biscuit. Tous les autres pétrins mécaniques exposés sont seulement propres à la fabrication du pain.

Pour les établissements secondaires ne disposant pas de moteur, où il serait jugé à propos de faire usage des pétrins mécaniques, nous sommes d'avis que l'attention de l'administration devrait se porter spécialement sur les pétrins Durvie et Guibert. Il serait intéressant que ces pétrins et le pétrin Deliry, disposé pour être mû à bras, fussent soumis à des expériences comparatives assez prolongées, pendant lesquelles on se rendrait compte des modifications dont ils peuvent être susceptibles, pour les approprier au mode particulier de fabrication des manutentions militaires. L'administration militaire pourrait ainsi se rendre exactement compte du mérite de chacun d'eux et faire un choix avec connaissance de cause.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BISCUITERIES.

Comme appareils propres à la fabrication du biscuit, il n'a été exposé que deux spécimens.

1° Machine Patrouilleau. — M. Patrouilleau n'a exposé qu'une partie de son système complet de biscuiterie : l'appareil finissant la pâte et la découpant en galettes. Il se compose d'un châssis rectangulaire supportant une série de sept cylindres en fonte, entre lesquels passe la pâte, préalablement pétrie et billée, pour être réduite en bandes de 28 centimètres de largeur et de l'épaisseur voulue, et pour être façonnée en galettes percées de trous. Le découpage est fait par le dernier cylindre, qui est armé de plaques garnies de pointes convenablement disposées. Les galettes viennent tomber sur une toile sans fin. On n'a qu'à les recueillir et à les placer sur des planchettes, où elles attendent l'enfournement.

Cet appareil fonctionne très bien et donne de bons résultats. Il peut être mû à bras et produire 15,000 kilogrammes de biscuit de troupe par vingt-quatre heures. Mais comme il faut préalablement pétrir la pâte et la passer sous un fort rouleau lamineur, et qu'un moteur est absolument nécessaire pour ces opérations, lorsqu'il s'agit d'une fabrication de biscuit importante, on ne peut considérer l'appareil que comme devant faire partie d'un ensemble de mécanismes à moteur mécanique. Aussi M. Patrouilleau comprend-il dans son système un pétrin mécanique et une table à biller, qui n'ont pas été exposés.

A ce point de vue, tout en reconnaissant que la biscuiterie Patrouilleau, si l'on en juge par la partie exposée, est ingénieuse et d'une bonne construction, nous pensons qu'elle n'est pas utilisable dans le service des subsistances militaires, attendu que la biscuiterie inventée par le sergent d'administration Bernadou, chef mécanicien, dont ce service dispose, lui est supérieure à tous égards.

Mais dans le cas où l'administration aurait à faire fabriquer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du biscuit sans faire emploi d'un moteur, l'appareil exposé par M. Patrouilleau pourrait être utilisé avantageusement, selon nous.

2° Machine Melano. — M. Melano, fabricant de pâtes alimentaires, à Paris, a exposé un appareil qu'il nomme « laminoir universel ». Il se compose d'un bâti en fonte sur lequel est montée une série de cinq gros cylindres en fonte. La pâte, simplement frasée à bras dans un pétrin quelconque, passe successivement par les cylindres et en sort parfaitement finie, en bandes aussi minces que l'on veut. Elle tombe sur une toile sans fin, qui la conduit à un découpoir-piquoir, à mouvement vertical alternatif.

On fait à bras et sans grande fatigue, avec cet appareil, des pâtes alimentaires très fines, des gâteaux, des biscuits anglais, etc. Mais il ne nous paraît pas encore en état d'être appliqué à la fabrication du biscuit de troupe. Il y aurait quelques modifications à faire et plus de solidité à donner à certaines parties de la machine. L'inventeur nous a dit qu'il se chargerait de rendre son appareil applicable à cette fabrication.

Ainsi qu'il en convient lui-même, pour une grande fabrication pouvant aller jusqu'à 20,000 kilogrammes par vingt-quatre heures, il y aurait avantage à employer une force motrice.

Ce qu'il y a de remarquable dans cette machine, c'est qu'elle occupe très peu d'espace ($1^m,50$ de surface), et qu'elle paraît faire des pâtes remarquablement belles, sans autre préparation qu'un simple frasage.

Nous pensons qu'il y aurait intérêt pour l'administration militaire à la faire mettre en essai.

DESANTIS.

§ 8. — FOURS À CUIRE LE PAIN.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

De l'examen des divers fours exposés il résulte que, depuis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'Exposition de 1867, il n'a pas éte fait de découverte importante. Certains systèmes qui figuraient à la dernière Exposition n'ont même pas été reproduits, entre autres les fours à circulation d'eau surchauffée. Ces systèmes, qui devaient faire une révolution dans la cuisson du pain, n'ont peut-être pas, dans leur application, réalisé toutes les espérances des inventeurs; toujours est-il que, n'ayant pas été exposés, ils n'ont pu être étudiés.

Les constructeurs se sont surtout préoccupés de rechercher les améliorations de détail à apporter aux fours en usage, dans le but de diminuer la consommation du combustible et de répartir également la chaleur dans le four.

Les progrès réalisés nous paraissent faibles.

Les fours peuvent se classer en trois catégories : les fours permanents se chauffant directement sur la sole, ceux à foyer indépendant et les fours mobiles.

Nous n'avons pas vu de fours dans les sections étrangères.

1° Fours permanents à chauffage direct. — Dans la section française, nous avons remarqué les appareils des constructeurs ci-après, savoir:

Biabaud aîné;
Damerval;
Dardy;
Lamoureux-Mansiot;
Moiroud;
Mousseau père;
Vibert;
Virette-Jomeau.

Un seul des fours de cette catégorie est construit en grand et fonctionne au Champ de Mars (pavillon Touflin), c'est le four Biabaud. Les autres constructeurs n'ont exposé que des armatures de fours, des dessins ou des modèles très réduits. D'ailleurs tous ces fours sont, en général, construits d'après les mêmes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principes et ne diffèrent des fours ordinaires que par des détails dans la forme et la disposition des armatures.

Le four Biabaud se distingue par l'adjonction d'un appareil qui a pour but de produire à volonté de la buée dans l'intérieur, au moyen d'une chaudière placée sur la voûte. L'eau contenue dans la chaudière est amenée dans l'intérieur du four de chaque côté, à 1 mètre environ de la bouche, par deux tuyaux munis de robinets. Lorsqu'on veut produire de la buée, on ouvre les robinets; l'eau tombe en petits filets sur une plaque métallique demi-cylindrique d'environ 40 centimètres de longueur sur 10 centimètres de largeur, encastrée à la jonction de la sole et du pied-droit, et se vaporise instantanément.

La production de la vapeur dans le four est pratiquée depuis longtemps, mais elle s'obtenait par des moyens moins ingénieux.

Cette opération, qui peut avoir un avantage pour la boulangerie de luxe, en donnant à la croûte supérieure du pain une couleur luisante et dorée, est d'un moindre intérêt dans la fabrication ordinaire.

Les dessins ou petits modèles de fours exposés par MM. Damerval, Dardy, Vibert et Virette-Jomeau n'offrent rien de particulier et ne sont exposés qu'au point de vue des accessoires.

Le four Moiroud n'est exposé que pour les matériaux de construction. Ce sont des briques réfractaires moulées tout exprès, selon la forme et les dimensions du four.

Le four Lamoureux-Mansiot est combiné de telle sorte qu'une partie de la chaleur perdue est utilisée pour produire de la vapeur dans une chaudière et des bouilleurs placés sur la voûte du four. Cette vapeur sert à actionner une machine faisant mouvoir une pétrisseuse mécanique et à chauffer l'eau nécessaire au pétrissage.

Ce four fonctionne dans la boulangerie de l'inventeur, à Thonnance-lez-Joinville (Haute-Marne). Il est à supposer que, pour obtenir les résultats voulus, il est nécessaire d'employer une plus grande quantité de combustible que n'en exige la simple cuisson

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du pain, quoique M. Lamoureux prétende le contraire. Pour se rendre compte du mérite de ce système, il faudrait voir fonctionner le four pendant un certain temps.

M. Mousseau a exposé un grand nombre de modèles d'armatures. Nous avons surtout remarqué sa nouvelle bouche universelle. Cet appareil réunit en une seule pièce :

La hotte de cheminée, avec soupape;

La plaque d'autel;

Les fermetures des houras régulateurs, permettant de diriger les flammes du fond à la bouche et de la bouche au fond;

La porte, équilibrée par deux contrepoids à double secteur denté;

La costière à gaz ou à lanterne pour l'éclairage intérieur du four.

Cet appareil, solidement construit en fonte, peut s'adapter à tous les fours à chauffage direct.

C'est ce que nous avons vu de mieux dans ce genre. Nous en donnons ci-contre un croquis :

A A, hotte de cheminée.

B B, plaque d'autel.

C C, cadran régulateur, sur lequel se meut une croix à poignées et aiguilles servant à fermer ou à ouvrir à volonté, au moyen de crémaillères, les houras, dont un seul est vu dans le dessin, en D.

L, poignée pour manœuvrer la soupape de la cheminée.

O, O, poignées servant à ouvrir ou fermer à volonté, au moyen de crémaillères, deux œillères placées entre la soupape et les houras et faisant communiquer la cheminée avec l'intérieur du four.

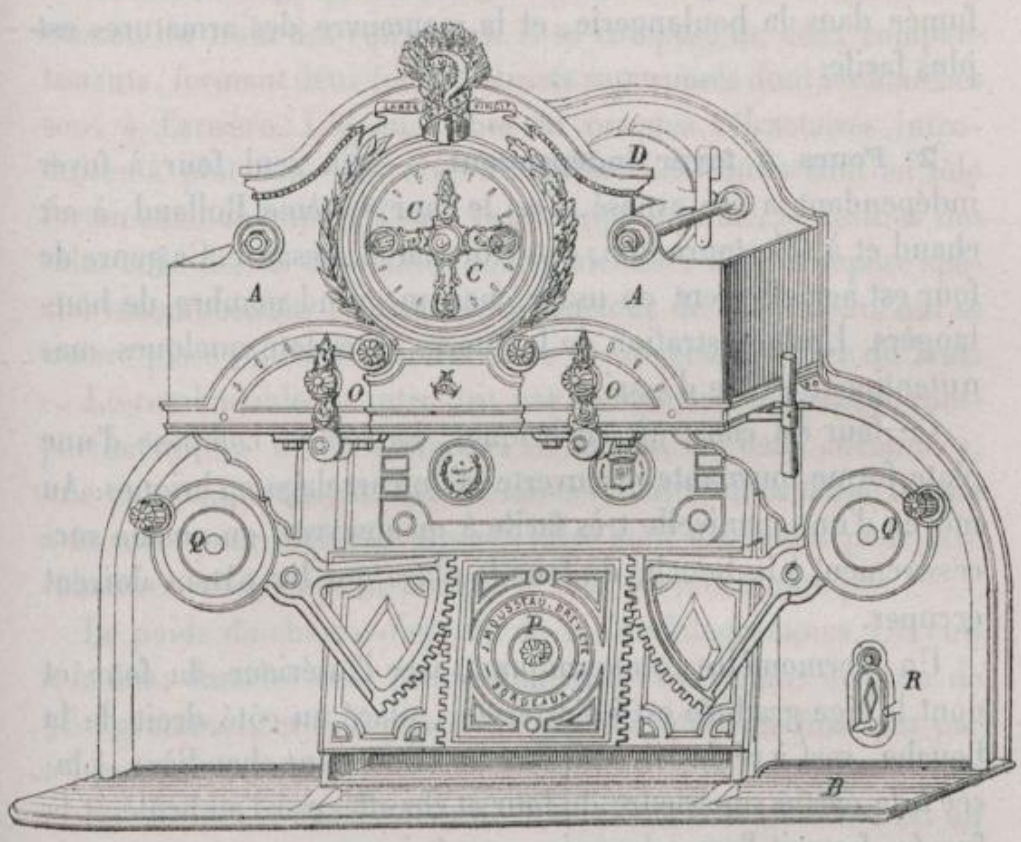
P, porte à crémaillère s'ouvrant de bas en haut, équilibrée par deux contrepoids à secteur denté, Q, Q.

R, chambre servant à recevoir un bec de lumière pour éclairer le four.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour chauffer le four, on dispose une première charge de bois dans le fond; après y avoir mis le feu, on descend la porte de bouche jusqu'à 5 à 6 centimètres de la sole; on ferme complètement la soupape de cheminée et les houras D, D; les œillères restent ouvertes.

Il se produit un courant de flammes léchant la voûte de l'ar-



rière à l'avant; les gaz de la combustion pénètrent dans la cheminée par les œillères et se dégagent dans l'air.

Afin de donner de l'ardeur à l'âtre, on laisse en place la braise provenant de cette première chauffe, et l'on ferme les œillères.

Une seconde charge est disposée ensuite sur le devant de la sole. La porte de bouche est ouverte en plein, ainsi que les houras. La flamme lèche la voûte de l'avant à l'arrière et pénètre dans les houras qui passent sur la voûte. Une fois la charge

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de bouche presque brûlée, on étend, avec le rouable, la braise à droite et à gauche; on la ramène ensuite du fond à la bouche, et à ce moment on ferme toutes les ouvertures. Enfin on ouvre la soupape de cheminée et on recueille la braise dans l'étouffoir.

Les améliorations apportées par M. Mousseau rendent le chauffage du four plus rapide et plus économique. On évite la fumée dans la boulangerie, et la manœuvre des armatures est plus facile.

2° Fours à foyer indépendant. — Un seul four à foyer indépendant a été exposé, c'est le four système Rolland, à air chaud et à sole tournante, construit par M. Lesobre. Ce genre de four est actuellement en usage chez un grand nombre de boulangers. L'administration de la guerre en a doté quelques manutentions, à titre d'essai.

Ce four est construit en briques. La sole se compose d'une plate-forme tournante recouverte d'un carrelage en briques. Au moyen d'une manivelle très facile à manœuvrer, on amène successivement à la bouche du four la place que les pâtons doivent occuper.

Un thermomètre communiquant avec l'intérieur du four et dont la tige graduée est à l'extérieur, placé au côté droit de la bouche, sert à régler la température. Enfin une chaudière, placée à la partie supérieure du four et chauffée par l'air brûlé et la fumée, fournit l'eau nécessaire au pétrissage.

Nous savons que ce four donne de bons résultats. Tous les combustibles peuvent être employés. Les fournées se succèdent sans interruption, et l'on peut en cuire jusqu'à concurrence de vingt par 24 heures. La sole, étant exempte de fumée, de cendres et de braise, ne nécessite aucun nettoyage; le pain est toujours propre, d'une belle nuance extérieure et appétissant. La consommation du combustible est d'environ 14 kilogrammes de charbon de terre pour une fournée de 200 rations ou 150 kilogrammes de pain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Fours mobiles. — Nous terminerons cette étude par le chariot-four de campagne de MM. Geneste et Herscher, qui mérite une mention spéciale.

Cet appareil a été l'objet d'expériences prolongées de la part de l'administration de la guerre, à différentes reprises et dans des conditions variées.

Il est monté sur quatre roues et ressemble extérieurement à un caisson du train des équipages. Il se compose de deux compartiments, formant deux fours distincts superposés dont les bouches sont à l'arrière. Les soles sont en briques réfractaires introduites à plat dans des alvéoles en fer. Les voûtes sont en tôle fortement boulonnée. Toute l'enveloppe du four, le dessous des soles et le dessus des voûtes sont matelassés d'un composé spécial incombustible et mauvais conducteur de la chaleur, qui se trouve placé entre deux tôles dans les diverses parties du four.

Le combustible est introduit par la bouche dans chaque compartiment. Le tirage s'effectue au moyen de deux cheminées, une par compartiment. Les cheminées sont munies d'une trappe à la russe pour régler le tirage. Elles sont articulées pour être rabattues sur le caisson lorsque le four ne fonctionne pas.

Le poids du chariot-four est de 2,500 kilogrammes. On cuit à la fois, dans les deux compartiments, 160 rations de pain de 750 grammes, et l'on peut faire jusqu'à quatorze fournées par 24 heures.

En résumé, le chariot-four de MM. Geneste et Herscher est un appareil précieux et déjà apprécié. Il cuit parfaitement le pain; le travail est plus facile que dans les autres fours, à cause de son partage en deux compartiments; enfin il est solidement construit et, dans le cas où l'administration militaire jugerait à propos d'adopter un four de ce genre, il pourrait rendre des services prolongés en campagne, sans se détériorer.

Conclusions. — Les appareils pour la cuisson du pain sont encore loin du degré de perfectionnement qu'il est possible d'atteindre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les divers fours en usage, sans en excepter celui à sole tournante du système Rolland, n'utilisent qu'une minime partie de la chaleur produite.

Nous pensons que l'avenir est aux fours à foyer indépendant et à cuisson continue, à cause des avantages qu'ils offrent sous tous les rapports, savoir :

Chauffage avec tout combustible;

Facilité du travail;

Production presque double;

Propreté de la boulangerie et des produits fabriqués;

Économie de combustible.

C'est de ce côté que doivent se porter et que se portent, en effet, tous les efforts des inventeurs.

Nous citerons comme étant dans une bonne voie, outre le four Rolland, le four aérotherme du système Kaiser, le four à eau surchauffée du système Wiegorsth et un four en essai dans la boulangerie des bouillons Duval, rue Cardinet, 90, de l'invention de M. Lamoureux, dont le principe repose sur l'emmagasinement de la chaleur, provenant d'un foyer à marche continue, dans un épais massif, d'une construction particutière.

Tous les fours à foyer indépendant sont à cuisson continue et peuvent faire jusqu'à vingt fournées par 24 heures. C'est parmi eux que l'administration militaire devra faire un choix pour le remplacement des fours permanents à chauffage direct, qui ne peuvent cuire que douze fournées par 24 heures et consomment une trop grande quantité de combustible.

La commission supérieure et consultative des subsistances militaires est saisie de l'examen du four Lamoureux.

Il serait intéressant que l'administration fît étudier en Belgique, où ils fonctionnent dans les établissements militaires, les fours Kaiser et Wiegorsth. D'après l'avis de M. le sous-intendant militaire de Costères, chargé du service des subsistances à Bruxelles, ce dernier four aurait parfaitement réussi et serait le meilleur de tous les fours connus.

Mais les fourneaux, les tuyaux et autres moyens de distribu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion de la chaleur sont, à nos yeux, des complications et des sujets de détérioration rendant les fours à foyer indépendant impropres au service en campagne. Ceux à sole tournante, plus particulièrement susceptibles de se détériorer et de faire défaut, nous paraissent surtout devoir en être exclus.

Comme matériel de campagne transportable, il faut, selon notre avis, des fours se chauffant directement sur la sole.

DESANTIS.

§ 9. — PROCÉDÉ ET APPAREILS POUR ASSURER LA LONGUE CONSERVATION DU VIN PAR LE CHAUFFAGE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

L'existence, dans l'enceinte de l'Exposition, d'appareils pour assurer la longue conservation du vin par le chauffage, d'après le procédé de M. Pasteur, ne pouvait passer inaperçue pour les délégués du département de la guerre. Ce département, qui n'utilise pas le vin dans la consommation habituelle du temps de paix, est néanmoins dans l'obligation d'entretenir en permanence un approvisionnement de ce liquide pour certains besoins du temps de guerre.

Cet approvisionnement, formé de vins courants, c'est-à-dire de vins communs d'alimentation, a besoin d'être fréquemment renouvelé, étant données les conditions ordinaires de conservation. Le renouvellement nécessite donc des consommations exceptionnelles, et aussi des achats fréquents, qui s'effectuent forcément sans qu'il puisse le plus souvent être tenu compte de la qualité des produits de la récolte et du prix qui est la conséquence de sa plus ou moins grande production.

Si donc la durée de conservation peut être assurée sans difficultés d'une façon certaine et à peu de frais, l'administration de la guerre a un double intérêt économique à faire usage du procédé qui lui permettra d'atteindre ce résultat.

A ce titre, un examen rapide du système de M. Pasteur pa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

raît indispensable, avant d'arriver à l'étude des appareils qui ont pour objet la mise en pratique de ce procédé.

La récompense nationale qui a été décernée à l'illustre chimiste pour ses travaux sur les moyens à employer pour prévenir ou combattre la maladie des vers à soie, sur la fabrication des vinaigres et des bières, et enfin sur la conservation des vins, pourrait peut-être dispenser de cet examen, s'il n'y avait toujours un sérieux intérêt à vulgariser, à leur début, par tous les moyens possibles, les découvertes qui sont susceptibles d'applications.

Quelque notoriété qu'aient acquise celles dont il vient d'être parlé, d'abord dans le monde scientifique et ensuite dans le monde industriel et agricole, il reste encore beaucoup à faire dans ce dernier milieu, surtout en ce qui concerne la question des vins, dont on va s'occuper.

Ici, comme toujours, le procédé préconisé par M. Pasteur se trouve en présence de cette résistance opposée par la force de l'habitude, qui porte le plus grand nombre à suivre la voie tracée par les devanciers. Il est vrai de dire que, pour une notable partie de la production vinicole, la consommation se trouvant assurée dans une période de temps suffisante, le procédé intéresse plus particulièrement soit le commerce de l'exportation, soit les producteurs, négociants ou tous autres qui, pour diverses causes, peuvent trouver avantage à conserver le vin le plus longtemps possible.

Le département de la guerre rentrant dans cette dernière catégorie, l'examen du procédé de M. Pasteur, au point de vue pratique, présente donc pour lui un caractère d'utilité.

L'emploi de la chaleur pour détruire les germes propres au vin, qui en hâtent la décomposition sous diverses formes, constitue scientifiquement et pratiquement un moyen certain. Dans son livre intitulé *Études sur le vin*, et publié en 1866, M. Pasteur, après avoir déterminé les causes auxquelles doivent être attribuées les diverses altérations des vins, qu'il définit, conclut, en raison de la nature albumineuse des parasites ou myco-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dermes qui les provoquent, à leur coagulation ou destruction par la chaleur, et présente une série d'expériences qui viennent confirmer pratiquement les résultats annoncés par lui.

Tout en renvoyant pour les détails à cet important ouvrage, on croit devoir citer les parties essentielles d'un rapport de M. Dumas, qui sont de nature à fixer l'esprit sur la portée du procédé de M. Pasteur.

Ce rapport adopté par une commission présidée par M. le maréchal Vaillant et composée de MM. Dumas, Brongniart et Moll, a été lu le 10 mai 1866 au Comité entral de Sologne, lequel en 1865 avait voté une médaille d'or à décerner à l'inventeur d'un procédé qui serait rendu public, et qui permettrait aux vins de supporter les transports de terre et de mer et le séjour prolongé en tous pays, sans que leur goût ou leur parfum en fût altéré.

On y trouve d'abord les importantes appréciations ci-après :

« Votre commission n'hésite pas à déclarer que les travaux de M. Pasteur, membre de l'Académie des sciences, ont porté la plus vive lumière sur les causes qui déterminent les altérations des vins, ainsi que sur les moyens qui permettent de les combattre pratiquement avec certitude et avec succès; qu'en conséquence, il y a lieu de lui décerner la médaille promise par le Comité.

« En effet, M. Pasteur, à l'aide d'une série d'expériences dirigées avec le sentiment profond des lois de la nature et la connaissance acquise des moyens que la science possède pour les mettre en évidence, est parvenu à rendre incontestables les cinq propositions suivantes :

« 1° Les altérations dangereuses des vins tiennent à des causes qui se confondent avec celles auxquelles on attribue les fermentations.

« 2° Il suffit de chauffer les vins ordinaires à 50 degrés pour faire périr les végétaux microscopiques ou ferments qui les produisent. Les fermentations et toutes les altérations dangereuses des vins dues à ces causes sont ainsi arrêtées ou prévenues.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« 3° L'application de la chaleur, dans ces limites, ne modifie ni la couleur ni le goût des vins; elle en assure la limpidité.

« 4° Les vins qui ont été soumis à l'action de cette température paraissent capables de se conserver indéfiniment, sans altération, en vases clos.

« 5° Exposés à l'air, ces vins peuvent, il est vrai, y reprendre la propriété de s'altérer, après quelque temps, mais c'est parce que l'air leur apporte de nouveaux germes vivants de ces ferments qu'ils avaient perdus par l'action de la chaleur. »

Le rapport résume ensuite comme suit l'étude faite par M. Pasteur des diverses maladies des vins :

Vins acides, piqués ou aigres. — Cette maladie est due à la présence du *mycoderma aceti*, qu'il ne faut pas confondre avec le *mycoderma vini*, lequel n'altère pas les vins, tandis que son congénère y développe du vinaigre, avec le concours de l'air, et les tourne plus ou moins vite à l'acescence.

Vins tournés, montés, poussés. — Ils doivent leur altération à des filaments d'une extrême ténuité, qui se rapprochent ou même parfois se confondent avec les filaments du ferment lactique. Aussi M. Pasteur, d'accord avec M. Balard, a-t-il trouvé des vins altérés par la présence de l'acide lactique; mais le fait n'est pas général. Quoique ces filaments ressemblent toujours à ceux qui constituent le ferment lactique et soient composés, comme lui, de chapelets d'articles analogues à la tige du blé ou à celle des bambous, on y reconnaît en réalité, au moyen du microscope, les signes de plusieurs maladies distinctes du vin, qu'on a confondues sous les mêmes noms, et qui n'ont de commun cependant que d'être produites par des végétaux microscopiques analogues.

Vins gras, huileux, filants. — Ils doivent encore leur altération à des filaments, mais ceux-ci sont formés de chapelets de grains et non de chapelets d'articles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vins amers, vins qui ont pris le goût de vieux. — Ils présentent aussi un ferment. Il ressemble même, sous beaucoup de rapports, à celui que l'on observe dans les vins tournés ; mais ses filaments sont plus gros et ses articulations plus sensibles. On sait que les vins sujets à tourner ne sont pas les mêmes que ceux qui passent à l'amer.

M. Dumas indique, après, que toutes les végétations parasitaires dont il vient d'être parlé et leurs analogues périssent à une température que M. Pasteur avait d'abord jugé devoir être portée à 75 degrés, qu'il a successivement abaissée à 65 et à 50 degrés, et qu'il pense pouvoir être descendue jusqu'à 45 degrés.

Il fait remarquer que cette dernière limite, si elle était reconnue suffisante pour détruire les germes, pourrait permettre l'utilisation des rayons solaires seuls pour obtenir le résultat recherché par le fait du chauffage; et enfin, après avoir rappelé la sanction donnée au procédé, tant par les expériences faites par M. Marès, viticulteur dans l'Hérault, que par celles faites avec l'intervention de la chambre syndicale du commerce des vins de Paris, il conclut comme suit :

« Tous les vins peuvent, à l'aide du procédé de M. Pasteur, être convertis en vins de garde; ils deviennent propres à voyager sans altération; ils restent en vidange pendant plusieurs jours, sans se troubler et sans s'aigrir. »

Ces résultats considérables, consacrés par la science et par des expériences faites, il est vrai, dans des conditions restreintes, étaient de nature à appeler la plus sérieuse attention, et si M. Pasteur avait ainsi ouvert la voie, c'était à l'industrie et aux agronomes, comme il le dit lui-même, qu'il appartenait de tenter le nécessaire pour faire passer dans le domaine de la pratique le procédé scientifique indiqué. A la première revenait le soin de chercher les meilleures combinaisons à obtenir pour permettre sa mise en application, dans des conditions faciles et économiques; aux seconds, celui de déterminer les circonstances favorables dans lesquelles il importait de se placer pour réaliser tous les avantages indiqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'industrie et l'agronomie n'ont pas fait défaut dans la circonstance, ainsi qu'on va le faire ressortir, en examinant les efforts qui se sont produits depuis la publication de l'*Étude sur les vins*, dans laquelle on trouve déjà d'utiles indications sur la manière de procéder au chauffage des vins en bouteilles et au chauffage des vins en fûts.

On ne peut mieux faire, pour constater le résultat de ces efforts, que de se reporter à la séance du congrès réuni à Châteauroux le 6 mai 1874, sous la présidence de M. Drouyn de Lhuys, président de la Société des agriculteurs de France, dans laquelle M. le vicomte de Lapparent, dans un rapport remarquable, a rendu compte de l'état d'avancement de la question au point de vue pratique.

Après un nouvel hommage rendu à M. Pasteur et à son procédé, M. le vicomte de Lapparent, l'un des plus actifs propagateurs de la conservation du vin par le chauffage, expose comment il peut être procédé industriellement à cette opération. Il divise les appareils en quatre classes :

1° Appareil à bain-marie;
2° Appareil à thermosiphon;
3° Appareil à serpentin à vapeur;
4° Appareil à chauffage direct.

Puis il les définit ensuite ainsi qu'il suit :

« 1° Dans les appareils de la 1re classe, le vin est astreint à parcourir les spires d'un serpentin plongé au milieu d'une masse d'eau qui reçoit directement la chaleur du foyer. Un thermomètre, placé à la sortie du vin chauffé, indique la température, que l'on maintient au degré voulu (50 à 60c), en ouvrant plus ou moins le robinet qui donne accès au vin froid dans le serpentin.

« 2° Les appareils à thermosiphon consistent en un vaste serpentin établi dans le fond d'une cuve, et dont les deux extrémités, qui font saillie en dehors des parois de la cuve, sont mises en communication, l'une avec la partie supérieure, l'autre avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie inférieure d'une chaudière pleine d'eau portée à un degré voisin de l'ébullition. L'eau chaude pénètre par le haut du serpentin, se refroidit au contact du vin et revient, par le bas, dans la chaudière. C'est une circulation continue. Quand le thermomètre de la cuve annonce le degré de chaleur exigé, on intercepte la circulation d'eau, et l'on procède à l'entonnage du vin préparé. On peut, par ce moyen, chauffer de 25,000 à 30,000 litres dans une journée.

« 3° Serpentin à vapeur. Lorsqu'on a de grandes masses de vin à chauffer en peu de temps, il faut de toute nécessité employer des appareils d'un rendement supérieur à celui des appareils déjà décrits. L'appareil dont il a été fait usage au port de Toulon, et avec lequel on pouvait préparer 500 hectolitres par jour, se composait d'un serpentin dans lequel on dirigeait la vapeur d'une chaudière de locomobile de la force de 12 chevaux. Le vin, amené par le bas, sous une charge convenable, enveloppait le serpentin et s'échappait par le haut.

« 4° Enfin, on peut encore chauffer le vin directement, en le mettant dans une chaudière en cuivre étamée que l'on place sur le foyer. Le seul reproche qu'on puisse faire à cet appareil, c'est de n'être pas continu. J'en ai composé un dernièrement où ce défaut est corrigé, et il réalise le plus simple des appareils qu'il soit possible d'employer. »

Cet exposé terminé, M. le vicomte de Lapparent présente le résultat des expériences faites par le ministère de la marine, et qu'il a été chargé de diriger, et ensuite de celles qu'il poursuit personnellement depuis six ans. A l'occasion des premières, il fait ressortir les résultats ci-après, constatés après une période de deux années et demie :

1° Les vins chauffés s'étaient bien conservés, mais ils avaient contracté un goût pharmaceutique, dû à l'emploi préalable du vinage, pour donner au vin le degré alcoolique (12 p. 0/0) exigé par le cahier des charges de la marine.

2° Les vins non chauffés étaient absolument perdus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Des vins naturels de Pignan, à 9 1/2 p. o/o d'alcool, non seulement n'avaient éprouvé aucune altération, mais encore s'étaient bonifiés, au double point de vue de la couleur et du goût.

M. de Lapparent en conclut que l'on ne doit jamais chauffer de vins vinés, et que, s'il convient d'augmenter le titre des vins par une addition d'alcool, on ne doit le faire qu'après le chauffage et le refroidissement du liquide. A cette occasion, il fait remarquer que, quand le vinage n'a d'autre but que de prolonger la durée de conservation du vin, cette pratique est plus dispendieuse que le chauffage, en même temps qu'elle est moins certaine.

Arrivant à ses expériences personnelles, il cite un fait que l'on croit devoir relater *in extenso*, en raison des conclusions qu'en tire M. de Lapparent, qui s'exprime ainsi :

« Lorsque je fus appelé à Paris, comme directeur des bois de la marine, je résolus de faire venir mon vin d'une vigne que je possède en Berry, dans le voisinage de Bourges. Or, malgré tous les soins qui étaient pris, tant au départ qu'à l'arrivée, le vin s'altérait si fréquemment que j'allais y renoncer, lorsque j'eus à m'occuper de la question du chauffage. Je résolus alors de faire une expérience à outrance, et voici en quoi elle consista. Je pris dans ma cave à la campagne deux barriques, une pour ma table, l'autre, de qualité inférieure, pour la cuisine. Le vin en fut chauffé sans être soutiré. A Paris, il ne fut ni collé ni mis en bouteilles, et on consomma le contenu des deux barriques dans un laps de temps de 5 mois environ. Eh bien! non seulement aucun des vins n'avait éprouvé d'altération, mais l'un et l'autre étaient sensiblement meilleurs à la fin qu'au début.

« Depuis cette époque, il a été consommé dans ma maison, tant à la ville qu'à la campagne, 72 pièces de vin, et, sur cette quantité, deux seulement se sont avariées, les deux seules qui n'eussent pas été chauffées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Je ne crois pas qu'il soit possible de citer des faits plus concluants, et il faut que l'esprit de routine soit bien aveugle et bien obstiné, pour qu'un moyen si simple de préservation ne se soit pas universalisé. »

Un semblable résultat, venant confirmer celui déjà obtenu dans les expériences restreintes dont il est parlé dans l'ouvrage de M. Pasteur, est bien fait pour inspirer tout au moins une confiance suffisante pour que tous ceux qui ont un intérêt quelconque à prolonger la durée de conservation des vins d'approvisionnement n'hésitent pas, sinon à avoir recours au chauffage d'une façon définitive, tout au moins à procéder à des essais nouveaux sur une large échelle.

Avant de pousser l'administration de la guerre dans cette voie, on croit devoir répondre ici à des objections qu'a soulevées la question de l'emploi en grand du procédé de M. Pasteur.

On s'est demandé si les nombreuses falsifications auxquelles sont soumis les vins n'étaient pas un obstacle à la mise en pratique du procédé, et l'on est ainsi amené à une étude de ces falsifications.

Elles se divisent en deux groupes bien distincts. Dans le premier on range celles qui sont passées dans les usages, telles que le vinage, le plâtrage et les coupages; dans le second, celles qui, d'une pratique plus restreinte, ont pour effet de dénaturer le caractère de la chose, telles que l'emploi de matières tinctoriales, soit pour donner à des vins rouges légers la belle couleur qu'assure l'entière maturité du raisin, soit pour transformer des vins blancs en vins rouges d'un prix plus élevé.

Le vinage, ainsi qu'on l'a déjà indiqué, consiste dans une addition d'alcool, en vue de donner au vin un degré alcoolique supérieur, qui, à l'état ordinaire, en favorise la conservation, et lui donne en même temps plus de montant et, partant, plus de valeur. On a déjà dit que cette falsification était défavorable à l'emploi du chauffage, par la raison qu'elle donnait au vin chauffé un goût pharmaceutique, et l'on a ajouté que, pour ce motif, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne devait avoir recours au vinage, pour relever le degré alcoolique du vin, qu'après le chauffage. La conséquence de cette pratique est naturellement d'abaisser le degré alcoolique exigible dans les achats à effectuer, afin d'éviter que, pour atteindre une fixation anormale, par rapport aux produits courants, le commerce n'ait forcément recours au vinage, préalablement à la livraison.

Le plâtrage est une pratique fort ancienne, trop généralement suivie, notamment dans le Midi, et qui consiste dans l'introduction dans le moût d'une certaine quantité de plâtre, qui est mêlée dans la masse par le fait du cuvage. Cette pratique a pour but de donner de la stabilité et de la limpidité au vin; elle a pour conséquence d'en modifier les propriétés, en décomposant le tartre et en privant le vin, par la destruction du tanin, de ses propriétés fortifiantes. Cette falsification ne peut avoir aucune action sur les effets du chauffage.

Les coupages ont pour objet soit la modification de la coloration, soit la modification du degré alcoolique; ils s'effectuent entre des vins naturels de provenances diverses, soit de même nature, soit de nature différente. Cette pratique, qui est d'une application très fréquente, ne saurait avoir d'influence sensible sur les effets du chauffage.

L'emploi des matières tinctoriales pour la coloration des vins, soit qu'il s'agisse de relever la coloration, soit qu'il s'agisse de transformer des vins blancs en vins rouges, a pris un certain développement depuis quelques années. C'est là une falsification plus condamnable que les précédentes, même quand elle s'applique réellement à des vins naturels, parce qu'elle dénature le caractère de la chose, et surtout parce que, par la nature des matières souvent employées, elle peut avoir une influence déplorable sur la santé publique. C'est ce que produit particulièrement l'usage de la fuchsine, lequel tend à disparaître, en raison des condamnations auxquelles a donné lieu son emploi. Aujourd'hui, on s'adresse surtout à des matières végétales et inoffensives par elles-mêmes, mais qui le plus souvent nécessitent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'addition simultanée de l'alun, c'est-à-dire d'un produit agissant d'une façon fâcheuse sur l'organisme. Quoi qu'il en soit à ce sujet, au point de vue qui nous occupe, l'emploi des matières tinctoriales est sans action sur les effets du chauffage.

Ainsi, lorsqu'on est en présence des falsifications les plus en usage sur les vins naturels, leur pratique ne saurait s'opposer, que sous les réserves qui ont été faites à l'occasion du vinage, à l'emploi du chauffage pour en assurer la conservation.

Ceci établi, il reste à examiner quelles sont les précautions à observer pour effectuer le chauffage dans de bonnes conditions.

Consulté sur la question de savoir si le vin chauffé doit être refroidi avant d'être mis dans la barrique où il doit être conservé, M. le vicomte de Lapparent, d'accord avec M. Pasteur, estime qu'il y a avantage à ne point pratiquer le refroidissement, parce qu'en prolongeant le plus possible l'action de la chaleur, on a plus de certitude de détruire les mycodermes, et parce qu'on évite en même temps une opération qui complique les appareils et augmente la dépense. D'autres pensent au contraire que, le chauffage faisant échapper la partie aromatique volatile tenue en dissolution dans le vin à la température ordinaire avec l'air et l'acide carbonique, et qui en constitue le bouquet, il y a avantage à pratiquer le refroidissement immédiat, de manière à reconstituer le vin, à sa sortie de l'appareil, dans ses conditions normales, c'est-à-dire avec ses principes aromatiques non diminués. On ne peut que laisser à l'expérience le soin de résoudre cette question de détail, qui a cependant son importance.

Le chauffage doit être pratiqué de préférence sur des vins jeunes encore pourvus de toutes leurs matières colorantes, parce qu'on a l'avantage de conserver au vin la couleur qui lui est propre et lui donne bon aspect. M. de Lapparent aussi bien que M. Pasteur estiment que l'époque la plus favorable est celle du premier soutirage, qui se fait en mars ou avril, en attendant une quinzaine de jours après cette opération, parce que, pendant qu'elle s'effectue, le vin absorbe une certaine quantité d'oxygène.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été constaté en effet que la présence de l'oxygène en suspension au moment du chauffage n'est pas favorable à la bonne conservation du vin; aussi doit-on prendre les plus grandes précautions pour éviter l'introduction de l'air dans les appareils pendant l'opération du chauffage.

M. de Lapparent fait toutefois remarquer que, pour les vins qui ne sont pas naturellement susceptibles d'une certaine conservation, il n'y a pas à hésiter à opérer le chauffage après l'entonnage, d'autant que le vin se trouve ainsi avancé de près d'une année.

Le vin chauffé, logé en barriques, peut être conservé dans tous les locaux, quelle qu'en soit la température habituelle, ce qui constitue une grande facilité, surtout dans certaines circonstances, mais on doit néanmoins donner la préférence aux locaux frais. Il n'a plus besoin d'être ni soutiré, ni ouillé, si l'on ne doit pas le déplacer, ce qui offre encore des avantages. Il conserve enfin les principes d'amélioration qu'il contient en lui-même. C'est donc une erreur de croire que le vin chauffé doit rester tel qu'il devient après l'opération.

D'après les expériences faites par M. le vicomte de Lapparent, la dépense pour cette opération peut être évaluée par hectolitre à 3 centimes avec les grands appareils, et à 25 centimes avec les appareils ne permettant pas de chauffer plus de 12 hectolitres par jour. C'est, à tous égards, une dépense insignifiante et devant laquelle ne doit pas s'arrêter, pour faire des essais, une grande administration comme celle du département de la guerre.

Si celle-ci se décide à les entreprendre, et si, comme on n'en doute pas, ils sont couronnés de succès, il restera à examiner la question de savoir si, pour ses besoins, cette administration devra faire usage de grands appareils ou de petits appareils. Un mot sur ce sujet trouve donc ici naturellement sa place.

Tant que le procédé ne sera pas passé dans les usages habituels du commerce, il conviendra que l'administration se charge elle-même de faire ou de diriger le travail. D'un autre côté, on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a indiqué que l'opération du chauffage devait être, autant que possible, pratiquée lors du premier soutirage. On pense donc qu'il pourrait y avoir intérêt pour l'administration de la guerre à opérer ses achats directement dans les grands centres vinicoles, à y prendre livraison à l'époque indiquée des vins achetés en temps utile, et à les soumettre au fur et à mesure des livraisons au chauffage, avant de les expédier sur les points où ils doivent former approvisionnement. Cette opération serait effectuée dans les établissements dont dispose cette administration dans les centres de production, lesquels seraient dotés d'appareils en rapport avec les quantités à réaliser sur chaque point.

En procédant ainsi, on aurait chance, sinon d'éviter les intermédiaires, tout au moins d'en réduire le nombre et, par conséquent, de réduire aussi les prélèvements que chaque intermédiaire peut être tenté d'opérer à son profit, en dénaturant la qualité naturelle du vin; on pourrait sans doute aussi arriver à exiger de la part des vendeurs une déclaration d'origine, soit qu'il s'agisse de vins naturels, soit qu'il s'agisse de vins plâtrés ou de vins coupés. Ces vins seraient seuls admis en livraison sous certaines réserves, notamment en ce qui concerne le degré de plâtrage, en ayant soin de ne demander que le degré alcoolique qu'ils comportent naturellement, afin d'exclure le vinage. L'addition d'alcool serait alors pratiquée directement par l'administration, et seulement quand elle le jugerait nécessaire.

On croit devoir insister sur les avantages que présenterait l'obligation de la déclaration d'origine faite dans les conditions qui viennent d'être indiquées. Que les fournitures soient effectuées soit directement par les producteurs, soit, à défaut, par des acheteurs de première main, on trouvera là une garantie d'exécution loyale, qui constituera à tous égards une amélioration sur l'état de choses actuel, au point de vue de la qualité.

Pour terminer cette étude, il reste à parler de quelques appareils de chauffage des vins en usage, et qui rentrent tous dans la première catégorie de ceux classés plus haut.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Œnotherme Terel des Chênes (constructeur : M. V. Febvre, à Lyon). — Il se compose : d'une chaudière en tôle galvanisée, à foyer de cuivre rouge rivé; d'une grille et d'une cheminée munie d'un obturateur; d'un serpentin multiple, placé dans la chaudière, dans lequel on chauffe le liquide, et qui communique avec un refroidisseur en forme de couronne, en cuivre rouge, supporté par la chaudière; d'une pompe aspirante et foulante en fonte, à démontage instantané, pour faciliter la vérification des clapets; de divers accessoires de fonctionnement, tels que tuyaux en caoutchouc, robinets, thermomètres, grilles d'aspiration et d'arrosage, etc. La chaudière et la pompe peuvent être placées sur une brouette.

Le prix des œnothermes varie selon la production. Il est de 500 francs pour les appareils donnant de 4 à 5 hectolitres à l'heure, de 900 francs pour ceux de 5 à 10 hectolitres, de 1,800 francs pour ceux de 18 à 20 hectolitres, et d'un chiffre supérieur, à débattre, pour ceux fournissant un travail supérieur. Les uns et les autres peuvent se chauffer au bois ou à la houille.

Pour le fonctionnement, on commence par remplir d'eau la chaudière à la hauteur du couvercle; on place ensuite au fût de vin à chauffer l'une des cannelles de soutirage en cuivre. A cette cannelle on visse par son raccord une extrémité du tuyau en caoutchouc, dont l'autre bout s'adapte de la même manière à la bouche d'aspiration de la pompe; la bouche de refoulement de la pompe reçoit de même une extrémité d'un tuyau en caoutchouc, qui se visse, à son autre extrémité, à la bouche d'entrée du refroidisseur. Le tout est disposé de telle sorte que l'ouvrier qui manœuvre la pompe puisse voir facilement les mouvements du mercure dans les thermomètres. Un troisième tuyau en caoutchouc est vissé par un de ses bouts à la bouche de sortie du refroidisseur et, par l'autre bout, à un tube courbé à sifflet, que l'on engage dans la bonde du fût destiné à recevoir le vin après l'opération. Ces dispositions prises, on fait circuler le vin dans l'appareil, jusqu'à ce qu'il en arrive quelques gouttes dans le fût vide, et l'on s'assure que tous les joints sont bien étanches.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cela fait, on allume le feu, et, dès que l'eau du bain a atteint la température de 85° à 90° centigrades, on met la pompe en mouvement, vivement d'abord, afin de faire descendre rapidement au degré de chauffage choisi le vin, qui aux premiers coups de piston monte à un degré trop élevé; puis on ralentit l'action de la pompe de façon à régler le degré de chauffage par la vitesse.

Pendant le chauffage du premier fût, un ouvrier place une cannelle à un autre fût, et, aussitôt qu'un bruit d'air se produit dans les tuyaux, on dévisse rapidement le bout du premier caoutchouc, que l'on revisse à la deuxième cannelle, et ainsi de suite de fût en fût.

Le feu doit toujours être clair et actif, et après chaque opération, tous les orifices doivent être bouchés avec des lièges, afin d'empêcher les rentrées d'air dans les serpentins.

Pour nettoyer les appareils et les débarrasser des dépôts que le vin peut y laisser, il suffit de faire circuler, à l'aide de la pompe, après que le feu a été éteint, l'eau chaude du bain en sens inverse de la circulation ordinaire.

2° Chauffe-vin du propriétaire, de M. le vicomte de Lapparent. — Cet appareil ne peut convenir que pour le chauffage de petites quantités, 20 hectolitres au plus dans une journée de dix heures.

Il se compose : d'un foyer cylindrique, en tôle, garni dans le bas d'une grille en fonte; d'un cylindre à eau, en tôle zinguée, renfermant un autre cylindre ou boîte à feu, que traverse la flamme du foyer avant de s'échapper par la cheminée; d'un serpentin embrassant la boîte à feu, dont l'entrée est à l'un des bords supérieurs du cylindre extérieur et la sortie au bord opposé du même cylindre; il s'y recourbe horizontalement et porte à cette partie une tubulure.

Pour faire fonctionner l'appareil, un réservoir destiné à recevoir le vin à chauffer est placé sur un échafaud volant, au-dessus de l'entrée du serpentin; il est pourvu d'un robinet, qui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mis en communication avec l'entrée du serpentin au moyen d'un tuyau en caoutchouc. Un second tuyau semblable est adapté à la sortie du serpentin, au delà de la tubulure, pour conduire le vin chauffé dans la barrique qui doit le recevoir. Les deux tuyaux en caoutchouc s'emmanchent sur des tubes en verre, qui permettent de voir couler les vins d'arrivée et de sortie, afin de se rendre compte des interruptions accidentelles qui pourraient se produire. Dans la tubulure de la sortie du serpentin, on place un thermomètre destiné à accuser la température du vin chauffé.

Après avoir rempli d'eau le cylindre zingué, on ouvre le robinet du réservoir et on laisse couler le vin jusqu'à ce que tout le serpentin en soit rempli, ce qui a lieu lorsqu'on voit le vin arrivé au tube en verre d'emmanchement, placé à la sortie au delà de la tubulure. A ce moment, on ferme le robinet et on allume le feu. Un thermomètre à flotteur est plongé dans l'eau du cylindre pour en donner la température. Dès que celle-ci a atteint 60°, on entr'ouvre le robinet, et l'opération commence. Dès lors, tout consiste dans la manœuvre du robinet, dont l'ouverture doit être réglée de façon à ce que la température du vin, indiquée par le thermomètre de la tubulure, reste toujours entre 50° et 60°. En entretenant un feu clair et vif, cette température ne varie pas sensiblement.

On peut chauffer l'appareil indistinctement avec le bois ou la houille, mais de préférence avec la houille ou un mélange des deux combustibles. Son fonctionnement peut être confié au premier venu.

M. le vicomte de Lapparent s'est préoccupé de la question du métal à employer pour la confection du serpentin. Le plomb, par sa combinaison avec les acides du vin, peut engendrer des sels vénéneux ; le cuivre est assez cher et doit être soumis intérieurement à un étamage dont la vérification est à peu près impossible ; enfin l'étain, dont l'innocuité est absolue, est fort cher. Pour parer à tous ces défauts, il préconise l'emploi de tuyaux en plomb doublé d'étain, aujourd'hui employés cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ramment dans certains usages industriels, notamment dans la conduite des eaux.

On ne peut se dissimuler que, dans les deux appareils dont il vient d'être parlé, l'emploi d'un serpentin, d'un nettoyage toujours difficile, n'est pas sans présenter certains inconvénients. Pour les faire disparaître, M. Cuau aîné a adopté une disposition ingénieuse, dont il va être parlé à l'occasion de la description de son appareil.

3° Appareil de M. Cuau aîné, constructeur (86, boulevard Courcelles, à Paris). — Il comprend un réservoir, destiné à recevoir le vin à chauffer, et deux cylindres en cuivre, l'un fonctionnant comme refroidisseur, l'autre comme chauffeur. Le premier est, par le haut, en communication directe avec le réservoir et, par le bas, avec l'autre cylindre et aussi avec les fûts qui doivent recevoir, après refroidissement, le vin chauffé. Le second est placé au-dessus d'un foyer comportant des bouilleurs qui permettent, au moyen d'un passage d'aller et d'un passage de retour, d'établir dans le cylindre une circulation continue d'eau chaude; il est en outre traversé par le tuyau de sortie de la fumée, qui, en entretenant la température de la masse d'eau destinée à chauffer le vin, permet de réduire la quantité de combustible nécessaire. Entre sa paroi intérieure et la paroi extérieure de la conduite de fumée, se trouve un manchon concentrique en cuivre, étamé intérieurement, dans lequel doit circuler le vin à chauffer, et qui est ainsi baigné sur ses deux faces par l'eau de circulation. Ce manchon est divisé par une cloison en deux compartiments, dans lesquels se fait successivement de bas en haut, puis de haut en bas, le passage du vin à chauffer, qui se trouve ainsi soumis à l'influence calorifique aussi longtemps que cela pourrait avoir lieu dans un serpentin.

Le cylindre refroidisseur est disposé d'une façon à peu près analogue, pour permettre le passage simultané du vin à chauffer et du vin chauffé; on évite ainsi l'introduction de l'oxygène de l'air pour le premier, qui, après son passage du réservoir dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le refroidisseur, arrive par le bas dans l'autre cylindre, et on obtient pour le second, avant son entonnage, un abaissement de température, lequel n'est pas moindre de 30° à 35°, sans qu'il soit fait emploi d'aucune matière réfrigérante. Les parties constitutives de l'appareil sont établies en vue de rendre leur démontage rapide et facile pour en permettre l'examen et le nettoyage.

Cet appareil ne produit pas plus de 3 hectolitres à l'heure, et le constructeur ne pense pas que sa production puisse être beaucoup surélevée; le maximum ne lui paraît pas devoir être fixé au-dessus de 5 à 6 hectolitres. Si l'emploi du refroidisseur n'était pas reconnu nécessaire, on pourrait le supprimer, en ne conservant que le second cylindre, qui serait alors mis en communication directe avec le réservoir et avec le fût d'entonnage.

L'appareil de M. Cuau ne paraît avoir contre lui que sa production relativement faible.

4° Chauffe-vin du propriétaire, de M. le vicomte de Lapparent (modifié). — M. de Lapparent, ayant reconnu à la pratique les inconvénients résultant de l'emploi d'un serpentin, qui notamment donne lieu à des chambres d'air, lesquelles, en se formant dans les spires, arrêtent momentanément l'écoulement du vin, a cherché, comme M. Cuau aîné, le moyen de le supprimer. Dans ce but, il le remplace dans le cylindre à eau de son appareil par une cuve annulaire en cuivre étamé. En même temps, pour réduire la dépense de chauffage et accélérer l'opération, il a noyé une partie dudit cylindre dans le foyer, convertissant ainsi en surface de chauffe une surface de refroidissement.

L'appareil, ainsi modifié, a parfaitement réussi; il est d'une manœuvre et d'un transport faciles. C'est avec ces modifications que M. de Lapparent en préconise l'emploi, déjà passé dans une pratique courante. Il en existe deux modèles, l'un permettant de chauffer 12 hectolitres dans un journée de dix

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heures, et dont le coût est de 140 francs seulement; l'autre permettant de chauffer 20 hectolitres dans le même temps, et du prix de 200 francs.

5° Appareil Saint-Joannis (constructeurs: MM. Luguaud et Pommier, 31, rue Sainte, à Marseille). — Comme l'appareil de M. Cuau aîné, celui de M. Saint-Joannis se compose de deux parties principales, le caléfacteur et le réfrigérant.

Le caléfacteur comprend deux cylindres concentriques, dans l'intervalle desquels est placé un serpentin doublé d'étain, qui baigne dans l'eau et sert à la circulation du vin à chauffer.

Le cylindre intérieur contient le foyer et est muni, à sa partie supérieure, de disques qui obligent les gaz provenant de la combustion à passer en tranches minces au contact de la paroi du foyer et à lui céder toute la chaleur disponible. Le nombre des disques est fixé de façon à rendre l'utilisation de la chaleur aussi complète que possible, de telle sorte que le mélange des produits de la combustion, après le dernier disque, ne possède plus que la chaleur nécessaire au tirage. Cette innovation a permis au constructeur d'établir un foyer simple et léger, utilisant en totalité, dit-il, la chaleur disponible fournie par le combustible.

La surface du serpentin a été réglée pour que le vin, avec un écart de 5° seulement au-dessous de la température du bain-marie dans lequel il plonge, absorbe largement toute la chaleur fournie à ce dernier par le foyer. En vue de faciliter ce résultat, l'espace entre le serpentin où circule le vin et l'enveloppe du foyer est assez faible pour que la transmission de la chaleur du foyer au vin soit pour ainsi dire immédiate, malgré la faible conductibilité de l'eau. L'espace réservé entre le serpentin et l'enveloppe extérieure peut sans inconvénient être plus grand. La quantité de chaleur ainsi transmise à l'eau du bain-marie par les parois du foyer est en rapport avec celle que le vin est capable d'absorber dans le même temps à travers les parois qui le renferment, et on réalise ainsi une économie de combustible,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en même temps qu'on évite de donner au bain-marie une température élevée susceptible d'altérer le vin.

Le réfrigérant est tubulaire, en cuivre étamé, et susceptible, en desserrant un seul écrou, de se démonter rapidement pour faciliter le nettoyage. La surface d'échange de température a été réglée de manière que le vin, entrant à 15°, chauffé à 60°, sorte à 20°. L'appareil se complète par un réservoir d'admission du vin, un robinet à cadran pour régler l'admission du vin dans le réfrigérant, un thermomètre mesurant la température du vin chauffé, et enfin, appliqué au réservoir, un petit vase fermé auquel aboutissent les tubes de dégagement des gaz volatilisés par le chauffage, et qui sont ensuite injectés de nouveau par un tuyau dans le vin refroidi apte à les dissoudre, afin de lui rendre son bouquet.

Le caléfacteur étant rempli d'eau, on allume un feu bien nourri de charbon de bois; quinze minutes environ après, le bain-marie atteint la température convenable, et l'on fait passer du vin dans le réfrigérant en ouvrant le robinet d'admission. Un tuyau en caoutchouc, adapté au tube de sortie du réfrigérant, conduit le vin dans la barrique qu'on veut remplir, laquelle est préalablement soufrée. Pendant que la mèche brûle, on introduit dans la bonde le tuyau d'arrivée du vin qui a été chauffé; ce tuyau est muni d'un filtre en coton pour empêcher la rentrée de l'air dans la barrique. Pendant le fonctionnement, la marche du vin est toujours normale; il s'élève pendant son échauffement, et descend au fur et à mesure de son refroidissement.

Cet appareil est bien conçu, parce que dans sa construction il a été tenu compte de toutes les circonstances intéressantes. Il a cependant contre lui l'emploi d'un serpentin, dont on a déjà signalé les inconvénients. Son prix varie de 400 à 1,500 francs, pour une production variant de 150 à 1,200 litres à l'heure.

On pourrait s'arrêter ici en ce qui concerne les appareil destinés à mettre en œuvre le procédé de M. Pasteur, non toutefois sans faire remarquer que, dans la pratique, les appareils à bain-marie ont eu jusqu'ici la préférence; mais on croit utile de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

signaler, en terminant, une application à ce procédé de l'emploi de la chaleur solaire, révélée par l'appareil ingénieux que M. Mouchot a exposé, et qui a pour objet l'utilisation de la chaleur solaire pour les différents besoins de l'industrie.

Déjà M. Pasteur, dans son étude sur les vins, avait indiqué deux moyens de faire servir la chaleur du soleil à la conservation des vins; l'un consiste à utiliser, dans les contrées vinicoles des régions chaudes, les rayons solaires pour former des étuves dont la température serait élevée à un degré suffisant, au moyen d'une double enveloppe vitrée; l'autre consiste à exposer le vin au soleil dans des bonbonnes non remplies, en vue d'obtenir un vin madérisé, avec une addition de sucre ou de vin doux, si cela est nécessaire.

Sans entrer dans le détail de l'appareil exposé par M. Mouchot pour parvenir à vaporiser l'eau sous l'influence des rayons solaires, on peut affirmer que, grâce à une modification très simple, facile à réaliser, cet appareil pourrait être utilisé pour le chauffage des vins dans toutes les contrées exposées fréquemment à l'action du soleil.

On ne peut que laisser à l'industrie le soin de résoudre cette question, et elle y sera certainement amenée, si la pratique du chauffage vient à s'étendre dans les pays chauds, tels que l'Algérie, l'Espagne et le midi de la France, où la culture de la vigne conservera un grand développement, si, comme on se plaît à le croire, l'ennemi du moment, le phylloxera, vient à disparaître.

MONY.

§ 10. — BRÛLOIRS À CAFÉ.

Les brûloirs à café ont fait de grands progrès depuis quelques années. Le brûloir sphérique dit à *boule* a remplacé presque partout, en se perfectionnant chaque jour, le brûloir cylindrique, dont la forme défectueuse occasionne une trop grande dépense de combustible et de main-d'œuvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les constructeurs qui ont exposé ce genre de brûloirs, nous citerons d'abord le plus important, M. Gourdin-Vernhes, 15, rue Bichat, à Paris, qui en fabrique de trois types différents :

1° Brûloir simple, pour torréfier à bras de 500 grammes à 15 kilogrammes par brûlée, selon la grandeur : prix depuis 9 francs jusqu'à 90 francs ;

2° Brûloir à bascule, pour torréfier à bras de 3 kilogrammes à 20 kilogrammes par brûlée, selon la grandeur : prix depuis 45 francs jusqu'à 150 francs;

3° Brûloir dit *carré,* pour torréfier de 10 kilogrammes à 50 kilogrammes de café par brûlée, selon la grandeur : prix depuis 150 francs jusqu'à 700 francs.

Le brûloir simple se compose d'un corps ou fourneau cylindrique en tôle, d'une sphère en tôle recevant le café, d'un couvercle conique surmonté d'un tuyau formant cheminée, et de quelques menus accessoires.

Le brûloir à bascule se distingue du précédent en ce qu'il est construit de telle sorte que la sphère peut basculer et être ramenée en dehors du fourneau, ce qui facilite le travail du torréfacteur.

Le brûloir *carré* est vulgairement appelé ainsi à cause de la forme du fourneau, qui est cubique au lieu d'être cylindrique.

Ce fourneau est en forte tôle, consolidée aux angles par 4 cornières rivées ou boulonnées; le dessus est une plaque en tôle avec trou pour recevoir la sphère ; l'intérieur est en briques réfractaires.

Les brûloirs dits *carrés* sont disposés pour être mus à la vapeur lorsque leur contenance dépasse 20 kilogrammes; la boule tourne sur le feu et hors du feu par un jeu de bascule.

Le couvercle consiste en une demi-sphère en tôle consolidée par des cercles en fer.

On construit des appareils fixes pour des contenances de 50 kilogrammes à 100 kilogrammes. Le corps ou fourneau est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

alors en maçonnerie de briques consolidée par des cornières en fer.

Le couvercle est suspendu à une potence à deux montants reliés par une traverse; un appareil assez simple, consistant en chaînes, poulies, anneaux, etc., le fait monter et descendre à volonté.

Nous citerons encore les fabricants ci-après, qui ont exposé des torréfacteurs semblables :

Coudoint, Gougeul et C^ie^, à Montmorillon (Vienne);
Lauzanne, à Paris;
Lelong et Vidou, à Paris;
Luzurier, à Rouen;
Marchand, à Paris.

Les brûloirs sphériques sont l'expression actuelle du progrès; ils donnent d'excellents résultats à tous égards. L'administration militaire les avait déjà fait étudier et se propose sans doute, tout au moins, de les substituer aux anciens brûloirs cylindriques, à mesure que ceux qui existent seront usés. Dans les grands services disposant d'un moteur, il paraîtrait à propos d'installer dès à présent des brûloirs sphériques de grande dimension dits *carrés*.

M. Devinck, à Paris, rue Saint-Honoré, 175, a exposé un torréfacteur nouveau, que nous avons vu fonctionner à l'Exposition pour la torréfaction du cacao. L'inventeur prétendait que cet appareil peut être rendu applicable à la torréfaction du café. Des essais devaient avoir lieu dans ce sens à son usine; mais ils ont été ajournés par suite de la mort de M. Devinck.

Si cet appareil torréfie aussi bien le café que le cacao, il y aurait avantage à l'adopter pour les grands services disposant de moteurs.

Avec un torréfacteur de la grandeur de celui que nous avons vu, on pourrait torréfier, au dire de l'inventeur, 80 kilogrammes de café à l'heure, en brûlant 20 litres de coke, résultats sensi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blement plus rapides et plus économiques que ceux obtenus par le brûloir à boule.

Le torréfacteur de M. Devinck s'encadre dans une chambre en maçonnerie de briques de $1^{m},50$ de longueur, 1 mètre de largeur et $1^{m},80$ de hauteur.

A la partie inférieure se trouve un foyer ayant sa porte sur un des petits côtés de la chambre. Ce foyer est surmonté d'une voûte dans laquelle sont ménagées des ouvertures rectangulaires, que l'on ferme plus ou moins au moyen d'un registre à coulisse. Deux cylindres torréfacteurs, l'un dans l'autre, parcourus par une hélice, traversent la chambre dans toute sa longueur, au-dessus de la voûte, et une autre maçonnerie, surmontée d'une cheminée, les recouvre.

Sur le côté opposé à la porte du foyer est une trémie, au fond de laquelle se trouve un distributeur automatique, destiné à alimenter les cylindres torréfacteurs.

Le cacao, versé dans la trémie, entre dans le cylindre formant enveloppe ; l'hélice le fait passer à l'extrémité opposée, d'où il est conduit dans le cylindre intérieur, dont l'hélice, contournée en sens inverse, le ramène au point de départ. La cuisson, déterminée par les gaz de la combustion s'échappant des ouvertures de la voûte, est alors complète. Le cacao torréfié est reçu dans un récipient placé sous la trémie d'introduction.

Suivant l'inventeur, l'expérience aurait démontré que le cacao demande à être soumis à la plus haute température au commencement de la torréfaction, tandis que le café doit être torréfié progressivement. Dans les essais à faire, on se propose principalement de faire passer en premier lieu le café par le cylindre central, c'est-à-dire d'opérer en sens inverse. Réussira-t-on à rendre l'appareil applicable à la torréfaction du café? C'est probable, mais l'expérience seule pourra le démontrer positivement.

Les dispositions de l'appareil Devinck permettent, par des moyens pratiques et rapides, d'activer ou de modérer le calorique, la rotation des cylindres et l'introduction des grains. L'ouvrier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a continuellement sous les yeux la denrée à son état primitif et torréfiée, et il use de ces moyens pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

Nous croyons que cet appareil est destiné à remplacer avantageusement les brûloirs à boule de grande dimension.

DESANTIS.

§ 11. — CUISINES ROULANTES.

L'emploi qui a été fait, dans une certaine mesure, d'appareils roulants pour la préparation des aliments destinés aux troupes, pendant la guerre turco-russe en 1876-1877, donne tout au moins un caractère d'actualité à l'étude de ceux des appareils de ce genre qui existaient à l'Exposition.

Tout en réservant la question de savoir si, en principe, les avantages qui peuvent résulter de l'introduction de ces engins dans le matériel de guerre l'emportent sur les inconvénients que présenterait leur emploi, il a paru utile de signaler à l'attention ceux qui ont été exposés. On pourra ainsi tout au moins les faire entrer en concurrence avec les appareils du même genre non exposés et connus, pour le cas où l'adoption de ces appareils serait décidée, soit d'une façon générale, soit pour des besoins ou des cas particuliers.

Deux spécimens complètement distincts existaient à l'Exposition : l'un dit « marmite roulante », exposé dans la section russe par M. le colonel de l'armée impériale russe Lischine; l'autre dit « fourneau Entz », exposé dans la section française par M. Henri Entz, ancien officier de cavalerie. Ces deux spécimens reposent sur des principes différents : le premier, comme dans le fonctionnement habituel des cuisines en temps de paix, prépare les aliments (soupe ou rata) pour un groupe d'une certaine importance numérique; le second, comme dans le fonctionnement habituel en campagne, prépare les aliments (soupe ou rata) pour un certain nombre de petits groupes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le premier système, la difficulté de fonctionnement se produit au moment de la distribution pour la répartition entre un grand nombre de parties prenantes des aliments cuits; dans le second, cette difficulté se produit avant la cuisson, pour la répartition, entre un grand nombre de marmites, des aliments à cuire, l'action pour ainsi dire individuelle se trouvant à peu près supprimée.

Quoi qu'il en soit de ces difficultés de détail, on ne croit pas devoir s'y arrêter autrement, et, se bornant à les indiquer, pour qu'il puisse, le cas échéant, y être remédié le mieux possible, on arrive à la description de chacun de ces appareils.

La marmite roulante Lischine comprend une vaste chaudière en cuivre pur étamé placée sur un chariot. Ce métal a été choisi de préférence à tout autre, parce que, dit l'inventeur, il présente le plus d'avantages par rapport au travail, à la préparation et surtout à la conservation des soupes ou autres aliments de soldats. La chaudière est placée au-dessus d'un foyer qui peut être alimenté avec toute espèce de combustibles; elle contient un chaudron en cuivre étamé qui la ferme et n'a aucun contact avec le feu du foyer; ce chaudron reçoit les aliments à préparer avec la quantité d'eau nécessaire pour cette préparation, suivant qu'il s'agit de la soupe ou du rata; pour la soupe, cette quantité d'eau est de 25 seaux, représentant ce qu'il faut pour 250 hommes. Dans le vide existant entre la paroi de la chaudière et celle du chaudron, on introduit seize seaux d'eau par un entonnoir, qui est ensuite fermé, en même temps que l'on ferme le couvercle hermétique du chaudron, au moment où doit commencer le chauffage.

La chaudière est pourvue d'une soupape, et quand cette soupape commence à agir, on peut, par une disposition spéciale, faire passer de la vapeur dans le chaudron intérieur, ce qui permet soit d'accélérer la cuisson, soit de ralentir le feu.

L'inventeur évalue au tiers de la ration habituelle la quantité de bois nécessaire pour le fonctionnement de son appareil, avec lequel la cuisson des aliments ne demande que trois heures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi de la marmite roulante du colonel Lischine présente donc, dit cet officier supérieur, les avantages suivants :

« Économie de chauffage et de temps dans la préparation de la nourriture;

« Possibilité de préparer la nourriture en marche.

« Les hommes reçoivent des aliments proprement préparés, aussitôt arrivés au lieu de destination, et de cette manière on gagne sur le temps de repos des soldats.

« La nourriture peut être transportée au lieu même du combat.

« Les hommes peuvent en tout temps avoir suffisamment d'eau bouillante pour différents besoins. »

Un robinet placé à la chaudière permet, en effet, d'utiliser tout ou partie de l'eau de la chaudière, quand elle a cessé d'être nécessaire pour la cuisson des aliments.

Les dimensions de ces marmites peuvent être variées; le type admis pour l'armée russe a été celui utilisable pour l'alimentation de 250 hommes. Le chariot du spécimen exposé étant pourvu d'un brancard, on en a conclu que, pour sa traction, un seul cheval devait suffire. Aucun renseignement sur le poids total et sur le personnel nécessaire au fonctionnement n'a pu être donné; mais il est facile de se rendre compte que ce personnel, en ce qui concerne la préparation, peut être très restreint, et que la distribution seule peut en exiger un plus nombreux, si elle doit se faire à bref délai.

Cette cuisine présente une certaine analogie, au moins quant au principe, avec la cuisine mobile à vapeur libre système Fraise, qui a été mise à l'essai pour le service des troupes, en 1873, au camp de Villeneuve-l'Étang, et dont les dispositions permettaient un emploi plus complexe.

Le fourneau Entz, comme on l'a dit plus haut, repose sur un autre principe; il est monté sur un train de deux roues. On y groupe, en profitant de leurs formes, des marmites de campement à huit hommes en nombres variables, de façon à ce que, suspendues par les œillets d'attache des anses, elles reçoivent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le calorique d'un foyer situé à l'arrière de la voiture, et dont la cheminée est à l'avant, afin que le parcours des gaz chauds se fasse dans toute la longueur.

Les marmites sont placées l'une à côté de l'autre, la partie convexe de la seconde se logeant dans la partie concave de la première, et ainsi de celles qui suivent, de manière à ne former qu'un tout mobile, qu'une sorte de longue marmite articulée pouvant se subdiviser, au besoin.

Le mode de suspension par les œillets d'attache des anses a pour but de donner aux marmites la mobilité nécessaire pour conserver constamment, par la simple loi de la pesanteur, leur position verticale, quelle que soit l'inclinaison du terrain. Ces marmites restent presque adhérentes entre elles, non seulement pour régulariser la chaleur, mais encore pour neutraliser les oscillations et les trépidations accidentelles.

Les marmites sont supportées par le dessus du fourneau, composé de plaques découpées, à champ arrondi, pour permettre le jeu de la marmite. Les œillets sont reçus par des coches convenablement disposées pour servir d'axe de support. Un marchepied qui règne sur une grande partie du pourtour donne au cuisinier la faculté de surveiller la cuisson.

Pour que l'on puisse faire la cuisine en marche, il est ajouté à chaque marmite un flotteur en fer-blanc creux, qui a pour but d'empêcher toute déperdition de bouillon par suite des cahots.

Ces fourneaux sont construits pour brûler, comme le précédent, toutes sortes de combustibles. Ils peuvent également être de dimension variable, et l'on peut y appliquer toute forme ou dimension de marmite, en modifiant seulement la construction dans ses détails. La voiture peut être tenue ouverte ou fermée au moyen d'un couvercle mobile.

Par leurs dispositions, les fourneaux de M. Entz assurent l'alimentation des officiers en même temps que celle de la troupe, sans prélèvement sur la portion du soldat.

M. Entz présente deux types, savoir : un pour les besoins de 500 hommes et un pour les besoins de 250 hommes. Le premier

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

type répond aux besoins d'un demi-bataillon, et l'autre aux besoins d'un quart de bataillon ou compagnie. Il faudrait donc deux fourneaux du premier type par bataillon et quatre du second. Dans l'un et l'autre cas, il serait nécessaire d'avoir quatre chevaux en plus des fixations actuelles, si, comme le suppose l'inventeur, deux chevaux ou mulets sont suffisants pour la traction du fourneau de 500 hommes, et un cheval ou mulet pour celle du fourneau de 250 hommes.

Le 17 septembre, la cuisine ambulante de M. Entz a été expérimentée devant le jury de l'Exposition, auquel avait été adjoint un des officiers d'ordonnance de M. le ministre de la guerre. Le procès-verbal constate que, tout en marchant au pas et au trot, on a pu faire cuire à point en trois heures, comptées du moment où le feu a été allumé, potage, bœuf et légumes, et en trois quarts d'heure un rôti, fait dans le four dont le fourneau à l'essai était pourvu, et que la quantité de combustible employée pour ce fourneau de 27 marmites a été de 30 kilogrammes.

Ce résultat n'a fait que confirmer ceux qui avaient déjà été obtenus dans des expériences de plus longue durée, qui ont eu lieu en 1875 avec l'autorisation du ministre de la guerre.

En reconnaissant ce que présente d'ingénieux ce modèle de fourneau mobile, la question de décider si, dans la pratique, il devrait être employé pour le service des troupes, de préférence au modèle du genre présenté par M. le colonel russe Lischine, paraît devoir être réservée jusqu'à ce que des expériences sur une large échelle aient été faites. Ces expériences pourraient avoir lieu aux manœuvres d'automne, pour le cas où le principe dont il a été parlé au début de cette étude recevrait, contrairement à ce qui a été admis jusqu'à ce jour, une solution favorable à l'emploi de ces appareils.

Pour le service spécial des ambulances, le type de quatre marmites couplées, de la contenance de 50 litres chacune, avec four pour les viandes rôties, semble préférable à chacun de ceux dont il vient d'être parlé, en adoptant, toutefois, le principe de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marmite de M. le colonel Lischine, qui permet d'avoir toujours de l'eau chaude à sa disposition.

MONY.

§ 12. — MOYENS POUR ASSURER LE TRANSPORT DE LA VIANDE FRAÎCHE À GRANDES DISTANCES.

Le renchérissement considérable survenu sur la viande depuis quelques années dans diverses contrées de l'Europe, et notamment en France, a provoqué de la part de l'industrie des efforts qui méritent d'autant plus d'être encouragés, que, parmi les causes ayant produit le renchérissement, il en est qui ont un caractère permanent, comme l'excédent de consommation résultant du changement dans les habitudes. L'élévation des salaires et l'augmentation du bien-être qui en a été la conséquence ont, en effet, exercé sur le chiffre de la consommation journalière de la viande une influence considérable. La production agricole ne peut pas à elle seule suffire à combattre cet état de choses, parce qu'elle-même se trouve limitée dans ses efforts par les résultats très variables de la récolte fourragère et de celle des autres produits qui concourent avec elle à assurer l'alimentation du bétail.

Il était donc rationnel que l'industrie cherchât le moyen d'utiliser le trop-plein qui existe, dans une large mesure, dans certaines contrées du monde, et qui jusqu'ici n'avait été utilisé qu'à la production des cuirs, des laines, graisses, cornes, en abandonnant complètement la partie alimentaire du nombreux bétail dont l'entretien y est pour ainsi dire à vil prix.

La fabrication des viandes de conserve préparées cuites par le procédé Appert, par le procédé Fastier et par leurs dérivés, telle a été la première utilisation sérieuse vers laquelle se sont portés les efforts de l'industrie. Si l'on en juge par la qualité des produits obtenus dans l'Australie, dans la Plata et au Canada, on peut dire que ces efforts ont été couronnés d'un réel succès. Mais il faut bien le reconnaître, sous cette forme la viande n'a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas été accueillie, dans les pays de l'Europe qui s'y trouvaient intéressés, avec une faveur suffisante pour que l'on trouvât, dans l'emploi du procédé, de quoi réagir contre le renchérissement occasionné par l'excédent de consommation.

En France, plus encore peut-être qu'en Angleterre, on a témoigné, pour l'emploi des viandes ainsi conservées dans l'alimentation courante, une répugnance qui devait pousser l'industrie à diriger ses recherches dans une autre voie.

Présenter aux consommateurs la viande dans les conditions habituelles où la livre la boucherie, tel devait être le but à atteindre.

La longueur et la difficulté des traversées à faire n'ayant pas permis jusqu'ici le transport de la viande sur pied, tant en raison des déchets considérables se produisant par la mortalité et par le dépérissement, qu'en raison du danger d'importer la contagion bovine, la solution de la question a été cherchée dans le sens du transport de la viande abattue.

Depuis quelques années, différentes tentatives se sont produites; des sociétés se sont formées et ont entrepris le transport de la viande abattue sous la forme où elle se présente habituellement dans les boucheries, savoir : en pièces entières pour l'espèce ovine, en demi-pièces pour l'espèce bovine.

M. Charles Tellier peut être considéré comme l'initiateur dans cette voie, et les essais qu'il a entrepris avec succès, après avoir été appréciés par de hautes personnalités et par des sociétés savantes, ont amené la constitution de la Société du *Frigorifique*, qui, pour vulgariser son procédé, a fait arriver dans les eaux de la Seine, à proximité de l'Exposition universelle, un des bâtiments aménagés par ses soins pour le commerce de la viande abattue.

D'autres efforts ont été faits parallèlement; d'une part, une société s'est constituée à Marseille sous le nom de Société Julien et C^ie^, pour exploiter, comme la Société frigorifique, le commerce de la viande fraîche exportée, et, d'autre part, on a cherché à utiliser dans une certaine mesure les espaces laissés libres dans les paquebots transatlantiques par le commerce habituel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les trois cas, les procédés, bien que reposant sur la même idée — la conservation par le froid — diffèrent entre eux.

Dans le procédé de M. Tellier, exploité par la Société du *Frigorifique*, les locaux dans lesquels la viande est emmagasinée, qu'il s'agisse de la cale d'un navire, comme cela a lieu dans le bâtiment qui a été exposé, ou qu'il s'agisse de l'intérieur d'un wagon ou de magasins d'approvisionnements, sont tenus d'une façon constante à une température fixe entre 0 et — 1°; à ce point, l'eau en suspension dans l'atmosphère est solidifiée, alors que celle contenue dans les tissus reste encore liquide, préservée qu'elle est de la congélation par le contact des enveloppes qui la contiennent.

Cette température est entretenue au moyen d'appareils spéciaux produisant directement un courant d'air froid amené un peu au-dessous de 0° par des courants liquides à — 8° ou — 10°, qui, saisissant l'atmosphère, congèlent l'humidité qu'elle renferme, la dessèchent et abaissent rapidement sa température. Dans ces conditions, non seulement l'atmosphère est constamment purifiée des miasmes organiques qu'elle renferme, mais il se produit une légère et lente dessiccation, évaluée à 10 p. 0/0 pour 45 jours, laquelle vient aider à la conservation de la viande sans nuire aucunement à la qualité.

Par ce procédé, M. Tellier évite la congélation de la viande, qui est depuis longtemps un moyen de conservation connu et même pratiqué dans les régions froides, et il le fait parce qu'il considère que l'action de la congélation sur la viande a pour effet d'en hâter la rapide décomposition, ce qui présenterait des difficultés pour l'utilisation commerciale des produits exportés dans ces conditions. C'est donc par l'air froid et sec qu'il assure la conservation de la viande.

Voici maintenant comment l'air froid et sec nécessaire à la conservation est produit à bord du *Frigorifique*. Des machines utilisant l'éther méthylique produisent le froid; elles se composent :

1° D'un frigorifère, construit dans une chaudière tubulaire;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° D'une pompe, destinée à mettre en mouvement le liquide qui doit être refroidi en passant par le frigorifère;

3° D'un refroidisseur, vaste réservoir où le liquide refroidi est versé et d'où il se distribue dans toutes les directions où l'on veut produire l'action frigorifique;

4° D'une pompe à compression;

5° D'un condenseur, dans lequel l'éther méthylique qui s'est vaporisé reprend la forme liquide sous une pression de huit atmosphères;

6° De ventilateurs amenant l'air à refroidir, et poussant celui qui est refroidi.

Devant les questions d'imprévu qui se pouvaient rencontrer dans un voyage d'essai, trois machines ont été installées à bord du *Frigorifique;* mais en fonctionnement régulier, une seule suffirait. Il a été en effet reconnu que, un accident arrivant à la machine, on aurait tout le temps de la réparer, des arrêts de 48 heures dans le fonctionnement étant sans influence sur la conservation. (A terre, à l'arrivée, la viande a été conservée 3 et 4 jours à l'air ordinaire par des températures de 29 degrés.)

Sous la pression atmosphérique et à la température ordinaire, l'éther méthylique est gazeux; il se liquéfie sous la même pression à 30 degrés au-dessous de zéro.

La production du froid, qui est la conséquence de la vaporisation de cet éther, se fait donc en vertu des propriétés mêmes de ce corps. La principale action que les machines aient à produire est la compression des vapeurs, afin de les ramener à l'état liquide, et par conséquent d'obtenir à la fois la conservation de l'éther méthylique et sa constante régénération à l'état liquide, de manière à n'en utiliser qu'une certaine partie.

Pour obtenir ce résultat, l'éther méthylique est placé dans la chaudière tubulaire. L'intérieur des tubes est parcouru par un courant de solution de chlorure de calcium. Sous l'influence de la constante vaporisation de l'éther, qui se fait autour des tubes dans ladite chaudière, nommée *frigorifère,* le refroidissement du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courant de chlorure de calcium a lieu, et sert à produire l'action frigorifique à utiliser.

Les vapeurs d'éther méthylique se rendent alors à la pompe de compression, qui les refoule dans un serpentin baigné dans un courant constant d'eau de mer, pour en amener la liquéfaction, sous l'influence de la température de cette eau et de la pression donnée par la pompe de compression; l'éther méthylique ainsi liquéfié revient au frigorifère pour continuer l'action frigorifique exercée sur le courant de chlorure de calcium.

Ce dernier, conduit à travers les soutes à charbon dans la cale à viande, parcourt six cylindres verticaux, nommés refroidisseurs.

Ces cylindres sont garnis de tubes intérieurs débouchant, à chacune de leurs extrémités, dans l'atmosphère des locaux à refroidir. Les tubes étant constamment entourés de chlorure de calcium froid, puisque ce liquide emplit les refroidisseurs, et de puissants ventilateurs chassant constamment l'air de ces tubes, cet air, en les traversant, subit les deux actions recherchées : il se refroidit et abandonne à l'état de givre l'eau qu'il tenait en solution. Dès lors l'air froid et sec est obtenu pour assurer la conservation des matières organiques dans le milieu où elles sont placées. Pour plus de sécurité, on peut encore compléter la dessiccation de l'air à l'aide de vases contenant du chlorure de calcium, que l'on dispose dans l'intérieur des locaux d'emmagasinement; mais cette précaution est le plus souvent inutile, et il y a d'ailleurs un intérêt sérieux à ne pas y avoir recours.

MM. Julien et C^ie^, contrairement à ce que fait M. Tellier, pratiquent la congélation de la viande; ils l'opèrent par rayonnement dans les chambres destinées à recevoir cette denrée, au moyen d'un appareil qui leur est propre, et en faisant emploi de l'ammoniaque réduit en vapeur, pour obtenir un abaissement de température de 20 à 30 degrés.

Dans ce but, un mélange d'ammoniaque liquide à 20 degrés et d'eau naturelle à la température de 14 degrés centigrades est mis en ébullition dans une chaudière communiquant avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une chambre où s'emmagasine la vapeur ammoniacale. Cette vapeur est ensuite conduite dans les soutes, convenablement disposées pour la conservation de la viande, en passant d'abord par une boîte à distribution permettant d'en régler la quantité, puis par un long serpentin. Dans ce trajet, la vapeur ammoniacale s'empare des calories environnantes et, après avoir déterminé l'abaissement de température recherché, elle arrive dans une chambre où elle se liquéfie, pour retourner à la chaudière et l'alimenter.

La perte occasionnée dans ce mouvement est évaluée à un demi-litre seulement d'ammoniaque pour 24 heures.

Par ce moyen, la congélation complète est réalisée en 24 heures pour les quartiers de bœuf et en 16 heures pour les moutons entiers, et le dégel après la sortie des chambres ne s'opère que petit à petit, et demande de 36 à 48 heures pour les premiers et de 24 à 36 heures pour les seconds.

La société qui utilise les paquebots transatlantiques pour le transport de la viande fraîche fait usage d'un procédé qui diffère moins que le précédent de celui de M. Ch. Tellier.

Les chambres de l'entrepont, qui sont installées pour ce transport à bord de certains bâtiments de la Compagnie transatlantique, sont calfeutrées avec des matières mauvaises conductrices de la chaleur, de façon à y maintenir une température constante de 0° à — 2 degrés. Cette température est obtenue et entretenue au moyen d'un ventilateur puissant en communication avec la machine du bâtiment, qui lui donne le mouvement. Ce ventilateur, mis également en communication par un système de tuyauterie avec les chambres qui servent à emmagasiner la viande, aspire l'air qui s'y trouve contenu et y pousse l'air qu'il prend sur le pont, lequel se refroidit en passant sur un large bain de glace, entretenu pendant toute la durée de la traversée dans chaque chambre.

Si l'on voulait dessécher mieux que ne le fait ce procédé l'air ainsi refroidi, on le ferait aussi passer sur un lit de chlorure de potassium; mais jusqu'ici cela n'a pas été reconnu néces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saire, grâce à la qualité et à la bonne préparation des viandes abattues pour le transport.

Des trois procédés qui viennent d'être décrits, quel est celui qui doit obtenir la préférence? Théoriquement, on incline à croire que celui de M. Tellier, par le froid sec, devrait être le plus favorable; mais il convient de laisser à la pratique le soin de résoudre cette question, l'expérience étant toujours, dans ces circonstances, le meilleur guide.

On peut toutefois dire dès à présent qu'appelée à constater les résultats pratiques des deux derniers procédés, l'administration de la guerre, par l'organe de la commission supérieure des subsistances, a été amenée à reconnaître qu'ils présentaient tous deux des garanties suffisantes. Il y a donc intérêt à favoriser une industrie nouvelle susceptible de contribuer à atténuer les effets du renchérissement, en admettant les viandes ainsi importées en concurrence avec les viandes indigènes.

L'examen des viandes importées, fait à des époques différentes, a permis de s'assurer que, même dans des conditions peu favorables de température et d'état hygrométrique de l'air, ces viandes, après la sortie des chambres réfrigérantes, étaient susceptibles de se conserver aussi longtemps que les viandes abattues sur place, et que, par conséquent, on peut compter sur la même durée de temps que pour ces dernières pour assurer leur vente et leur mise en consommation.

Si leur aspect extérieur, avant le débit des quartiers, laisse quelque peu à désirer, il est juste de dire qu'il se modifie favorablement après le dépècement, et que la qualité du bouillon obtenu par la cuisson, ainsi que celle de la viande cuite, ne diffèrent pas de celle des produits similaires obtenus avec la viande fraîche indigène de qualité correspondante.

Tous ces résultats sont de nature à faire considérer comme pratiquement résolu le problème du transport de la viande abattue à de grandes distances, en la soumettant au froid pendant le trajet, et aussi celui de la conservation de la viande fraîche, à titre d'approvisionnement pour certaines circonstances.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On doit donc désirer que la résistance souvent apportée par l'esprit de prévention ne vienne pas faire obstacle à un trafic qui intéresse sérieusement l'alimentation publique, et par suite, dans une certaine mesure, l'alimentation de la troupe; soit que les ordinaires profitent du prix plus bas auquel peuvent être obtenues les viandes importées, soit qu'ils profitent de l'abaissement de prix que pourrait déterminer sur cette denrée la concurrence pratiquée largement, tant dans les ports que dans les centres qui peuvent s'y approvisionner facilement, soit enfin que l'administration de la guerre cherche à utiliser le procédé pour la constitution d'approvisionnements de viande fraîche dans certains cas, elle ne peut que s'intéresser au succès des entreprises qui se sont constituées.

Entraînée dans cette voie, l'industrie ne devait pas s'arrêter aux tentatives de transport par mer; elle devait en effet chercher l'application des mêmes moyens pour les transports par terre, ne fût-ce que pour élargir son rayon d'action, sinon même pour permettre l'exploitation de centres de production susceptibles de se relier aux centres de consommation par les chemins de fer.

On doit dire que dans ce sens les efforts ont été jusqu'à ce jour plus restreints; mais comme ils pourraient prendre plus d'activité, surtout si le commerce d'outre-mer venait à se développer, on croit utile de parler ici du wagon pour le transport de la viande abattue, qu'a fait figurer dans la section autrichienne de l'Exposition la commission I. et R. d'Autriche.

Ce wagon est disposé comme les grands wagons à marchandises; le plancher, la toiture, les parois verticales et les deux portes placées sur le grand côté sont à doubles parois, et l'espace libre entre elles est rempli par une substance mauvaise conductrice de la chaleur. Il est muni de quatre réservoirs à glace, dont deux se trouvent à la partie inférieure le long des petits côtés, et les deux autres au-dessus, à la partie supérieure. Le remplissage des réservoirs à glace s'opère par des clapets placés en haut du toit, et l'écoulement des eaux provenant de la fonte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la glace s'effectue par des tuyaux, qui sont courbés pour empêcher l'entrée de l'air chaud.

L'un des essieux du wagon porte une poulie pour la mise en mouvement d'un ventilateur placé au-dessous de la voiture. Ce ventilateur est en communication avec une conduite qui traverse les réservoirs à glace, et aboutit dans le wagon sous forme d'un champignon percé de trous pour diviser la colonne d'air. Lorsqu'il est en action, il aspire d'un côté l'air contenu dans le compartiment, et l'y repousse d'un autre côté, après qu'il s'est considérablement refroidi en passant par les réservoirs. L'air contenu dans le wagon est donc par ce moyen, pendant la marche, dans un mouvement continuel de refroidissement, qui se trouve encore augmenté par deux aspirateurs d'air situés au plafond du wagon.

On place la viande sur des crochets en fer galvanisé et fixés à des traverses également en fer galvanisé.

Toutes les autres parties du wagon sont conformes aux parties similaires des wagons réglementaires. Les ressorts sont à dix lamelles, le poids de la voiture vide est de 10,050 kilogrammes, sa capacité de 10,000 kilogrammes, et son prix de 8,500 francs.

Le plus long trajet qui ait été accompli par des wagons de ce modèle est celui de Tarnopol à Vienne, soit 895 kilomètres. Pour les longs trajets, le remplacement de la glace devrait avoir lieu toutes les douze heures; il serait dès lors nécessaire d'en avoir un approvisionnement suffisant dans les stations du parcours correspondant à cette durée de trajet.

La description de ce wagon a paru d'autant plus utile que, dans certaines circonstances, l'administration de la guerre pourrait trouver dans l'emploi du procédé, qui ne diffère pas de celui en usage à bord des transatlantiques, un moyen d'action qui lui permettrait, en temps de guerre, d'assurer aux troupes la distribution de la viande, en faisant opérer les abats à distance, au lieu de faire transporter le bétail sur pied à proximité des troupes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De son côté, M. Charles Tellier s'est occupé de cette question du transport par terre : il propose de la résoudre en poussant au delà de la proportion qui a été indiquée plus haut la dessiccation par le froid. En la portant à 22 p. o/o, au lieu de 10 p. o/o seulement, la viande, dit-il, peut être impunément abandonnée à l'air libre pendant au moins un mois ou deux. Si ce résultat était confirmé par des expériences suivies, le moyen indiqué n'aurait contre lui que l'augmentation de dépense qu'il occasionnerait, augmentation sans grande importance, s'il s'agissait de viande exotique obtenue à bas prix, mais relativement considérable, s'il s'agissait de viande indigène. Peut-être aussi aurait-il l'inconvénient de présenter la viande sous un aspect qui pourrait motiver, au moins au début, certaines préventions. Néanmoins il a paru utile de signaler ce procédé à l'attention.

On ne croit pas devoir terminer cette étude sans indiquer que, si l'on n'y a pas compris les autres procédés en usage, tels que l'emploi du vide ou d'atmosphères artificielles, celui du sel, celui de mixtures ou d'injections préservatrices, celui d'alcool ou d'acides, l'enrobage par la gélatine, la paraffine, etc. et enfin la dessiccation naturelle, c'est que ces procédés, dont quelques-uns peuvent être utilisés, mais seulement dans certaines circonstances, ne présentent pas d'intérêt pratique pour la question telle qu'elle se pose d'elle-même au point de vue de l'alimentation générale. On ne peut mieux faire à cet égard que de renvoyer aux considérations exposées dans l'excellente publication de M. Charles Tellier sur la conservation de la viande et autres substances alimentaires.

MONY.

§ 13. — PRODUITS ALIMENTAIRES.

A l'exception des sucres, les divers produits alimentaires exposés sont sans intérêt au point de vue du service militaire. Nous avons vu une quantité considérable d'échantillons de céréales de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différents pays et beaucoup d'échantillons de farines de minoterie. Mais l'administration militaire tire ses blés et autres céréales du rayon d'approvisionnement de chaque place. En cas d'insuffisance ou d'infériorité de la récolte, elle a recours aux grains exotiques qu'elle peut obtenir dans des conditions économiques, et elle n'exclut que les grains médiocres ou mauvais. En fait de farines, elle ne recherche pas la blancheur, comme la minoterie, et utilise toutes les parties du blé, sauf le son et les recoupettes, d'après un taux de blutage déterminé suivant l'essence du blé. Ce genre de farine n'a pas été exposé. Il a été exposé un assez grand nombre d'échantillons de biscuit: aucun d'eux ne représente une innovation et n'est supérieur à celui qu'on fabrique dans nos manutentions militaires. Enfin nous avons vu un grand nombre de conserves et d'extraits alimentaires, propres à la table des particuliers, et des conserves de viande, dont les meilleures sont celles que l'administration militaire avait déjà adoptées.

La fabrication du sucre est une de nos plus grandes industries, et les procédés d'extraction et de raffinage se perfectionnent tous les jours. Aussi cette industrie est-elle largement représentée à l'Exposition: on compte plus de 50 exposants.

Nous avons particulièrement remarqué les sucres cristallisés en pain, en poudre et cassés en morceaux cubiques de la raffinerie Constant Say, de Paris.

La maison Jeanti et Prevost, de Paris, a exposé des morceaux cubiques en sucre raffiné, obtenus directement par un procédé particulier.

La vitrine de M. Étienne, de Nantes, renferme aussi une belle collection de sucres de tous genres, y compris des raffinés cubiques pour l'exportation et l'armée.

MM. Lefranc et C^ie^, de Tracy-le-Val (Oise), ont exposé des agglomérés en tablettes divisées en rations militaires du poids de 21 grammes.

Les produits de MM. Quarez, fils et C^ie^, de Villeneuve-sur-Verberie (Oise), nous ont paru remarquables par leur pureté et leur blancheur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous citerons encore les vitrines de M. le marquis d'Avrincourt, à Havrincourt (Pas-de-Calais);

De MM. Lemaire et C^ie^, à Vervins (Aisne);

De MM. Guilbert, Vuaflart et C^ie^, à Chavenay (Saine-et-Oise);

De MM. Curie et C^ie^, à Neuilly-Saint-Front (Aisne);

De M. Vion, à Sainte-Émilie (Somme);

De MM. Druelle, Payart, Cocquebert et C^ie^, à Courcelles (Aisne);

De MM. d'Osmoy et C^ie^, à Étrépagny (Eure);

De MM. Bourcart et C^ie^, à Nantes;

De la raffinerie de la Méditerranée, à Marseille;

De M. Galtié, à Rozières (Somme);

De M. Cézard, à Nantes;

Des exposants de l'arrondissement de Cambrai.

Toutes ces belles collections, où le sucre est représenté sous toutes les formes et atteint un degré élevé de pureté et de blancheur, témoignent des progrès de l'industrie sucrière.

La forme conique des pains, qui se prête avantageusement au raffinage en grand, est très incommode pour la vente au détail, l'encaissement et le transport. Aussi, depuis plusieurs années, des machines ont été inventées pour casser ou scier le sucre en pains, afin d'obtenir des morceaux à faces planes. Cette forme répond si bien aux besoins de la consommation que la seule maison Boutry réduit journellement en morceaux, dans son usine de la Villette, de 20,000 à 30,000 kilogrammes de sucre.

Mais le cassage et le sciage du sucre présentent des inconvénients. Les morceaux ne sont pas d'un poids uniforme; il se produit dans le débit une assez grande quantité de poudre de sucre; il s'en produit aussi pendant le transport, par suite du frottement des morceaux les uns contre les autres.

L'Exposition de 1878 a démontré les efforts des raffineurs pour rompre avec l'ancienne fabrication des pains coniques, tout en évitant ces inconvénients, ce à quoi quelques-uns sont arrivés en fabriquant directement le sucre en morceaux cubi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques. Les résultats obtenus sont satisfaisants. Les produits en ce genre de la maison Jeanti et Prevost sont très purs et d'un bel aspect.

L'augmentation de prix n'est que de 5 francs par 100 kilogrammes relativement au sucre en pains. Les agglomérés en tablettes divisées en rations de MM. Lefranc et Cie, quoique moins blancs, sont aussi très satisfaisants, eu égard à leur prix, qui ne diffère pas de celui du sucre en pains.

L'Administration a mis en essai ces derniers sucres.

Le procédé est donc trouvé, et si ce n'était les frais énormes qu'auraient à faire les fabricants pour la création d'un outillage spécial, on verrait bientôt disparaître l'antique pain conique.

En résumé, le raffiné cubique est le sucre de l'avenir, et l'administration militaire devra le préférer, à cause des grandes facilités qu'il offre pour l'encaissement, le transport et la distribution.

DESANTIS.

§ 14. — BOTTELEUSES ET PRESSES À FOURRAGES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le commerce des foins pressés a pris depuis quelques années un grand développement, dû, entre autres causes, à l'introduction plus large de ce produit dans les approvisionnements de l'administration de la guerre et à son emploi dans les approvisionnements de la Compagnie des omnibus et dans ceux de la Compagnie des petites voitures. Les constructeurs, sollicités par la demande des producteurs, ont, en conséquence, porté leur attention sur un outillage, jusqu'ici assez imparfait, et qu'il y avait un intérêt réel à améliorer, en vue d'obtenir le foin pressé économiquement, sans nuire à la qualité de la denrée, et cela dans des conditions de densité qui en rendent le transport aussi peu coûteux que possible.

On devait donc s'attendre à trouver, à l'Exposition de 1878,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un nombre assez élevé d'appareils de pressage, et c'est en effet ce qui a eu lieu; toutefois on doit se hâter de dire que, quant à présent, ces exhibitions, qui témoignent des efforts tentés pour atteindre le but, ne réalisent pas encore tout ce que l'on doit espérer.

Elles se présentent sous diverses formes : les botteleuses et les presses.

Pour les besoins de l'administration de la guerre, les botteleuses n'ont d'intérêt qu'au point de vue du rationnement journalier, en tant qu'elles puissent permettre de substituer à un ouvrier formé à ce genre de travail un outil peu dispendieux, solide, maniable sans difficulté par le premier venu, et produisant plus et plus regulièrement que ne pourrait le faire le travail manuel.

C'est en effet ce que semblent réaliser les botteleuses de M. Guitton, constructeur-mécanicien à Corbeil, et celles de M. Guilhem, constructeur à Toulouse, et à ce titre il paraît utile d'en parler ici avec quelques détails.

La botteleuse Guitton consiste en une auge hémisphérique à claire-voie reposant sur deux chevalets fixés à un cadre horizontal. Sur le fond et sur l'arrière de l'auge se trouvent rivées des bretelles en tôle, ayant une souplesse suffisante pour faire ressort et venir s'accrocher à des pédales situées sur l'avant de l'appareil et glissant dans des guides.

Pour faire fonctionner cette botteleuse, on place d'abord les liens sur le fond de l'auge, où ils sont retenus par des ressorts, puis on met la marchandise dans la caisse, on la retrousse de façon à éviter qu'elle ne dépasse les bouts; on abaisse alors sur le fourrage, au moyen de deux poignées, les ressorts en tôle d'acier, que l'on accroche aux pédales, et, après avoir appuyé avec le pied de tout le poids du corps, on prend le bout des liens et on les tord. On décroche alors les ressorts en les rejetant sur le dossier, et on enlève la botte.

La pression obtenue réduit le volume d'un tiers sur le bottelage à la main.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faciliter la régularité du rationnement, M. Guitton construit des botteleuses qui ne diffèrent des précédentes que par l'adjonction d'une romaine à tige reliée sous le fond à l'auge qui fait plateau. Les poids de la romaine s'accrochent dans des trous dont l'éloignement est calculé par demi-kilogramme.

Les botteleuses Guitton, utilisables pour le foin et la paille, mais plus favorables au bottelage du foin, sont de trois dimensions : les botteleuses à trois liens, pour bottes de 1 mètre de long et de 5 à 11 kilogrammes de foin; celles à deux liens, pour bottes de 75 centimètres de long et de 4 à 6 kilogrammes de foin, et celles à un lien, pour bottes de même longueur et de même poids que les précédentes.

Les renseignements donnés en ce qui concerne le travail produit par chacune de ces botteleuses ne présentent pas un caractère d'exactitude suffisante pour qu'on les relate ici. Toutefois on croit pouvoir dire que ce produit serait certainement supérieur à celui fourni habituellement par le travail manuel, surtout en combinant convenablement la préparation des liens et le rangement des bottes avec la production des outils. Une expérience dans les magasins de l'État présenterait donc un réel intérêt. C'est dans ce sens que l'on conclut, aussi bien pour la botteleuse Guitton que pour la botteleuse mécanique universelle Guilhem, dont on va donner sommairement la description et la manœuvre, bien qu'elle paraisse moins ingénieuse que la précédente, qui a tout au moins l'avantage de conserver aux bottes leur forme ordinaire.

Pour cette description, on ne peut mieux faire que de se reporter à celle donnée dans le rapport fait par M. l'intendant militaire Viguier, dans la séance de la Société d'agriculture de la Haute-Garonne du 21 février 1877.

Cette machine se compose d'une boîte cubique dont la face antérieure se rabat horizontalement. La face postérieure sert d'attache à l'extrémité d'un levier de deuxième genre; les deux faces latérales portent chacune un déclic; enfin le couvercle mobile, qui entre à frottement dans l'intérieur de la boîte, est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

muni d'une armure sur laquelle s'exerce la résistance du levier. L'intérieur de la boîte peut être divisé en deux compartiments par une cloison mobile en tôle.

Pour opérer, la partie antérieure étant relevée et fixée, la cloison placée et le couvercle relevé, on dispose une ligature en fil de fer dans chaque compartiment (aujourd'hui un perfectionnement permet d'utiliser les liens en paille, foin, jonc, feuille, etc). On remplit le ou les compartiments, en tassant le foin le plus possible; on enlève, s'il y a lieu, la cloison et on place le couvercle. Cela fait, on opère la compression sur ce couvercle au moyen d'un levier, et, dès qu'on a atteint la limite voulue, le couvercle se trouve naturellement fixé par les deux déclics. On rabat alors la face antérieure, ce qui permet de saisir et de fixer les ligatures. Ensuite on enlève le couvercle et on dégage le contenu de la boîte, qui se présente sous la forme de petits cubes.

Comme M. Guitton, M. Guilhem a trois grandeurs de botteleuses, montées ou non sur roues :

Le n° 1, pouvant faire une seule botte de 3 kilogrammes ou 2 kilogr. 500 et même 2 kilogrammes, au moyen de doubles fonds;

Le n° 2, pouvant faire une seule botte de 6, 5 et 4 kilogrammes, ou bien deux bottes à la fois, de 3 kilogrammes, 2 kilogr. 500 et 2 kilogrammes l'une, au moyen de doubles fonds;

Le n° 3, pouvant faire une seule botte de 8 ou 10 kilogrammes, ou deux à la fois de 4 ou 5 kilogrammes ou même de 3 kilogrammes, au moyen de doubles fonds.

On propose donc, d'accord avec la commission supérieure des subsistances, qui formule un avis semblable dans un travail complet présenté par elle sur la question du pressage, de faire l'essai des botteleuses Guitton et Guilhem. Si cette proposition est acceptée, il serait utile de voir si, en raison du moindre volume des bottes par rapport au travail manuel, on ne devrait pas adopter pour le rationnement la botte contenant la double

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ration journalière. On faciliterait ainsi les diverses distributions, le placement dans les magasins et la rapidité du travail du rationnement.

Le travail de la commission supérieure des subsistances dont il vient d'être parlé comportant la description de tous les appareils de pressage existants dans l'enceinte de l'Exposition, on se bornera à indiquer ici leur caractère général, se réservant de s'étendre seulement un peu sur ceux d'entre eux qui constituent un progrès réel ou une tendance à progrès sur les plus perfectionnés déjà signalés à l'administration de la guerre, à la suite des études successives qui en ont été faites par la commission des subsistances depuis plusieurs années.

Il existe à l'Exposition trois types parfaitement distincts, savoir : les presses à bras; les presses mixtes, utilisables soit à bras, soit avec manège, soit avec moteur; et enfin les presses marchant exclusivement avec moteurs. Ces trois types répondent, pour l'administration de la guerre, à des besoins différents; ils méritent donc tous de fixer un moment l'attention.

1er type : presses à bras. — Dans les appareils exposés, il n'en existe aucun qui puisse entrer sérieusement en concurrence avec la presse Wohl perfectionnée, récemment essayée à l'atelier de Vincennes, et qui a fait l'objet d'un rapport au ministre, dont les conclusions favorables, sous certaines réserves en ce qui concerne les dépenses occasionnées par la ligature brevetée, ont été confirmées à l'occasion d'essais industriels prolongés faits, pendant l'Exposition, au bois de Boulogne, sous la direction du constructeur. Néanmoins, on croit utile de signaler tout au moins ici les presses portatives Guitton, qui, reposant sur le même principe que sa botteleuse, par leur simplicité de construction et de fonctionnement, leur solidité et leur très bas prix (350 francs au minimum), peuvent rendre certains services pour faciliter le logement et le transport dans des conditions restreintes. On signale aussi l'apparition prochaine, annoncée par M. Guilhem, d'une presse à bras qui serait, à son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire, plus puissante et plus perfectionnée que celle de M. Wohl. Cette mention a paru utile, ne fût-ce que pour faire ressortir la réalité des efforts dont les appareils de pressage sont en ce moment l'objet.

Les presses à levier de MM. Waite, Burnell, Hugins et C^ie^, constructeurs à Paris, et celles, également à levier, de MM. Th. Hercule, Lever Jack et C^ie^, de New-York (États-Unis), représentés à Paris par MM. Salmon et de Stuckle, 95, rue Saint-Honoré, ne méritent pas de fixer l'attention.

2^e^ type : presses mixtes, utilisables soit à bras, soit avec manège, soit avec moteurs. — Les plus perfectionnées des presses exposées sont : la presse de MM. Mabille frères, constructeurs à Amboise, se rapprochant par ses dispositions générales de la presse Wohl; la presse de M. Barbe, constructeur à Bayonne, en usage aux ateliers de M. Despaux, à Tarbes : toutes deux verticales et donnant la pression de haut en bas; enfin la presse horizontale à double effet de MM. Albaret et C^ie^, constructeurs à Liancourt. Toutes ces presses donnant une production inférieure à celle de la presse Wohl à bras, et la densité obtenue, qui varie de 170 à 208 kilogrammes, étant inférieure à celle que l'on obtient avec cette dernière presse, il ne paraît pas utile de s'y arrêter, leur mention ne devant avoir pour objet que d'appeler sur elles l'attention, pour le cas où des perfectionnements postérieurs leur donneraient une plus grande puissance d'action.

On se bornera à dire que la presse Barbe, basée sur le principe de la transformation du mouvement circulaire en mouvement rectiligne alternatif, est lourde et massive, bien que locomobile, et produit une compression lente et régulière; que la presse Albaret, locomobile comme la précédente, par sa disposition horizontale offre une grande facilité de fonctionnement, surtout pour le chargement en foin, qui se fait dans un des compartiments et sans gêne pour les hommes, pendant que la pression se fait dans l'autre. Ce qui la distingue surtout, c'est la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combinaison d'engrenages toute particulière, et propriété de M. Albaret, qui permet de transmettre des vitesses et des efforts différents.

3e type : presses marchant exclusivement avec moteurs. — Il en existe à l'Exposition deux spécimens qui méritent une attention d'autant plus grande, que le principe sur lequel repose leur fonctionnement, très différent des autres, est tout à fait nouveau.

Dans les presses du premier et du deuxième type construites jusqu'à ce jour, le pressage s'effectue sur l'ensemble du foin destiné à fournir une balle. Dans les deux spécimens en question, il s'éxécute successivement sur les différentes parties de foin qui doivent constituer la balle ; dans l'un d'eux, la production est limitée à une certaine longueur maximum ; dans l'autre, elle est pour ainsi dire continue. Si l'on ajoute à cela que les densités obtenues avec ces deux spécimens, dont le fonctionnement s'effectue horizontalement, dépassent considérablement celles obtenues avec les autres presses en usage, et qu'ils sont tous deux locomobiles, on reconnaîtra l'intérêt qui s'attache à ce que ces appareils soient l'objet d'un examen sérieux. Le premier est de M. Pilter, constructeur à Paris, et le second, de MM. Dederick et Cie, de Chicago, représentés par M. Albaret, constructeur à Liancourt, qui vient de faire l'acquisition du brevet pour la France.

La presse Pilter comprend un plan en bois légèrement incliné vers son centre, avec rebords, et divisé longitudinalement en deux compartiments égaux par une cloison verticale, de la même hauteur que les rebords latéraux. Ce plan laisse passer dans deux rainures pratiquées à chacun des compartiments deux râteaux à dents, dits secoueurs, qui sont animés par le mécanisme de mouvements oscillants de va-et-vient ; les deux compartiments aboutissent à une boîte cylindrique située à peu près au centre de l'appareil, et dans laquelle se meuvent, suivant l'axe de la boîte, deux cônes en fonte placés bout à bout à leur sommet, tout près d'un plateau circulaire en fonte formant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme le fond de la boîte et mobile lui-même. Ce plateau, armé de griffes, est fixé à l'extrémité d'un arbre portant un repère mobile en fonte, formant frein et animé par une forte vis ; il comporte en outre des rainures destinées au passage des liens, quand le travail de pressage est achevé. Le tout est terminé par un système d'engrenage situé à la partie opposée au plan incliné, et qui est mis en mouvement par une poulie entraînée elle-même par le moteur choisi.

Pour faire fonctionner cet appareil, on jette le foin à la fourche sur les deux compartiments; il est immédiatement ramassé par les râteaux, qui l'entraînent vers les deux cônes mobiles, où, après avoir été secoué, il est enroulé selon la forme cylindrique de la boîte et déposé ensuite contre le plateau, lequel se trouve poussé par les chargements successifs arrivant ainsi aux cônes, et retient les premières couches au moyen des griffes dont il est armé, en entraînant ensuite toutes les autres jusqu'au moment où il arrive au repère.

A ce point, la balle est formée, et pour éviter qu'elle ne tombe dans le vide qui est en dessous d'elle, on la serre fortement au moyen du frein mis en mouvement par la vis de pressage, ce qui maintient la pression et même l'augmente sensiblement. C'est alors que se fait la ligature, au moyen de deux liens en fer que l'on fait passer en croix par les rainures pratiquées sur le plateau, et qui ont leur correspondance sur la boîte des cylindres ; les liens sont croisés sur les bouts et agrafés au moyen d'un double crochet passé dans les boucles qui les terminent. On ramène alors en arrière la vis de pression, et la balle, n'étant plus soutenue, tombe dans le vide où s'est fait le mouvement de l'axe du plateau.

A en juger par les spécimens de balles présentés par le constructeur, la densité obtenue serait assez variable; on a en effet trouvé des écarts considérables de 274 à 369 kilogrammes. Quelle que soit la cause de cet état de choses, on doit reconnaître qu'en tout cas la densité est considérable; le produit du travail, avec une force effective de quatre à cinq chevaux et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'emploi de cinq ouvriers, étant de huit à dix balles de 100 à 130 kilogrammes à l'heure, cet appareil, dont le coût ne dépasse pas 2,500 francs, vaut certainement la peine d'être mis à l'essai d'une façon continue dans les magasins de l'État, ainsi que nous le proposons.

La forme cylindrique des balles obtenues présente à la fois des avantages et des inconvénients; on ne se dissimule pas cependant que les premiers ne paraissent pas compenser les seconds, qui doivent avoir pour conséquence une perte d'espace dans l'arrimage, faisant perdre comme logement une partie du bénéfice de l'excédent de densité obtenu.

On exprime aussi la crainte que le travail des râteaux n'ait pour effet de détacher les feuilles des tiges dans une forte proportion, et de faire perdre ainsi à la denrée une partie de ses propriétés nutritives. L'expérience seule pourra bien fixer sur ce point, ainsi que sur celui de savoir si le travail des cônes ne produit pas un laminage nuisible à la qualité du foin.

La presse Dederick consiste en une double caisse faite de forts madriers en bois, posés sur quatre roues, dont la partie supérieure sert à alimenter l'ouverture de la presse proprement dite, laquelle se trouve placée dessous, tandis que le mécanisme est placé derrière. La force motrice est transmise par des engrenages et une forte bielle ou piston, qui opère la pression dans le caisson inférieur, où se trouve sur la même ligne le canal de décharge.

Pour le fonctionnement, chaque brassée introduite par le haut de la machine est aussitôt repoussée par le piston vers le canal de décharge. Une plaque à ressort fonctionnant automatiquement empêche, lorsque le piston se relève, toute expansion nouvelle du fourrage.

Comme on le voit, le travail de la compression se fait d'une manière continue, et le fourrage comprimé s'avance successivement en une seule balle composée de couches égales vers la décharge. Des planches de séparation sont introduites de temps à autre dans le canal de décharge, afin de régler la longueur des balles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à volonté et de les lier avant leur sortie. Ces planches sont pourvues de rainures où l'un des ouvriers fait passer le fil de fer à un autre, qui le saisit à l'autre bout et le fait revenir par la rainure de la planche suivante au premier, qui en fait le nœud. Le fonctionnement de cette presse exige le travail de quatre hommes, qui y sont constamment occupés, l'un à passer le foin, un autre à l'introduire dans la machine et les deux autres à lier et à extraire les balles après la compression. Le temps pour faire une balle d'un mètre de longueur, pesant 85 à 90 kilogrammes, serait de cinq minutes, ce qui correspond à une production de douze balles par heure.

L'examen des balles qui ont été obtenues avec cette presse aux expériences de pressage qui ont été faites à l'esplanade des Invalides a donné lieu de constater, en ce qui concerne le poids des balles et la densité, des écarts encore plus considérables que ceux que nous avons fait ressortir plus haut en ce qui concerne la densité pour la presse Pilter. Ces écarts considérables varient, pour la densité, de 187 à 303 kilogrammes. Ils doivent tenir à une grande irrégularité de fonctionnement, pouvant être attribuée à deux causes : la première, la quantité très variable de foin introduite chaque fois dans le canal de réception ; la deuxième, les différences sensibles de pression résultant de ce fait que la compression, se faisant sur le foin lui-même, doit être à peu près nulle au début, et va en s'augmentant, au fur et à mesure que la masse de foin comprimé augmente.

Ces dispositions vicieuses n'ont rien qui altère le principe de la presse, que nous croyons appelée à un avenir certain, si MM. Albaret et C^ie^, qui ont fait l'acquisition du brevet pour la France, parviennent, dans la construction définitive de la presse, qui n'est pour ainsi dire qu'ébauchée, à en faire disparaître les vices.

Toujours est-il que cette presse a déjà attiré l'attention, puisque MM. Clayton et Shutteleworth, constructeurs à Vienne, en ont déjà fait l'acquisition, et en ont construit qu'ils livrent au prix de 2,440 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On propose donc, dès que MM. Albaret et Cie auront achevé la construction de leur presse d'après le système Dederick, de la mettre en essai au parc à fourrages de Vincennes, attendu qu'elle nous semble appelée à réaliser dans des limites très satisfaisantes les conditions à rechercher de densité et d'économie dans le travail par une production élevée.

Pour compléter cette étude, il reste à dire un mot du système proposé par M. Moranne pour le pressage du foin. Bien que ce constructeur n'ait pas présenté à l'Exposition la presse horizontale à deux pistons pour deux pressions successives, dont l'essai a été proposé depuis dans le courant de 1877 par la commission supérieure des subsistances, on est amené à en parler, le constructeur ayant exposé son accumulateur de force et un spécimen de son buffet de pompes hydrauliques mû par la vapeur. Ces deux parties sont, en effet, les organes essentiels de fonctionnement de sa presse, puisque le premier est destiné à faire presque instantanément la pression préparatoire, en agissant sur l'un des pistons, et l'autre est destiné partie à faire la pression définitive en agissant sur l'autre piston, partie à relever l'accumulateur de force pour lui permettre d'agir de nouveau.

La presse Moranne rentre, par le mode de compression, dans le système du pressage en bloc et, par l'emploi du moteur à vapeur, dans le troisième type des moyens de pressage. Comme l'a fait ressortir la commission supérieure, elle présente l'avantage d'un travail facile, d'une production relativement élevée et d'une densité notablement supérieure à celle des moyens actuellement en usage. Cette densité, évaluée à 400 kilogrammes au mètre cube sous pression, serait d'environ 300 à 320 kilogrammes hors presse. Elle a contre elle une installation un peu matérielle et relativement coûteuse.

Si les presses Pilter et Dederick, beaucoup moins coûteuses et beaucoup moins massives, puisqu'elles peuvent être ou non locomobiles, réalisaient sans sérieux inconvénients les avantages promis, dans les essais que l'on a proposés de faire, on pourrait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être amené à renoncer à la presse Moranne, qui, jusqu'à l'apparition des deux précédentes presses, représentait sans conteste le type le plus parfait pour des installations fixes. L'expérimentation simultanée, s'il est possible, ou, à défaut, successive, des trois presses paraît donc indispensable pour bien juger de leur mérite relatif, et permettre à l'administration de la guerre d'arrêter son choix sur celle d'entre elles qui présentera, tous comptes faits, le plus d'avantages.

MONY.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

MACHINES.

CONSIDERATIONS GÉNÉRALES SUR LES MACHINES EXPOSÉES EN 1878.

MACHINES FIXES.

L'étude attentive des machines fixes comprises dans la classe 54 a donné lieu de constater que, depuis l'Exposition de 1867, les efforts tentés par les constructeurs avaient eu à peu près exclusivement pour but de faire disparaître, ou tout au moins d'atténuer les imperfections que présentaient les types de machines en usage dans l'industrie.

Ces imperfections ont pour conséquence d'occasionner, dans une mesure relativement importante, une consommation inutile de vapeur et, par conséquent, de charbon, due aux circonstances suivantes :

Introduction progressive de la vapeur dans les tiroirs;

Emploi des mêmes conduits pour l'introduction et l'échappement;

Existence d'espaces nuisibles dans les cylindres.

De ces circonstances il résulte, en effet, une perte de pression et, par suite, de travail utile, provoquée tant par le laminage que par le refroidissement de la vapeur, aussi bien avant qu'elle ait produit son action que pendant cette action.

Pour parer à ces imperfections, on a substitué aux tiroirs qui servaient à l'introduction et à l'échappement quatre distributeurs, dont deux servent à l'admission de la vapeur, et deux à l'échappement, soit qu'il se produise dans l'atmosphère, soit qu'il se fasse dans le condenseur, comme cela a lieu le plus gé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

néralement. Ce changement a le sérieux avantage de réduire considérablement la consommation de vapeur et, par conséquent, celle du charbon; en même temps, on a augmenté la vitesse linéaire des pistons. La réduction sur la consommation de charbon est sensible, puisque cette consommation, de $1^{k},9$ à $2^{k},20$ qu'elle était dans les machines anciennes les plus perfectionnées, tombe à 900 grammes environ par cheval effectif. L'augmentation, en ce qui concerne la vitesse linéaire des pistons, est de 50 centimètres au minimum, les vitesses anciennes variant de $1^{m},20$ à $1^{m},50$, et la vitesse actuelle pouvant atteindre et même dépasser 2 mètres. Il résulte de là une réduction notable dans le prix des machines et dans les frais de l'installation, qui exige un espace bien moins considérable, par suite de la diminution des générateurs.

Pour effectuer le changement en question, deux systèmes, présentant chacun des variétés nombreuses d'application, ont été mis en usage par les constructeurs : distribution de vapeur par soupapes équilibrées; distribution de vapeur par secteurs cylindriques ou robinets.

Dans les deux systèmes, le fonctionnement des distributeurs à l'introduction est variable, influencé qu'il est par le régulateur, à l'aide de mécanismes de genres différents; celui des distributeurs à l'échappement reste, au contraire, constant.

Le premier système donne des résultats très satisfaisants, mais il exige une très grande précision de construction, et les organes sont assez délicats pour que la conduite d'une machine ainsi construite nécessite l'emploi d'un mécanicien habile.

Le second système, un peu moins délicat, paraît mieux approprié aux usages courants.

Le modèle le plus parfait du premier système paraît avoir été réalisé par MM. Sulzer frères, ingénieurs-constructeurs à Winterthur, près Zurich.

Quant aux modèles du second système, ils ont été réalisés par les ingénieurs américains Corliss, Ingliss et Wheelock.

Ces différents modèles servent de types aux constructions des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes genres qui ont été entreprises tant en France qu'à l'étranger, et leurs principes ont été appliqués aux machines verticales à balanciers, et surtout aux machines horizontales.

Les premières, en très petit nombre à l'Exposition, ne sont en usage que dans certaines contrées manufacturières, dont les industries ont besoin d'une grande régularité dans la marche, telles que les filatures, les tissages mécaniques et les impressions sur étoffes.

Les secondes, en beaucoup plus grand nombre, et intéressant plus particulièrement l'administration de la guerre, comprennent deux types parfaitement distincts : les machines à un seul cylindre et les machines à deux cylindres.

Dans les machines du premier type (à un seul cylindre), très en faveur, surtout si l'on en juge par le grand nombre de celles qui ont été exposées, le cylindre est le plus souvent pourvu d'une enveloppe de vapeur, pour parer aux refroidissements qui se produisent par l'intérieur; la détente se fait dans le cylindre, et la variabilité de la détente est obtenue au moyen du régulateur. Les constructeurs ont, en outre, tendance à adopter la disposition du bâti Corliss, avec glissière unique, cylindrique, plane ou prismatique. Ce mode offre sur la double glissière plane l'avantage de parer en grande partie aux effets fâcheux résultant d'un jeu latéral ou d'un dénivellement de l'arbre de couche, et surtout de permettre la dilatation libre, grâce à la facilité qui est laissée au support du cylindre pour prendre un mouvement dans le sens longitudinal. Les constructeurs tendent aussi à placer le condenseur sur le même plancher que le cylindre, et à utiliser le prolongement du piston du cylindre à vapeur comme tige du piston de la pompe à air.

Les machines du deuxième type (à deux cylindres), système Woolf, réalisent d'une manière beaucoup plus satisfaisante que celles du premier type le principe de la détente. Comme dans les machines du premier type, les cylindres sont le plus souvent pourvus d'une enveloppe de vapeur. L'un des cylindres, dont le volume varie de 1/3 à 1/5 par rapport à l'autre, reçoit du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

générateur la vapeur, qui agit sur son piston dans les mêmes conditions que pour une machine dans laquelle ce cylindre existerait seul. La course du piston étant achevée, la vapeur, au lieu de s'échapper dans l'atmosphère ou dans le condenseur, se rend à la boîte de distribution du second cylindre, et exerce alors sa puissance à la fois sur le piston qu'elle abondonne et sur le nouveau, qu'elle presse sur une surface plus grande. Les deux pistons, reliés au même mécanisme, accomplissent leur course simultanément, et toute la vapeur du petit cylindre passe dans le second. Si la vapeur a été admise à pleine pression pendant la course entière du petit piston, on dit qu'elle s'est détendue dans le rapport des volumes engendrés par les deux pistons, et ce rapport, soit le volume relatif des deux cylindres, indique le degré de détente auquel la vapeur a été employée. Au coup de piston qui suit, le même effet se produit en sens inverse, et la vapeur s'échappe du grand cylindre au condenseur dans les conditions ordinaires. Dans ces machines, les pistons peuvent marcher dans le même sens ou avoir une marche croisée. Pour le premier cas, qui est celui des machines à balancier, les passages de vapeur doivent être croisés; dans le second cas, ils sont directs, et alors les deux tiges de piston agissent ensemble sur les manivelles, calées parallèlement, soit à 180 degrés l'une par rapport à l'autre, sur l'arbre de couche.

Les machines à deux cylindres, qui permettent d'obtenir sans inconvénients des détentes prolongées et, par conséquent, une économie de vapeur et de combustible, constituent l'amélioration la plus considérable qui ait été apportée aux machines à vapeur depuis leur invention. Elles comprennent elles-mêmes deux types distincts : celui dans lequel les cylindres sont côte à côte, et celui dans lequel ils sont placés bout à bout, comme dans la machine Sulzer, à l'exposition suisse, la plus perfectionnée de ce type.

Leur caractère propre est celui de la détente opérée successivement dans deux cylindres au moins, c'est-à-dire par cascade. L'usage se répand de les désigner sous le nom générique de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines *compound*. Dans le plus grand nombre d'entre elles, et l'on peut dire que cela constitue le caractère spécial de ce genre de machines, la vapeur qui vient travailler à pleine pression dans le petit cylindre, au lieu de passer directement dans le grand cylindre, se rend dans un réservoir intermédiaire, ce qui permet aux deux pistons d'agir distinctement, et, par suite, à leurs tiges d'actionner deux manivelles calées d'équerre, c'est-à-dire à 90 degrés. Il en résulte une meilleure répartition de la force autour de l'arbre de couche; en même temps on rencontre des conditions plus avantageuses pour l'expansion de la vapeur dans le grand cylindre. Le réservoir intermédiaire remplit alors par rapport au grand cylindre le rôle que le générateur joue par rapport au petit. Ce réservoir doit avoir une capacité suffisante pour que la pression y reste constante; on obtient ce résultat en lui donnant habituellement un volume égal à une fois et demie celui du petit cylindre, ce qui produit en même temps la marche la plus avantageuse au point de vue de l'utilisation de la vapeur.

Dans la section française, trois constructeurs, MM. Claparède, Gouin et Weyher et Richemond ont exposé des machines de ce système, qui vient de faire pour la première fois son apparition dans une exposition.

Sans entrer dans le détail de construction de ces trois spécimens de machines *compound*, qui présentent dans leurs dispositions particulières des qualités spéciales, et tout en donnant une mention particulière à la machine exposée par M. Claparède, il est indispensable de faire ressortir ici les avantages que présente celle de MM. Weyher et Richemond, dont l'administration de la guerre fait déjà emploi dans les établissements du service des poudres.

La machine *compound* de MM. Weyher et Richemond peut, à volonté, s'établir sur un corps de chaudière, comme on le fait pour les machines demi-fixes à un cylindre, ou bien sur un massif en maçonnerie, le générateur pouvant être placé à part, comme dans les machines fixes ordinaires. Pour une force effec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tive de 100 chevaux, son installation n'exige qu'un espace très restreint; sa manœuvre est facile et ne nécessite qu'un ouvrier pour la conduire et surveiller le foyer, et encore n'est-il pas nécessaire que cet ouvrier soit choisi parmi les plus habiles. Sa chaudière est à retour de flamme et à foyer amovible, ce qui présente de grands avantages, en permettant une notable réduction dans le chômage pour le nettoyage et une grande facilité pour cette opération. Un autre détail a aussi son importance : les deux cylindres, la plus grande partie du réservoir intermédiaire et les fonds du grand cylindre sont échauffés par la vapeur provenant directement de la chaudière et contenue dans des enveloppes, garanties elles-mêmes contre le refroidissement extérieur par une couche de matières mauvaises conductrices de la chaleur. Ces enveloppes sont disposées de manière que toute l'eau provenant de la vapeur condensée retourne directement à la chaudière.

Lors des essais de réception de ces machines au service des poudres, les ingénieurs ont constaté les résultats suivants, utiles à consigner ici :

Consommation de charbon par heure et par force de cheval indiqué dans le cylindre, mesurée sur une série de 20 diagrammes	$0^k,835$
Consommation par heure et par force de cheval effectif mesurée au frein de Prony sur l'arbre moteur	$0^k,928$
Rapport entre ces deux chiffres	$0^k,900$
Poids de vapeur dépensée par heure et par force de cheval effectif	$8^k,927$

Dans la section étrangère, il convient de signaler la machine Galloway et fils, ingénieurs-constructeurs à Manchester. Cette machine, dite du système *compound*, et qui ne comprend pas de réservoir intermédiaire entre les deux cylindres, devait nécessairement être signalée, en raison de la perfection de sa construction, qui attire, à juste titre, l'attention par des qualités essentielles, à savoir : le volume restreint, la simplicité des organes, l'absence de fondations coûteuses, la variabilité de la détente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obtenue par le régulateur, la réduction des espaces nuisibles, et enfin la faible consommation de charbon, 890 grammes par force de cheval et par heure.

Comme consommation par cheval, les machines Farcot ne le cèdent en rien aux machines *compound*, et, dans les pompes à feu de la ville d'Angers, elle n'a pas dépassé 800 grammes par cheval indiqué. On considère néanmoins que les machines *compound* sont appelées à un avenir assuré pour les usages de l'industrie; on peut dire qu'elles sont pour le moment, avec les machines Corliss à distribution perfectionnée, le dernier mot du progrès. A ce titre, elles se recommandent à l'attention de l'administration de la guerre pour ceux de ses grands établissements qui font usage de machines fixes d'une grande puissance. La machine de MM. Weyher et Richemond, de la force de 100 chevaux, coûterait, avec la chaudière, 53,000 francs, et, sans chaudière, 32,000 francs. Étant donnés ce prix, les espaces restreints que réclament ces machines complètes et la consommation peu considérable de charbon, il est aisé de se rendre compte de l'intérêt qu'il pourrait y avoir à les adopter, pour remplacer les machines fonctionnant actuellement dans certains établissements.

Pour terminer cet aperçu rapide sur les machines fixes présentées au public à l'Exposition de 1878, il est utile de dire un mot des régulateurs, qui jouent un rôle si important dans le fonctionnement de ces machines. Le système dit américain, fondé sur un principe analogue à celui du régulateur Porter, est celui qui paraît le plus répandu; à ce titre, il y a intérêt à en donner ici la description, bien qu'en principe, dans les achats de machines, il y ait toujours avantage à conserver à celle qui a été choisie toutes les parties essentielles qui lui sont habituellement appliquées, telles que régulateurs et chaudières, et bien que l'on doive, d'ailleurs, trouver cette description dans une étude complète dont il sera parlé plus loin. Ce régulateur est formé de quatre bielles égales en longueur, qui, deux à deux, s'articulent à l'une et l'autre boule, et, de part et d'autre, aux extrémités d'un diamètre ho-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rizontal. Sa douille est surmontée d'une masse pesante, dont la forme est celle de deux troncs de cône superposés par leur base.

Cette masse, évidée à l'intérieur, entoure à frottement doux l'arbre du régulateur. Le poids des boules est très faible par rapport à celui de la masse fixée à la douille, et qui fait le même effet que si on l'ajoutait aux boules. La douille porte une saillie cylindrique, qui s'engage dans une cavité de même forme ménagée dans une pièce guidée de manière à ne pouvoir se déplacer que dans le sens vertical. Cette pièce, en se déplaçant, entraîne dans son mouvement un levier droit, dont l'axe horizontal est porté par une console en fonte fixée au bâti qui entoure l'arbre du régulateur. L'une des extrémités du levier est articulée à la tige du piston d'une petite pompe à huile, et l'autre à une barre verticale, qui est elle-même articulée à une pièce calée sur un arbre ou sur une douille de détente parallèle à l'arbre de commande de la distribution.

La pompe à huile a pour but de s'opposer à une variation brusque de vitesse, et de supprimer les oscillations des boules, lorsque la vitesse vient à varier : elle fait donc l'office de modérateur du régulateur.

MACHINES DEMI-FIXES ET LOCOMOBILES.

Si l'administration de la guerre a un sérieux intérêt à rechercher et à suivre les progrès réalisés ou en voie de se réaliser, en ce qui concerne les machines fixes dont elle fait usage dans ses grands établissements, elle a un intérêt non moins considérable à connaître les progrès qui se sont produits sur les machines demi-fixes, et sur les locomobiles, dont l'emploi s'applique à un plus grand nombre de ses usines. L'étude de cette portion de l'Exposition s'imposait donc à l'attention, et l'on va présenter ici les appréciations auxquelles elle a conduit.

Les machines demi-fixes ne différant des locomobiles que par ce fait, qu'au lieu d'être placées sur un train avec roues permettant de les transporter d'un point à un autre, elles sont éta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blies sur des socles en fonte ou sur tout autre mode de support n'exigeant tout au plus que des fondations sans importance, ce qui va être dit s'applique aussi bien aux premières qu'aux secondes.

Ces machines comprennent trois classes parfaitement distinctes, savoir :

Les moteurs à vapeur;

Les moteurs à gaz;

Les moteurs à air chaud.

Ce sont les seuls qui jusqu'ici, dans la pratique, aient donné des résultats d'une certaine importance.

1° **Moteurs à vapeur.** — Les moteurs à vapeur sont toujours de beaucoup les plus répandus, parce qu'ils permettent d'arriver à une grande puissance d'action, et parce qu'ils ont pu profiter d'une grande partie des améliorations qui se sont produites sur les machines fixes, pour lesquelles jusqu'à ce jour l'emploi de la vapeur est exclusif. Ces moteurs comportent deux spécimens différents : les machines verticales et les machines horizontales.

Les machines verticales ont toutes le grand avantage de n'exiger qu'une place restreinte pour leur installation; mais, d'un autre côté, elles consomment relativement beaucoup de charbon, parce que la surface de chauffe est peu considérable. Elles paraissent donc devoir être écartées, sauf le cas où la force nécessaire ne dépasserait pas six chevaux, et surtout celui où l'espace disponible pour l'installation ne serait pas suffisant pour l'établissement d'une machine horizontale. Les machines de MM. Buffaud frères, constructeurs à Lyon, et celles de M. Aubert, constructeur à Paris, devraient alors obtenir la préférence, tant en raison de leur excellente construction que du système de chaudières à circulation très rapide qui leur est appliqué.

Les machines horizontales, qui ont le grand avantage de consommer moins de combustible, en permettant l'utilisation plus complète du calorique et un mélange plus intime de l'air avec les produits de la combustion, comprennent les machines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à chaudières horizontales et à flamme directe et les machines à chaudières horizontales à retour de flamme. Ces dernières réalisent, à un degré supérieur, les avantages à rechercher, puisque pour elles la consommation du charbon, comparée à celle des deux autres, est dans le rapport de 3 à 4 et à 5. C'est donc sur ces machines que l'attention de l'administration de la guerre est tout particulièrement appelée, en recommandant de donner la préférence aux machines à foyer tubulaire amovible, attendu qu'elles mettent à l'abri des chômages occasionnés par les nettoyages et les réparations, si l'on dispose d'un rechange. Dans ce genre on doit tout spécialement signaler en première ligne les machines exposées par MM. Weyher et Richemond, constructeurs à Pantin, dont les spécimens sont déjà en usage dans des établissements de l'administration de la guerre, et ensuite la machine exposée pas MM. Farcot et C^ie^, constructeurs à Saint-Ouen. Dans le genre des machines à chaudières horizontales et à flamme directe, on signale en première ligne la machine exposée par MM. Chaligny et Guyot-Sionnest, constructeurs à la Chapelle, et Cail et C^ie^, constructeurs à Grenelle, non pas tant à cause de la disposition des mécanismes, qui ne diffèrent pas sensiblement de celle adoptée par les autres constructeurs en grand nombre, qu'à cause des soins et du fini apportés à la construction.

Avant de terminer cette étude sur les moteurs à vapeur, il peut y avoir intérêt à signaler spécialement ici la locomobile exposée par M. Albaret, constructeur à Liancourt, et qui à l'Exposition donnait le mouvement dans l'annexe de la classe 54. Par une disposition toute particulière, cette locomobile à détente variable par le régulateur ne consomme, assure-t-on, que 1^k^,50 à 1^k^,60 par cheval et par heure, soit une quantité exceptionnellement faible pour ces sortes de machines. Cette locomobile, de la force nominale de 10 chevaux, peut effectivement être poussée jusqu'à 14 chevaux; dans ce cas, la vitesse est réduite de 120 tours à 110. La chaudière de cette machine est composée d'un corps vertical, où se trouve le foyer, dont la partie supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure sert de réservoir à la vapeur, qui s'y sèche, et d'un autre corps cylindrique horizontal, où sont des tubes en laiton, lesquels se démontent facilement pour nettoyage et réparations.

En sortant des tubes, aussi longs que possible, les gaz, pour se rendre dans la cheminée, traversent une boîte à fumée, autour de laquelle se trouve un réservoir d'eau alimenté par la pompe. L'eau ainsi chauffée est reprise par la pompe, au moyen d'une simple manœuvre de robinets, et conduite à la chaudière en circulant dans plusieurs tubes disposés dans l'intérieur du bâti. Si l'on ajoute que le cylindre est à enveloppe de vapeur, on reconnaîtra que, grâce à cet agencement complexe de réchauffeurs permanents, la vapeur ne subit pas de refroidissement, ce qui en facilite la détente, en réduit la consommation et par conséquent aussi celle du combustible. Le régulateur à boule est d'un système particulier et très sensible; il commande un levier agissant sur les tiroirs, et met constamment la durée d'introduction de la vapeur en rapport avec le travail à produire.

2° **Moteurs à gaz.** — Ces moteurs, malgré les facilités d'installation et de conduite, sont peu répandus dans l'industrie, tant en raison de la grande difficulté de développer leur puissance d'action, qui jusqu'ici, dans les appareils les plus perfectionnés, ne dépasse pas huit chevaux, et reste toujours inférieure à la force nominale, contrairement à ce qui se produit dans les machines à vapeur, qu'en raison de leur prix relativement élevé, et surtout de la dépense considérable de combustible qu'entraîne leur emploi. Les spécimens exposés sont le moteur Lenoir, le moteur horizontal système Otto, présentés par la Compagnie parisienne, et le moteur Hugon, présenté par son inventeur, le premier qui ait tenté l'emploi du gaz pour le fonctionnement des machines.

Tous ces moteurs à gaz ou, plus exactement, à air dilaté par la combustion du gaz d'éclairage nécessitent l'installation d'une circulation d'eau froide, que l'on ne doit pas évaluer à moins de 150 litres par force de cheval et par heure, pour rafraîchir le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre et le piston, qui s'échauffent promptement et considérablement, sous l'action répétée de la combustion des mélanges gazeux. Cette circulation peut s'obtenir soit par un réservoir, soit par un courant continu. La combustion du gaz s'opère, dans les machines Lenoir, au moyen d'une étincelle électrique produite par une pile de Bunsen, complétée par une bobine d'induction de Ruhmkorff, et, dans les autres machines, au moyen d'un petit bec disposé *ad hoc* et brûlant en permanence; du reste, dans leurs dispositions principales, ces différentes machines, surtout celles horizontales, les plus en usage, ressemblent aux machines à vapeur.

Dans leurs conditions actuelles, ces moteurs ne présentent donc pas d'avantages de nature à pousser l'administration de la guerre à les adopter, au lieu et place des moteurs à vapeur. Il suffira d'ailleurs, pour s'en convaincre, de rapprocher les dépenses de combustibles les unes des autres.

Pour les moteurs à vapeur, en admettant le maximum de 5 kilogrammes de charbon par cheval et par heure et le prix de 3 centimes par kilogramme de charbon, la dépense par cheval et par heure ressort à $5 \times 0{,}03$, soit 15 centimes. Pour le moteur Lenoir, la consommation de gaz étant de 3 mètres cubes par cheval et par heure, et le prix du mètre cube étant évalué à 30 centimes, la dépense par cheval et par heure ressort à $3 \times 0{,}30$, soit 90 centimes. Pour le moteur vertical Otto, la consommation de gaz est moindre : la dépense par cheval et par heure ressort à 45 centimes.

Pour le moteur horizontal Otto, en admettant les données discutables de la Compagnie du gaz, 1 mètre cube par cheval et par heure, la dépense ressort à environ 30 centimes.

Pour le moteur Hugon, qui ne diffère du moteur Lenoir que par le mode de combustion du gaz, si l'on admet la consommation de $2^{m},5$, la dépense par cheval et par heure ressort à 75 centimes.

Ainsi, avec la machine à gaz horizontale Otto, la plus perfectionnée, la dépense de combustible serait encore double de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce qu'elle est, on peut le dire, dans la moins perfectionnée des machines à vapeur, puisqu'on a admis le maximum de consommation à 5 kilogrammes, tenant compte ainsi très largement de l'excédent de dépenses résultant, pour ces machines, de la nécessité de les tenir souvent sous pression un certain temps avant le travail, ce qui ne se produit pas avec les machines à gaz.

3° **Moteurs à air chaud**. — L'industrie fait également peu usage de ces moteurs, dont le travail s'obtient par la dilatation de l'air au moyen de la chaleur; les propriétés physiques de l'air sont en effet telles, que ce fluide réclame une très forte élévation de température pour ne se dilater que dans une proportion relativement faible : les machines à air sont nécessairement encombrantes, eu égard à leur pression, et l'emploi de pressions quelque peu élevées exigerait des températures pratiquement inabordables.

Pour toutes ces causes, on trouve peu de spécimens de ces moteurs à l'Exposition. Il en existe cependant, dans les annexes des sections étrangères, deux qui méritent de fixer l'attention : celui de MM. Hayward, Tyler et C^ie^ (machine à compression Rider), dans la section anglaise; et celui de M. Julius Hock, dans la section autrichienne.

Le premier n'est cité que pour mémoire, sa puissance ne pouvant pas être supérieure à 2 chevaux, soit une force insuffisante pour les besoins de l'administration de la guerre.

Le second, dont la puissance peut s'élever jusqu'à 4 chevaux, pouvant être utilisé pour certains besoins, il paraît utile, malgré son prix élevé (4,000 francs pour 3 chevaux, et 5,000 francs pour 4), de dire un mot des avantages qu'il présente. Son montage, qui peut se faire sans maçonnerie ni fondation, est prompt et facile. Il n'exige qu'une cheminée ordinaire. Il est facilement transportable. Sa construction est des plus simples et toute en fonte. Il n'y existe aucun organe délicat. Son maniement peut être confié au premier ouvrier venu, sans le détourner de ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autres occupations. Sa mise en train ne demande que quelques minutes, et sa marche peut être arrêtée instantanément. La consommation de combustible est, par cheval et par heure, de 2 kil. 5 de déchets de coke, que l'on peut obtenir à bas prix.

Cet exposé sommaire serait bien insuffisant, si l'administration de la guerre ne devait trouver, dans le travail complet et détaillé qui y fait suite, et dû à M. Dupasquier, ingénieur attaché à la manutention militaire du quai de Billy, tous les éléments d'appréciation nécessaires pour se rendre un compte exact de la valeur relative des principales machines exposées.

Ce travail se recommande tout à la fois par les considérations générales qui y sont contenues, par la description complète tant des différents types de machines que des différences d'exécution dans la construction de machines de mêmes types présentées par divers constructeurs, et enfin par une étude intéressante des chaudières, des parties accessoires des machines, telles que régulateurs, injecteurs alimentaires, appareils de sûreté, joints de vapeur, enveloppes calorifiques, et aussi des organes de transmission, tels que paliers et godets graisseurs, engrenages, courroies et matières graissantes.

On ne saurait toutefois clore ici ce rapide aperçu, sans y consigner une mention spéciale pour l'appareil exposé par M. Mouchot, en vue d'assurer l'utilisation directe et industrielle de la chaleur solaire.

L'appui donné à l'inventeur par M. le Ministre de l'instruction publique indique assez que, si la découverte de M. Mouchot n'est pas partout susceptible d'une application suivie, elle se recommande tout au moins par son caractère ingénieux, en mettant au service de l'homme la chaleur solaire.

Pour arriver à ce résultat, le savant professeur a composé un appareil qui comprend un réflecteur tronconique, ayant par conséquent la forme d'un abat-jour, dans l'axe duquel il place une chaudière cylindrique recouverte de noir de fumée, afin de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faciliter l'absorption des rayons solaires, et enveloppée elle-même d'un manchon en verre.

Les rayons du soleil, réfléchis par le réflecteur, traversent le manchon en verre, rencontrent les parois noircies de la chaudière, et se transforment en rayons obscurs, qui, selon la loi de Mariotte, se concentrent dans le manchon de verre, dont l'enveloppe est devenue impénétrable pour eux.

En orientant convenablement le réflecteur et la chaudière, et en donnant à la base du premier $2^{m},60$ de diamètre, et à la seconde une contenance de 20 litres, l'inventeur est parvenu, à Tours, par un beau temps, à une production de 140 litres de vapeur par minute.

Ce résultat permet d'établir que, grâce à l'appareil de M. Mouchot, convenablement réglé dans ses dimensions, la chaleur solaire peut être utilisée, soit à la préparation des aliments, comme l'essai en a été fait avec succès, soit au chauffage et à la distillation des liquides, soit à la production de la force motrice; c'est à ce dernier titre que cet appareil trouvait ici sa place.

MONY.

§ 1er. — MACHINES À VAPEUR FIXES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Après avoir examiné attentivement les différents types de machines à vapeur fixes qui sont exposés dans les galeries du palais du Champ de Mars, je crois pouvoir émettre l'avis que, depuis l'Exposition universelle de 1867, il n'a pas été fait de découverte capitale dans cette branche de la mécanique générale; mais on peut dire qu'un certain nombre de progrès intéressants se trouvent très nettement affirmés, et résumer les plus importants comme il suit :

1° Vulgarisation de l'emploi des machines à quatre distributeurs, déjà connues en 1867, mais bien perfectionnées depuis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette époque, et dans lesquelles la distribution de la vapeur se fait, soit par des soupapes équilibrées, soit par des secteurs cylindriques, soit enfin par des tiroirs plans.

2° Apparition de divers types de machines horizontales à deux cylindres de diamètres différents, les uns placés bout à bout, les autres juxtaposés, avec manivelles calées, l'une par rapport à l'autre, soit à 180 degrés, soit à 90 degrés. Dans ce dernier cas, les machines sont pourvues d'un réservoir intermédiaire, dans lequel se rend la vapeur sortant du petit cylindre. Quant à la distribution, elle se fait, soit par des tiroirs ordinaires, soit par des soupapes équilibrées.

3° Application presque générale d'une enveloppe de vapeur aux cylindres, quel que soit le type des machines.

4° Adoption fréquente de grandes vitesses linéaires pour les pistons à vapeur.

Les ingénieurs et les constructeurs se sont spécialement préoccupés de réaliser des améliorations permettant de réduire à la plus faible limite possible, par rapport au travail produit, la consommation de combustible, ou, plus exactement, celle de vapeur; car c'est sur cette dernière que les qualités de construction d'une machine peuvent avoir une réelle et sérieuse influence. L'économie de combustible proprement dite, peut dépendre beaucoup du type du générateur, qui, suivant qu'il est plus ou moins bien étudié, permet de vaporiser un plus ou moins grand nombre de litres d'eau par kilogramme de charbon brûlé.

Le succès a certainement couronné les efforts considérables qui ont été faits pour arriver à des perfectionnements économiques; car on peut dire aujourd'hui que le rendement des machines motrices se rapproche suffisamment du travail théorique fourni par l'emploi d'un kilogramme de vapeur à la température et à la pression auxquelles ces machines fonctionnent, pour qu'on ne puisse pas compter, à l'avenir, sur une amélioration importante sous ce rapport.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après le but qu'on se proposait d'atteindre, c'est-à-dire la diminution de consommation de vapeur, c'était surtout du côté des organes de distribution que les constructeurs devaient porter leur attention et diriger leurs recherches.

En effet, les distributions de vapeur par tiroirs avec détentes de divers systèmes, qui, il y a douze ans, étaient presque exclusivement employées, présentent plusieurs inconvénients, qu'on peut résumer comme il suit :

1° Les orifices d'admission et d'échappement ne s'ouvrent que progressivement et non brusquement, ce qui a pour conséquence, surtout lorsqu'il s'agit de vitesses un peu grandes, d'amener des pertes de pression et des contre-pressions sensibles.

2° En affectant à l'échappement les mêmes conduits qui servent à l'admission, on ne peut pas éviter des refroidissements de la vapeur active.

3° Pour éviter un étranglement de la vapeur, une perte de pression à l'introduction et une résistance à l'échappement, il faudrait augmenter les orifices dans de telles proportions que les surfaces des tiroirs seraient exagérées et, par suite, les frottements absorberaient un travail important.

On a bien imaginé, pour remédier à cet inconvénient, des tiroirs dits équilibrés, mais l'application ne s'en est pas répandue.

4° Les espaces morts ou nuisibles, c'est-à-dire ceux dans lesquels se loge de la vapeur qui s'échappe ensuite sans avoir produit d'effet utile sur le piston, sont considérables. Ils se composent, non seulement de l'espace compris entre le piston à bout de course et le fond du cylindre, espace que l'on réserve pour éviter les coups d'eau, mais encore de toute la capacité du conduit qui va du cylindre à la glace du tiroir de distribution. Or, pour diminuer dans une certaine proportion l'influence fâcheuse de l'étranglement et du laminage de la vapeur, ce conduit doit avoir d'assez grandes dimensions.

5° Une cause assez importante de consommation de combus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tible faite en pure perte est due aux condensations de vapeur dans le cylindre.

Il s'agissait donc de chercher les dispositions les plus propres à remédier aux inconvénients énumérés ci-dessus, et particulièrement d'éviter le laminage de la vapeur et les pertes de vapeur utile, de manière à pouvoir, tout en fonctionnant dans de bonnes conditions, réaliser des vitesses linéaires de piston considérables.

Cette augmentation de vitesse donne naturellement une augmentation correspondante de puissance, les dimensions restant les mêmes, et, par suite, le prix de construction pour une machine de force donnée se trouve abaissé dans une très forte proportion.

Emploi de la compression à l'échappement pour diminuer la perte de travail due aux espaces nuisibles. — En marchant dans la voie que je viens d'indiquer, les constructeurs ont d'abord employé la compression, c'est-à-dire qu'ils ont donné du recouvrement au tiroir pour fermer l'échappement avant la fin de la course du piston, de manière à comprimer une certaine quantité de vapeur dans l'espace nuisible.

Par la compression à fin de course, on remplit l'espace mort avec de la vapeur dont la température est notablement plus élevée que celle qui correspond à la pression du condenseur, ainsi que cela aurait lieu si la compression était nulle. Les parois métalliques sont, par suite, moins froides au moment où l'admission commence, et les condensations de vapeur sont atténuées dans une certaine mesure; une partie du travail dépensé pour comprimer la vapeur est transformée en chaleur, et se trouve ensuite restituée en travail sous la forme d'une moindre dépense de vapeur.

Dans une conférence importante, qu'il a faite, le 8 juillet 1878, au palais du Trocadéro, sur les progrès réalisés depuis 1867 en fait de construction de machines à vapeur, M. de Fréminville, ancien directeur des constructions navales, professeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'École centrale des arts et manufactures, a émis l'avis que les constructeurs s'étaient montrés trop hésitants dans l'emploi de la compression, et qu'on pourrait souvent augmenter notablement le rendement d'une machine en faisant cette compression au degré voulu.

On se trouverait ainsi d'accord avec les formules de la théorie mécanique de la chaleur, d'où l'on a déduit le théorème suivant :

Lorsque, dans une machine à vapeur ordinaire, on fait continuer la compression de la vapeur qui se trouve derrière le piston jusqu'à ce que le mélange renfermé dans l'espace nuisible atteigne la pression qui règne dans la chaudière, la machine se comporte comme une machine sans espace nuisible dans laquelle l'échappement de la vapeur se fait pendant toute la durée du coup de piston.

Machines à quatre distributeurs. — Ne pouvant pas annuler complètement les mauvais effets des espaces morts, les ingénieurs ont cherché à construire des machines dans lesquelles ces espaces fussent réduits au minimum. De là est résultée la création de machines à quatre distributeurs, dont un nombre considérable de types plus ou moins variés est exposé dans les galeries du Champ de Mars, aussi bien dans la section française que dans les sections étrangères.

Dans ces machines, l'espace nuisible est réduit à 2 et même quelquefois à 1 p. o/o du volume engendré par le piston, tandis que, dans les meilleures machines de l'ancien type Farcot, jusqu'alors les plus économiques, on n'avait pas pu réduire cet espace à moins de 5 p. o/o.

Les premières machines à quatre distributeurs n'avaient pas remédié à un autre défaut. Par leur disposition même, elles ne se prêtaient pas à de grandes variations de puissance, l'admission ne pouvant guère se faire au delà de la première moitié de la course du piston. Aussi de nombreux constructeurs ont-ils cherché à modifier les organes de distribution, de manière à permettre, au besoin, l'admission pendant la presque totalité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette course, et la question paraît aujourd'hui résolue d'une manière satisfaisante.

On est ainsi parvenu à augmenter les vitesses linéaires des pistons à vapeur et à les porter jusqu'à 2 mètres et au delà, tandis qu'autrefois le nombre de tours de la machine était généralement calculé de façon que le piston eût une vitesse linéaire de $1^m,20$ à $1^m,50$.

La distribution de la vapeur dans les machines nouvelles se fait, soit au moyen de soupapes équilibrées, soit par des secteurs cylindriques ou portions de robinets.

Voici comment on peut expliquer sommairement la nature et le fonctionnement de ces organes.

Distribution de vapeur par soupapes équilibrées. — Les soupapes dites de Cornouailles ou équilibrées permettent de fournir rapidement de très grandes ouvertures, et, contrairement à ce qui a lieu pour les tiroirs, leur manœuvre n'exige que des efforts relativement faibles.

Ce système de distribution doit son nom à l'application qui en a été faite aux grandes machines d'épuisement des mines de Cornouailles.

Le principe en est assez ancien; on l'attribue à un ingénieur nommé Hornblower, mais une des premières applications en France a été faite par un ancien ingénieur d'Indret, nommé Gingembre.

Les machines du chemin de fer de Saint-Germain fonctionnaient à l'aide d'une distribution ainsi disposée. M. Farcot a aussi construit des machines à soupapes équilibrées.

Je citerai encore l'application faite à une machine que M. Revollier, constructeur à Saint-Étienne, avait présentée à l'Exposition universelle de 1855.

Quand on adopte l'emploi des soupapes équilibrées, on est généralement amené à rendre les conduits d'échappement complètement distincts des conduits d'admission.

En effet, les soupapes d'échappement se ferment toujours aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mêmes instants, tandis que les soupapes d'admission se ferment à des instants variables suivant le degré de détente auquel on marche.

Cette séparation des conduits d'admission et d'échappement est très avantageuse, parce que, par ce moyen, on évite le refroidissement de la vapeur active.

Description d'une soupape équilibrée. — Une soupape équilibrée comprend deux pièces principales : un siège et une cloche, qui vient y reposer par deux rebords distincts, dont les diamètres respectifs diffèrent d'une quantité telle que l'extérieur de l'un correspond à l'intérieur de l'autre. Le siège est composé d'un anneau dont la circonférence intérieure est tournée pour recevoir le bord inférieur de la cloche et constituer l'un des deux joints. Cet anneau est fondu avec une sorte de coupole pleine, dont le bord est également disposé pour former l'autre joint de contact avec la cloche.

L'anneau et la coupole sont réunis par quatre nervures verticales, dont l'extérieur est tourné pour servir de guide à la cloche. L'ensemble du siège se place sur la cloison qui forme la paroi de la capacité où la vapeur doit pénétrer, en encastrant l'anneau inférieur dans une fraisure ménagée autour de l'ouverture percée pour le passage du fluide, et se fixe au moyen d'un boulon traversant le mamelon qui se trouve au centre de la coupole, et dont la tête est arrêtée par une barrette placée en travers de l'ouverture de la cloison.

La cloche est circulaire et percée d'outre en outre. Elle est seulement munie, à sa partie supérieure, de quatre rayons ou bras, au centre desquels se fixe la chape par laquelle elle est soulevée. Deux points de la cloche sont tournés pour coïncider par des limbes étroits avec les bords correspondants de l'anneau et de la coupole, qui sont également tournés.

Si l'extérieur de la cloche est plongé dans la vapeur et en contact exact avec le siège par ces deux parties tournées, il est clair que la pression s'exerce autour de cette cloche et sur la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie concave de la coupole du siège, tandis que le passage de la vapeur par l'ouverture de la cloison est complètement intercepté. Mais si cette cloche vient à être soulevée et détachée de son double contact, la vapeur passera par les deux espaces annulaires que le soulèvement détermine à partir de l'anneau du bas et du bord inférieur de la coupole.

Il est bien entendu qu'en se basant sur le même principe on peut varier la forme et la disposition des deux pièces dont se compose une soupape équilibrée. Ainsi, dans le type Sulzer, la soupape proprement dite se meut dans un récipient plein au fond, et dont le pourtour, à jour, porte les deux sièges ménagés sur sa surface intérieure.

Comparaison entre une soupape équilibrée et une soupape ordinaire. — Pour se rendre compte de la propriété fondamentale de cette disposition de soupape, il faut considérer son débit comme correspondant à la section de l'ouverture de la cloison et y supposer l'application d'une soupape ordinaire. Pour détacher cette dernière de son siège, il faudrait un effort égal à la différence de pression des deux milieux multipliée par la section circulaire augmentée du limbe de contact de la soupape.

Avec le système de Cornouailles, il existe deux orifices d'introduction et, d'après la manière dont ils sont disposés, l'effort à exercer pour soulever la soupape dépend uniquement de la superficie des surfaces de contact mesurée suivant leur projection dans un plan perpendiculaire à l'axe. La largeur des deux limbes par lesquels la cloche ou soupape repose sur l'anneau inférieur et sur le bord de la coupole pouvant théoriquement être aussi réduite qu'on voudra, cet effort pourrait être indéfiniment diminué, s'il ne fallait pas s'arrêter à une certaine limite pour obtenir des surfaces de joints suffisantes.

En pratique, l'effort pour soulever une soupape de Cornouailles est réduit à peu près au tiers de ce qu'il faudrait avec une soupape ordinaire, dans les mêmes conditions et pour la même ouverture ; mais comme la première ouvre simultanément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la vapeur deux passages au lieu d'un, la levée peut être moitié moindre qu'avec la seconde pour un même orifice ouvert au débit, et, par conséquent, si l'effort est réduit au tiers, le travail total sera réduit à peu près au sixième.

D'après ce qui précède, on devrait dire plutôt soupapes allégées que soupapes équilibrées, puisque l'équilibre n'est pas complet.

Étant bien construites et bien entretenues, les soupapes équilibrées donnent des résultats très satisfaisants, mais leur construction est assez délicate et exige une grande précision. Si l'ajustage de la cloche sur son double siège n'est pas parfait, il peut se produire des fuites de vapeur, et il est toujours à craindre que cet inconvénient ne se manifeste par suite des chocs répétés et plus ou moins forts qui se produisent lorsque la soupape retombe.

Distribution de vapeur par des secteurs cylindriques. — Le mode de fonctionnement de la distribution de vapeur par secteurs cylindriques peut s'expliquer beaucoup plus brièvement que celui de la distribution par soupapes équilibrées.

Quatre secteurs cylindriques ou portions de robinets exécutent des mouvements rotatoires alternatifs à l'intérieur d'autant de boîtes disposées transversalement par rapport au cylindre; deux de ces secteurs sont destinés exclusivement à l'introduction de la vapeur arrivant de la chaudière, et les deux autres à la mise en communication du cylindre avec l'échappement.

Le fonctionnement de ces derniers est naturellement constant, mais celui des secteurs d'admission comporte un appareil de détente, influencé par le régulateur à l'aide de mécanismes divers.

Les organes d'admission, comme ceux d'échappement, sont disposés pour offrir au passage de la vapeur de très grandes sections, largement et rapidement découvertes, et de cette manière on réussit à éviter le laminage de la vapeur et les pertes de pres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion, ce qui, comme nous l'avons déjà dit, permet de donner sans inconvénient une grande vitesse linéaire au piston.

Description des valves ou robinets d'admission et d'échappement. — Les deux robinets d'admission, qui sont semblables, sont constitués l'un et l'autre par un secteur circulaire ajusté dans une boîte en fonte; ils sont traversés chacun par un axe qui, prolongé en dehors de la boîte, porte une petite manivelle, à laquelle vient s'assembler une bielle, dont l'extrémité opposée est articulée sur un bouton, implanté dans un plateau qui reçoit un mouvement oscillatoire par un excentrique calé sur l'arbre moteur.

Les deux robinets d'échappement sont reliés au même plateau par leurs manivelles, accompagnées comme il est dit plus haut.

Le mouvement oscillatoire du plateau se communiquant aux quatre distributeurs, il en résulte que ces organes masquent et démasquent en temps voulu les orifices sur lesquels ils sont appliqués, et règlent en définitive l'admission et l'échappement.

Les secteurs d'admission ne conservent de partie cylindrique régulière qu'à l'endroit même de l'orifice qu'ils servent à masquer et démasquer, mais les secteurs d'échappement, quoique ajustés et jouant dans leurs boîtes, comme les précédents, en diffèrent par la construction. Ils offrent l'étendue d'une demi-circonférence complète, afin de remplir le plus possible le vide dans lequel ils se meuvent.

Parmi les nombreux types de machines à quatre distributeurs qui figurent à l'Exposition universelle de 1878, celui où se trouvent employées les soupapes équilibrées qui paraît le mieux étudié porte le nom de MM. Sulzer frères, ingénieurs-constructeurs à Winterthur, près de Zurich.

Quant aux distributeurs qui ont la forme de secteurs cylindriques, ils caractérisent les types des machines créés par les ingénieurs américains Corliss, Ingliss et Wheelock.

Emploi d'une enveloppe de vapeur pour diminuer les condensations

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans le cylindre. — Après avoir signalé l'emploi de la compression et de la distribution de vapeur par quatre distributeurs pour diminuer la perte de travail due aux espaces nuisibles, il me reste à parler du moyen adopté pour atténuer sérieusement les pertes occasionnées par les condensations dans le cylindre.

Pendant longtemps on a admis que la vapeur se conduisait comme un gaz permanent travaillant dans un récipient dont les parois étaient imperméables à la chaleur; mais les expériences de M. Hirn et des ingénieurs de la Société industrielle de Mulhouse ont démontré qu'au moment de l'admission dans les machines à un seul cylindre, il se produit une condensation abondante de la vapeur introduite, qui vient frapper des surfaces d'une étendue assez considérable, refroidies pendant la course précédente par suite de la détente et de l'échappement au condenseur. La vapeur tend à se mettre à la température de ces parois, et se condense en partie à leur contact; il y aurait un abaissement de tension du fluide, si la chaudière ne fournissait pas de quoi réparer les pertes jusqu'au moment où le cylindre a acquis intérieurement la température correspondante à la pression.

Pendant la période de détente, à mesure que la tension de la vapeur diminue, la partie condensée sur des parois portées à une température plus élevée que celle qui correspond à cette tension se vaporise en partie, et l'on a en réalité, à la fin de cette période, une quantité de vapeur plus considérable que celle calculée théoriquement.

Enfin, pendant l'échappement au condenseur, l'eau condensée sur les parois se vaporise, parce qu'elle se trouve en présence d'un milieu dont la tension est beaucoup plus faible.

L'emploi d'une enveloppe de vapeur diminue notablement les pertes dues à ces phénomènes, parce que, comme l'a indiqué M. Hirn, on restreint par ce moyen la quantité de chaleur que la vapeur enlève aux parois du cylindre, au moment où elle s'échappe au condenseur, et l'on accroît, d'un autre côté, le travail même de la détente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je vais maintenant passer en revue les machines exposées qui m'ont paru les plus intéressantes, aussi bien dans l'ensemble que dans les détails, et à la construction desquelles on a appliqué les améliorations dont j'ai déjà détaillé ci-dessus les principes généraux.

La grande majorité de ces machines est du type à un seul cylindre.

Chaque description portera en tête le nom du constructeur de la machine décrite et celui de la ville où se trouvent les ateliers.

1° MACHINES À QUATRE SOUPAPES ÉQUILIBRÉES.

(Types Sulzer et autres.)

Satre et Averly, à Lyon (Rhône). — Un moteur composé de deux machines couplées, de 50 chevaux chacune; type Sulzer.

Diamètre des cylindres, $0^m,425$;

Course des pistons, $0^m,900$;

Nombre de tours par minute, 60;

Vitesse linéaire des pistons déduite des deux derniers chiffres qui précèdent, $1^m,800$.

Détente variable par le régulateur.

Consommation de vapeur par heure et par force de cheval indiqué, c'est-à-dire de 75 kilogrammètres développés dans le cylindre, 8 kilogrammes.

L'introduction de la vapeur à pleine pression peut varier depuis 0 jusqu'à 95 p. 0/0 de la course des pistons.

Les cylindres sont pourvus d'une enveloppe de vapeur; c'est une garantie contre les refroidissements qui se produisent par l'intérieur, lorsque de la vapeur condensée, mouillant les parois, se trouve brusquement en communication avec un milieu où règne une pression de 1/10 d'atmosphère seulement, comme cela existe généralement dans les condenseurs. Cette eau se vaporise, et il y a par suite refroidissement du cylindre.

Les soupapes qui servent à l'admission de la vapeur sont placées sur le haut des cylindres, vers les extrémités, et les sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papes d'échappement se trouvent dans une position symétrique au-dessous des premières. Par cette dernière disposition, on obtient un écoulement facile de l'eau entraînée et de l'eau provenant de la condensation de certaines portions de vapeur.

Par l'indépendance des orifices d'admission et d'échappement, on évite les pertes de vapeur occasionnées par les alternatives de chaleur et de froid qui se produisent dans les conduits des machines à tiroirs ordinaires.

Les soupapes se ferment vivement et sont maintenues sur leurs sièges par l'effet de ressorts à boudin placés dans leur prolongement.

La tige de chaque soupape d'admission est munie d'un piston mobile dans un petit cylindre, enveloppant le ressort qui s'appuie sur l'une des faces. Lorsque la soupape retombe sur son siège, la face du piston opposée au ressort comprime la plus grande partie de l'air qui, pendant la levée, s'est introduit dans le cylindre indiqué plus haut, par une étroite ouverture, dont on peut régler la section à la main au moyen d'une vis.

On obtient ainsi un petit coussin d'air, qui a pour effet d'atténuer les chocs et d'éviter le forgeage mutuel de la soupape et de son double siège.

L'expérience a fait reconnaître que l'emploi de la fonte fine au bois, grise et à grains fins, était très favorable pour la conservation des sièges et des soupapes, et supprimait les inconvénients causés par les inégalités de dilatation.

Le bronze dur et phosphoreux ne vaut pas la fonte possédant les qualités indiquées ci-dessus.

Les soupapes peuvent être facilement visitées et remplacées.

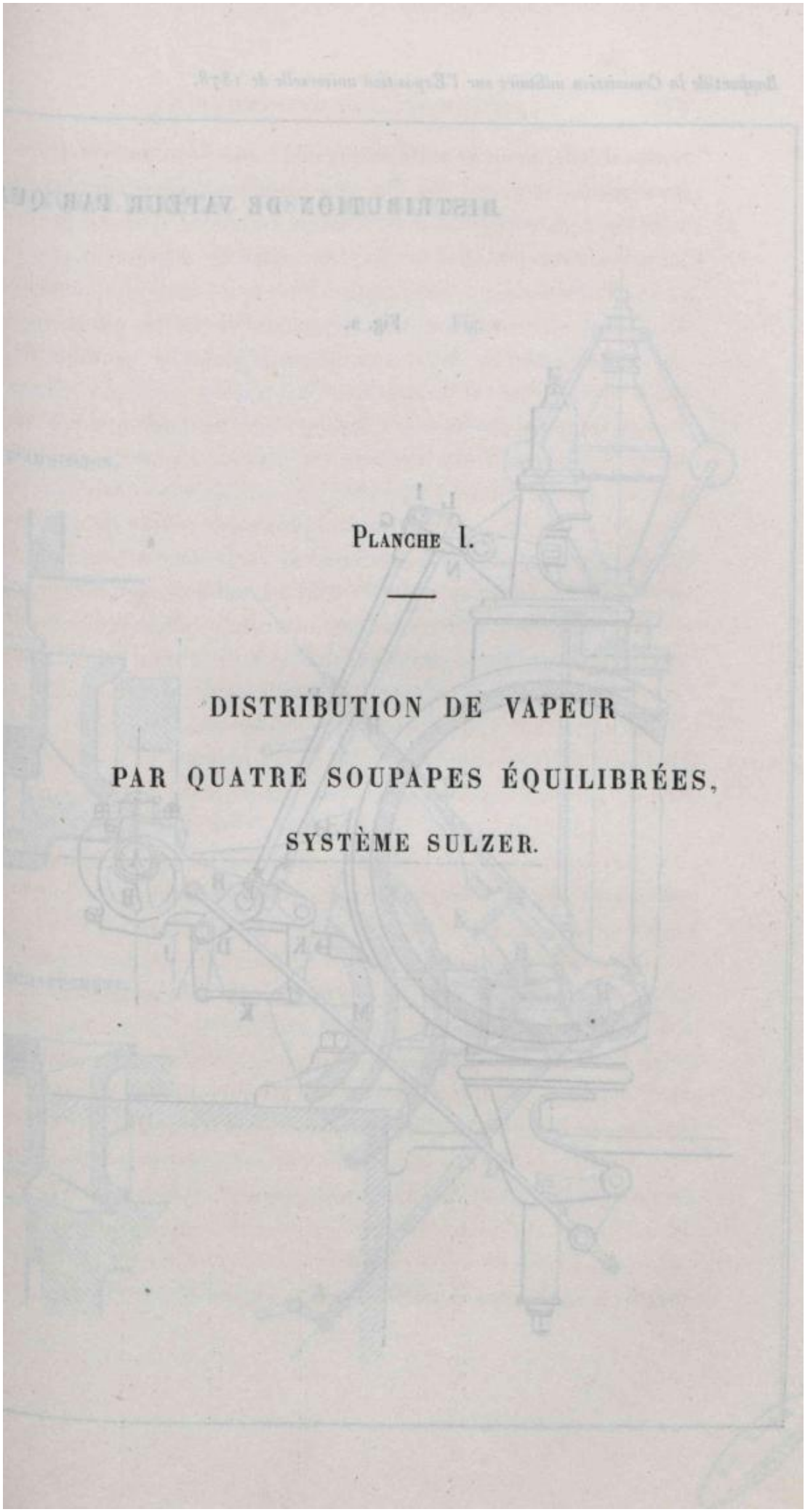
Un purgeur automatique spécial est adapté sur la conduite de vapeur, pour empêcher l'eau entraînée d'arriver aux cylindres.

Chaque machine a son régulateur, qui est du système dit américain, fondé sur le même principe que le régulateur Porter. Il est formé de quatre bielles égales en longueur, qui, deux à deux, s'articulent à l'une et à l'autre boule et de part et d'autre aux extrémités d'un diamètre horizontal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PLANCHE I.

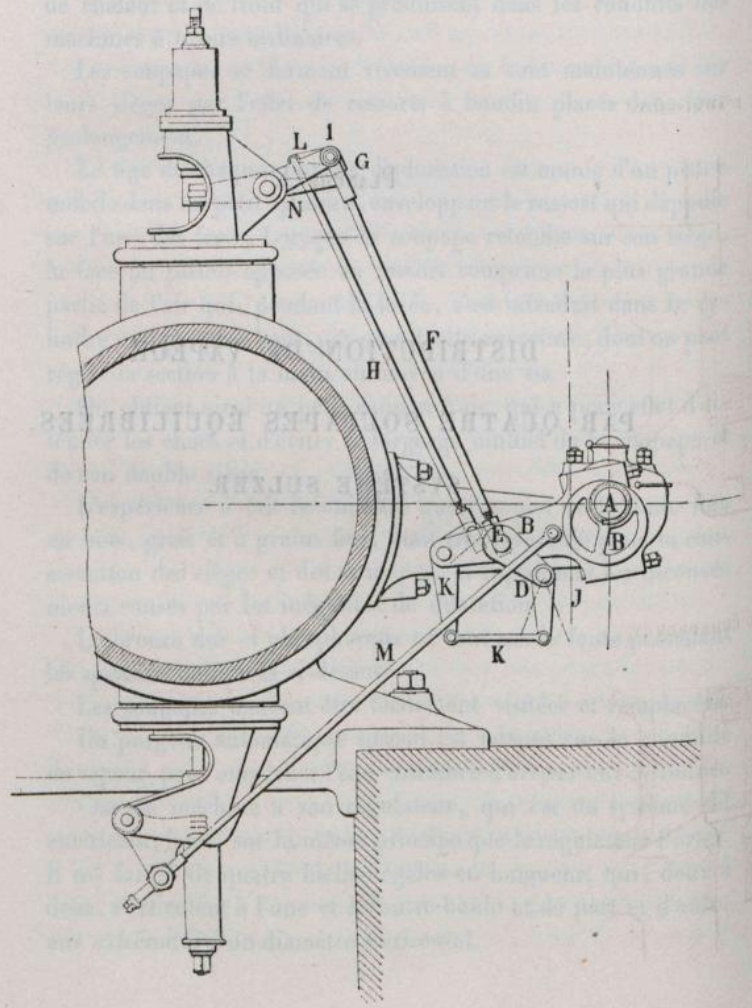
DISTRIBUTION DE VAPEUR
PAR QUATRE SOUPAPES ÉQUILIBRÉES,
SYSTÈME SULZER.



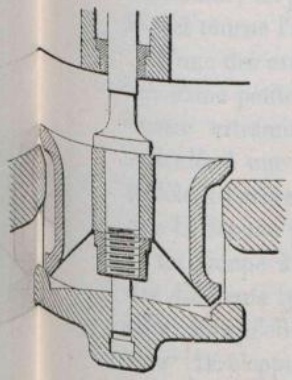
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISTRIBUTION DE VAPEUR PAR QUATRE SOUPAPES ÉQUILIBRÉES, SYSTÈME SULZER.

Fig. 2.



SOUPAPE D'ADMISSION.



SOUPAPE D'ÉCHAPPEMENT.

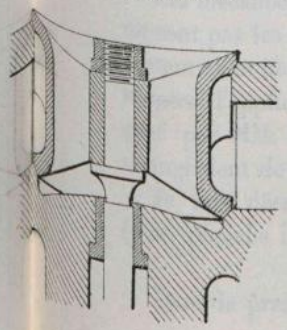
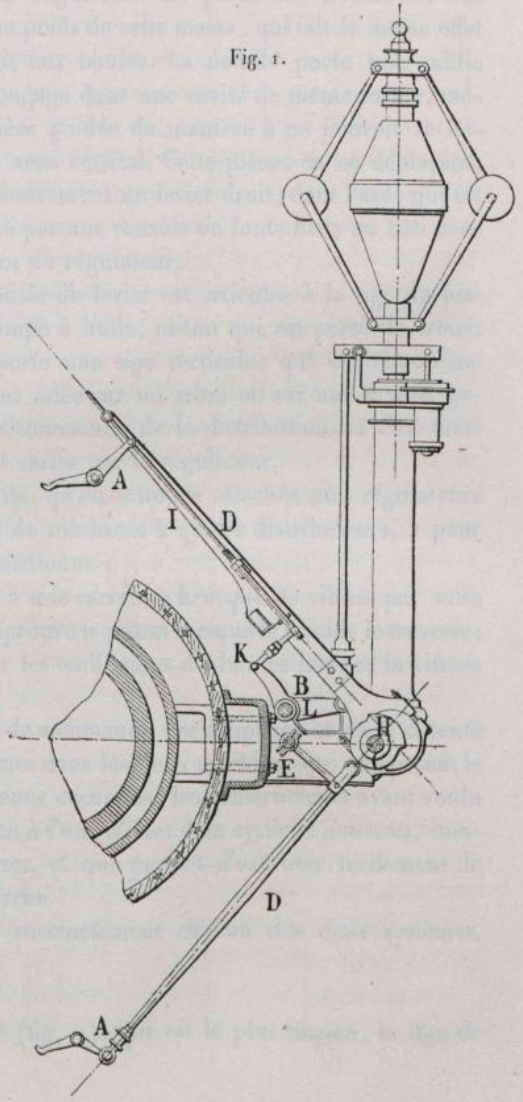
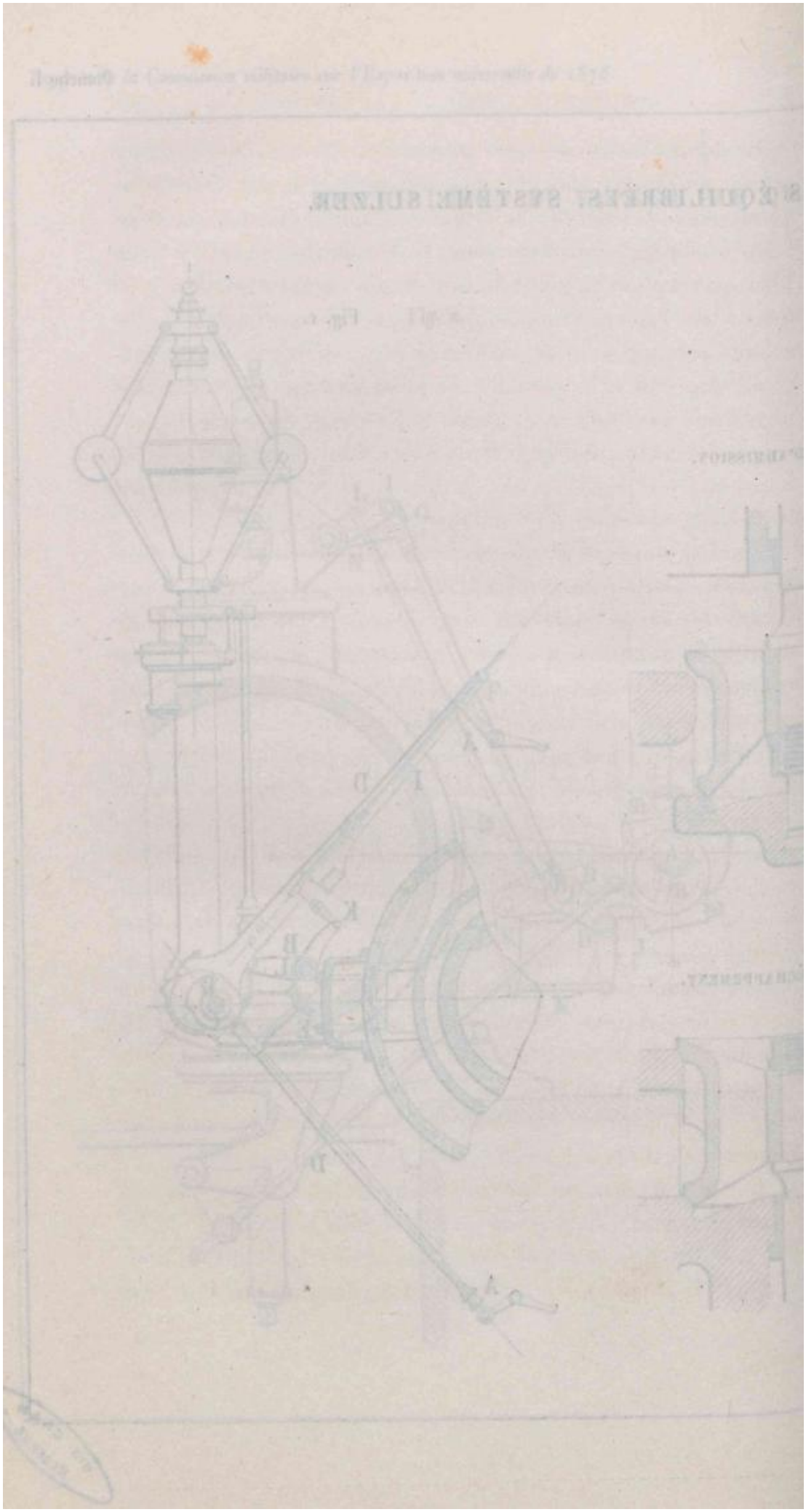


Fig. 1.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BIBLIOTHÈQUE CNAM RÉSERVE



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La douille est surmontée d'une masse pesante, dont la forme représente deux troncs de cône adossés par leur grande base. Cette masse, évidée à l'intérieur, entoure à frottement doux l'arbre montant du régulateur. Le poids des boules est très faible par rapport au poids de cette masse, qui fait le même effet que si on l'ajoutait aux boules. La douille porte une saillie cylindrique, qui s'engage dans une cavité de même forme, ménagée dans un epièce guidée de manière à ne pouvoir se déplacer que dans le sens vertical. Cette pièce, en se déplaçant, entraîne dans son mouvement un levier droit, dont l'axe, qui est horizontal, est porté par une console en fonte fixée au bâti dans lequel tourne l'arbre du régulateur.

L'une des extrémités du levier est articulée à la tige du piston d'une petite pompe à huile, piston qui est percé de trous; l'autre extrémité porte une tige verticale, qui est elle-même articulée à une pièce calée sur un arbre ou sur une douille parallèle à l'arbre de commande de la distribution, et c'est ainsi que la détente peut varier par le régulateur.

La pompe à huile, qu'on retrouve attachée aux régulateurs des différents types de machines à quatre distributeurs, a pour effet, lorsqu'elle fonctionne :

1° De s'opposer à une variation brusque de vitesse par suite de la résistance qu'éprouve le piston lorsque le liquide le traverse;

2° De supprimer les oscillations des boules lorsque la vitesse vient à varier.

Les mécanismes de commande des soupapes et de la détente ne sont pas les mêmes dans les deux machines qui composent le moteur dont nous nous occupons, les constructeurs ayant voulu montrer l'application à l'une d'elles d'un système nouveau, imaginé par MM. Sulzer, et qui permet d'exécuter facilement le changement de marche.

Je vais décrire succinctement chacun des deux systèmes. (Voir planche I.)

Dans le premier (fig. 1), qui est le plus ancien, la tige de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque soupape est articulée à un levier coudé A, mobile autour d'un axe supporté par le bâti; l'autre extrémité du levier est articulée à une pièce D, actionnée soit par l'arbre dit *de détente* B, soit par l'arbre de commande C de la distribution, suivant qu'il s'agit de l'admission ou de l'échappement.

Pour chacune des soupapes d'échappement, cette pièce a la forme d'une barre ronde, terminée par un galet et soutenue par une bielle E, à laquelle elle est articulée. Cette bielle est mobile autour d'un axe supporté par le bâti. Une came H, formée par deux parties cylindriques de rayons différents, mais qui se raccordent, est montée sur l'arbre de commande C et reste en contact avec le galet. La soupape n'est ouverte que lorsque la partie cylindrique qui a le plus grand rayon touche le galet.

La branche extérieure du levier coudé de chacune des soupapes d'admission est articulée à une tringle D, qui se termine d'autre part par un châssis. Ce châssis est relié par une petite bielle K, doublement articulée, à une manivelle L, calée sur l'arbre de détente B. La barre d'un excentrique, monté sur l'arbre de commande, est formée de deux flasques I, écartées l'une de l'autre et qui, au moyen de deux petites bielles, sont articulées à leur extrémité libre sur le même axe que la branche extérieure du levier coudé A de la soupape. Cette dernière disposition constitue une amélioration apportée par MM. Satre et Averly au type original de MM. Sulzer.

Dans ce dernier type, les extrémités des flasques sont tout à fait indépendantes du bâti, mais reliées entre elles par une entretoise qui porte en son milieu une sorte d'olive, mobile autour de l'axe de cette entretoise, et qui présente une ouverture dans laquelle s'engage la tringle du châssis.

Deux taquets sont respectivement fixés entre les deux flasques de l'excentrique et entre les grands côtés du châssis; c'est seulement pendant la durée du contact de ces taquets que l'admission de la vapeur a lieu.

Quand le taquet de la barre vient en contact avec l'autre taquet, le châssis se trouve entraîné, sa tringle exerce sur le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

levier de la soupape un effort de traction qui détermine l'ouverture de l'orifice d'admission.

Si les boules du régulateur, par suite d'une accélération de vitesse, viennent à s'écarter de l'arbre montant, le bouton de la manivelle de l'arbre de détente s'élève, le contact des taquets dure moins longtemps, et l'admission se trouve réduite.

Le second mécanisme de détente (fig. 2) qui fait son apparition à l'Exposition de 1878, et qui est exclusivement appliqué aux machines très remarquables que MM. Sulzer frères exposent dans la section suisse, peut être décrit comme il suit:

Dans ce système, comme dans le premier décrit, l'arbre moteur est mis en relation avec l'arbre de commande A de la distribution au moyen de deux engrenages coniques. Sur ce dernier arbre sont calés deux excentriques B, dont les barres B_1, écartées l'une de l'autre, sont supportées par de petites bielles C, qui oscillent, d'une part, sur un arbre D parallèle à l'arbre de commande A, et de l'autre, sur un axe E qui traverse les barres.

L'excentrique, en tournant, fait parcourir une courbe à ce dernier, qui, au moyen d'une tige F, transmet son action à un taquet ou plutôt à une touche G, de forme spéciale, qui produit le mouvement de levée de la soupape en pressant sur l'extrémité libre de la branche extérieure N du levier coudé.

La touche est articulée sur un axe I, qui traverse la fourche par laquelle est terminée la tige F. Elle est complétée par un bras de levier coudé L, qui sert à lui transmettre l'action du régulateur.

La tringle verticale du régulateur agit sur un levier coudé J, calé sur une douille qui enveloppe l'arbre D des petites bielles des excentriques. Par l'intermédiaire d'une bielle K ce levier en fait mouvoir un autre K′, tout à fait semblable, qui, à l'aide d'une tige H, agissant sur le levier de la touche G, en fait varier la position sur le levier N de la soupape et, par conséquent, influence la durée de l'admission.

Le mouvement de déclenchement s'opère dans le sens trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

versal, et il subit à chaque révolution l'action du régulateur. Dès que les leviers et les touches cessent d'être en contact, les soupapes se ferment brusquement.

Le mouvement des soupapes d'échappement est opéré par les excentriques au moyen de bielles doubles M (une de chaque côté), agissant toujours de la même manière, de sorte qu'il y a fermeture ou ouverture, à un moment donné de la course du piston.

Je me suis longuement étendu sur la description des machines exposées par MM. Satre et Averly, non seulement parce que, suivant moi, le type Sulzer est le plus perfectionné parmi les nombreuses machines à soupapes équilibrées qui figurent à l'Exposition de 1878, mais aussi parce que je pouvais ainsi donner une fois pour toutes certains détails concernant l'enveloppe de vapeur du cylindre, les soupapes, le régulateur et son modérateur, le piston à air destiné à amortir le choc des soupapes sur leurs doubles sièges, etc.

Ces détails sont applicables à beaucoup d'autres machines exposées, et qui ne diffèrent du type Sulzer que par le mécanisme de distribution.

Société anonyme de constructions mécaniques d'Anzin. (Anciens établissements de Quillacq.) Anzin (Nord). — Une machine d'extraction, composée de deux moteurs couplés sur un même arbre par des manivelles à 90 degrés, donnant ensemble une puissance de 300 chevaux.

La détente est variable par le régulateur, qui est du système Porter. Cet appareil, en faisant varier la détente à chaque tour des bobines sur lesquelles s'enroulent des câbles, proportionne dans les meilleures conditions économiques le travail de la vapeur au travail toujours variable de la résistance, et il s'oppose à tout écart de vitesse, en cas d'accident ou d'inadvertance du conducteur de la machine.

Le changement de marche se fait par une coulisse; il se manœuvre à la main avec la plus grande facilité, et il est réglé de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manière à fermer entièrement l'admission de la vapeur quand le levier de commande est au point mort, de telle sorte que ce mouvement suffit à lui seul pour conduire ou arrêter la machine.

Lorsque la machine fonctionne à contremarche, les soupapes d'admission ne se lèvent pas, et l'air aspiré par les soupapes d'échappement, au lieu d'être refoulé dans les générateurs, s'échappe par des soupapes de sûreté placées aux extrémités des cylindres. La compression de cet air peut servir de frein.

La distribution de vapeur se fait dans chaque cylindre au moyen de quatre soupapes à double siège, deux pour l'admission et deux pour l'échappement. Les soupapes, du type Sulzer, sont placées aux extrémités et sur les côtés des cylindres; elles sont groupées deux par deux dans une même boîte, d'un accès très facile, de manière qu'on puisse aisément les visiter et les réparer.

Le mécanisme de commande de la distribution est très robuste et aussi simplifié que possible. Ces moteurs sont faits pour marcher à échappement libre. Dans les mines de houille, le combustible étant à pied d'œuvre et la difficulté de se procurer une grande quantité d'eau étant souvent considérable, on évite généralement les installations coûteuses d'appareils de condensation.

La machine d'extraction dont je viens de parler est très remarquable sous le rapport des soins apportés à la construction mécanique, ainsi qu'au point de vue de l'étude parfaitement réussie des formes extérieures.

Lecointe et Villette, à Saint-Quentin. — Un moteur composé de deux machines couplées, de 35 chevaux chacune.

Diamètre des cylindres, $0^{m},350$;
Course des pistons, $0^{m},900$;
Nombre de tours par minute, 60
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},800$;
Consommation de vapeur par cheval indiqué, $8^{k},200$.

Les cylindres sont pourvus d'une enveloppe de vapeur et la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

détente est variable par le régulateur, du système Porter avec modérateur à huile.

La distribution de vapeur, en ce qui concerne les soupapes, est disposée comme dans le type Sulzer, mais le mécanisme de commande est tout différent. Il a été inventé par M. Zimmermann, ingénieur à Marchiennes (Belgique), et en voici la description :

L'introduction est commandée par un balancier dont les deux bras sont égaux. Ce balancier oscille sur un axe fixé au cylindre; à ses deux extrémités sont articulés des châssis, qui portent chacun un cliquet logé entre leurs deux grands côtés. Un ressort appuie sur le derrière de ce cliquet pour le maintenir.

L'excentrique de distribution, calé sur l'arbre de couche, imprime, au moyen d'un levier articulé sur sa barre, un mouvement de va-et-vient à une petite manivelle, fixée sur l'arbre du balancier qu'elle actionne, ainsi que les deux châssis qui en dépendent.

L'oscillation étant produite, les cliquets, en descendant, rencontrent les extrémités en acier des leviers calés sur les arbres qui portent les pièces de levée des soupapes. Ces soupapes se trouvent par suite soulevées alternativement, pendant une fraction de la course des pistons, qui est d'autant plus considérable que le croisement des cliquets avec les extrémités des leviers est plus grand au moment du contact.

Le régulateur communique ses variations à un levier, qui est calé sur un arbre placé à égale distance des deux châssis qui portent les cliquets. Sur ce même arbre est fixée une came double munie de deux points d'articulation, situés, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'axe d'oscillation, autour duquel ils décrivent des arcs de cercle. Ce mouvement, par l'intermédiaire de deux petites bielles, sert à rapprocher ou à écarter les châssis de telle manière que les cliquets croisent plus ou moins sur les leviers, et que, par suite, l'admission est plus ou moins prolongée.

Les soupapes d'échappement fonctionnent sans déclic ; une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tringle, qui reçoit un mouvement de va-et-vient, au moyen d'une bielle articulée à la barre de l'excentrique de distribution, actionne deux petites manivelles, fixées sur des arbres portant chacun une came pour la levée des soupapes. Ces soupapes retombent sur leurs sièges sous l'influence de ressorts à boudin qui tendent constamment à les fermer. Il en est de même des soupapes d'admission: pour celles-ci, le choc est amorti au moyen d'un piston à air.

Les soupapes et leurs sièges sont indépendants du cylindre, et peuvent parfaitement se démonter. Ces pièces sont en acier fondu; les points de touche du déclic sont en acier trempé.

Société des forges et fonderies de l'Horme, à Saint-Chamond (Loire). — Une machine d'épuisement, composée de deux moteurs couplés, de 50 chevaux chacun.

Diamètre des cylindres, $0^{m},400$;
Course des pistons, $0^{m},800$;
Nombre de tours par minute, 60;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},600$.

Les cylindres sont pourvus d'enveloppes de vapeur, et la détente est variable par le régulateur, qui est du système Buss avec modérateur à air.

En ce qui concerne la disposition des soupapes, la nature du métal employé et le mode de fermeture après les périodes d'admission ou d'échappement, on retrouve encore ici le type Sulzer, mais le mécanisme de commande de la distribution ne ressemble en rien à ceux qui ont été décrits précédemment.

Un arbre horizontal, prenant son mouvement sur l'arbre moteur au moyen de deux engrenages coniques, actionne les soupapes par quatre excentriques placés perpendiculairement à l'axe du cylindre.

Deux consoles adhérentes à ce cylindre supportent ledit arbre de distribution, et deux bossages latéraux sont disposés pour recevoir les organes de déclenchement des soupapes d'admission.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque barre d'excentrique de l'admission se termine par une fourche, fermée à ses extrémités par un petit arbre articulé avec un levier portant une sorte de pédale; sur cette pédale, et en dessous, se trouve un taquet qui enclenche avec une pièce d'entraînement articulée sur un montant vertical fixe, et qui se prolonge au delà de son point d'articulation de manière à se relier au levier de la soupape par une bielle. La pédale poussant la pièce d'entraînement de haut en bas, l'autre extrémité de cette pièce se relève de bas en haut et, par l'intermédiaire de la bielle, soulève le levier qui porte la tige de la soupape. Lorsque la partie cintrée de la pédale rencontre la came placée sur l'arbre de détente, qui est soumis aux variations du régulateur, il y a déclenchement, et la soupape retombe par suite de l'abaissement de la pièce d'entraînement.

Suivant que le régulateur, en faisant tourner l'arbre de détente, fait présenter une saillie plus ou moins grande de la came, le déclenchement se produit à une distance plus ou moins grande de l'origine de la course du piston.

Les soupapes d'échappement sont manœuvrées chacune par un excentrique, dont la barre est articulée à l'un des bras d'un levier coudé, dont l'autre bras actionne la tige de la soupape.

Pour une admission de 15 p. o/o de la course du piston, la levée de la soupape est de $13^{mm},5$; elle est de 30 millimètres pour l'admission la plus grande, qui correspond aux $\frac{82}{100}$ de la course.

Pour que la vitesse de la vapeur au passage des orifices et des soupapes ne dépasse pas 25 mètres par seconde, on a été conduit à donner à ces soupapes d'admission un diamètre de 125 millimètres. Quant au diamètre des soupapes d'échappement, il est de 135 millimètres.

Compagnie de Fives-Lille. Fives-Lille (Nord). — Deux machines horizontales couplées, de 250 chevaux chacune, exécutées pour les mines de Béthune.

Les pistons à vapeur ont $0^{m},900$ de diamètre et 2 mètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de course. Le bâti est de la forme ordinaire à double glissière plane.

La distribution de vapeur se fait par des soupapes Sulzer, mais le mécanisme est du système Audemar. Le mouvement de levée des soupapes est produit par des cames doubles, mobiles longitudinalement sur l'arbre qui les porte.

Le déplacement longitudinal des cames de distribution se fait, pour les deux machines, au moyen d'un levier de changement de marche. Selon qu'on fait fonctionner les soupapes par l'une ou l'autre moitié des cames, les machines tournent dans un sens ou dans l'autre; lorsque les cames occupent la position moyenne, l'introduction de la vapeur est supprimée.

Il n'y a pas de régulateur; la détente se fait, à la volonté du conducteur de la machine, par un simple déplacement du levier de changement de marche.

Sulzer frères. Winterthur (Suisse). — Une machine d'extraction composée de deux moteurs couplés, de 75 chevaux chacun.

Diamètre des cylindres, $0^m,450$;
Course des pistons, $0^m,900$.

Les cylindres sont munis d'enveloppes de vapeur. Le mécanisme de distribution avec changement de marche est celui qui a été imaginé en dernier lieu par MM. Sulzer, et que j'ai décrit en détail à propos d'une des machines exposées par MM. Satre et Averly, de Lyon.

Société suisse pour la construction de machines. Winterthur (Suisse). — Une machine de 100 chevaux.

Diamètre du cylindre, $0^m,400$;
Course du piston, $0^m,700$;
Nombre de tours par minute, 100;
Vitesse linéaire du piston, $2^m,300$.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur, et la détente est va-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

riable par le régulateur Porter. Les soupapes sont du type Sulzer, et le mécanisme de la distribution est du système Brown.

Pour l'admission, un levier commandé par une sorte de parallélogramme et relié à la bielle motrice, ainsi qu'au régulateur, actionne une tringle horizontale, dont le mouvement de va-et-vient se fait à travers deux bagues, dont l'alésage correspond au diamètre de la tringle, et qui sont ménagées en haut de supports fixes dépendant du bâti ; cette tringle porte deux rondelles fixées perpendiculairement à son axe, et qui sont disposées de manière que chacune d'elles vienne pousser une rondelle de même diamètre, placée à l'extrémité d'un levier coudé dont le second bras sert à soulever la soupape.

Le régulateur peut faire varier la position du levier de commande, de telle sorte que la poussée des rondelles de la tringle soit plus ou moins prolongée, et que, par suite, la levée de la soupape d'admission soit plus ou moins considérable.

Quant à la manœuvre des soupapes d'échappement, elle se fait par une tringle à mouvement alternatif, commandant des leviers qui sont disposés pour lever les soupapes et les abandonner ensuite, pour qu'elles retombent sur leurs sièges sous la pression d'un ressort à boudin.

2° MACHINES À QUATRE SECTEURS CYLINDRIQUES.

(Types Corliss et autres.)

Le Gavrian et fils. Lille (Nord). — Une machine de 250 chevaux, type Corliss.

Corbran et Lemarchand. Rouen (Seine-Inférieure). — Deux machines couplées, d'une force nominale collective de 120 chevaux, type Corliss.

Lecouteux et Garnier. Paris. — Trois machines : l'une de 120 chevaux, et les deux autres couplées, de 150 chevaux chacune; type Corliss. Les deux dernières sont placées dans un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bâtiment spécial construit sur le chemin de halage du quai de Billy, où elles fonctionnent pour le service hydraulique de l'Exposition.

Toutes les machines que je viens d'énumérer sont construites sur les modèles originaux de M. Corliss, ingénieur américain, et tout à fait semblables l'une à l'autre. Je vais en donner une description succincte, en la faisant précéder de quelques considérations générales.

Les machines du type Corliss sont actuellement d'un usage très répandu et représentent en quelque sorte, pour beaucoup de personnes, le maximum des progrès réalisés actuellement en fait de construction d'appareils moteurs, sous le rapport de l'économie de vapeur, de la perfection du mécanisme de distribution et de la régularité de marche. On peut même dire que souvent on est arrivé à exagérer les avantages que ces machines offrent, parce que les points de comparaison n'étaient pas choisis parmi les meilleurs des autres types.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur, et la détente est variable par le régulateur, qui est du système ordinaire avec modérateur à huile.

La vapeur de travail rencontre, dès son arrivée, deux distributeurs ou secteurs cylindriques, qui sont placés à chaque bout et à la partie supérieure du cylindre, dans des boîtes spéciales. Les conduits de distribution où la vapeur se loge sans produire d'effet utile, c'est-à-dire la partie la plus importante des espaces morts, se trouvent supprimés.

L'arrivée de la vapeur sur le piston est aussi directe et aussi instantanée que possible, car les secteurs sont disposés et commandés de telle façon, qu'ils découvrent très rapidement les entrées de vapeur tout entières, et qu'ils les laissent ouvertes pendant tout le temps de l'admission. Quand la vapeur a été introduite sans étranglement, et sans remplir aucun conduit inutile, un déclic, qui dépend du régulateur, produit une fermeture automatique et instantanée. La vapeur, qui est arrivée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi sur le piston sans aucune perte, se trouve brusquement emprisonnée, et produit tout l'effet de sa détente.

Le point de fermeture de l'admission est variable par le régulateur; il n'entre donc que la vapeur nécessaire pour effectuer le travail dont on a besoin.

Deux autres distributeurs, semblables à ceux d'admission, sont placés à chaque bout et au-dessous du cylindre, et mis en mouvement de manière à s'ouvrir très rapidement, et à rester ouverts pendant tout le temps que la vapeur détendue s'échappe au condenseur. Cette grande ouverture donne un vide presque parfait derrière le piston.

Les distributeurs d'échappement et les boîtes dans lesquelles ils fonctionnent étant distincts de ceux d'admission, il en résulte qu'il n'y a pas de refroidissement de la vapeur active. Placés sous le cylindre, et à chaque bout, ils permettent, comme les soupapes situées d'une manière analogue, un écoulement facile de l'eau qui peut se trouver dans le cylindre par suite d'entraînement ou de condensation.

Ce qui précède est pour ainsi dire une description théorique de la distribution Corliss, et je vais donner maintenant, une description pratique de son mécanisme. (Voir planche II.)

La vapeur arrive, par un tuyau vertical T, au milieu d'une boîte rectangulaire B, horizontale et circonscrite à la partie supérieure du cylindre, avec lequel elle fait corps; elle se répand ensuite, par deux orifices situés de chaque côté de ce réservoir, dans l'enveloppe du cylindre. L'eau, résultant de la condensation dans cette enveloppe, s'amasse à la partie inférieure, d'où elle est renvoyée à la chaudière.

L'admission dans le cylindre est réglée par deux distributeurs D, D_1, placés aux extrémités de la boîte B. Chacun d'eux se compose d'une monture en fer, de section rectangulaire, pouvant tourner autour d'un axe horizontal, et dirigé perpendiculairement au sens du mouvement du piston à vapeur; sur cette monture, est ajusté à frottement doux, un piston formé d'un segment de cylindre, ayant le même axe que la monture;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

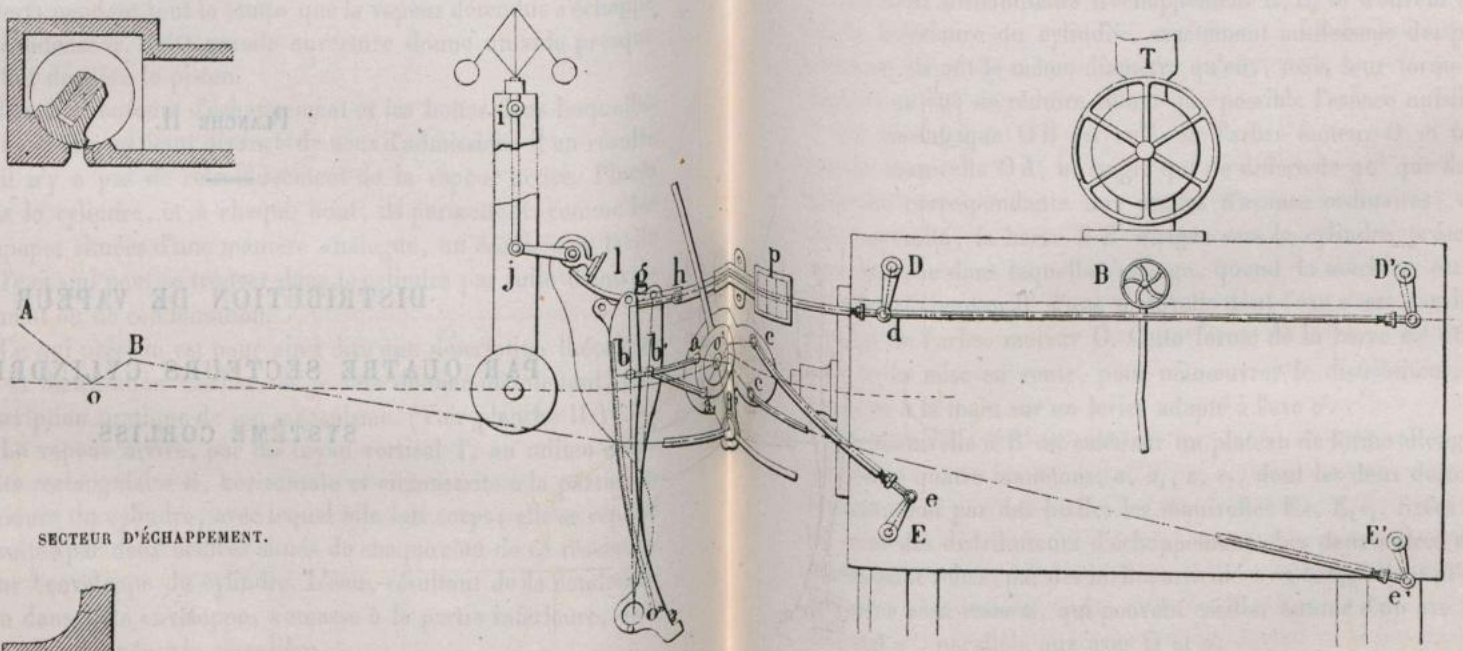
PLANCHE II.

DISTRIBUTION DE VAPEUR
PAR QUATRE SECTEURS CYLINDRIQUES,
SYSTÈME CORLISS.

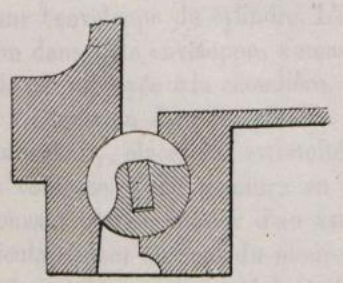
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DISTRIBUTION DE VAPEUR PAR QUATRE SECTEURS CYLINDRIQUES, SYSTÈME CORLISS.

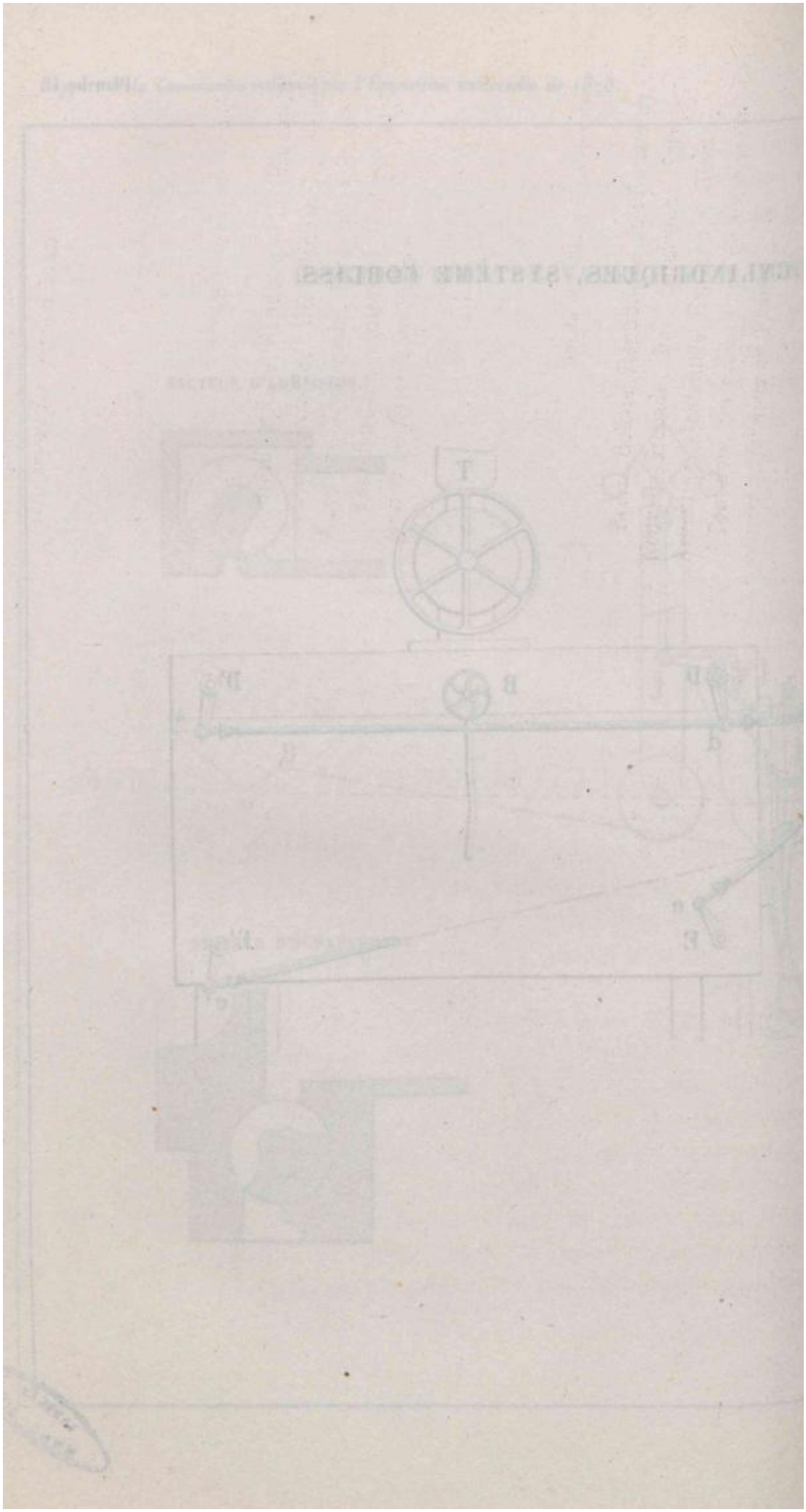
SECTEUR D'ADMISSION.



SECTEUR D'ÉCHAPPEMENT.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux ressorts méplats, interposés entre les deux pièces, servent à assurer l'obturation de l'orifice et à compenser les effets de l'usure.

L'orifice d'admission, qui s'étend sur toute la largeur de la boîte B (largeur qui est égale au diamètre intérieur du cylindre), se trouve à peu près au milieu d'une autre portion de surface cylindrique concave, plus large que la première et formant la glace de distribution.

Les deux distributeurs d'échappement E, E_1 se trouvent à la partie inférieure du cylindre, exactement au-dessous des précédents; ils ont le même diamètre qu'eux, mais leur forme est étudiée en vue de réduire autant que possible l'espace nuisible.

Un excentrique O B est calé sur l'arbre moteur O et fait, avec la manivelle O A, un angle qui ne diffère de 90° que de la quantité correspondante aux angles d'avance ordinaires; vers son extrémité, la barre B B′ dirigée vers le cylindre présente une encoche dans laquelle s'engage, quand la machine est en marche, le bouton B′ d'une manivelle dont l'axe o' est parallèle à celui de l'arbre moteur O. Cette forme de la barre est utile, lors de la mise en route, pour manœuvrer le distributeur, en agissant à la main sur un levier adapté à l'axe o'.

La manivelle o' B′ est calée sur un plateau de forme allongée, qui porte quatre manetons, a, a_1, c, c_1, dont les deux derniers commandent par des bielles les manivelles Ee, E_1e_1, fixées sur les axes des distributeurs d'échappement. Les deux autres manetons sont reliés, par des bielles articulées en b, b_1, à deux pièces appelées *porte-ressorts*, qui peuvent osciller autour d'un axe horizontal o'', parallèle aux axes O et o'.

Le distributeur d'admission D, par exemple, est mis en mouvement de la manière suivante:

Une lame élastique est engagée dans un encastrement, et fixée dans la région du porte-ressort voisine de o''. Son extrémité libre est munie d'un appendice permettant de la relier, au moyen d'une bielle, à une tige formant le prolongement de la bielle horizontale, qui commande la manivelle Dd du distri-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

buteur; sur cette tige est monté un piston en bronze p, fonctionnant dans un cylindre fermé seulement du côté du porte-ressort, et dont j'indiquerai ci-après les fonctions.

A l'extrémité du porte-ressort opposée à l'axe o'', est articulée une pièce appelée palette du déclic, formée, du côté du cylindre, d'une partie rectiligne gh, et, de l'autre côté, d'une partie gf, légèrement recourbée en l'air. L'extrémité libre de la partie gh, est entaillée en dessous, de manière à pouvoir, sous l'action d'un petit ressort convenablement disposé, venir buter sur l'angle supérieur du bout de la tige du piston-guide p.

En examinant l'ensemble du mouvement, on voit que, dans la période d'oscillation du porte-ressort correspondante à sa marche vers le cylindre, la palette du déclic pousse la bielle et, par suite, la manivelle Dd, de manière à faire tourner le distributeur D, qui, au moment voulu, démasque rapidement la lumière d'admission. Puis, lorsque la détente doit commencer, la partie courbe de la palette de déclic vient rencontrer une touche portée par le levier de détente jl : elle laisse alors échapper la tige de commande du distributeur, laquelle est brusquement ramenée en arrière par l'action du ressort, et la lumière d'admission est fermée presque instantanément.

Les palettes de déclic rencontrent plus tôt ou plus tard le levier de détente jl, selon que celui-ci s'abaisse ou se relève sous l'influence du régulateur, auquel il est relié par la tige ij.

Les pistons p, placés sur les tiges qui forment le prolongement des bielles d'admission, ont pour effet d'éviter les chocs pendant la période de la fermeture, qui s'opère sous l'action des ressorts. Dans ce but on a pratiqué au fond des cylindres une petite ouverture, dont on peut faire varier à volonté la section au moyen d'un robinet. Lors du mouvement direct, l'air est aspiré sous le piston, mais au moment de la fermeture le mouvement de retour est trop rapide pour que l'air introduit puisse être expulsé en totalité. Il se forme ainsi un coussin d'air qui neutralise l'action du ressort et, par suite, empêche le choc de se produire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines Corliss sont pourvues d'une enveloppe dans laquelle on fait arriver de la vapeur, mais cette vapeur n'est pas celle qui doit pénétrer dans le cylindre.

Cail et Cie. Paris-Grenelle. — Une machine de 60 chevaux.

Diamètre du cylindre, $0^m,500$;
Course du piston, $1^m,000$;
Nombre de tours par minute, 52;
Vitesse linéaire du piston, $1^m,700$.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur, et la détente est variable par le régulateur, du système Andrade.

La machine dont il s'agit n'est autre chose qu'une modification du type qui porte le nom de l'ingénieur américain Ingliss.

Dans ce dernier type la distribution de vapeur se fait aussi par quatre secteurs cylindriques, qui exécutent des mouvements oscillatoires alternatifs à l'intérieur d'autant de boîtes disposées transversalement par rapport au cylindre; mais la commande de la distribution est tout à fait différente de celle du type Corliss, et peut être décrite comme il suit:

Un plateau circulaire, oscillant autour d'un goujon qui est fixé sur le cylindre, porte quatre boutons, sur lesquels sont articulées les bielles qui commandent les quatre distributeurs au moyen de petites manettes.

La barre d'un excentrique calé sur l'arbre de couche donne à ce plateau un mouvement d'oscillation qui fait que les secteurs cylindriques masquent et démasquent, en temps voulu, les orifices sur lesquels ils sont appliqués, et produisent ainsi l'admission et l'échappement.

Voici maintenant quelle est la disposition du mécanisme de détente.

Au-dessus du plateau oscillant, sur une sorte de chaise attenante à l'enveloppe, se trouve un appareil composé de deux cylindres égaux entre eux, fondus ensemble et adossés par leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culasse. Chacun d'eux renferme un piston soumis à l'action d'un fort ressort à boudin, et dont la tige se rattache, par une bielle flexible, avec le prolongement de la manette de chacun des secteurs d'admission.

La lame mince qui termine la bielle permet la flexion nécessaire pour qu'elle puisse suivre sans raideur la manette, pendant son mouvement de rotation. Cette manette se trouve sous l'action constante et simultanée, d'une part, de la bielle actionnée par le plateau oscillant, et qui déplace le secteur dans le sens de l'ouverture de l'orifice d'admission, et, d'autre part, du piston à ressort qui agit en sens contraire, c'est-à-dire dans le sens du mouvement qui sert à fermer le même orifice.

Le mécanisme de détente a pour organe principal les bielles à échappement, qui sont formées, dans le sens de leur longueur, de deux parties reliées par deux lames flexibles. Un mécanisme spécial, qui est en relation avec le régulateur, fait mouvoir une came, qui opère le déclenchement des deux lames en temps voulu et rompt la solidarité des deux parties de la bielle, l'une restant dépendante du plateau oscillant, l'autre de la manette. C'est alors que le piston de l'un des deux petits cylindres à culasses adossées, qui forment le *dash-pot* ou vase à choc, devient libre de s'enfoncer, sous l'action du ressort qui le presse, entraîne avec lui la manette, et opère par suite la fermeture de l'orifice d'admission, indépendamment du plateau, soumis à l'action fixe et invariable de l'excentrique qui le commande.

L'espace compris entre le piston et la cloison qui sépare les deux cylindres du dash-pot est constamment en communication avec l'atmosphère par un trou, dont l'ouverture se règle à volonté au moyen d'une soupape à vis.

Lorsque le piston est tiré vers l'extérieur par le mécanisme de distribution, le vide qu'il laisse derrière lui se remplit immédiatement d'air. Lors du retour brusque du piston, l'air refoulé s'échappe; mais la section de l'ouverture est réglée de manière à opposer à la sortie de cet air une résistance en rapport avec le coussin que le piston doit trouver entre lui et la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cloison médiane, pour atténuer le choc qui se produirait, sans cela, sous l'influence de la pression du ressort.

Dans le type Ingliss les boîtes où se meuvent les secteurs d'admission et d'échappement sont indépendantes du cylindre proprement dit et de son enveloppe, qui forment simplement deux tuyaux concentriques. Ce système est préférable à celui dans lequel le cylindre, l'enveloppe et les sièges d'admission et d'échappement sont fondus tout d'une pièce, de sorte qu'en cas de réparation aucun remplacement partiel n'est possible. Il n'y a de compensation à cet inconvénient que la diminution du nombre de joints. En outre, il faut observer que la qualité de fonte qui convient au cylindre et aux organes de distribution n'est pas la même que celle qui convient pour l'enveloppe. Pour les premiers, il faut une fonte serrée et un peu dure, pouvant résister aux frottements, sans qu'il se produise une usure trop rapide; pour l'enveloppe, au contraire, il faut une fonte se prêtant bien aux effets de dilatation et de contraction, pour qu'on n'ait pas à craindre de fissures, c'est-à-dire de la fonte un peu tendre et jusqu'à un certain point malléable.

La machine exposée par MM. Cail et C^ie^ est une modification du type Ingliss, dans laquelle on a eu en vue de simplifier le mécanisme de distribution et de le rendre moins délicat de construction, tout en conservant les mêmes principes.

Le perfectionnement a porté principalement sur la façon d'opérer le déclenchement de la pièce d'entraînement de l'obturateur d'admission. Le plateau circulaire est remplacé par une pièce à quatre bras, sur lesquels sont articulées les bielles commandant les secteurs d'admission et d'échappement. L'oscillation de cette pièce est produite par un levier qui reçoit son mouvement de la barre d'excentrique.

Le levier coudé qui tourne sur l'arbre du secteur d'admission est actionné d'un côté par une bielle, et sur l'autre partie de ce levier est articulé un grand cliquet cintré, qui porte une saillie vers son extrémité. Cette saillie venant à enclencher avec le talon d'une pièce d'entraînement calée sur l'axe du secteur, l'ad-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mission de vapeur est ouverte. En même temps, le ressort correspondant du vase à choc est comprimé sous l'action d'une bielle fixée à la pièce d'entraînement et à la tige du piston à air.

Dans ce mouvement, une came, entraînée par le cliquet et maintenue par un levier que le régulateur commande, tourne autour de son axe, fixé entre les deux flasques du cliquet. La forme de cette came est telle, qu'elle vient appuyer sur la pièce d'entraînement, en obligeant le cliquet à l'abandonner. Celle-ci, devenant libre, est ramenée vivement par l'effet du ressort du dash-pot, et l'admission est fermée brusquement.

La variation de la détente se fait par la variation de position du levier de la came. Plus ce levier est porté vers la droite, plus tôt se fait le déclenchement pour le secteur correspondant.

Farcot et ses fils. Saint-Ouen (Seine). — Une machine d'élévation d'eau, composée de deux moteurs couplés sur un même arbre du volant, avec manivelles calées à 90 degrés, et d'une puissance collective de 700 chevaux; type Corliss perfectionné.

Diamètre des cylindres, $1^{m},00$;
Section, $9^{mq},7854$;
Course des pistons, $1^{m},800$;
Nombre de tours par minute, 60;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},800$.

Cette machine est analogue à celle qui a été fournie à l'usine hydraulique de Saint-Maur, appartenant à la ville de Paris, et sur laquelle les ingénieurs du service des eaux ont fait des constatations journalières, sans le concours du constructeur, avec les chauffeurs ordinaires et en brûlant du charbon tout-venant pris dans l'approvisionnement courant. Ces constatations ont donné les résultats suivants, au point de vue de la dépense du combustible.

La consommation de houille brute, sans déduction des cendres et mâchefers, a été de 900 grammes à 950 grammes par cheval et par heure en eau montée, c'est-à-dire y compris les pertes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de toute nature attribuables au moteur et à la pompe, depuis l'aspiration jusqu'au réservoir supérieur, ce qui correspond à 800 grammes environ par cheval disponible sur l'arbre du volant et à 700 grammes par cheval indiqué dans le cylindre.

Les modifications et perfectionnements apportés par MM. Farcot au type Corliss ordinaire peuvent se résumer comme il suit:

Le cylindre est muni d'une enveloppe remplie par la vapeur même de travail, venant directement de la chaudière, et, par conséquent, toujours plus chaude que celle qui dans le cylindre subit une expansion. Le constructeur évalue à 20 p. o/o l'importance de l'économie due à l'emploi de cette enveloppe de vapeur, qui est d'ailleurs entretenue constamment sèche par le moyen d'une pompe de purge spéciale, servant à retirer toute l'eau et la vapeur humide qui peuvent s'y trouver, pour les refouler, avec utilisation complète de la chaleur dans le générateur par le tuyau même d'alimentation.

Les espaces morts aux extrémités de la course du piston ont été réduits à leur minimum, et M. J. Farcot estime que par ce fait l'économie sur la consommation de vapeur peut atteindre 4 à 8 p. o/o, suivant le travail.

Ce résultat est obtenu par la disposition spéciale des secteurs cylindriques d'admission et d'échappement, qui sont placés dans les fonds et couvercles du cylindre; le secteur d'échappement en particulier, lorsqu'il s'ouvre, pénètre dans le cylindre; mais quand le piston revient, le secteur l'évite, et en se fermant il s'efface pour se ranger dans le plan du fond, sans presque laisser d'espace nuisible autre que celui strictement nécessaire.

On obtient ainsi une diminution considérable dans la somme des espaces nuisibles, dont la capacité n'est plus que de 1 p. o/o du volume du cylindre, tandis que, dans une machine Corliss ordinaire, elle est encore d'environ 2 à 3 p. o/o de ce même volume.

Les secteurs d'admission oscillent chacun dans une chambre qui communique librement avec l'enveloppe dans laquelle la vapeur de la chaudière arrive directement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mécanisme qui commande les quatre secteurs doit être organisé de manière à les faire osciller de telle sorte que ceux d'admission découvrent et recouvrent à propos les orifices qui font communiquer l'enveloppe et le cylindre, et que, d'un autre côté, les obturateurs d'échappement fonctionnent en temps voulu pour livrer passage à la vapeur s'échappant du cylindre au condenseur.

Les secteurs d'admission sont appelés à exécuter des oscillations d'amplitudes variables, suivant le point de la course où l'introduction doit être interrompue; mais, pour les secteurs d'échappement, au contraire, les oscillations sont toujours les mêmes, parce qu'il n'y a pas de motif pour faire varier la durée de l'échappement.

Le fonctionnement s'exécute par des organes qui ont une certaine analogie avec ceux de la machine Ingliss. Comme dans cette machine, la distribution est commandée par un excentrique calé sur l'arbre moteur, et dont la barre vient actionner un plateau circulaire, à axe horizontal, porté par un support fixé au milieu de la longueur du cylindre, qui éprouve un mouvement oscillatoire régulier, qu'il transmet par quatre bielles aux axes des quatre secteurs.

Les bielles des secteurs d'échappement sont rigides et invariables, mais celles des secteurs d'admission sont composées de plusieurs pièces, disposées de manière que leur liaison avec le plateau et les petites manivelles montées sur les axes des secteurs se trouve rompue au moment où l'introduction doit cesser. Quand le déclenchement a lieu, la manivelle, devenue indépendante de la bielle de commande, est libre de céder à l'action d'un autre organe, qui tend constamment à la ramener à son point de départ, c'est-à-dire à cette position particulière où le secteur interrompt la communication entre l'enveloppe de vapeur et l'intérieur du cylindre.

Dans les machines Corliss, ce dernier organe est formé par un ressort métallique, mais ce ressort peut, sous les efforts alternatifs d'une tension considérable, se briser ou perdre de son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élasticité, et M. Farcot l'a remplacé par un ressort-vapeur composé comme il suit :

Un petit cylindre renferme un piston sur la face supérieure duquel presse constamment la vapeur arrivant de l'enveloppe par un conduit. La tige du piston est rattachée à la manivelle de l'axe du secteur, qui présente à cet effet une branche d'équerre. D'après ces dispositions, le secteur doit forcément être ramené en arrière aussitôt que sa relation avec la bielle de commande est rompue.

Dans le haut du petit cylindre, la pression est réglée à volonté au moyen d'un robinet de forme spéciale placé sur le conduit d'arrivée de la vapeur; quant à la partie inférieure, elle est en communication avec l'atmosphère, mais par un très petit canal, dont l'ouverture peut être aussi réglée de façon à étrangler la sortie de l'air, en constituant ainsi un matelas recevant le choc du piston, lorsque la pression de la vapeur le précipite vers le fond du cylindre; quand le piston remonte, la vapeur active retourne dans l'enveloppe, et il n'y a que la partie condensée qui se trouve perdue, ce qui est sans importance.

Les pédales ou déclics d'enclenchement et de déclenchement sont de deux espèces. Le plus long permet l'admission depuis o jusqu'au delà des $\frac{3}{10}$ de la course du piston; l'autre sert à régler l'admission jusqu'aux $\frac{8}{10}$ de cette course.

Le déclenchement se produit quand les déclics rencontrent les taquets, disposés à peu près comme dans les machines Corliss et soumis aux variations du régulateur, qui est du système Farcot, à bielles et bras croisés, avec modérateur destiné à l'empêcher d'obéir à des variations de vitesse trop brusques, ou à toute autre cause passagère de perturbation.

Le constructeur a imaginé, pour le mécanisme de commande de l'admission, une disposition qui permet d'arrêter la machine complètement et de la remettre en marche sans changer le degré d'introduction auquel elle était précédemment réglée; en agissant par un petit volant à main sur un mécanisme convenablement disposé, on amène le régulateur dans sa position la plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

élevée, et l'on entraîne en même temps les taquets dans la position où ils tiennent invariablement soulevés les déclics, de façon à rendre impossible l'enclenchement des manivelles des secteurs, qui se trouvent alors placés convenablement pour intercepter complètement l'introduction de la vapeur dans le cylindre.

Pour remettre en marche, il suffit de tourner le volant en sens contraire, ce qui permet aux boules du régulateur de s'abaisser et à l'ensemble du mécanisme de reprendre sa position primitive.

Dans le cas de deux machines couplées, les deux régulateurs sont conjugués par l'intermédiaire d'un mécanisme récemment breveté, et l'on peut ainsi obtenir une marche concordante et répartir bien également le travail entre les deux moteurs.

Wheelock. Worcester (États-Unis). — Une machine de 125 chevaux.

Diamètre du cylindre, $0^{m},450$;
Course du piston, $1^{m},200$;
Nombre de tours par minute, 60;
Vitesse linéaire du piston, $2^{m},400$.

Le cylindre n'a pas d'enveloppe de vapeur, et la détente est variable par un régulateur à boules de forme spéciale.

Dans cette machine, les quatre distributeurs sont placés sous le cylindre; les deux secteurs d'échappement fonctionnent aux extrémités, tandis que ceux d'admission sont placés à côté et en dedans des premiers.

Le mécanisme de la distribution est composé et commandé comme il suit :

La barre d'un excentrique calé sur l'arbre de couche est articulée avec deux leviers qui commandent deux manivelles placées sur les axes des secteurs d'échappement. Sur chacune de ces manivelles est articulée une pièce qui sert à régler l'admission. Cette pièce a la forme d'une fourche; la branche supérieure est droite et porte à l'intérieur une saillie qui enclenche avec un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taquet mobile sur l'un des bras d'un levier coudé placé sur l'axe du secteur d'admission. Ce taquet est traversé par une tige cylindrique, qui sert à régler son oscillation ; lorsque l'enclenchement a lieu, l'admission est ouverte.

La branche inférieure de la fourche est assez fortement cintrée, et le déclenchement se produit au moment où elle rencontre une came fixée sur l'axe du secteur. Le régulateur agit par l'intermédiaire d'une tringle sur un levier à l'extrémité duquel se trouve cette came, dont la saillie plus ou moins grande provoque le déclenchement plus au moins tôt, ce qui règle la durée de l'admission et par suite la détente.

Lorsque le déclenchement a eu lieu, la fermeture instantanée de l'admission s'opère par l'action d'un contrepoids, suspendu au moyen d'une tige articulée au second bras du levier coudé que porte l'axe du distributeur. Ce contrepoids descend dans un cylindre, qui peut osciller autour d'un petit arbre qui se trouve placé en dessous de lui. Le cylindre ayant un fond plein, la chute du poids est amortie au moyen d'un coussin d'air, obtenu par le procédé que j'ai indiqué pour éviter le choc des soupapes équilibrées sur leurs sièges.

Le système de distribution que je viens de décrire est certainement beaucoup plus simple que les mécanismes plus ou moins compliqués qui ont été détaillés précédemment, mais il faut observer que le constructeur a obtenu cette simplicité en sacrifiant quelques-uns des avantages que présentent les autres systèmes et qui ne manquent pas d'importance.

Ainsi, dans la distribution Wheelock, les mêmes orifices placés aux extrémités du cylindre servent à l'admission et à l'échappement, ce qui présente l'inconvénient de provoquer un refroidissement de la vapeur active. Il résulte aussi de la position du secteur d'admission qu'il existe, entre cet organe et l'orifice par lequel la vapeur arrive derrière le piston, un espace nuisible assez important.

L'ouverture de l'admission se fait sous l'action directe de l'excentrique et, par suite, cette ouverture n'a lieu que progressi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement, tandis que, dans les distributions Corliss et Farcot, on a eu soin de placer les points d'attache des pièces qui commandent l'admission sur les plateaux oscillants, de manière que ces points aient à décrire des arcs tels que l'ouverture ait lieu immédiatement en grand.

Je signalerai deux particularités de la distribution Wheelock :

1° On peut enlever le levier qui relie les deux manivelles des secteurs d'échappement, et la machine marche alors à simple effet avec les secteurs d'avant.

2° Les secteurs ont une forme légèrement conique, de telle sorte que, pendant la marche, il se produit une espèce de rodage automatique, sous l'influence de la pression de la vapeur qui agit sur la grande base du tronc de cône; cette base, au lieu de porter un tourillon saillant, est alésée, et cet alésage reçoit l'axe de rotation fixé sur le petit plateau qui ferme la boîte dans laquelle se meut le secteur.

3° MACHINES À QUATRE TIROIRS PLANS.

On trouve aussi à l'Exposition universelle, dans les sections étrangères, quelques spécimens de machines à quatre distributeurs dont les organes sont des tiroirs plans. Je m'occuperai seulement de celle qui m'a paru la mieux étudiée et la mieux construite. Elle sort des ateliers de la société suivante.

Société de constructions des chemins de fer de l'État de Hongrie. Budapest — Machine de 80 chevaux.

Diamètre du cylindre, $0^{m},560$;
Course du piston, $1^{m},250$;
Nombre de tours par minute, 40;
Vitesse linéaire du piston, $1^{m},600$.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur, et la détente est variable par le régulateur, qui est du système Farcot à bielles et bras croisés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mécanisme de distribution est établi d'après le système breveté de MM. Zimmermann et Waldmann, dont voici la description.

Les tiroirs d'admission sont commandés par un excentrique calé sur l'arbre du volant, au moyen de deux tiges, réunies par un cadre de manière à ne former qu'une seule pièce. Ces tiroirs sont rattachés à d'autres tiges, dont la forme est tubulaire, au moyen de pièces particulières, qui leur permettent de s'appliquer sur les lumières d'admission, tout en suivant le mouvement des tiges tubulaires. Celles-ci traversent les boîtes à vapeur et en sortent par des presse-étoupes, placés aux extrémités et qui sont de diamètres différents. On a ainsi des pistons annulaires qui offrent à la pression de la vapeur une surface assez grande, non seulement pour vaincre le frottement des tiroirs, mais encore pour repousser vivement ces derniers et les tiges tubulaires du côté du régulateur, placé au milieu de l'espace qui sépare les deux boîtes à vapeur. Il est entendu que c'est de ce côté que se trouve la partie des tiges qui a le plus fort diamètre. On voit que par ce moyen on remplace l'action des ressorts par celle de la vapeur.

Les tiges tubulaires portent, aux extrémités de leurs parties les plus fortes, de petits taquets en acier et, aux extrémités opposées, de petits pistons qui, se mouvant dans des cylindres fixés sur les boîtes à vapeur, y compriment l'air, et servent ainsi de tampons pour amortir les chocs qui peuvent résulter du mouvement brusque des tiges sous l'action de la vapeur.

Les tiges tubulaires sont traversées dans toute leur longueur par celles qui sont en relation avec l'excentrique. Le cadre qui relie ces dernières donne passage à l'arbre vertical du régulateur; il porte deux leviers coudés, mobiles autour de deux points d'articulation. Vers le milieu des branches horizontales de ces leviers, sont fixés de petits taquets pareils à ceux qui se trouvent sur les tiges tubulaires et qui servent à pousser ceux-ci en enclenchant avec eux. Les branches inclinées des leviers sont embrassées par un second cadre portant deux entretoises desti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nées à buter contre ces branches au moment voulu, de manière à opérer le déclenchement. Ce dernier cadre est relié avec le manchon du régulateur par de petites tiges verticales, de telle sorte qu'il ne peut se mouvoir que de bas en haut. Le déclenchement a lieu plus ou moins tôt suivant la position que la vitesse de la machine fait prendre au manchon du régulateur et, par suite, au cadre qui en est solidaire.

Supposons que le piston se dirige de gauche à droite, l'excentrique fera mouvoir les tiges et le cadre qui les relie en sens contraire. En ce qui concerne les leviers coudés que porte ce cadre, voici ce qui se passera. La branche inclinée du levier de gauche ne touchant pas encore l'entretoise gauche de butée, le taquet de la branche horizontale enclenchera avec celui de la tige tubulaire correspondante, et celle-ci sera forcée de suivre le mouvement de l'autre tige en entraînant le tiroir, de sorte que celui-ci démasquera l'orifice d'admission. Le cadre des leviers continuant sa marche vers la droite, la branche inclinée du levier de gauche butera contre l'entretoise, et le déclenchement se produira. La tige tubulaire et son tiroir n'étant plus poussés, la vapeur pourra fonctionner comme ressort, et le tiroir reviendra brusquement à sa position primitive, en fermant l'orifice d'admission, et la détente aura lieu. C'est au même moment que le piston que porte l'extrémité de la tige tubulaire agira comme tampon.

La même opération se fait dans le sens inverse, par suite du mouvement alternatif que donne l'excentrique.

Les tiroirs d'échappement sont placés au-dessous du cylindre et sont mis en mouvement au moyen d'un arbre horizontal, que commande l'arbre de couche par l'intermédiaire de deux engrenages coniques. Cet arbre est muni de deux cames triangulaires, dont chacune agit sur deux butoirs qui font partie d'un châssis auquel se rattachent les tiges des tiroirs.

Les cames ont une forme telle que par leur rotation elles impriment aux tiroirs un mouvement alternatif présentant des périodes de repos dans les positions extrêmes, puis de marche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

accélérée. Les tiroirs étant d'ailleurs, ainsi que les orifices d'échappement, établis en forme de grilles, il s'ensuit que la sortie de la vapeur peut s'effectuer très rapidement, ce qui réduit l'effet de la contre-pression au minimum.

La séparation des organes d'admission et d'échappement permet de donner à l'excentrique une position telle, que l'admission da la vapeur peut avoir lieu jusqu'à 80 p. o/o de la course du piston.

4° MACHINES À DEUX SOUPAPES ÉQUILIBRÉES ET À DEUX TIROIRS PLANS.

Je citerai deux machines dans lesquelles l'admission se fait par des soupapes équilibrées, tandis que pour l'échappement on se sert de tiroirs plans.

L'une est exposée par MM. Socin et Wick, constructeurs à Bâle (Suisse), l'autre par M. Walschaerts, de Bruxelles.

Cette dernière machine est de la force de vingt-cinq chevaux. Le bâti est du type Corliss, et le régulateur du système Porter. La distribution de vapeur se fait au moyen de soupapes Sulzer pour l'admission et de tiroirs à grille pour l'échappement. Ces tiroirs sont placés sous le cylindre et se meuvent parallèlement à son axe. Ils sont commandés par une tringle qui est actionnée alternativement par deux leviers coudés, dont le bras supérieur, terminé par un galet mobile, s'abaisse lorsqu'il est rencontré par un appendice obtusangle, fixé au coulisseau qui relie la tige du piston à vapeur à la bielle.

En résumé, il faut reconnaître que les machines à quatre distributeurs sont aujourd'hui très en faveur, et les avantages qu'elles présentent sont les suivants :

1° Ouverture rapide et totale des orifices d'admission, puis fermeture instantanée des mêmes orifices au point correspondant au travail nécessaire pour vaincre les résistances opposées à la machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par ce moyen on laisse le piston en communication avec le générateur pendant toute la durée de l'admission par une ouverture complètement libre, et l'on supprime, au commencement et à la fin, tout laminage de vapeur occasionnant une perte assez notable de travail, surtout lorsque la vitesse linéaire du piston est considérable. Il est évident, en effet, que, dans les machines ordinaires, vers la fin de l'admission, la vapeur s'introduit dans le cylindre par un orifice dont la section, diminuant graduellement, devient tout à fait insuffisante par rapport à la vitesse du piston en ce moment. Si cette vitesse est grande, il s'ensuit que cette vapeur se détend derrière le piston avant d'avoir produit un effet utile.

2° Suppression presque complète des espaces nuisibles dus aux conduits de vapeur pratiqués dans l'épaisseur du cylindre. La facilité donnée à l'écoulement de l'eau entraînée et de la vapeur condensée, en plaçant les orifices d'échappement à la partie inférieure du cylindre, permet aussi de réduire l'espace réservé entre les fonds et le piston, quand ce dernier est à bout de course dans l'un ou l'autre sens.

Dans les machines ordinaires, pour ne pas perdre entièrement la vapeur détendue qui reste dans les conduits à chaque coup de piston, sans avoir produit aucun travail, on est obligé de comprimer cette vapeur pendant la dernière partie de la course, de manière qu'en se détendant, pendant la période suivante, elle puisse restituer une partie du travail dépensé pour la comprimer; mais il y a toujours une perte d'effet utile, qui vient s'ajouter à celle qui est due à l'emploi d'une certaine puissance pour opérer la compression.

3° Séparation des conduits d'admission et d'échappement.

Dans les machines à tiroir simple ou à tiroirs superposés pour produire la détente, l'admission et l'échappement ont lieu par le même conduit. Par suite du changement de position du tiroir, ce conduit met l'intérieur du cylindre en communication tantôt avec le générateur, tantôt avec le condenseur ou avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'atmosphère, si la machine n'est pas à condensation, c'est-à-dire tantôt avec une source de chaleur, tantôt, et l'instant d'après, avec une véritable source de froid. Les parois de ce conduit se trouvent ainsi successivement réchauffées et refroidies, et la vapeur, quand elle y entre pour se rendre dans le cylindre, abandonne nécessairement une partie de son calorique, ce qui donne lieu à une condensation et, finalement, à une perte de combustible.

4° Admission de la vapeur pendant la presque totalité de la course du piston (de 0 à 90 p. 0/0).

On peut ainsi obtenir de grandes variations de puissance, ce qui est utile dans certains cas particuliers.

5° Réduction notable dans le prix des machines et dans les frais d'installation.

La possibilité de réaliser sans inconvénient une grande vitesse linéaire du piston permet d'obtenir une augmentation considérable de puissance, en conservant la même course, le même diamètre et la même pression. Par suite, une puissance étant donnée pour une machine à établir, on peut faire une économie notable sur les frais de construction et d'installation.

6° Diminution des dimensions des générateurs.

L'utilisation de toute la vapeur dans des conditions favorables permet de réduire de 20 à 25 p. 0/0 la surface de chauffe nécessaire pour alimenter de vapeur une machine à condensation du type ordinaire.

5° MACHINES ORDINAIRES À TIROIRS PLANS.

Malgré la grande vogue des machines à un seul cylindre et à quatre distributeurs, on voit encore à l'Exposition, surtout dans la section française, un grand nombre de machines ordinaires à tiroirs plans, qui se rapprochent plus ou moins, soit du type Farcot, soit d'un autre type avec bâti Corliss, construit par la Compagnie de Fives-Lille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Farcot exposent une machine de 60 chevaux à laquelle ils ont appliqué les derniers perfectionnements apportés par eux au type bien connu qui porte leur nom.

Diamètre du cylindre, $0^m,650$;
Course du piston, $1^m,200$;
Nombre de tours par minute, 36;
Vitesse linéaire du piston, $1^m,440$.

Le cylindre est muni d'une enveloppe de vapeur, et le mécanisme de distribution est entièrement du type Farcot, y compris le régulateur à bielles et à bras croisés.

Les espaces morts sont réduits autant que possible, ils atteignent à peine la proportion de 4 p. o/o du volume engendré par le piston.

La machine de la Compagnie de Fives-Lille est de la force de 40 chevaux :

Diamètre du cylindre, $0^m,500$;
Course du piston, $1^m,000$;
Nombre de tours par minute, 40;
Vitesse linéaire du piston, $1^m,300$.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur, et la détente varie par le régulateur, qui est du système Porter.

A chaque extrémité et sur le côté du cylindre se trouve une boîte à vapeur contenant les organes de détente Farcot.

Par cette distribution on réduit autant que possible les volumes des conduits compris entre la glace des tiroirs et l'intérieur du cylindre.

Il est très important, mais aussi assez difficile d'obtenir que les deux cames de détente se comportent comme s'il n'y en avait qu'une seule. La disposition adoptée par les constructeurs paraît propre à atteindre ce but.

Les deux boîtes à vapeur communiquent entre elles par un tuyau sur lequel est placé le robinet de prise de vapeur.

Le chauffage de l'enveloppe du cylindre se fait avec de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur prise avant la soupape d'introduction dans les boîtes de distribution, et qui ne communique pas avec l'intérieur du cylindre.

Les orifices de distribution sont placés en contre-bas de l'axe du cylindre, de manière à faciliter l'écoulement des eaux de purge. Celles de l'enveloppe et des boîtes à tiroir sont expulsées par un purgeur automatique.

A la partie supérieure du cylindre et à ses extrémités sont placés deux petits tiroirs, qui permettent de réchauffer toutes les parties du cylindre, quand la machine est au repos, et de la mettre aisément en marche dans toutes les positions que peut occuper la manivelle en dehors des points morts.

Le cylindre à vapeur est relié au palier de l'arbre de couche par un bâti latéral dans lequel se meut le coulisseau qui relie la tige du piston à la bielle. Ce coulisseau a un coin de rattrapage de jeu, qu'on règle au moyen d'écrous.

La pompe à air est commandée par un balancier, qui reçoit son mouvement de deux bielles prenant leur articulation sur le corps de la bielle motrice, près de la tête du piston.

Les garnitures des presse-étoupes sont métalliques et du système Pile.

Je signalerai, dans la section belge, une machine horizontale de 20 chevaux, exposée par la Société des forges et fonderies de Gilly, et qui est munie d'un système de distribution tout à fait particulier.

Le mécanisme de ce système de distribution comprend deux tiroirs superposés. L'un d'eux distribue la vapeur alternativement sur l'une et l'autre face du piston; l'autre constitue l'organe proprement dit de détente. Comme dans le système Meyer, ce dernier tiroir se compose de deux registres jumeaux pouvant être à volonté rapprochés ou écartés l'un de l'autre, mais le filetage en sens inverse des deux parties de la tige de commande est remplacé par une disposition inventée par M. Robert.

Cet ingénieur emploie un cylindre hydraulique constituant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une sorte de cataracte, c'est-à-dire d'appareil utilisant un écoulement d'eau constant pour produire des actions intermittentes, au moyen d'un robinet ou d'une valve quelconque.

Dans le cas présent, le jeu de la cataracte s'impose aux parties mobiles du tiroir de détente. Pour cela, la tige qui commande celui-ci actionne à son extrémité deux petites pompes foulantes à simple effet, qui puisent de l'eau dans un réservoir placé tout à côté et la refoulent ensuite dans la cataracte.

Cette dernière se compose d'un cylindre vertical dans lequel se meut un piston, et qui est pourvu de deux tuyaux, l'un pour l'arrivée, l'autre pour l'évacuation du liquide refoulé par les pompes.

Le piston est relié par une tige à un panneau en fonte, présentant deux évidements en forme de coulisses rectilignes, mais à direction oblique et inverse l'une par rapport à l'autre ; dans chacune de ces coulisses vient glisser, à frottement doux, une saillie ou taquet venu de fonte avec chacun des registres mobiles du tiroir de détente.

Ce panneau peut lui-même glisser dans le cadre mobile que commande directement la tige de ce tiroir et prendre ainsi une position plus ou moins élevée, dépendant de celle que le piston de la cataracte, dont il est solidaire, prend sous l'action des pompes.

Il résulte de cette disposition que l'écartement minimum des registres de détente correspond à la position des taquets dans le haut des coulisses, tandis que leur plus grand écart coïncide avec leur situation dans la partie inférieure des mêmes coulisses.

Les deux positions extrêmes des registres de détente correspondent à celles du piston aux deux extrémités de la cataracte: l'une donnant l'admission de la vapeur à pleine pression dans le cylindre moteur, et l'autre, au contraire, fournissant le maximum de détente; quand le piston de la cataracte occupe des positions intermédiaires, la détente varie elle-même dans de semblables proportions.

Une vitesse de régime étant donnée, on s'arrange, en ouvrant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus ou moins un robinet régulateur placé sur le tuyau de décharge de la cataracte, pour établir l'égalité entre la quantité d'eau refoulée pour la vitesse indiquée et celle qui est évacuée.

Si la vitesse de la machine vient à descendre au-dessous de la vitesse de régime, le piston s'abaissera et avec lui le panneau à coulisses; les registres de détente se rapprocheront, et la détente diminuera jusqu'à ce que l'écart entre les deux vitesses ait disparu.

Si, au contraire, la machine s'emporte, le relèvement du piston, déterminé par la quantité d'eau plus grande qui se trouve refoulée dans la cataracte, entraînera celui des panneaux à coulisses; l'écartement des registres augmentera, et la durée de l'admission sera réduite jusqu'à ce que la machine ait repris sa marche normale.

C'est toujours la même eau, qui en retournant à la petite bâche d'alimentation, sert au fonctionnement du mécanisme de détente.

Parmi les machines exposées qui se rapprochent du type classique à un seul cylindre avec doubles glissières planes, je citerai :

1° La machine de 35 chevaux de M. Bréval, dont la détente est du système Farcot, mais variable par un régulateur ordinaire;

2° Les deux machines conjuguées de M. Lebrun, donnant ensemble une force nominale de 300 chevaux, et qui actionnent deux pompes placées sur le chemin de halage du quai de Billy pour le service hydraulique de l'Exposition. Les cylindres ont 700 millimètres de diamètre, et la course des pistons est de $1^{m},600$. La détente est variable à la main par le système Meyer;

3° La machine de MM. Olry et Granddemange, dont la puissance est de 60 chevaux. La détente est variable par le régulateur, qui est du système Demenge, et le mécanisme de distribution est disposé de manière à obtenir un mouvement de fermeture brusque au moyen d'un obturateur cylindrique. Cet obturateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est destiné à fermer un orifice qui débouche sur le dos du tiroir ordinaire, afin que l'introduction, au lieu de se faire pendant les $\frac{80}{100}$ de la course, comme le permet le tiroir, puisse varier, comme le travail à produire, de 0 à $\frac{80}{100}$.

Quant aux tiroirs plans disposés pour réduire autant que possible la longueur des conduits formant les espaces nuisibles en introduisant la vapeur par les extrémités du cylindre, ils sont appliqués aux machines de MM. Buffaud frères, Boyer et Duvergier.

Les deux premiers de ces constructeurs se servent de la détente Farcot, variable soit par un régulateur Buss, soit par le régulateur à bielles et à bras croisés.

La machine exposée par M. Duvergier est de la force de 80 chevaux.

Diamètre du cylindre, $0^{m},500$;
Course du piston, $1^{m},000$;
Nombre de tours par minute, 40;
Vitesse linéaire du piston, $1^{m},350$.

Le mécanisme de détente est du système Duvergier. La variabilité résulte du mouvement de la tige qui commande la tuile de détente dans une coulisse dont la position dépend de celle du régulateur.

Je terminerai cette étude sur les machines à vapeur à un seul cylindre, en signalant la tendance que les constructeurs ont à adopter la disposition du bâti Corliss.

Il n'y a pas dans ce fait une simple question de mode. En effet, la glissière unique avec coulisseau cylindrique, plan ou prismatique, offre sur les doubles glissières planes l'avantage de parer, au moins en grande partie, aux effets fâcheux résultant d'un jeu latéral ou d'un dénivellement de l'arbre de couche; mais le principal avantage du bâti Corliss, c'est de permettre la dilatation libre, grâce à la facilité qui est laissée au support du cylindre de prendre un mouvement dans le sens longitudinal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je ferai encore remarquer que, dans un grand nombre de machines horizontales, de types très divers, les condenseurs se trouvent placés sur le même plancher que les cylindres, et que la tige du piston de la pompe à air forme le prolongement de celle du piston à vapeur.

6° MACHINES À DEUX CYLINDRES.

Considérations générales. — L'amélioration la plus considérable qui, depuis le commencement de notre siècle, ait été apportée à la machine de Watt, est celle par laquelle Woolf a réalisé pratiquement une proposition faite en 1781 par un ingénieur anglais, Hornblower, et consistant à faire produire la détente de la vapeur sortant d'un cylindre dans un cylindre de plus grand diamètre.

On obtient ainsi, en réalisant d'une manière satisfaisante le principe de la détente, des machines beaucoup plus avantageuses que celles à un seul cylindre. Dans ces dernières, la puissance éprouve des variations sensibles depuis le commencement jusqu'à la fin de la course du piston, ce qui entraîne à donner aux organes de transmission des dimensions relativement fortes. Par l'emploi de deux cylindres dont les pistons fonctionnent simultanément sous l'influence de pressions différentes, l'irrégularité des efforts n'est pas complètement évitée, mais elle est beaucoup atténuée, et il est plus facile de produire sans inconvénient des détentes très prolongées, condition importante pour obtenir l'économie de combustible.

Cette économie est encore augmentée par ce fait que, les parois du petit cylindre n'étant jamais en communication avec le condenseur, une des causes de perte de vapeur que j'ai signalées au commencement de cette étude se trouve écartée.

D'après ce que je viens de dire, on comprend aisément comment, dans des machines de ce genre, on peut obtenir des résultats économiques avec des organes de distribution assez imparfaits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vapeur arrive du générateur dans le petit cylindre, et agit sur le piston dans les mêmes conditions que pour une machine dans laquelle ce cylindre existerait seul. La course du piston étant achevée, la vapeur, au lieu de s'échapper dans l'atmosphère ou au condenseur, se rend à la boîte de distribution du grand cylindre, et exerce alors à la fois sa puissance sur le piston qu'elle abandonne et sur le second piston qu'elle presse sur une plus grande surface. Les deux pistons, reliés au même mécanisme, accomplissent leur course simultanément, et toute la vapeur du petit cylindre passe dans le grand.

Si la vapeur a été admise à pleine pression pendant la course entière du petit piston, on dira qu'elle s'est détendue dans le rapport des volumes engendrés par les deux pistons, et ce rapport, qui est généralement de 1 à 4 ou 5, indiquera le degré de détente auquel la vapeur aura été employée. Au coup simple du piston qui suivra, le même effet se produira en sens inverse, et le volume de vapeur dont je viens de suivre la marche s'échappera du grand cylindre dans l'atmosphère ou au condenseur dans les conditions ordinaires.

Dans les machines à deux cylindres, les pistons peuvent marcher dans le même sens ou avoir une marche croisée. Pour le premier cas, qui est celui des machines à balancier, les passages de vapeur doivent être croisés, c'est-à-dire que la vapeur se rend du dessous du petit piston sur le dessus du grand, et réciproquement.

Dans le second cas, au contraire, les passages de vapeur sont directs, c'est-à-dire qu'en sortant du petit cylindre par l'une ou par l'autre de ses extrémités, la vapeur passe directement dans la partie correspondante du grand cylindre. Les deux tiges de piston agissent ensemble sur les manivelles, calées parallèlement, c'est-à-dire à 180 degrés l'une par rapport à l'autre, sur l'arbre de couche.

Les deux cylindres peuvent aussi être placés bout à bout, soit verticalement, soit horizontalement, et alors les deux pistons se trouvent sur la même tige.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il existe enfin un dernier système de machines à deux cylindres, pour lequel on peut adopter, à volonté, soit la disposition verticale, soit la disposition horizontale, et qui diffère du type ordinaire de Woolf en un point que je vais indiquer.

La vapeur qui vient de travailler dans le petit cylindre, au lieu de passer directement dans le grand, se rend dans une capacité intermédiaire, ce qui permet aux deux pistons d'agir séparément, et par suite leurs tiges peuvent actionner deux manivelles calées d'équerre, c'est-à-dire à 90 degrés l'une par rapport à l'autre, sur l'arbre de couche. Il en résulte une meilleure répartition de la force sur cet arbre, et des conditions plus avantageuses pour l'expansion de la vapeur dans le grand cylindre.

Je vais maintenant m'occuper des principales machines des différents types énumérés ci-dessus qui figurent dans les grandes galeries du Champ de Mars, aussi bien dans la section française que dans les sections étrangères.

Machines verticales à balancier. — Plusieurs contrées manufacturières de la France, notamment la Normandie et le Nord, ont généralement adopté les machines à balancier, malgré leur prix de revient plus élevé et les emplacements plus vastes qu'elles nécessitent. Cela s'explique par le grand nombre d'établissements qui ont besoin d'une grande régularité dans la marche de leur outillage.

Les filatures, les tissages mécaniques, les impressions sur étoffes, etc., sont précisément dans ce cas.

Trois constructeurs de Rouen, MM. Boudier, Powell et Windsoor, ont exposé chacun une machine à balancier. La première est de 30 chevaux; la seconde, de 140, et la troisième, de 100.

Une quatrième machine, dont la puissance est de 50 chevaux, fait partie de l'exposition de M. Boyer, de Lille.

Ces quatre machines sont analogues en ce qui concerne les données générales de construction, qui sont celles du type clas-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sique de Woolf, mais elles diffèrent entre elles par le système de détente variable par le régulateur qui leur est appliqué.

Les machines Powel et Boyer sont pourvues de la détente Correy, au moyen de laquelle on peut faire cesser l'admission de la vapeur à un moment quelconque de la course du petit piston correspondant à la position des boules du régulateur, et pouvant varier depuis la fermeture complète jusqu'aux $\frac{80}{100}$ de la course. L'ouverture des orifices d'admission se fait rapidement, et ils sont fermés instantanément.

Dans la machine Boudier, un seul déclic, se fermant à un instant variable de la course du petit piston, sous l'influence d'un régulateur Farcot, permet l'admission brusque de la vapeur. Ce déclic est actionné par une came à double mouvement.

M. Windsoor a appliqué à sa machine un régulateur de son invention, auquel il a donné le nom de *régulateur de détente*. Cet appareil constitue un moteur intermédiaire entre le pendule conique et le tiroir de détente, par son action sur un manchon à bosses. Il détermine très rapidement l'admission de vapeur nécessaire pour obtenir la marche régulière de la machine suivant les variations de la charge et, au besoin, il fait cesser totalement l'admission.

Le tiroir de détente a la forme d'un secteur cylindrique.

Machines horizontales avec manivelles calées à 180°. — Dans ces machines, par le renversement de la marche des pistons, on obtient des passages directs de la vapeur et, par suite, la suppression des longs canaux qui augmentent la proportion des espaces nuisibles.

La machine exposée par MM. Boudier frères n'est pas nouvelle; sa création remonte à 1857; mais elle ne fut appréciée par l'industrie qu'après l'Exposition universelle de 1867, et, depuis cette époque, elle a reçu successivement diverses améliorations.

La distribution n'a pas été modifiée; elle comporte toujours deux tiroirs placés au-dessus des cylindres, et disposés pour que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'introduction et l'échappement aient lieu le plus près possible des extrémités.

Les cylindres ne sont pas fondus avec leurs enveloppes, afin qu'on puisse employer des fontes de nature appropriée au service de chacune de ces pièces.

Chaque cylindre est emmanché, à frottement doux, dans son enveloppe, à laquelle il est réuni au moyen d'un joint au mastic de fonte fait à chaque extrémité.

Un seul déclic, d'une grande simplicité, manœuvrant sous l'influence d'un régulateur Porter, et se fermant à un instant variable de la course du petit piston, permet l'admission brusque de la vapeur. Ce déclic est actionné par une came à double mouvement.

Les glissières sont rapportées sur le bâti; cette disposition donne des facilités pour les réparations. L'arbre de couche est en deux pièces, ce qui est avantageux, en cas d'un léger dénivellement des paliers.

On a beaucoup remarqué, dans la section anglaise, la machine de MM. Galloway. Cette machine commande la majeure partie des transmissions de mouvement et des outillages de tout genre qui sont installés dans cette partie de l'Exposition.

Diamètre du petit cylindre, $0^{m},508$;
Diamètre du grand cylindre, $0^{m},863$;
Course commune des pistons, $0^{m},914$;
Nombre de tours par minute, 60;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},828$;
Puissance effective, 250 chevaux.

La détente est variable par le régulateur, qui, suivant la position qu'il occupe, peut provoquer, plus ou moins tôt, le déclenchement des pédales qui poussent les taquets des tiges commandant les tiroirs plans d'admission et de détente du petit cylindre.

La fermeture instantanée de l'admission, après le déclenchement, n'est pas produite par l'action de ressorts; on l'obtient au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen de pistons montés sur les tiges des tiroirs, et qui sont repoussés brusquement sous l'action de la pression de la vapeur existant dans la boîte de distribution. Ce mouvement brusque est amorti par des pistons à air, comme dans les machines Corliss. Les cylindres sont juxtaposés.

Les tiroirs d'admission et de détente sont placés aux extrémités des cylindres, et les espaces nuisibles se trouvent ainsi réduits autant que possible. L'introduction peut être poussée jusqu'aux $\frac{80}{100}$ de la course du petit piston.

La machine est munie d'un treuil, qui sert à échapper facilement les points morts pour la mise en route.

Machines à deux cylindres placés bout à bout. — Deux machines horizontales, à deux cylindres bout à bout, se voient dans la section suisse; elles sont toutes deux du type Sulzer.

La plus importante est celle qui sort des ateliers de MM. Sulzer frères, créateurs du type de distribution à quatre soupapes équilibrées qui porte leur nom.

La puissance nominale de cette machine est de 100 chevaux, et la détente est variable par le régulateur Porter.

Diamètre du cylindre à haute pression, $0^{m},300$;
Diamètre du cylindre à basse pression, $0^{m},600$;
Course commune aux deux pistons, $0^{m},900$;
Nombre de tours par minute, 70;
Vitesse linéaire des pistons, $2^{m},100$.

Les cylindres sont à enveloppe de vapeur. Le mécanisme de distribution est celui qui a été imaginé récemment par MM. Sulzer, et que j'ai décrit en parlant de la seconde des deux machines Sulzer exposées par MM. Satre et Averly, concessionnaires de l'exploitation du brevet pour la France.

La seconde machine a été construite par MM. Escher, Wiss et C^ie^, de Zurich.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La puissance nominale est de 60 chevaux, et la détente est variable par le régulateur Porter.

Diamètre du cylindre à haute pression, $0^m,250$;
Diamètre du cylindre à basse pression, $0^m;500$;
Course commune aux deux pistons, $0^m,600$;
Nombre de tours par minute, 80;
Vitesse linéaire des pistons, $1^m,600$.

Les cylindres sont à enveloppe de vapeur. Le mécanisme de distribution est tout à fait analogue à l'ancien type Sulzer, mais disposé de manière que les soupapes d'admission et d'échappement se trouvent juxtaposées sous les cylindres.

Dans les deux machines dont je viens de parler, la tige du piston se prolonge du côté opposé à la bielle motrice, et ce prolongement porte un coulisseau qui se meut sur une glissière simple et sur lequel est articulée une courte bielle, commandant une fourche verticale qui porte un balancier auquel sont articulées les tiges des pistons des pompes à air et alimentaire.

Je citerai encore la machine verticale à balancier et à cylindres superposés de MM. Alexander frères et la machine horizontale de MM. Portilla et White, qui se trouvent dans la section espagnole.

Machines compound. — *Considérations générales.* — C'est à l'Exposition universelle de 1878 que les machines système *compound* se présentent pour la première fois comme moteurs industriels; et l'on ne paraît pas bien d'accord sur la définition des machines qui doivent être ainsi qualifiées. Il y a cependant tout lieu de croire qu'à l'avenir on admettra que la machine *compound* ou «composée» est un type spécial de machines à deux cylindres de diamètres différents qui est caractérisé par ce fait, que l'échappement de la vapeur du petit cylindre a lieu, non pas directement dans le grand cylindre, mais dans un réservoir intermédiaire, qui joue, par rapport à ce dernier cylindre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le rôle que le générateur joue relativement au petit. Alors il n'y a plus de relation obligatoire, au point de vue de la distribution, entre les positions des manivelles correspondant à chacun des deux cylindres, et ces manivelles peuvent être calées à angle droit pour obtenir une vitesse et des efforts plus réguliers sur l'arbre moteur.

Le réservoir intermédiaire doit avoir une capacité suffisante pour que la pression y reste constante ; c'est ce qu'on obtient en lui donnant un volume égal à une fois et demie celui du petit cylindre.

Suivant que le volume de vapeur introduit dans le grand cylindre sera plus petit, le même ou plus grand que celui du petit cylindre, la pression de régime du réservoir intermédiaire sera supérieure, égale ou inférieure à celle de l'échappement de ce dernier cylindre. Au point de vue de l'utilisation de la vapeur, la marche la plus avantageuse est celle pour laquelle la pression existant dans le réservoir est égale à celle de cet échappement ; mais cela a l'inconvénient d'annuler l'effort sur le petit cylindre à la fin de la course ; aussi, ordinairement, on augmente un peu le taux de l'admission dans le grand cylindre, afin d'abaisser légèrement la pression dans le réservoir.

Quelques ingénieurs pensent que, conformément aux indications de la théorie, les machines à deux cylindres combinés pourront être construites de manière à fonctionner, non plus avec de la vapeur saturée, mais avec de la vapeur surchauffée à une température que les graisses peuvent encore supporter, c'est-à-dire de 220 à 250 degrés. On augmenterait ainsi la chute de chaleur et par suite la possibilité d'un rendement plus considérable, en même temps qu'on obtiendrait les avantages que les expérimentateurs de Mulhouse ont reconnus à ce mode d'emploi, au point de vue des condensations à l'intérieur des cylindres.

Machines compound horizontales. — Je signalerai quatre machines horizontales dont la construction est conforme à la définition que j'ai donnée ci-dessus pour le système *compound*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Trois de ces machines sont exposées dans la section française; elles ont été construites, la première par la société de construction des Batignolles, la deuxième par M. Claparède, et la troisième par MM. Weyher et Richemond.

La quatrième machine se trouve dans la section suédoise; elle sort des ateliers de M. Bolinder, à Stockholm. Elle est de la force de 50 chevaux, et la détente est variable à la main dans les deux cylindres, par le système Meyer.

Dans la machine Claparède le taux de l'admission est variable dans les deux cylindres. La distribution de vapeur se fait au moyen de soupapes équilibrées, qui permettent de rendre indépendants les uns des autres les orifices d'admission et d'échappement placés sur les fonds des cylindres, et dont le fonctionnement est commandé par des manchons à bosses. Le mouvement des manchons d'admission pour les deux cylindres est soumis à l'influence du régulateur.

Théoriquement, cette disposition est très bonne, mais elle entraîne une complication de mécanisme qui fait disparaître un des principaux avantages auxquels les machines *compound* doivent d'avoir été universellement adoptées dans la marine, surtout depuis les travaux de M. Dupuy de Lôme.

Les données principales de construction de la machine Claparède sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre, $0^{m},450$;
Diamètre du grand cylindre, $0^{m},900$;
Course des pistons, $1^{m},000$;
Nombre de tours par minute, 40 ;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},300$.

MM. Weyher et Richemond exposent un nouveau type de machine *compound* très soigneusement étudié. On peut, à volonté, l'établir sur un corps de chaudière, comme on le fait pour les machines demi-fixes à un seul cylindre, ou sur un massif en maçonnerie, le générateur étant placé à part, comme dans les machines fixes ordinaires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine me paraissant constituer un premier et très grand pas fait dans la voie de la vulgarisation du système *compound* pour les moteurs industriels, je crois devoir en donner une description assez détaillée.

Les deux manivelles sont calées à angle droit; elles ont la forme vilebrequin, et l'arbre de couche porte à ses extrémités deux poulies-volants.

L'admission de la vapeur se fait dans le petit cylindre par un mécanisme spécial de distribution, que je décrirai tout à l'heure, et qui est variable par le régulateur. En sortant du petit cylindre, la vapeur se rend dans un réservoir intermédiaire, d'où elle passe au grand cylindre pour achever de se détendre.

La distribution, pour le grand cylindre, est à détente fixe, mais réglée de manière que la prise dans le réservoir cesse un peu avant que le petit cylindre commence à y refouler la vapeur du coup de piston suivant, de sorte que chaque coup du grand piston reçoit intégralement le coup précédent du petit piston.

Les deux cylindres, la plus grande partie du réservoir intermédiaire et les fonds du grand cylindre sont réchauffés par la vapeur provenant directement de la chaudière. Cette vapeur est contenue dans des enveloppes, garanties elles-mêmes contre le refroidissement extérieur par une couche de matériaux mauvais conducteurs de la chaleur. Ces enveloppes sont disposées de manière que toute l'eau provenant de la vapeur condensée retourne directement à la chaudière.

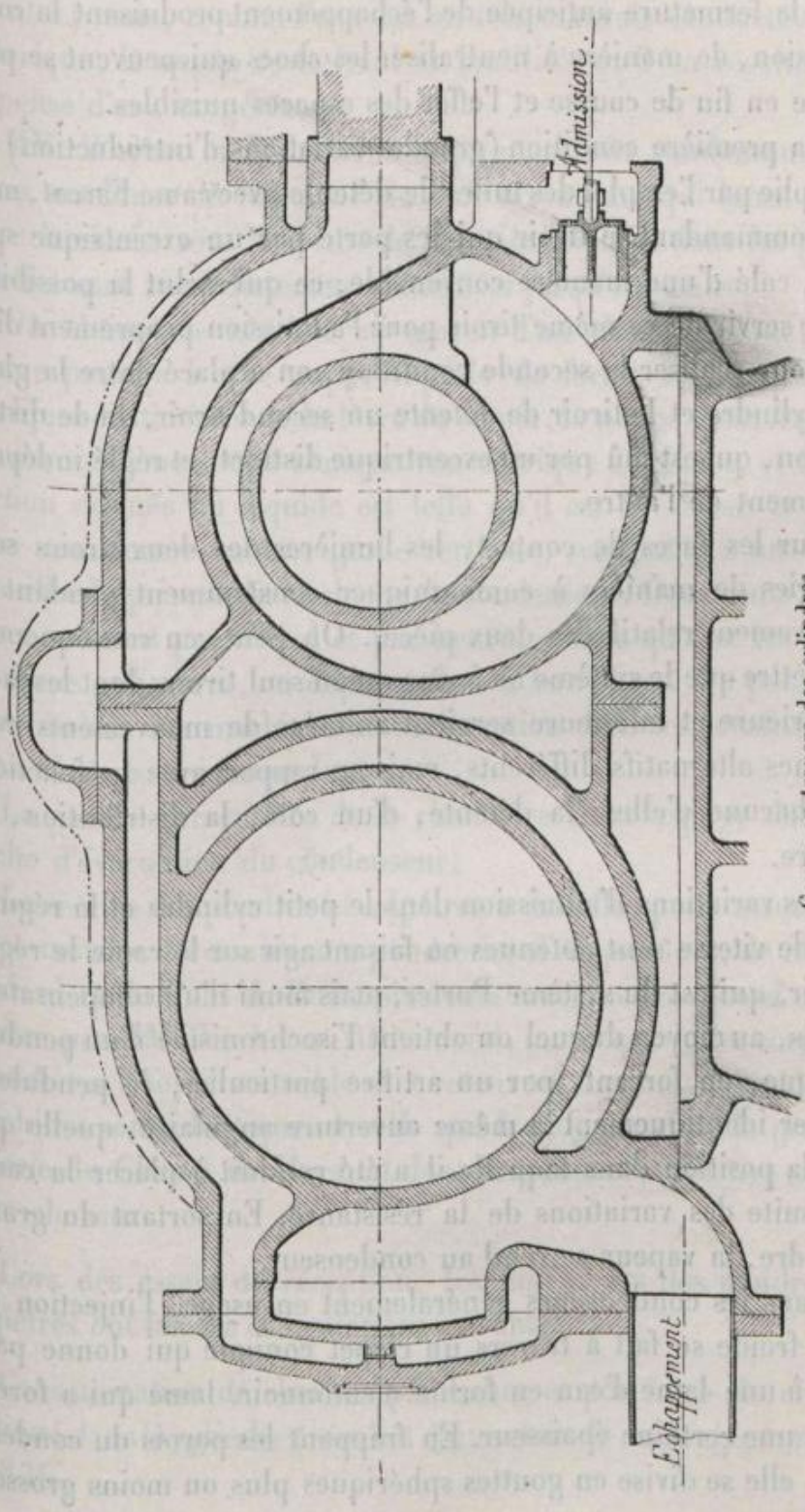
En chauffant le réservoir intermédiaire au moyen d'une enveloppe de vapeur, on a l'avantage de revaporiser une partie de l'eau de condensation qui sort du petit cylindre, et cela avant que la vapeur se rende dans le grand.

Le mécanisme de distribution pour le petit cylindre est établi de manière qu'on puisse :

1° Faire varier facilement l'introduction dans des limites très étendues;

2° Donner au tiroir proprement dit un réglage indépendant de celui de l'organe de détente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Coupe en travers des cylindres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut par ce moyen réaliser l'avance de l'admission ainsi que la fermeture anticipée de l'échappement produisant la compression, de manière à neutraliser les chocs qui peuvent se produire en fin de course et l'effet des espaces nuisibles.

La première condition (grandes variations d'introduction) est remplie par l'emploi des tuiles de détente avec came Farcot, mais en commandant le tiroir qui les porte par un excentrique spécial, calé d'une manière convenable, ce qui exclut la possibilité de se servir de ce même tiroir pour l'admission proprement dite.

Pour réaliser la seconde condition, on a placé entre la glace du cylindre et le tiroir de détente un second tiroir, dit de distribution, qui est mû par un excentrique distinct, et réglé indépendamment de l'autre.

Sur les faces de contact, les lumières des deux tiroirs sont élargies de manière à communiquer constamment pendant le mouvement relatif des deux pièces. On peut, en conséquence, admettre que le système ne forme qu'un seul tiroir, dont les faces supérieure et inférieure seraient animées de mouvements rectilignes alternatifs différents, mais en rapport avec les fonctions de chacune d'elles, la détente, d'un côté, la distribution, de l'autre.

Les variations d'admission dans le petit cylindre et la régularité de vitesse sont obtenues en faisant agir sur la came le régulateur, qui est du système Porter, mais muni d'un compensateur Denis, au moyen duquel on obtient l'isochronisme d'un pendule conique, en forçant, par un artifice particulier, le pendule à garder identiquement la même ouverture angulaire, quelle que soit la position dans laquelle il a été conduit à placer la came par suite des variations de la résistance. En sortant du grand cylindre, la vapeur se rend au condenseur.

Dans les condenseurs généralement en usage, l'injection de l'eau froide se fait à travers un clapet conique qui donne passage à une lame d'eau en forme d'entonnoir, lame qui a forcément une certaine épaisseur. En frappant les parois du condenseur, elle se divise en gouttes sphériques plus ou moins grosses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vapeur, en se condensant, échauffe les parties externes de ces gouttes ; mais, comme l'eau est un très mauvais conducteur du calorique, le noyau reste froid et inutilisé, et il en résulte une dépense d'eau exagérée.

MM. Weyher et Richemond appliquent aux condenseurs de leurs machines un injecteur de leur invention, qui lance l'eau dans la cloche sous la forme de poussière liquide dont les gouttelettes sont immédiatement échauffées jusqu'au centre.

On obtient ce résultat au moyen d'un clapet conique, qui donne passage à une nappe liquide de forme très évasée ; à quelques centimètres de la lèvre du clapet, la nappe vient frapper les parois d'une coupe conique concentrique au clapet, et la direction donnée au liquide est telle qu'il est brisé par le choc et se transforme en une gerbe verticale, semblable à un épais brouillard, qui remplit la cloche du condenseur. Deux cents litres d'eau suffisent par cheval et par heure, tandis qu'avec les condenseurs ordinaires, on dépense 300 à 400 litres. On peut par suite établir des machines à condensation dans les localités où l'eau n'est pas très abondante.

La pompe alimentaire de la chaudière vient aspirer dans la bâche d'évacuation du condenseur.

Le service des poudres et salpêtres a installé, pour assurer la force motrice nécessaire aux poudreries d'Angoulême, de Saint-Médard et du Pont-de-Buis, plusieurs machines *compound* construites par MM. Weyher et Richemond, montées sur des corps de chaudières à foyer amovible et à retour de flamme. Deux de ces machines sont identiques à celle qui fonctionne dans la grande galerie du Champ de Mars, et dont la puissance effective est de 100 chevaux.

Lors des essais de réception, les ingénieurs des poudres et salpêtres ont fait les constatations suivantes :

Consommation de charbon par heure et par force de cheval indiqué dans le cylindre (résultat d'une série de 20 diagrammes), $0^k,835$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Consommation par heure et par force de cheval effectif mesuré au frein de Prony sur l'arbre moteur, $0^{k},928$.

Rapport entre les deux chiffres précédents 0.90.

Poids de la vapeur dépensée par heure et par force de cheval effectif, $8^{k},927$.

Les principales données de construction du type de machine que je viens de signaler sont les suivantes :

Pression effective dans le petit cylindre, 7^{k} ;
Volume du petit cylindre, $57^{lit},160$;
Volume du grand cylindre, $144^{lit},640$;
Volume du réservoir intermédiaire, $60^{lit},500$;
Volume de l'espace mort du petit cylindre, $3^{lit},480$;
Volume de l'espace mort du grand cylindre, $4^{lit},710$;
Détente fixe du grand cylindre, 0,435 de la course ;
Diamètre du petit cylindre, $0^{m},360$;
Diamètre du grand cylindre, $0^{m},570$;
Course des deux pistons, $0^{m},570$;
Nombre de tours par minute, 80 ;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},520$;
Contre-pression moyenne derrière le grand piston ou vide dans le condenseur, $0^{m},100$ de mercure.

Machines compound verticales. — On construit aussi des machines *compound* dans lesquelles les cylindres et le réservoir intermédiaire sont placés verticalement, tandis que l'arbre moteur est près du sol, comme dans les machines horizontales ou à balancier. On a donné à ces moteurs le nom de machines-pilons.

J'ai remarqué deux machines de ce type, l'une dans la grande galerie du Champ de Mars, l'autre dans le pavillon spécial affecté aux produits des usines du Creusot.

La première sort des ateliers de la Société des constructions navales du Havre ; sa puissance est de 25 chevaux.

La seconde est de la force de 50 chevaux. Elle est pourvue

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un régulateur à bras croisés, et la détente est variable à la main par le système Meyer.

Les principales données de construction sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre, $0^m,320$;
Diamètre du grand cylindre, $0^m,540$;
Course des pistons, $0^m,650$;
Nombre de tours par minute, 60 à 80 ;
Vitesse linéaire des pistons, $1^m,300$ à $1^m,700$.

7° MACHINES DIVERSES.

Considérations générales. — On peut comprendre, sous ce titre de machines diverses, un assez grand nombre de moteurs à vapeur fixes, qui, par leur construction proprement dite et par leurs organes, diffèrent d'une manière à peu près absolue des types que j'ai étudiés ci-dessus.

La plupart de ces machines ne sont pas, à proprement parler, admises dans la pratique industrielle, mais quelques-unes d'entre elles, fondées sur des principes rationnels, peuvent cependant trouver leur application dans certains cas particuliers.

C'est donc à titre de simples renseignements que je vais donner quelques détails sur un petit nombre de types dont on voit des spécimens à l'Exposition universelle de 1878.

Machine genre compound à simple effet. — Cette machine est du système Demenge ; elle a été construite par la Compagnie de Fives-Lille.

Elle se compose de deux cylindres de diamètres différents, appliqués respectivement aux extrémités d'un corps cylindrique formant bâti, et fondu en conséquence avec la plaque de fondation par laquelle l'ensemble de la machine repose sur un socle en maçonnerie. Le milieu de ce bâti est traversé par l'arbre moteur.

Chaque cylindre fonctionne à simple effet, la vapeur n'agissant pour chaque piston que sur la face qui est extérieure par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapport à l'ensemble de la machine; les pistons sont assemblés directement par articulation avec les bielles, qui pénètrent librement dans les cylindres par leur extrémité intérieure, complètement ouverte, et qui transmettent le mouvement à l'arbre de couche par une manivelle-vilebrequin.

Chacun des deux cylindres est pourvu de ses canaux d'admission et d'échappement. La distribution se fait par des tiroirs plans, armés eux-mêmes de registres permettant d'opérer la détente dans les deux cylindres, indépendamment de celle qui a lieu naturellement par le passage de la vapeur du petit dans le grand.

Les tiroirs de distribution et les registres de détente sont reliés par leurs tiges à deux châssis en fonte, à l'intérieur desquels tournent des excentriques pleins fixés sur le prolongement de l'arbre moteur.

Le registre de détente du petit cylindre est pourvu d'un mécanisme Meyer, qui permet de faire varier la détente à la main.

La vapeur arrive du générateur dans la boîte de distribution du petit cylindre et vient agir sur le piston, qu'elle repousse de gauche à droite vers l'intérieur de la machine.

L'arbre moteur fait alors un demi-tour; quand le piston revient de droite à gauche, la vapeur, en vertu du jeu du tiroir, se rend dans un réservoir cylindrique dit réchauffeur.

Cet appareil est formé de deux tubes concentriques dans l'intervalle desquels séjourne de la vapeur venant de la chaudière; il est traversé par la vapeur sortant du petit cylindre, avant qu'elle se rende au grand, pour agir sur le piston de manière à le faire mouvoir de droite à gauche, ce qui fait achever à l'arbre moteur le tour commencé sous l'action du petit piston. Au retour du grand piston, cette vapeur s'échappe définitivement dans l'atmosphère ou au condenseur.

D'après ce qui précède, on voit que M. Demenge a cherché à créer une machine réunissant les avantages reconnus au système *compound*, mais différant absolument du type généralement adopté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le régulateur est disposé d'une façon toute spéciale; il se compose d'un plateau rapporté à vis sur le bout de l'arbre moteur, et muni d'oreilles recevant l'axe de rotation de deux leviers fondus avec des masses pesantes et engagés dans une mortaise pratiquée dans une tige cylindrique.

Cette tige pénètre par un bout dans la douille filetée qui relie le plateau à l'arbre moteur, et son autre extrémité est munie d'une pointe en acier butant sur une vis de même métal, qui fait partie d'un levier cintré et garni de crans pour recevoir, à des distances plus ou moins rapprochées du centre d'articulation, un contrepoids compensateur.

Le plateau, tournant avec l'arbre, entraîne les leviers, dont les masses pesantes s'éloignent ou se rapprochent du centre, suivant que la vitesse de rotation augmente ou diminue.

Il en résulte que la tige centrale, qui peut se déplacer horizontalement dans la douille du plateau et dans le moyeu de l'espèce de poulie formant l'enveloppe du régulateur, fait osciller le levier cintré et, par suite, actionne une tringle verticale qui lui est articulée et commande la soupape d'admission de la vapeur.

Le piston de la pompe à air, formé par un long cylindre creux, remplit en même temps les fonctions de piston de la pompe alimentaire, parce que sa partie gauche est d'un diamètre plus faible que l'alésage du corps de pompe. La pompe alimentaire a par conséquent un piston dont la surface agissante est représentée par la section annulaire résultant de la différence des deux diamètres.

La tige du piston de la pompe à air est dans le prolongement de la tige du piston à vapeur du grand cylindre. Cette machine est de la force de 40 chevaux, et les principales données de sa construction sont les suivantes:

Diamètre du grand cylindre, $0^m,500$;
Diamètre du petit cylindre, $0^m,275$;
Course des pistons, 0,250;
Rapport des volumes, 3.3;
Nombre de tours par minute, 180;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Longueur totale de la machine, y compris le condenseur, $3^{m},500$;

Largeur totale, comptée entre la tringle verticale du régulateur et le bord extérieur du patin du palier de l'arbre, $2^{m},900$.

Machine rotative, système Martin. — Ce moteur à entraînement circulaire direct a été construit par M. Fau. Il se compose de deux cylindres emboîtés l'un dans l'autre, mais excentrés. Le cylindre extérieur est creux et fixe; il constitue le corps ou l'enveloppe de la machine.

Le cylindre intérieur est plein et traversé par l'arbre d'entraînement; il fait l'office de piston rotatif, parce qu'il est muni de deux ailettes sur lesquelles s'exerce alternativement la pression de la vapeur, pour produire un mouvement circulaire. Les ailettes sont articulées de manière à pouvoir s'ouvrir davantage à mesure qu'elles s'usent. Quant à l'usure qui se produit aux extrémités du cylindre, elle est compensée par l'action même de la vapeur sur un plateau disposé dans un des fonds du cylindre creux.

Une valve reposant sur le contour extérieur du piston assure un contact hermétique et constant entre les surfaces frottantes des deux cylindres.

La machine exposée est de la force de 2 chevaux, et sa vitesse est de 750 tours par minute.

Machine à six cylindres, système West. — Cette machine est présentée dans la section française par M. Leblanc et dans la section anglaise par M. Plambeck.

Elle se compose d'une pièce principale en fonte, contenant six cylindres disposés parallèlement tout autour d'un arbre moteur, qui occupe le centre de l'ensemble, comme les chambres d'un revolver. Les pistons qui se meuvent dans ces cylindres sont longs, creux et très légers: ils sont munis de segments en bronze, n'ont aucune communication avec les autres organes de la machine et peuvent tourner librement, de sorte que l'usure est uniforme. Un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des bouts est formé d'un cône tronqué en bronze phosphoreux, avec lequel chaque piston presse successivement contre la périphérie d'un plateau conique, sous l'influence de la vapeur, qui agit seulement contre le bout opposé, qui est plat.

La vapeur est distribuée successivement aux six cylindres. Trois pistons, étant généralement en action à des points différents de la course, communiquent un mouvement de rotation très uniforme au plateau conique, qui est monté à genouillère à son centre. Ce plateau roule en même temps sur la surface conique du fond postérieur de la boîte à vapeur. Cette surface présente une inclinaison égale à celle du plateau. Comme elle est tournée et assez large, le frottement de roulement des deux pièces l'une sur l'autre est très doux, et l'articulation à genou n'a pas d'effort considérable à supporter. Le tourillon du plateau est solidement fixé au centre, et par suite du mouvement de roulement, il décrit un cercle autour de l'arbre moteur, qu'il met en marche par l'intermédiaire d'une petite manivelle.

L'arbre moteur, passant par le centre de la boîte à vapeur, porte un excentrique qui actionne un distributeur circulaire.

Les orifices ou entrées de vapeur sont simplement des ouvertures ménagées dans la cloison qui ferme le bout des cylindres.

Le distributeur est composé d'un anneau double, dont les rebords opposés sont écartés par la pression de la vapeur. Il ne doit permettre aucune fuite entre la cloison percée d'orifices et le couvercle de la boîte à vapeur. Il est disposé pour être toujours en équilibre, et n'est pas fixé à l'excentrique : il peut, au contraire, tourner librement, de telle sorte que le mouvement produit n'est pas un simple mouvement de rotation, qui causerait des frottements et de l'usure.

Chaque point tourne dans un cercle de 25 millimètres de diamètre; par suite les surfaces en contact se polissent comme des miroirs ; les frottements sont aussi réduits que possible, tandis que l'usure est parfaitement uniforme, et les fuites de vapeur sont de mieux en mieux évitées

Lorsque la vapeur arrive dans la machine, elle remplit l'espace

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

annulaire qui se trouve en dehors du distributeur, dont le mouvement excentrique ouvre et ferme alternativement toutes les entrées de vapeur, en amenant le fluide successivement à tous les cylindres.

L'échappement a lieu par les mêmes orifices dans la chambre qui est formée par l'intérieur du distributeur et la cloison des orifices, chambre qui est en communication avec le tuyau d'échappement.

Le graissage se fait par la vapeur chargée d'huile, au moyen d'un appareil graisseur placé sur le tuyau de prise de vapeur.

La machine de M. Leblanc est de la force de 20 chevaux. Sa vitesse est de 300 tours; elle est munie d'un régulateur du système Buss, qui agit sur la soupape d'admission par l'intermédiaire de deux tiges verticales attachées au manchon.

Machine à deux cylindres concentriques. — Cette machine a été construite par MM. Flaud et Cohendet. Elle est du système Brotherhood et à simple effet; elle se compose de deux cylindres, dont l'un, intérieur, reçoit de la vapeur à haute pression, qui se détend dans un second cylindre enveloppant le premier.

Dans le petit cylindre se meut un piston formant fourreau et relié par une bielle à un coude de l'arbre moteur.

Le piston annulaire du grand cylindre forme également fourreau; il est muni de deux bielles qui le relient à deux autres coudes de l'arbre, placés symétriquement par rapport au premier et dirigés en sens inverse de celui-ci.

A la partie supérieure des cylindres, est placée une boîte à vapeur, dans laquelle se meuvent deux tiroirs plans et à coquilles, actionnés par un arbre qui est lui-même commandé par un excentrique. Un régulateur du système *Cosinus* sert à régler l'introduction de la vapeur.

MM. Flaud et Cohendet se proposent d'appliquer dorénavant à la machine dont je viens de parler un organe de distribution analogue à ceux employés dans les machines Corliss, avec régu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lateur circulaire semblable à celui que M. Brotherhood a adopté pour ses machines à trois cylindres. Les lumières sont disposées de manière que la vapeur, en sortant du cylindre à haute pression, entre dans le grand cylindre, où elle agit par compression en se détendant.

Les deux pistons se meuvent en sens contraire, de sorte que les parties mobiles sont partout équilibrées et que, les cylindres étant à simple effet, l'effort sur les bielles a toujours lieu dans une même direction.

La vapeur se rend, par des conduits très courts, du petit cylindre dans le cylindre extérieur, d'où elle s'échappe dans la capacité où se meut l'arbre à trois manivelles, pour passer de là au condenseur ou à l'air libre.

Dans le cylindre à basse pression la vapeur sert d'enveloppe au cylindre intérieur. La vapeur d'échappement remplit les espaces qui se trouvent sous les pistons, et maintient ainsi une température assez élevée sur toutes les surfaces des cylindres.

Les pièces du mécanisme sont toutes enfermées dans une enveloppe en fonte recouverte de bois, et se trouvent ainsi à l'abri de la poussière, des chocs et des accidents.

La force nominale de cette machine est de 50 chevaux, et ses principales données de construction sont les suivantes :

Diamètre du grand cylindre, $0^m,500$;
Diamètre du petit cylindre, 0^m250;
Course des pistons, $0^m,250$;
Nombre de tours par minute, 500;
Vitesse linéaire des pistons, $4^m,15$.

Ce moteur, comme celui à trois cylindres, créé également par M. Brotherhood, peut être utilisé pour certaines applications spéciales, telles que pompes centrifuges, ventilateurs, machines magnéto-électriques, scies circulaires, etc., qui doivent fonctionner à de grandes vitesses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCLUSIONS.

Il me reste à tirer de l'étude qui précède, concernant les machines à vapeur fixes de tout genre, les conclusions qui peuvent intéresser l'administration de la guerre pour le cas où les besoins du service nécessiteraient l'installation, dans certains établissements militaires, de machines fixes nouvelles, d'une puissance supérieure à 25 chevaux, par exemple.

En fixant cette limite inférieure, j'ai pour but d'indiquer que, pour les petites et moyennes forces, il sera toujours préférable d'adopter un type de machine demi-fixe ou locomobile. Ces machines ont été tellement perfectionnées, qu'aujourd'hui, à la facilité d'installation et de conduite elles joignent l'avantage d'une faible consommation de combustible.

N'ayant pas eu sous ma direction des machines à quatre distributeurs, je ne crois pas pouvoir me prononcer nettement sur la question de supériorité de l'un ou de l'autre des deux systèmes, soupapes équilibrées ou secteurs cylindriques, mais, en me basant sur l'étude attentive que j'ai faite des machines exposées, je puis dire que, si j'avais à acheter une machine à soupapes équilibrées, je donnerais la préférence à l'ancien type Sulzer, dont MM. Satre et Averly, de Lyon, et Quillacq, d'Anzin, exposent chacun un spécimen de la force de 50 chevaux.

Si, au contraire, il s'agissait de l'achat d'une machine à secteurs cylindriques, je choisirais le type Corliss perfectionné par MM. Farcot, tel qu'il est établi à l'usine de Saint-Maur.

Quant aux moteurs qui offriraient les meilleures garanties d'un bon service dans les établissements militaires, après avoir examiné avec le plus grand soin les différents mécanismes de distribution en usage pour les machines à quatre distributeurs, je me suis bien convaincu que ces mécanismes sont très délicats et qu'ils ne peuvent être confiés qu'à des mécaniciens très soigneux et expérimentés. Aussi, je suis d'avis que l'emploi des machines ordinaires du type Farcot le plus perfectionné, à grande détente, malgré une légère différence en plus dans la consom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mation de vapeur, serait préférable, à cause de la simplicité des organes, qui rend la conduite facile et diminue les occasions de réparations.

Du reste, selon moi, l'avenir appartient aux machines du système *compound*, qui paraissent pour la première fois à l'Exposition internationale universelle de 1878.

Les spécimens de ces machines sont encore peu nombreux, et imparfaits dans certaines parties de leur construction, mais l'attention des ingénieurs et des constructeurs est éveillée, et il n'est pas douteux qu'ils vont faire tous leur efforts pour arriver à réaliser un type réunissant les conditions et avantages que je vais résumer ci-dessous :

1° Bon marché au point de vue de l'achat et de l'installation;

2° Économie de vapeur et, par suite, de combustible;

3° Simplicité dans les organes de distribution.

Dans l'état actuel de la question, je considère le type exposé par MM. Weyher et Richemond comme étant celui qui réalise le mieux les conditions que je viens d'énoncer.

§ 2. — MACHINES À VAPEUR DEMI-FIXES ET LOCOMOBILES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les machines demi-fixes ne diffèrent des locomobiles que par ce fait que, au lieu d'être portées sur un train avec roues permettant de les transporter à volonté d'un point à un autre, elles sont établies sur des socles en fonte ou sur tout autre mode de support n'exigeant que des fondations sans importance.

Pour les locomobiles, les chaudières sont presque exclusivement horizontales, mais, pour les demi-fixes, il existe divers types à chaudières verticales. Ces dernières ont l'avantage d'occuper une place relativement très restreinte, mais elles ont en revanche l'inconvénient de consommer beaucoup de charbon, parce que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la flamme se rend trop directement à la cheminée, de telle sorte que son contact avec la surface de chauffe n'est pas assez prolongé. Ordinairement cette surface ne se compose que de celle du foyer et de deux ou trois gros tubes bouilleurs placés en travers de l'échappement des gaz chauds.

Les chaudières horizontales sont de beaucoup préfé ables aux chaudières verticales les plus généralement employées, parce que la flamme, après avoir échauffé les parois du foyer, est obligée de cheminer ensuite horizontalement à travers des tubes assez nombreux et assez longs pour assurer l'utilisation plus complète du calorique. On obtient aussi dans ces chaudières un mélange plus intime de l'air avec les produits de la combustion.

L'emploi de la chaudière du système Thomas et Laurens, à foyer tubulaire avec retour de flamme, réalise aussi complètement que possible les deux conditions indiquées ci-dessus.

En général, dans les chaudières tubulaires, il faut éviter de se servir de tubes de trop petit diamètre, qui s'obstruent par la suie et dans lesquels la flamme s'éteint. Une assez grande surface de grille est aussi nécessaire pour pouvoir brûler facilement des combustibles de toute nature et ne pas être obligé de trop forcer l'activité du feu. Il est essentiel en outre de ménager beaucoup de facilités pour le nettoyage, le remplissage et la vidange de la chaudière, ainsi que pour le nettoyage intérieur et extérieur des tubes.

Pour les petites et les moyennes forces, les locomobiles et demi-fixes marchent sans condensation. La vapeur d'échappement est utilisée pour augmenter l'énergie du tirage; elle est pour cela projetée dans la cheminée, après avoir servi à chauffer l'eau d'alimentation.

On dispose à cet effet des réchauffeurs tubulaires spéciaux ou, mieux encore, une portion du bâti même de la machine; une partie seulement de la vapeur d'échappement est condensée, et ce qui reste conserve encore assez de pression pour servir à activer le tirage.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je compléterai les considérations générales qui précèdent en donnant quelques détails sur un certain nombre de machines demi-fixes et locomobiles, qui figurent dans les annexes de la classe 54 et de la classe 51.

1° MACHINES DEMI-FIXES À CHAUDIÈRES VERTICALES.

Chaligny et Guyot-Sionnest (ancienne maison Calla), à Paris-Chapelle. — Dans le type de ces constructeurs, le générateur est complètement indépendant du mécanisme ; il repose sur un socle en fonte, qui sert de cendrier et de bâche à eau. Des tubes plongeants descendent dans le foyer et produisent une puissante vaporisation. La surface de grille a de grandes dimensions.

Sur le socle en fonte sont fixés deux bâtis ou chaises en A, sur lesquels se trouvent attachés le cylindre, la glissière, la pompe alimentaire et l'arbre moteur portant sa manivelle, deux excentriques, l'un pour la distribution, l'autre pour l'alimentation, et une poulie-volant.

Buffaud frères, à Lyon. — Les machines de cette maison de construction se distinguent par le type de chaudière qui leur est appliqué, type connu sous le nom de chaudière Field, comprenant des tubes spéciaux à circulation très rapide ; elles sont aussi toutes munies du régulateur système Buss.

Rikkers, à Saint-Denis (Seine). — La machine n'a aucun contact avec le générateur, mais elle est placée sur le même bâti-socle. Le piston à vapeur est muni de deux tiges actionnant un coulisseau qui se meut entre deux glissières verticales, et fait l'office d'une glissière double, dans laquelle va et vient un autre petit coulisseau, auquel est fixé le bouton du plateau-manivelle de l'arbre moteur. La bielle se trouve ainsi supprimée avec toutes les pièces articulées qui en dépendent, et par suite les frottements du mécanisme sont réduits dans une certaine proportion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La poulie-volant, calée sur l'arbre moteur, se trouve placée vers le bas de la machine, ce qui assure à l'ensemble une grande stabilité. La chaudière est à tubes en U.

Aubert, à Paris. — La machine proprement dite n'offre aucune disposition particulière.

La chaudière est traversée par un faisceau tubulaire spécial, disposé verticalement et dont on peut facilement démonter les tubes, qui sont du système Berendorf. On a ainsi de grandes facilités pour le nettoyage et une surface de chauffe de $1^{mq},30$ par force de cheval. Le réservoir de vapeur est considérable, ce qui sert à éviter les entraînements d'eau dans le cylindre. Malgré cela, la hauteur de l'eau au-dessus du foyer est encore trois fois plus grande que dans les chaudières verticales ordinaires.

Chaudré, à Paris-Vaugirard. — Le cylindre de la machine est horizontal et tout à fait indépendant du générateur, qui est du type à bouilleurs croisés. L'arbre moteur se trouve très près du sol et reçoit le mouvement par un plateau-manivelle; il porte une poulie-volant.

2° MACHINES DEMI-FIXES ET LOCOMOBILES À CHAUDIÈRES HORIZONTALES ET À FLAMME DIRECTE.

Chaligny et Guyot-Sionnest, à Paris-Chapelle. — Ces constructeurs ont succédé à M. Calla, et ils exposent des machines demi-fixes et locomobiles qui sont précisément du type créé par leur prédécesseur, et dont une longue expérience a fait constater les bonnes qualités de construction.

Le générateur tubulaire est à foyer carré et à tubes en laiton. Aux différents appareils de sûreté prescrits par les règlements on a ajouté un système de tampon fusible, qui doit avoir pour effet d'éteindre le feu, aussitôt que, par une cause quelconque, le niveau de l'eau s'abaisse au-dessous d'une certaine limite. Le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tampon, cessant alors d'être recouvert d'eau, est fondu et livre passage à la vapeur.

Comme variété du type Calla, MM. Chaligny et Guyot-Sionnest ont construit une machine demi-fixe de 15 chevaux, à deux cylindres de diamètres différents placés bout à bout (système Woolf); elle est à détente variable dans le petit cylindre.

Cail et C^ie^, à Paris-Grenelle. — La machine demi-fixe que ces constructeurs exposent dans la grande galerie des machines du Champ de Mars est de la force de 24 chevaux; elle est à deux cylindres de même diamètre, avec manivelles calées à angle droit. Les principales données de construction sont les suivantes :

Diamètre des cylindres, $0^{m},210$;
Course des pistons, $0^{m},420$;
Nombre de tours par minute, 110;
Vitesse linéaire des pistons, $1^{m},500$;
Surface de chauffe totale, 42^{mq}.

La détente est variable par le système Meyer; la machine est disposée pour marcher, à volonté, avec ou sans condensation. Le générateur est à foyer rond.

Le système de condensation est celui qui est appliqué à toutes les machines servant de moteur dans les ateliers de la maison Cail et C^ie^. C'est un système pour lequel ces constructeurs sont brevetés, et dont voici une description succincte.

La vapeur d'échappement arrive dans des tuyaux condenseurs, sur lesquels on laisse couler de l'eau froide. Ces tuyaux, exposés en plein air, se refroidissent promptement par l'évaporation d'une certaine portion de l'eau qui les baigne, ce qui assure à l'intérieur la condensation de la vapeur provenant de la machine après avoir produit son travail; une petite pompe à air entretient le vide en aspirant l'eau condensée qui servira à alimenter la chaudière. Cette pompe est placée sur le sol et reçoit son mouvement de la machine elle-même, par l'intermédiaire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une courroie passant sur une petite poulie calée à côté de l'un des volants. Sur le même bâti se trouvent une pompe à eau pour l'arrosage des tubes condenseurs et la pompe alimentaire, avec clapets d'aspiration à mouvement mécanique, prenant l'eau distillée dans la bâche de la pompe à air pour la refouler ensuite dans la chaudière.

C'est toujours la même eau qui sert pour le refroidissement des tubes, sauf la compensation des pertes dues à l'évaporation.

Par l'ensemble de ces dispositions constituant un condenseur par surface, on arrive :

1° A réduire autant que possible la quantité d'eau nécessaire à la condensation et à l'alimentation;

2° A alimenter la chaudière avec de l'eau exempte de matières incrustantes;

3° A provoquer les dépôts de l'eau ordinaire qu'on emploie pour refroidir les tubes condenseurs sur des surfaces très faciles à nettoyer, ce qui permet de puiser dans cette eau déjà épurée pour compenser les pertes de vapeur dues aux fuites, et d'où résulte un certain déficit dans l'eau distillée provenant de la condensation de la vapeur d'échappement et qui doit servir à l'alimentation de la chaudière.

Il faut cependant observer que l'appareil de condensation dont il s'agit exige des dépenses assez considérables pour son installation, et que, par suite, il n'est guère applicable qu'à des machines demi-fixes qui ne doivent jamais être déplacées.

Un grand nombre d'autres machines demi-fixes ou locomobiles, soit à chaudières verticales, soit à chaudières tubulaires et horizontales à flamme directe, figurent au Champ de Mars, surtout dans la classe 51, mais elles présentent entre elles les plus grandes analogies, au point de vue de la disposition des mécanismes. C'est surtout aux soins apportés à la construction proprement dite qu'il serait important de s'attacher, dans le cas où l'on aurait un choix à faire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° MACHINES DEMI-FIXES ET LOCOMOBILES À CHAUDIÈRES HORIZONTALES ET À RETOUR DE FLAMME.

Ces machines sont en beaucoup plus petit nombre que les précédentes, et presque toutes ont, comme générateur de vapeur, une chaudière à foyer tubulaire, amovible et à dilatation libre, dont les dispositions sont identiques à celles du type créé par MM. Thomas, Laurens et Pérignon.

Je vais donner quelques détails sur le type de machine de ce genre qui m'a paru le mieux étudié et le mieux construit.

Weyher et Richemond, à Paris-Pantin. — Ces constructeurs ont exposé une série de machines demi-fixes et locomobiles depuis la force de 3 chevaux jusqu'à celle de 25 chevaux.

Le modèle de 20 chevaux est représenté en double, avec ou sans condensation ; je signalerai aussi deux machines du système *compound* dont la puissance est de 100 chevaux, et qui sont disposées comme des demi-fixes à détente variable et à condensation.

La chaudière se compose de deux parties : le vaporisateur et la calandre.

Le vaporisateur comprend : le foyer intérieur, la chambre de combustion et le faisceau de tubes compris entre les deux plaques tubulaires.

La calandre n'est autre chose qu'un grand cylindre qui porte le bâti proprement dit de la machine.

Ces deux parties sont réunies par un joint unique, de telle sorte que le vaporisateur peut se dilater librement à l'arrière. Le foyer étant intérieur, on profite d'abord de toute la chaleur rayonnante de la grille. Les gaz et les parcelles de combustible non brûlé se répandent ensuite dans la grande chambre de combustion, et sont obligés de rebrousser chemin quand ils en rencontrent les parois ; ils se mélangent alors et sont brûlés par l'air chaud.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La combustion étant complètement terminée, les gaz éteints sont appelés par le tirage de la cheminée et traversent les tubes, où ils perdent par le contact, et cela au profit de la vaporisation, la haute température à laquelle ils avaient été portés par la combustion.

Quand on veut débarrasser la chaudière des dépôts calcaires qui ont pu s'y former, il suffit de défaire les boulons du joint unique et de sortir le vaporisateur. Toutes les parties susceptibles d'incrustation sont mises à découvert; leur nettoyage est facile, et le remontage se fait aisément et rapidement.

Les plaques tubulaires ne recevant pas le coup de feu direct, il s'ensuit que les bouts des tubes sont bien ménagés.

Les tôles employées dans la confection des chaudières proviennent toutes, sans exception, des usines du Creusot, et sont de la meilleure qualité.

Le bâti porte tous les organes de la machine, de manière qu'il ne peut pas se produire de déformation lors de l'échauffement de la chaudière.

Le cylindre est à enveloppe de vapeur. La vapeur d'échappement traverse des tubes placés dans le réservoir réchauffeur qui est ménagé dans le bâti, et chauffe ainsi l'eau d'alimentation au moins jusqu'à 60 degrés.

La pompe alimentaire est à courant continu; on évite ainsi toutes les causes de désamorçage qui résulteraient du chauffage de l'eau avant l'aspiration ou de l'échauffement de la pompe pendant que l'alimentation est suspendue.

Le régulateur est du système Porter à masse centrale; il est muni de l'appareil compensateur imaginé par M. Denis.

Je dirai seulement quelques mots de la machine demi-fixe exposée par MM. Farcot. Sa puissance est de 10 chevaux; ses formes extérieures diffèrent beaucoup de celles des types qui sont le plus en usage. Cela tient surtout à la disposition de la chaudière, qui est tout à fait spéciale à ces constructeurs; seulement le foyer est bien à faisceau tubulaire amovible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONCLUSIONS.

L'étude que j'ai faite des divers types de machines demi-fixes et locomobiles qui figurent à l'Exposition universelle de 1878 n'a fait que me confirmer dans l'opinion que j'ai déjà eu l'occasion d'émettre dans plusieurs de mes rapports, et qui se résume comme il suit :

Les perfectionnements apportés à la construction de ce genre de moteurs ont amené une si grande diminution de la consommation de combustible, que, pour les petites et les moyennes forces, jusqu'à 25 chevaux par exemple, l'Administration aura tout intérêt à les adopter de préférence aux machines fixes.

Quant au type à choisir, je suis d'avis :

1° Qu'on doit exclure les machines à chaudières verticales pour toute puissance dépassant six chevaux, à moins qu'on ne soit contraint de s'en servir par suite du manque d'espace.

Dans ce cas, je conseillerais l'emploi des machines de MM. Buffaud frères, de Lyon, ou de M. Aubert, de Paris, dont la construction est très soignée et qui sont munies d'un bon système de chaudière. MM. Buffaud frères emploient des chaudières Field, construites par MM. Imbert frères, de Saint-Chamond.

2° Que les machines munies d'une chaudière à foyer tubulaire amovible avec retour de flamme doivent être préférées à celles dont les chaudières tubulaires sont à flamme directe.

Lors même qu'on arriverait à pouvoir nettoyer facilement ces dernières et que leur consommation de combustible ne serait pas plus considérable (ce qui, selon moi, n'est pas réalisable), la chaudière à foyer amovible présenterait encore un avantage important sur la chaudière tubulaire à foyer fixe, par ce fait que l'industriel qui l'emploie pourra se mettre à l'abri des chômages occasionnés par les nettoyages et les réparations, en faisant l'acquisition d'un vaporisateur de rechange.

J'ajouterai que le type de machine *compound* que MM. Weyher

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et Richemond ont créé tout récemment, ou tout autre moteur analogue, me paraît appelé à être choisi de préférence à une machine fixe de même force.

Les avantages que le type en question présente sont nombreux et importants :

L'installation peut être faite très rapidement et à peu de frais. Le prix d'achat est relativement très bas; l'espace occupé est très restreint. La machine et sa chaudière se trouvent sur le même plancher et, par suite, sous la surveillance immédiate du mécanicien conducteur.

Quant à l'économie de combustible, elle est aussi grande que dans les machines fixes les plus perfectionnées. On peut à ce sujet se reporter aux chiffres que j'ai donnés en décrivant la machine fixe du système *compound* exposée par MM. Weyher et Richemond.

Du reste, à l'appui de ce que je viens d'énoncer, je puis citer ce fait qu'un certain nombre de machines *compound* de 30, 50 et 100 chevaux, ont été fournies par MM. Weyher et Richemond au service des poudres et salpêtres, ainsi qu'au service de l'artillerie. Ces machines sont toutes montées sur leurs chaudières.

Si l'on veut comparer les trois types de machines demi-fixes et locomobiles étudiées ci-dessus, au point de vue de la consommation de combustible par force de cheval et par heure, on sera bien près de la réalité en disant :

Si le chiffre 5 représente la consommation pour une machine à chaudière verticale ordinaire, celle d'une machine pourvue d'une chaudière horizontale et tubulaire à flamme directe sera représentée par le chiffre 4, et celle d'une machine avec chaudière horizontale et tubulaire à retour de flamme par le chiffre 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 3. — MOTEURS FONCTIONNANT PAR L'EXPANSION DU GAZ AUTRES QUE LA VAPEUR D'EAU.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

La chaleur est le principe de toute force motrice; mais ses effets mécaniques peuvent se manifester par tout autre agent que l'eau se transformant en vapeur. Son action, par exemple, peut aussi s'opérer par une dilatation simple, sans changement d'état du corps récepteur.

Ainsi l'on a établi des moteurs fonctionnant par la vapeur d'éther, de chloroforme, d'acide carbonique liquéfié, d'ammoniaque, etc.

Quant aux machines à air chaud, y compris les moteurs à gaz, elles sont des exemples bien connus de puissance mécanique due à la dilatation simple.

Un grand intérêt s'attacherait au succès de ces divers systèmes, soit parce qu'on pourrait réduire le volume et le poids de la machine, soit parce qu'on n'aurait plus besoin des générateurs et de leurs accessoires, soit enfin à cause d'autres avantages qu'ils présenteraient dans l'application. Mais jusqu'ici, malgré de nombreux essais, on peut dire que les moteurs à air chaud et à gaz sont les seuls qui aient, dans la pratique, donné des résultats d'une certaine importance.

1° MOTEUR À GAZ.

La Compagnie parisienne de chauffage et d'éclairage par le gaz expose dans son pavillon spécial, ainsi que dans la grande galerie des machines, le moteur à gaz système Lenoir, qu'elle construit dans ses ateliers.

Ce moteur à gaz ou, plus exactement, à air dilaté par la combustion du gaz d'éclairage, est le premier qui ait été appliqué sérieusement dans l'industrie, à partir de 1860, mais bien des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inventeurs avaient fait des recherches et des essais dans cette voie dès les dernières années du XVIII[e] siècle.

La machine Lenoir ressemble tout à fait à un moteur à vapeur horizontal. Le cylindre et les divers organes sont les mêmes, mais, au lieu d'un seul tiroir, il y en a deux: l'un pour l'introduction du mélange d'air et de gaz dans le cylindre, l'autre pour l'échappement des produits de la combustion.

Le mélange, composé de 90 p. o/o d'air et de 10 p. o/o de gaz, est enflammé au moyen d'une étincelle électrique; la combustion échauffe l'air et le dilate; une partie de l'oxygène de l'air brûle le carbone du gaz, ce qui donne de l'acide carbonique; une autre partie se combine avec l'hydrogène devenu libre, pour former de l'eau que la haute température développée réduit en vapeur à une certaine tension. La masse gazéiforme ainsi développée opère sur le piston une pression que les organes de la machine transforment en travail.

L'étincelle électrique qui sert à enflammer le mélange est produite par une pile de Bunsen, complétée par une bobine d'induction de Ruhmkorff, et l'appareil est disposé de manière que l'inflammation puisse se produire tantôt à l'avant, tantôt à l'arrière, afin d'obtenir un mouvement alternatif du piston que la bielle et la manivelle transforment en mouvement de rotation.

Par le fait des combustions successives des mélanges gazeux, le cylindre s'échauffe considérablement, ainsi que le piston et les organes de distribution. Cet échauffement, allant toujours en croissant, amènerait de promptes détériorations, si l'on n'avait pas soin de le combattre par une circulation continuelle d'eau dans la double enveloppe dont le cylindre est muni.

On évalue à 150 litres par force de cheval et par heure la quantité d'eau nécessaire pour obtenir un refroidissement convenable du cylindre. Au moyen d'un réservoir contenant environ 8 à 10 fois la quantité de liquide qui correspond à la consommation de la machine pendant une heure, on s'arrange de manière que ce soit toujours la même eau qui serve, et la circulation est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

établie, comme dans les appareils de chauffage à l'eau chaude, par les changements de température du liquide, qui ont pour conséquences les variations de sa densité. Le réservoir communique avec la double enveloppe par deux tubulures, placées, l'une dans le bas, l'autre dans le haut.

La plus grande pression absolue qu'on obtienne dans le cylindre n'atteint pas six atmosphères.

La consommation de gaz, par force de cheval et par heure, est d'environ 3 mètres cubes.

Quant aux autres dépenses, elles peuvent être évaluées comme il suit :

Matières graissantes et chiffons.....	0^f10^c
Piles et accessoires pour l'électricité.....	0 05
Entretien et réparations courantes.....	0 05
Intérêts et amortissements.....	0 05

Le total des dépenses accessoires serait, à peu de chose près, le même pour une machine à vapeur de même force; mais cette dernière présente une supériorité marquée au point de vue de la dépense en combustible, puisqu'en supposant, ce qui est énorme, qu'elle brûle 5 kilogrammes de charbon par force de cheval et par heure, la dépense ne sera que de $5 \times 0,03 = 0^f,15$, tandis que 3 mètres cubes de gaz d'éclairage coûtent $3 \times 0^f,30 = 0^f,90$.

La Compagnie parisienne construit également un moteur à gaz vertical, qui est du système Langen et Otto et du type qui a été breveté en 1874.

Dans cette machine le cylindre est vertical; la tige du piston est en forme de crémaillère; elle engrène avec une roue dentée qui est traversée par l'arbre moteur.

Le cylindre est à double enveloppe, avec circulation d'eau disposée comme dans la machine Lenoir.

Le mélange d'air et de gaz entre dans le cylindre par une glace placée à sa partie inférieure et percée d'orifices qui servent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi à l'échappement des produits de la combustion. Un tiroir, percé également d'orifices, règle l'admission et l'échappement.

Quand le piston est au bas de sa course, pour mettre la machine en route il faut faire tourner le volant à la main; il se produit alors sous le piston un espace libre dans lequel s'introduit le mélange d'air et de gaz (94 p. o/o d'air et 6 p. o/o de gaz). Le tiroir ferme en temps voulu les orifices de communication avec l'extérieur; le feu est mis au mélange par un bec de gaz disposé *ad hoc*.

L'explosion lance le piston jusqu'au haut du cylindre. Sous l'influence du froid ménagé par la circulation d'eau dans la double enveloppe, les gaz chauds se contractent, un certain vide se produit sous le piston, qui est d'ailleurs entraîné par son propre poids et retombe au bas du cylindre.

Une nouvelle explosion se produisant, le piston remonte, et l'on obtient ainsi un mouvement alternatif, que l'on rend circulaire et continu par un mécanisme spécial auquel on a donné le nom de boîte à frein.

Lorsque le piston monte, la crémaillère qu'il porte fait tourner la roue dentée; mais celle-ci est alors folle sur l'arbre moteur, c'est-à-dire qu'elle ne peut pas l'entraîner. Quand, au contraire, le piston descend, la roue dentée devient solidaire de l'arbre moteur et l'entraîne avec le volant, toujours dans le même sens.

Le mécanisme de distribution est commandé par le piston, mais l'instant de son action est variable par un petit régulateur à boules ordinaires.

L'allumage électrique employé dans le moteur Lenoir est remplacé, dans la machine Otto et Langen, par un allumage au gaz. Un petit bec-bougie, placé en avant du tiroir, reste continuellement allumé. Au moment où l'inflammation doit avoir lieu, le tiroir découvre une petite cavité, dans laquelle débouche un tube amenant du gaz; ce gaz s'allume au bec permanent et forme une espèce de torche, que le tiroir enferme instantanément du côté de l'extérieur, pour la mettre en même temps en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

communication avec le mélange introduit à l'avance dans le cylindre, et dont l'explosion a lieu immédiatement. A chaque coup du piston, le même mouvement se reproduit.

Le prix des machines Otto et Langen, à puissance égale, est notablement plus élevé que celui des machines Lenoir. Ainsi une machine d'un cheval du premier système coûte 2,500 francs, tandis que, pour le second, le prix n'est que de 1,800 francs, y compris 200 francs représentant la valeur des appareils électriques (bobine de Ruhmkorff, piles, isolateurs). En revanche, la consommation de gaz est au moins moitié moindre, et les complications onéreuses que nécessite la production de l'électricité sont supprimées.

Pour les deux types que je viens de décrire on ne construit pas de machine dont la puissance dépasse 3 chevaux.

On reprochait à la machine verticale d'être très bruyante. M. Otto s'est lui-même occupé de trouver un type horizontal fonctionnant sans bruit et pouvant développer une puissance supérieure à 3 chevaux. Les études de cet inventeur ont abouti à un succès complet, et l'on peut voir des spécimens du nouveau moteur atteignant la force de 8 chevaux dans le pavillon spécial de la Compagnie parisienne du gaz, dans la grande galerie des machines au Champ de Mars, au milieu de l'exposition de M. Périn-Panhard, et dans la section belge, chez MM. Duliège et Fétu.

La nouvelle machino Otto ressemble extérieurement à un moteur à vapeur à simple effet, composé d'un cylindre horizontal, ouvert à l'une de ses extrémités et fermé à l'autre par une culasse évidée intérieurement en forme de cône. Dans ce cylindre fonctionne un piston qui, par l'intermédiaire d'une bielle et d'une manivelle, commande un arbre sur lequel est calé un fort volant. Derrière le fond du cylindre est placé l'appareil de distribution, qui comporte un tiroir actionné par une transmission partant de l'arbre moteur. Ce tiroir est formé d'une forte plaque en fonte; il est animé d'un mouvement de va-et-vient en vertu duquel s'effectuent l'introduction du gaz et de l'air dans le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre, et l'arrivée d'un filet de gaz destiné à être enflammé par un bec allumé en permanence et à enflammer à son tour le mélange introduit. Le piston à bout de course laisse entre lui et le fond du cylindre un espace qui sert de chambre de compression, et dont la capacité est les $\frac{2}{3}$ du volume engendré par les pistons, soit les $\frac{2}{5}$ de la capacité totale du cylindre.

La période complète de fonctionnement du moteur Otto s'accomplit en deux révolutions de l'arbre moteur ou quatre coups de piston, qui correspondent aux quatre phases suivantes :

1° Le piston s'avance du côté de l'arbre moteur et aspire le mélange de gaz et d'air.

2° Le tiroir ayant fermé l'admission, le piston revient en arrière et comprime le mélange admis, qui se trouve réduit aux $\frac{2}{5}$ du volume primitif et amené à une pression supérieure à deux atmosphères.

3° Au moment où le piston arrive à la fin de sa course, un filet de gaz allumé enflamme le mélange comprimé. L'expansion a lieu en vertu de la chaleur développée, et le piston est poussé par la pression des gaz dilatés.

4° Le piston revient de nouveau en arrière et chasse devant lui les produits de la combustion détendus et refroidis, qui s'échappent dans l'atmosphère.

On voit par là que, sur quatre coups de piston, un seul transmet à l'arbre une force motrice; celui qui fait la compression absorbe au contraire de la force; quant aux deux autres, correspondant à l'aspiration et au refoulement, ils sont sans effet appréciable au point de vue du travail. Cette inégalité périodique des efforts moteurs et résistants oblige à donner une grande masse au volant. La vitesse est de 160 à 180 tours par minute.

La marche de la machine est réglée par un régulateur d'une disposition spéciale, qui intercepte l'arrivée des gaz et par conséquent suspend l'inflammation, quand la vitesse normale est dépassée.

Le cylindre est fondu avec une enveloppe constituant une chambre annulaire dans laquelle doit s'établir un courant d'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réfrigérant, ainsi que dans le vide de la culasse. Si l'on ne dispose pas d'une alimentation continue, il faut installer un réservoir d'une capacité suffisante pour renfermer un volume d'eau qui n'ait pas besoin d'être renouvelé, si l'on établit entre le cylindre et le réservoir une circulation basée sur les principes que j'ai indiqués en parlant de la même installation à propos du moteur Lenoir.

Pour fixer la capacité à donner aux réservoirs, il faut compter sur 400 à 500 litres par cheval. Quant à la consommation de gaz, elle atteint 1,000 à 1,200 litres par force de cheval et par heure. Les prix des nouvelles machines Otto sont les suivants :

1 cheval	2,300[f]
2 chevaux	3,000
4 chevaux	4,000
6 chevaux	5,000
8 chevaux	6,000

Les socles se payent à part et coûtent environ 10 p. 0/0 des prix ci-dessus.

D'après ce qui précède, au point de vue de la dépense de premier achat, il y aurait avantage à prendre une machine à vapeur demi-fixe de même puissance nominale.

Dans le moteur à gaz système Bisschop, que construisent MM. Mignon et Rouart, on utilise l'explosion du mélange gazeux pour l'ascension du piston et la pression atmosphérique pour sa descente.

Le cylindre est vertical, et le piston qui s'y meut est relié à l'arbre moteur au moyen d'une transmission par bielle en retour, ce qui permet de donner à la course la longueur nécessaire pour que la détente s'effectue aussi complètement que possible, et qu'il reste au-dessous un vide suffisant pour assurer l'action de la pression atmosphérique, comme dans le moteur Otto et Langen. La grande vitesse que peut prendre le piston est aussi mieux en rapport avec la rapidité de l'explosion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme particularité de ce système, il convient de signaler la suppression de l'eau pour le refroidissement, qui est obtenu par des surfaces rayonnantes représentant cinq fois la surface extérieure du cylindre.

Les machines Bisschop n'ont été jusqu'ici construites que pour des forces ne dépassant pas $\frac{1}{3}$ de cheval.

Je citerai encore le moteur à gaz exposé par M. Hugon, inventeur dont les travaux ont précédé de quelques années ceux de M. Lenoir. L'inflammation du mélange d'air et de gaz n'est pas obtenue au moyen de l'étincelle électrique; elle est produite alternativement à chaque extrémité du cylindre par des amorces de gaz qui s'enflamment au moyen de deux becs-bougies allumés en permanence. Quant à l'ensemble de la disposition au point de vue mécanique, les moteurs Lenoir et Hugon ont entre eux une grande analogie. Pour la consommation de gaz, ce dernier moteur est moins onéreux, puisque 1,500 à 1,800 litres suffisent par cheval et par heure.

2° MOTEURS À AIR CHAUD.

Considérations générales. — Lorsqu'on chauffe de l'air atmosphérique, cet air se dilate et, si le vase qui le contient est inextensible, cette dilatation se traduit, d'après la loi de Mariotte, par une augmentation de pression que l'on peut utiliser pour développer un travail mécanique.

Comme l'air chauffé n'a pas changé d'état et s'est simplement dilaté, on ne peut pas lui faire perdre sa force expansive, comme on le fait avec la vapeur, c'est-à-dire en la condensant lorsqu'elle a produit son effet. D'un autre côté, pour obtenir avec l'air une force élastique un peu considérable, il faut élever énormément la température, à laquelle cette force est en quelque sorte proportionnelle. L'eau, au contraire, en changeant d'état, donne naissance, pour une température relativement faible, à un gaz dont la pression s'accroît rapidement par une sursaturation en continuant de se chauffer au contact du liquide qui l'a produit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, par exemple, on veut doubler par la dilatation calorifique la pression barométrique de $0^m,760$ pour un mètre cube d'air à 15 degrés, il faudra porter la température du fluide à un degré tel que son volume serait doublé, s'il était libre d'occuper l'espace nécessaire pour conserver sa pression primitive; c'est comme si l'on refoulait un second mètre cube d'air dans le même récipient. Le calcul donne 302 degrés pour la température qu'il faudrait atteindre avant d'obtenir ce résultat, et la pression utile qui en résulterait ne serait que d'une seule atmosphère.

On pourrait, il est vrai, arriver à des pressions supérieures; mais au-dessus de 300 degrès il devient impossible d'employer les moyens ordinaires de lubrification; les pièces du mécanisme sont tellement échauffées, qu'elles ne sont plus dans les conditions d'un bon et durable fonctionnement, surtout à cause de l'inégalité de dilatation des métaux.

Un moteur à air chaud, ne pouvant utiliser qu'un fluide possédant une faible tension, devra, pour un même travail à produire, avoir des dimensions beaucoup plus fortes que celles d'une machine à vapeur.

La condensation de l'air échauffé n'étant pas possible, on a essayé de le refroidir en le faisant passer, lors de son échappement, à travers des toiles métalliques auxquelles il abandonnait une partie de sa chaleur. Cette chaleur abandonnée se trouvait reprise par de l'air froid puisé dans l'atmosphère et forcé de repasser par les mêmes toiles pour arriver au foyer; mais il se produisait des résistances nuisibles, parce que les toiles se bouchaient. Cet effet était si grave que M. Ericson, l'auteur des essais les plus importants effectués dans ce genre, se décida à perdre l'air chaud après son action sur le piston, comme on fait avec la vapeur dans les machines sans condensation.

C'est dans les sections étrangères que se trouvent les divers spécimens de moteur à air chaud qui figurent à l'Exposition universelle.

Le premier est exposé sous un petit hangar annexe de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

section anglaise, par MM. Hayward, Tyler et Cie. Il a paru pour la première fois à l'exposition de Birmingham en 1876, sous la désignation : *machine à compression Rider*, c'est-à-dire sous le nom de l'ingénieur américain qui l'a inventé.

Ce moteur se compose de deux cylindres; l'air est chauffé dans le premier, et se rend ensuite dans le second, où il est comprimé, après s'être refroidi sous l'influence d'un courant d'eau qui circule dans l'enveloppe dont ce cylindre est pourvu. Des pistons creux se meuvent dans les cylindres et communiquent le mouvement à un arbre au moyen de manivelles qui sont reliées aux tiges de ces pistons.

L'échauffement et le refroidissement de l'air sont obtenus, en quelque sorte instantanément, par le passage alternatif sur les parois du réchauffeur et du réfrigérant, où l'air arrive par lames minces, ce qui fournit un excellent moyen d'obtenir des variations profondes et rapides de température dans la masse.

On se sert constamment du même volume d'air, dont le jeu se borne à passer d'un cylindre à l'autre, et *vice versa*.

Entre les deux cylindres se trouve le régénérateur, renfermant des feuilles métalliques, qui, tout en laissant le passage libre, divisent le courant en filets nombreux. L'air traverse cet appareil en se rendant d'un cylindre dans l'autre; quand il vient du réchauffeur, il abandonne une partie de sa chaleur; mais il la reprend, lorsqu'il revient du réfrigérant.

Une soupape placée à la partie inférieure et sur le côté du cylindre de compression sert à régler la rentrée de la quantité d'air nécessaire au fonctionnement de la machine, dans le cas où des fuites viendraient à se produire.

Ce moteur à air chaud est très simple et paraît bien construit, mais on ne peut pas lui faire fournir une puissance dépassant deux chevaux. Les deux modèles exposés sont : l'un d'un demi-cheval, coûtant 1,660 francs; l'autre d'un cheval, coûtant 2,800 francs.

La consommation de charbon est évaluée à 3 kilogrammes par force de cheval et par heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le second moteur à air chaud se trouve dans l'annexe de la section américaine pour la classe 54. Il est du système Roper, et construit par M. Brown, de New-York.

L'air est échauffé sans intermédiaire par le combustible même, c'est-à-dire que les produits de la combustion viennent agir directement sur le piston, qui travaille à simple effet dans un cylindre vertical. Le foyer consiste en un vase clos de forme cylindrique, doublé de segments en terre réfractaire. Le combustible est introduit par la porte du foyer, et l'allumage se fait, comme à l'ordinaire, en ouvrant celle du cendrier. Ces portes sont construites de manière à obtenir, à l'aide de poignées, une fermeture hermétique.

Une fois le feu allumé, on ferme les portes; puis on fait faire à la main deux ou trois tours au volant, pour mettre en mouvement la pompe à air. Celle-ci travaille également à simple effet; elle aspire à l'extérieur une certaine quantité d'air, qu'elle refoule dans le foyer. Les produits de la combustion, dilatés en vase clos, puisque le clapet de la pompe à air les sépare de l'extérieur, viennent soulever le piston moteur, et la machine se met en marche.

Le piston moteur a une grande longueur; il est garni d'un cuir vers sa partie supérieure.

A la fin de la course, les gaz dilatés s'échappent par un tuyau. Les fonctions de l'échappement sont assurées par un jeu de soupapes actionnées au moyen d'un levier et d'un arbre portant des cames qui ouvrent l'issue aux gaz seulement quand ils ont agi sur le piston moteur.

Chaque ascension de ce piston produit, à l'autre extrémité du balancier de commande, un coup de piston de la pompe à air et introduit dans le foyer une nouvelle cylindrée d'air froid pour entretenir la combustion.

Le régulateur agit en manœuvrant une soupape, qui permet à l'air aspiré de s'échapper sans passer par le foyer, lorsque la machine prend trop de vitesse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un alimentateur à charbon permet d'introduire le combustible dans le foyer, sans arrêt.

Il faut avoir grand soin de ne pas surmener la machine Roper; si la température des gaz s'élève trop, les organes s'échauffent, les huiles de graissage se décomposent, le cuir du piston moteur se brûle, et toute marche régulière devient impossible.

Je citerai encore le moteur à air chaud de M. Julius Hock, qui fonctionne sous une tente annexe de la section autrichienne. Le constructeur annonce qu'il peut livrer des machines de quatre chevaux au prix de 5,000 francs; mais, à en juger par celles qu'il expose et qui sont, l'une d'un demi-cheval, l'autre d'un cheval, celle de quatre chevaux doit être bien encombrante.

On peut employer du coke très menu comme combustible; d'après le prospectus du constructeur, la consommation serait de 3 kilogrammes par force de cheval et par heure.

CONCLUSIONS.

D'après les renseignements que je viens de donner sur les moteurs à air chaud, je crois que l'Administration n'aura jamais aucun intérêt à faire usage de ce genre de machines.

Sans être aussi affirmatif en ce qui concerne les moteurs à gaz, qui, pour les petites forces, sont, sans contredit, entrés dans la pratique industrielle, je ferai cependant observer :

1° Que leur prix d'achat est sensiblement plus élevé que celui des moteurs à vapeur, surtout si l'on tient compte de ce fait que la puissance effective d'un moteur à gaz est généralement inférieure à la puissance nominale qu'annoncent les constructeurs, tandis que l'inverse se produit pour les machines à vapeur; en outre, l'installation est compliquée par la nécessité d'avoir toujours un réservoir à gaz, et, dans la plupart des cas, un grand réservoir d'eau froide pour assurer le refroidissement du cylindre;

2° Que la consommation du gaz est trois fois plus onéreuse que celle de la houille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 4. — CHAUDIÈRES À VAPEUR.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les chaudières à vapeur employées dans l'industrie peuvent être classées en deux grandes catégories :

1° Chaudières à foyer extérieur;

2° Chaudières à foyer intérieur.

La première catégorie se subdivise en deux groupes, savoir: chaudières à bouilleurs ordinaires, avec ou sans réchauffeurs; chaudières semi-tubulaires, avec ou sans bouilleurs ou réchauffeurs.

La deuxième catégorie comprend :

Les chaudières à gros tubes; les chaudières à tubes de petits diamètres.

On pourrait ajouter une troisième catégorie, formée par les chaudières dites à circulation rapide ou de tout autre système particulier.

Chaudières à bouilleurs ordinaires. — Les générateurs ordinaires à bouilleurs, dont l'usage est encore très répandu, offrent les avantages suivants :

La grande masse d'eau contenue dans l'appareil pouvant emmagasiner une quantité de chaleur proportionnelle, la marche régulière se trouve assurée; de telle sorte que, si le chauffeur vient à négliger momentanément son service, le travail n'aura pas à en souffrir.

D'un autre côté, la réserve de vapeur est très grande, et l'entraînement d'eau se trouve, par conséquent, considérablement diminué.

En effet, lorsqu'on prend une certaine quantité de vapeur, on détermine un vide relatif, qui est presque immédiatement comblé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par la vapeur qui se dégage de l'eau. Cette dernière se présentera en quantité d'autant plus petite, que la réserve au-dessus sera plus importante, par suite l'ébullition sera moins tumultueuse, et l'entraînement d'eau sera moins grand.

Les chaudières à bouilleurs peuvent être facilement nettoyées tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, et les réparations sont peu fréquentes et peu coûteuses. Les foyers sont d'une construction très simple.

Il faut dire que divers inconvénients contre-balancent, dans une certaine mesure, les avantages que je viens d'énumérer. Ainsi, ces chaudières constituent de grandes masses indivisibles, qui sont fort peu maniables quand il s'agit de puissances un peu fortes. La production de vapeur n'atteint que 5 à 6 kilogrammes par kilogramme de houille brûlée, dans la plupart des cas, et ne dépasse pas 7 kilogrammes dans les appareils les plus soignés. Les dépôts s'accumulant à la partie inférieure des bouilleurs, on doit redouter les coups de feu. L'eau d'alimentation, arrivant à une température relativement basse dans la partie la plus chaude du bouilleur, fatigue la tôle à son point d'arrivée.

La vapeur formée au fond des bouilleurs passe difficilement à travers les cuissards, où elle rencontre l'eau d'alimentation qui vient la remplacer ; de là un conflit continuel, qui absorbe de la chaleur et d'où résulte une perte de travail mécanique.

Les réchauffeurs ont pour but de remédier à cet inconvénient. L'eau d'alimentation, étant introduite dans ces appareils, qui sont en contact avec les gaz les moins chauds, passe ensuite dans le corps cylindrique de la chaudière, de telle sorte que les bouilleurs sont réservés pour la production de vapeur vive.

Les bouilleurs étant réunis au corps de chaudière au moins par deux cuissards, ces derniers, par suite des inégalités de dilatation, se courbent entre leurs points d'attache ; les clouures en souffrent et il peut se produire des fuites.

Chaudières semi-tubulaires. — Dans les chaudières semi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubulaires, avec ou sans bouilleurs, les tubes ne reçoivent les gaz qu'après que ceux-ci ont déjà cédé aux parois, soit du corps cylindrique et des bouilleurs, soit du corps cylindrique seul, la majeure partie de leur calorique. Ces chaudières tiennent beaucoup moins de place que celles ordinaires à bouilleurs, et leur puissance de vaporisation est notablement plus grande; mais voici ce qu'on peut leur reprocher :

Le faisceau tubulaire et son enveloppe se dilatent inégalement, ce qui occasionne des fuites aux extrémités des tubes. La réserve de vapeur est faible; le nettoyage des tubes, en ce qui concerne les dépôts calcaires adhérents, n'est pas facile; puis enfin la vapeur rencontre une série d'obstacles à son dégagement.

Chaudières à gros tubes. — L'un des types les plus répandus de ce genre de chaudières est celui dit de Cornouailles. Il se compose d'un gros corps cylindrique, renfermant un tube intérieur à la tête duquel se trouve le foyer. Ce tube contient lui-même un bouilleur plus petit, s'appuyant sur l'autel en maçonnerie et se prolongeant à l'arrière en dehors des deux corps principaux. Ce bouilleur est plein d'eau et communique avec le bas du corps cylindrique par une tubulure placée derrière l'autel. Dans le corps cylindrique, l'eau s'élève assez haut pour recouvrir complètement le bouilleur-foyer.

La flamme enveloppe d'abord le petit bouilleur, puis longe extérieurement des deux côtés le corps principal, puis va à la cheminée.

On établit généralement un tube réchauffeur, où l'eau d'alimentation arrive, pour être ensuite envoyée de là à l'extrémité du corps principal opposée au foyer.

Les chaudières de Cornouailles donnent en général 7 à 8 kilogrammes de vapeur par kilogramme de houille brûlée. Leur construction est malheureusement assez difficile; elles sont coûteuses, parce que, si l'on veut avoir un espace suffisant pour le développement de la flamme, il faut donner au foyer intérieur un assez grand diamètre, ce qui entraîne à augmenter beau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coup celui du corps principal. On doit aussi redouter l'aplatissement du bouilleur intérieur; le fait s'est quelquefois produit.

Chaudières à tubes de petits diamètres. — Ces chaudières sont caractérisées par ce fait que la flamme et les produits de la combustion passent par un grand nombre de tubes disposés à travers la masse du liquide qu'il s'agit d'échauffer. Cette division ne peut pas être poussée à un degré arbitraire; il faut que le diamètre des tubes ne soit pas assez réduit pour occasionner le refroidissement trop brusque ou même l'extinction de la flamme, ni l'obstruction rapide de ces conduits par la suie qui se dépose. En outre, le tirage de la cheminée doit être assez puissant pour vaincre l'excès de résistance au courant gazeux qui est dû au frottement dans les tubes.

Les chaudières tubulaires présentent de sérieux avantages, parce qu'elles peuvent fournir, à un moment donné et dans un temps très court, un grand volume de vapeur; elles occupent peu de place et se prêtent parfaitement à fournir un travail susceptible de varier dans de larges proportions d'un instant à l'autre.

Le nettoyage est un peu difficile, mais on est parvenu à éviter cet inconvénient en remplaçant les tubes rivés sur les plaques tubulaires par des tubes amovibles, et mieux encore en formant un tout amovible avec le foyer et le faisceau tubulaire.

Le but en question peut être atteint, soit en employant les tubes en fer système Berendorf, soit au moyen des chaudières Farcot ou Thomas et Laurens.

Chaudières à circulation rapide. — Les dispostions particulières qu'on adopte pour les générateurs ainsi dénommés doivent servir à multiplier, sous un volume aussi restreint que possible, la surface de chauffe, et à pousser jusqu'à son maximum l'activité de cette surface par le renouvellement rapide des couches d'eau en contact avec elle. Avec une pareille activité de va-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porisation, il est extrêmement difficile d'éviter la formation des dépôts calcaires.

Je vais maintenant passer en revue les principaux spécimens de générateurs qui sont représentés à l'Exposition universelle, et dont un certain nombre sont en activité, pour fournir la vapeur aux machines motrices de la section française et des sections étrangères.

1° CHAUDIÈRES SEMI-TUBULAIRES.

Victoor, Fourcy et Cie. Corbehem (Pas-de-Calais). — Un générateur semi-tubulaire de 120 mètres carrés de surface de chauffe. Il se compose :

1° D'une chaudière cylindrique, réunie aux deux bouilleurs par quatre communications courtes, mais de grand diamètre;

2° D'un corps cylindrique tubulaire, de même diamètre que le précédent, mais contenant 50 tubes en laiton de 60 millimètres de diamètre intérieur. Ce cylindre est placé à une certaine distance du premier et dans son prolongement.

A la suite se trouve une boîte à fumée, d'où les gaz se rendent dans la cheminée.

Le corps tubulaire communique avec les bouilleurs par deux tubulures en fonte, que des tubes en cuivre rouge relient à deux tubulures correspondantes placées au centre des fonds des bouilleurs.

Les deux corps de chaudière ont chacun un dôme ; ces dômes sont mis en communication au moyen d'un tube cintré, portant en son milieu une tubulure pour la prise de vapeur.

Le corps à bouilleurs est supporté sur la maçonnerie par quatre oreilles et deux supports en fonte placés près de l'autel du foyer. Il s'appuie en outre sur le devant du foyer et sur le mur d'arrière.

Le corps tubulaire est supporté, à l'avant, par les deux bouilleurs et, à l'autre extrémité, par la caisse de la boîte à fumée.

Une porte est disposée pour permettre de visiter l'intervalle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre les deux corps de chaudière, de nettoyer les tubes et d'enlever les cendres qui se déposent sur le plan incliné en arrière de l'autel. Le registre ordinaire est remplacé par une grande valve ou papillon, que l'on manœuvre au moyen d'une tringle dont la poignée est sur l'avant du fourneau.

L'alimentation se faisant dans le corps de chaudière muni de bouilleurs, l'eau y abandonne une grande partie de ses dépôts calcaires, et les tubes du corps tubulaire se trouvent par suite garantis assez efficacement contre les incrustations.

Durenne. Courbevoie (Seine). — Un générateur semi-tubulaire, à foyer extérieur, dit à chauffage méthodique, de 88 mètres carrés de surface de chauffe.

Il se compose d'un corps tubulaire, réuni à chacun des deux bouilleurs par une seule communication. Chaque bouilleur porte, à son extrémité opposée au foyer et en dessus, une tubulure de laquelle part un tuyau cintré en cuivre.

Les deux tuyaux se réunissent pour former une culotte, à laquelle est soudé un tube qui, par une deuxième culotte plus courte que la première, met les bouilleurs en communication avec deux boîtes semi-cylindriques, dans lesquelles aboutissent des tubes Field pendants dans la boîte à fumée et disposés en échelons, dans le but de ne pas présenter d'obstacle au mouvement des gaz sortant des tubes du corps tubulaire.

Ces boîtes à tubes sont reliées chacune par une communication au réservoir cylindrique de vapeur qui surmonte tout l'ensemble. Les débouchés des communications dans ce réservoir sont coiffés de crépines cylindriques en fil de cuivre tressé, à travers lesquelles la vapeur est tamisée et par suite séchée.

Ce générateur peut produire 1,300 kilogrammes de vapeur par heure en brûlant 186 hilogrammes de charbon, ce qui correspond au chiffre considérable de 14 kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible.

La réserve de vapeur, répartie dans le corps tubulaire, les boîtes à tubes, les communications et le réservoir proprement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dit, dépasse quatre mètres cubes et demi. En marche normale le volume total de l'eau contenue dans l'appareil est de 8,000 litres. La surface de la grille est de $2^{mq},32$.

Les tubes Field sont au nombre de 120 et de longueurs variées. Le corps tubulaire a 4 mètres de longueur ; il est traversé par 34 tubes de 110 millimètres de diamètre intérieur.

Ce type de générateur est très bien étudié pour atteindre une très grande puissance de vaporisation, mais il me semble que la multiplicité de ses organes ne doit pas être sans inconvénients.

2° CHAUDIÈRE SPÉCIALE À CORPS MULTIPLES.

Artige. Paris-Grenelle, rue du Théâtre, 66. — A côté de sa machine à vapeur fixe à quatre tiroirs plans, M. Artige expose deux dessins représentant deux générateurs, l'un de 40 mètres carrés, l'autre de 80 mètres carrés de surface de chauffe, qui sont conformes au type dont il est l'inventeur.

Ce type peut se composer de 4 à 7 corps cylindriques, suivant les forces à produire et l'emplacement dont on dispose. Les parcours de flammes peuvent être au nombre de 3, 4 ou 5, et la flamme est renversée plusieurs fois.

Je vais entrer dans quelques détails sur le type à six corps. Trois d'entre eux, munis de dômes à grande capacité, sont exposés à l'action d'un foyer très vaste et à flamme renversée. Un injecteur d'air, sans appel forcé, placé derrière l'autel, introduit une certaine quantité d'air destinée à compléter la combustion. Les autres tubes sont placés au-dessous et de côté et constituent des réchauffeurs, assurant ainsi à la flamme un long parcours et un contact prolongé.

Ces corps sont reliés entre eux extérieurement aux maçonneries par un système de tuyaux dont les joints sont toujours en vue ; des regards permettent d'opérer le nettoyage intérieur de ces tuyaux avec la plus grande facilité.

Ce générateur a été étudié pour réaliser le chauffage auquel, techniquement, on donne le nom de méthodique, c'est-à-dire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que les parcours doivent être tels que le corps chauffant et le corps chauffé suivent rigoureusement, suivant des axes parallèles, des chemins inverses.

Dans les chaudières Artige à six corps, nous avons trois corps vaporisateurs exposés directement à l'action rayonnante de la flamme, et trois corps réchauffeurs formant la surface de chauffe par contact, et inclinés de $\frac{1}{40}$ en sens inverse, pour faciliter le mouvement ascensionnel de l'eau qui s'échauffe. La flamme passe d'abord sous les trois vaporisateurs; elle se rend ensuite autour du corps inférieur de droite, puis de celui du milieu et enfin de celui de gauche; après quoi, les gaz s'échappent par la cheminée.

L'eau d'alimentation suit le chemin inverse; elle arrive par le corps inférieur de gauche, qui est le moins chaud, de là elle passe dans celui du milieu, puis dans celui de droite. Une fois en haut de ce dernier corps, elle se rend par un tuyau en croix dans les trois vaporisateurs.

La vapeur qui se forme dans les corps inférieurs chemine facilement, parce qu'elle est entraînée avec l'eau au sein de laquelle elle se forme; son dégagement est d'ailleurs facilité par la pente du réchauffeur; il n'y a par conséquent plus de conflit à craindre entre l'eau et la vapeur.

Aucun dépôt ne se produit dans les vaporisateurs, le carbonate de chaux étant insoluble à 103 degrés, et les dépôts devant par suite se former dans les réchauffeurs. La cause la plus fréquente des coups de feu se trouve ainsi éliminée.

Le volume d'eau et le réservoir de vapeur étant considérables, il y a très peu d'eau entraînée par la vapeur. Les réparations sont faciles, puisqu'on peut isoler le corps cylindrique qui est en mauvais état, en modifiant légèrement, suivant les cas, un des raccords extérieurs de distribution.

Quant à la puissance de vaporisation, il résulte d'expériences faites avec du charbon de Nœux (Pas-de-Calais) qu'un générateur Artige de 80 mètres carrés de surface de chauffe peut vaporiser 8^k, 500 d'eau par kilogramme de houille brûlée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° CHAUDIÈRES À FOYER INTÉRIEUR.

Jules Farinaux et Cie. Paris, rue Saint-Maur 104. — Un générateur de 60 mètres carrés de surface de chauffe, construit par M. Fontaine, de Lille, d'après les dessins de M. Delévaque, ingénieur des constructions navales.

Il se compose de trois cylindres superposés, communiquant entre eux par des tubulures de grand diamètre. Le premier comprend le foyer et son enveloppe, le second forme le faisceau tubulaire, et le troisième sert de réservoir de vapeur.

La boîte à feu est entourée, comme le foyer, d'une lame d'eau de 100 millimètres d'épaisseur. Une aération supplémentaire est ménagée au-dessus de l'autel au moyen d'une disposition particulière. L'air extérieur arrive par des bouts de tube qui traversent la lame d'eau du fond ; il est chauffé dans l'espace que limitent la calotte inférieure et une plaque percée de petits trous, qui sert à le distribuer par filets minces.

Les tubes du faisceau tubulaire peuvent se démonter, ce qui assure la facilité du nettoyage. Le réservoir de vapeur est assez volumineux pour que les entraînements d'eau ne soient pas à redouter ; la prise de vapeur peut se faire à près d'un mètre du niveau de l'eau, et la surface d'évaporation est considérable.

La chaudière qui figure à l'Exposition est construite en acier du Creusot.

L'usage de l'acier pour les chaudières à vapeur est de date récente. Pour ce genre d'application, il ne suffit pas que la tôle d'acier offre un très haut chiffre de résistance à la rupture, il faut surtout que la charge-limite d'élasticité, c'est-à-dire le poids au delà duquel les allongements cessent d'être proportionnels aux charges supportées, soit élevée ; il faut de plus que ces allongements puissent atteindre 15 à 20 p. 0/0. L'emploi du ferro-manganèse a contribué à obtenir ce résultat et à rendre la fabrication plus régulière.

Les tôles douces d'acier Bessemer donnent, comme résistance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la rupture par millimètre carré de la section initiale, 48k,800 pour le sens du laminage avec 22 p. o/o d'allongement et 48k,600 perpendiculairement au sens du laminage avec 22 p. o/o d'allongement.

Contrairement à ce qui se passe pour les tôles de fer, les tôles d'acier présentent presque exactement la même résistance dans le sens du laminage que dans le sens perpendiculaire, ce qui s'explique par ce fait que la matière n'est autre chose qu'un métal fondu.

D'après les expériences faites dans les ateliers de Lorient sur des tôles douces d'acier sortant des usines de Terre-Noire et du Creusot, M. Barbat, ingénieur des constructions navales, est arrivé à conclure :

1° Que les trous devraient être forés et non poinçonnés, comme cela se pratique pour les tôles de fer;

2° Que le cisaillage devrait être remplacé par une machine à raboter;

3° Que, pour travailler une pièce de forme compliquée, il faudrait opérer sur la totalité des surfaces façonnées, au lieu d'agir par petites parties avec réchauffages partiels comme pour la tôle de fer;

4° Que les pièces ayant reçu des façons devraient subir un recuit au rouge-cerise aussitôt qu'elles seraient terminées.

En France et en Belgique, on éprouve une assez grande méfiance à l'égard des chaudières en tôle d'acier; mais en Angleterre et en Allemagne on rencontre un certain nombre de chaudières ainsi construites.

Chevalier et Grenier. Lyon (Rhône). — Un générateur de 80 mètres carrés de surface de chauffe à deux foyers intérieurs qui peuvent se démonter indépendamment l'un de l'autre. On peut sortir l'un ou l'autre foyer sans dériver un des grands fonds de la chaudière, et le corps principal, fermé par les deux grands fonds, devient alors un grand coffre dans lequel chacun des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foyers est démontable et remontable isolément. Les conséquences pratiques de cette disposition sont les suivantes :

Réparation d'un foyer sans sortir le foyer adjacent, et, par suite, diminution dans la dépense au double point de vue du prix de la réparation et du chômage.

Avec un seul foyer de rechange on peut assurer le service continu de plusieurs chaudières.

Dans le cas même où l'un des foyers devra être sorti, on continuera le chauffage avec un seul foyer, en faisant deux joints pleins à la place du foyer démonté.

Le chauffage est méthodique, puisque l'eau froide circule en sens inverse des flammes et rencontre ainsi des gaz à température croissante. Cette eau n'arrive dans le corps principal qu'après avoir acquis une certaine température et déposé une partie des sels calcaires dans le réchauffeur qui se trouve sous l'appareil. Ce réchauffeur est également démontable.

Outre la chaudière que je viens de décrire, et qui n'est qu'une disposition particulière du type de Cornouailles, les mêmes constructeurs exposent un autre système de générateur à deux rangs triples de bouilleurs de même diamètre et reliés entre eux deux à deux par douze bouilleurs verticaux.

Le foyer se trouve dans un corps cylindrique assez court, placé sur l'avant, au-dessus du rang inférieur de bouilleurs, avec lesquels il communique par des cuissards qui ont peu de longueur.

Ce corps de chaudière est en communication directe par sa partie supérieure avec le deuxième rang de bouilleurs horizontaux. La surface de chauffe est de 140 mètres carrés.

Fouché et de la Harpe. Paris, rue des Écluses-Saint-Martin, 30. — Un générateur à tubes bouilleurs verticaux, de 12 mètres carrés de surface de chauffe, système Fouché et de la Harpe.

Il se compose :

1° D'un foyer intérieur, placé dans un carneau cylindrique horizontal en tôle d'acier, contenant l'autel, la grille et la porte ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° D'un faisceau de tubes bouilleurs verticaux, ouverts aux deux bouts, avec gueulard placé à la partie inférieure, et par lequel les gaz sortent du corps tubulaire pour se rendre à la cheminée;

3° D'une prise de vapeur spéciale, comprenant des tubes coudés.

Dans ce système, l'eau circule dans les tubes, et la flamme les chauffe extérieurement. Les dépôts calcaires sont très peu importants; cela tient à la verticalité des tubes et à la circulation extrêmement rapide de l'eau qu'ils contiennent.

Les tubes peuvent être nettoyés facilement, en démontant le joint inférieur. La disposition de la prise de vapeur sert à éviter l'entraînement mécanique de l'eau.

La fumée suit trois parcours, l'un à l'intérieur, les deux autres sous la calandre. Immédiatement après la grille, derrière l'autel, se trouve une chambre de combustion pour le développement de la flamme.

Farcot et ses fils. Saint-Ouen (Seine). — Un générateur de 175 mètres carrés de surface de chauffe, du type Farcot avec réchauffeur latéral.

Il se compose de deux gros cylindres superposés; celui du bas contient le foyer et un faisceau tubulaire compact, qui forment un tout amovible, que l'on peut sortir de l'enveloppe ou calandre en démontant deux joints.

Le corps du haut sert de réservoir d'eau et de vapeur. Il contient, à sa partie supérieure et dans toute sa longueur, un tuyau de prise de vapeur fendu longitudinalement et qui communique avec le dôme.

L'ensemble est enveloppé d'une grande chemise double en tôle formant four, et dans laquelle on tasse des matériaux mauvais conducteurs du calorique. Cette chemise métallique peut être remplacée par un massif en maçonnerie de briques.

Le foyer est très développé; à sa suite se trouve une chambre de combustion qui le sépare du faisceau tubulaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La partie amovible est supportée par des galets qui roulent sur deux cornières rivées au corps de chaudière.

Pour effectuer le nettoyage, après avoir défait les deux joints des extrémités, on tire le système tubulaire jusqu'à ce que les tubes soient presque entièrement en dehors de la calandre, en ayant soin de soutenir le devant du foyer au moyen d'un galet accessoire qu'on boulonne sur sa bride.

On peut alors désincruster toute la chaudière. Pour atteindre tous les tubes, on passe un outil particulier, en forme de lame de scie, dans toutes les lignes d'intervalles, disposées de façon à former un hexagone autour de chacun des tubes, qui peuvent ainsi être tous nettoyés sans que l'opérateur ait besoin de les voir.

La fumée suit deux parcours : les gaz les plus chauds s'élèvent en sortant des tubes dans la capacité supérieure; ils y circulent en haut, de l'arrière à l'avant, et descendent par l'effet de leur refroidissement; ils reviennent alors de l'avant à l'arrière et passent dans la capacité inférieure, d'où ils s'échappent à la cheminée.

Les deux capacités sont séparées l'une de l'autre par des cloisons horizontales, et ne communiquant entre elles que dans l'espace compris entre l'extrémité des tubes et la porte d'arrière.

Le bouilleur réchauffeur est placé latéralement et à un mètre environ en contre-bas du dessous du générateur.

Weyher et Richemond. Pantin (Seine). — Un générateur de 68 mètres carrés de surface de chauffe, du système Thomas et Laurens perfectionné.

Il se compose de deux parties principales :

1° Le vaporisateur, comprenant le foyer intérieur, la chambre de combustion et le faisceau de tubes établi entre les plaques tubulaires d'avant et d'arrière;

2° La calandre, formée de deux corps cylindriques superposés et réunis par des cuissards assez courts.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le vaporisateur et le cylindre inférieur de la calandre sont assemblés au moyen d'un joint unique, fait avec une rondelle en caoutchouc, serrée entre les deux brides au moyen de boulons.

Le charbon brûle sur la grille, placée à la partie antérieure du foyer. Les gaz chauds et les parcelles de charbon se mélangent à l'air et achèvent de se brûler dans la grande capacité qui se trouve à la suite de la grille, avant de pénétrer dans les tubes où ils sont attirés par le tirage. Ils perdent alors, par contact, la haute température à laquelle la combustion les avait portés, et ils achèvent de se refroidir en se répandant par la boîte à fumée dans le grand carneau qui enveloppe toute la chaudière et aboutit à la cheminée. Dans ces conditions, on peut compter sur une réelle fumivorité.

Pour enlever les dépôts calcaires, il suffit de défaire les boulons du joint unique et de sortir le vaporisateur, dont toutes les parties sont facilement abordables.

Le joint unique offre le grand avantage de permettre la dilatation libre de toutes les pièces qui forment le vaporisateur. Les plaques tubulaires ne reçoivent pas le coup de feu direct et, par suite, les bouts des tubes sont préservés.

Les surfaces cylindriques circulaires sont seules employées dans la construction du générateur qui nous occupe, et ce sont les surfaces de ce genre qui, n'étant pas déformables, résistent le mieux à la pression.

Le cylindre supérieur sert de réservoir d'eau et de vapeur; le niveau normal de l'eau se trouve placé à une grande hauteur au-dessus des tubes et des autres parois soumis à l'action du feu.

Du moment que l'on n'a plus à loger le réservoir de vapeur dans une calandre à cylindre unique, on peut placer le tube intérieur concentriquement à ce cylindre, lui donner plus de développement et placer un plus grand nombre de tubes à retour de flamme, tout en les répartissant le plus régulièrement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette chaudière nécessite un emplacement beaucoup moindre qu'une chaudière à bouilleurs équivalente; elle se prête aussi très bien à une grande augmentation du cube d'eau, puisqu'on n'a qu'à allonger la calandre sans toucher au vaporisateur.

On peut se mettre à l'abri des chômages et éviter les dépenses d'installation et d'achat d'une chaudière de rechange, en ayant simplement en magasin un vaporisateur.

Galloway. Manchester (Angleterre). — Un générateur de 100 mètres carrés de surface de chauffe à deux foyers intérieurs.

Le corps principal a $2^m,10$ de diamètre et $8^m,40$ de longueur. Les tubes intérieurs ont $0^m,85$ de diamètre et contiennent des grilles de 2 mètres de profondeur. Ils se réunissent après le foyer, et forment alors un tube ovale traversé par trente-trois tubes bouilleurs coniques, verticaux et disposés en quinconce. Le diamètre moyen de ces tubes est de $0^m,21$; leur forme conique est nécessitée par ce fait qu'il faut que la bride saillante inférieure passe tout entière à travers le trou supérieur.

La fumée fait trois circulations avant d'arriver à la cheminée; la première à l'intérieur, la seconde et la troisième à l'extérieur de la chaudière.

L'eau à vaporiser circule dans les tubes coniques, autour desquels les gaz tourbillonnent beaucoup plus facilement que dans les tubes ordinaires. On n'a plus de fuites à craindre, puisque les tubes Galloway sont rivés et montés sur la chaudière elle-même.

Le nettoyage est facile, puisque toutes les parties intérieures sont accessibles. Les dépôts qui se forment à la partie supérieure des foyers et de la chambre ovale ne peuvent pas prendre d'adhérence, et on les évacue par des purges périodiques, au moment des arrêts.

Les portes des foyers sont munies de registres qui permettent de régler l'arrivée de l'air au-dessus de la couche de combustible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet air est divisé et vient se mélanger aux gaz en faisceaux parallèles; de cette manière on réduit autant que possible l'air nécessaire à la combustion. Avec des combustibles ordinaires, on peut vaporiser $8^{k},500$ à 9 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon. La vaporisation totale peut être evaluée à 2,800 kilogrammes d'eau par heure.

On peut ajouter à ce générateur deux réchauffeurs placés en dessous dans le dernier parcours des gaz, et l'on augmenterait ainsi la surface de chauffe d'une trentaine de mètres carrés.

4° CHAUDIÈRES À CIRCULATION RAPIDE.

Imbert frères. Saint-Chamond (Loire).— Ces constructeurs exposent un type de chaudière, muni de tubes du système Field, qui, comme on le sait, sont disposés de manière à pousser jusqu'au maximum l'activité de vaporisation de la surface de chauffe qu'ils présentent, par le renouvellement rapide des couches d'eau en contact avec cette surface.

Le foyer est entouré d'eau, et son ciel est percé de trous assez rapprochés et légèrement coniques. Dans ces trous sont fixés des tubes en fer bouchés par le bas, et qui se trouvent ainsi pendants dans le foyer. Dans ces premiers tubes on en descend d'autres, ouverts aux deux bouts et confectionnés en métal très mince, qui viennent aboutir à quelques centimètres du fond des tubes fermés, et s'évasent en entonnoir à l'extrémité opposée. Deux ailettes latérales servent à les suspendre à la hauteur voulue.

Entre deux tubes concentriques ainsi disposés, il reste un espace annulaire où l'eau pourra circuler librement. Quand on allume le feu, voici ce qui se produit.

Aussitôt que la paroi d'un tube extérieur s'échauffe, l'eau de l'espace annulaire, recevant l'action calorique, se dilate et devient plus légère que l'eau non échauffée du tube intérieur. L'équilibre hydrostatique est rompu, et la colonne intérieure, qui est la plus lourde, chasse la colonne extérieure, devenue plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

légère; elle subit à son tour la même action calorifique, et ainsi de suite. Ce mouvement s'accélère constamment, et bientôt toute l'eau de la chaudière ayant atteint la température d'ébullition, la vapeur commence à se produire; mais, comme elle se produit dans l'espace annulaire qui est en contact avec le foyer, la différence des densités des deux colonnes de liquide se trouve tout à coup fortement augmentée, et la vitesse du courant s'accélère en conséquence. La circulation de l'eau dans l'espace annulaire atteint 3 mètres par seconde, et même au delà.

Ce générateur présente l'avantage qu'on trouve dans toute chaudière à faible volume d'eau pour une grande surface de chauffe, c'est-à-dire celui d'une prompte mise en pression, mais comme utilisation du combustible, elle ne vaut pas mieux qu'une bonne chaudière tubulaire.

La violence de la circulation donne de la vapeur chargée d'eau, ce qui a fait souvent croire à une puissance de vaporisation tout à fait extraordinaire. Tant que la chaudière est en activité, les dépôts calcaires ne deviennent pas adhérents, mais lorsqu'on l'arrête pendant un certain temps, les dépôts s'accumulent au fond des tubes, se concrétionnent, et quand on reprend le chauffage, ils se calcinent et la circulation rapide cesse de se produire d'une manière efficace.

Belleville et Cie. Paris, avenue Trudaine, 16. — Un générateur de 100 chevaux, du type Belleville et d'un modèle perfectionné en 1877.

Les organes principaux sont les suivants:

1° Un certain nombre d'éléments générateurs, composés chacun de plusieurs tubes assemblés en spirale très allongée à l'aide de boîtes de raccordement;

2° Un tube collecteur d'alimentation, disposé transversalement au-dessus des portes du foyer, et qui, tout en servant de point d'appui à la partie antérieure des éléments, communique avec chacun d'eux à l'aide d'un raccordement à joint conique et facilement démontable;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Un cylindre collecteur, épurateur de la vapeur et de l'eau d'alimentation, disposé transversalement au-dessus de la couverture du générateur et communiquant avec la partie supérieure de chaque élément par un raccordement à joint conique : les dépôts calcaires se précipitent dans ce collecteur, par suite de l'échauffement rapide de l'eau d'alimentation, et la vapeur s'y débarrasse des vésicules d'eau et des corps étrangers qu'elle peut entraîner;

4° Un récipient déjecteur vertical qui est en communication avec les deux collecteurs ci-dessus, et où se font la séparation méthodique et la retenue des dépôts;

5° Un sécheur de vapeur, disposé sous la couverture du générateur et composé d'une série de tubes formant une seule circulation, dans laquelle la vapeur venant du cylindre épurateur circule et se sèche, avant de se rendre dans la conduite générale;

6° Un régulateur automatique d'alimentation et de niveau d'eau;

7° Un régulateur automatique de combustion et de pression qui commande un registre-valve.

Voici maintenant comment le générateur fonctionne :

L'eau d'alimentation pénètre d'abord dans le cylindre collecteur épurateur, par son extrémité de droite; elle s'y élève à une température telle que les sels calcaires sont précipités à l'état pulvérulent.

Après avoir traversé le cylindre épurateur dans toute sa longueur, elle se rend au récipient déjecteur, où elle abandonne les dépôts calcaires précipités et les autres corps étrangers. De là, l'eau se rend dans le tube collecteur d'alimentation, d'où elle se répartit entre les éléments générateurs, en passant par la tubulure à joint conique qui relie chacun d'eux avec ce tube collecteur. La vapeur produite dans les fourches les plus rapprochées du feu arrive rapidement dans les fourches supérieures, situées au-dessus du niveau normal de l'eau.

Au sortir de chaque élément, la vapeur pénètre dans le cy-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lindre collecteur épurateur, par la tubulure à joint conique qui projette le courant contre une cloison directrice, disposée de manière à séparer cette vapeur de l'eau et des autres corps qu'elle entraîne. L'eau ainsi retenue se mêle à l'eau d'alimentation, pour retourner avec elle aux éléments générateurs, en abandonnant les dépôts et impuretés dans le récipient déjecteur.

La vapeur, à sa sortie de l'épurateur, circule dans le sécheur, pour se rendre ensuite à la conduite générale.

Le foyer est à deux portes distinctes, l'une pour le chargement, l'autre pour le décrassage, ce qui rend la conduite du feu plus facile et moins pénible pour les chauffeurs.

Dans ce système de chaudière il n'y a ni réservoir d'eau, ni réserve de vapeur; le chauffeur ne doit pas négliger son service un seul instant.

On dit que les générateurs des systèmes Field et Belleville sont inexplosibles; mais il faut entendre par là que tous les tubes ne peuvent pas faire explosion en même temps. Il ne peut y avoir que des explosions partielles et, par suite, peu dangereuses. En outre, les tubes de petits diamètres sont beaucoup plus résistants que les cylindres de grand diamètre.

CONCLUSIONS.

Je considère les différents générateurs que je viens de décrire comme remplissant les conditions d'un bon appareil de vaporisation; mais cependant je ne recommanderai pas, sauf peut-être pour des cas particuliers, l'emploi des types à circulation rapide, tandis que je crois devoir placer en première ligne les types avec foyer tubulaire et amovible, soit du système Farcot, soit du système Thomas et Laurens. Ce dernier a l'avantage de n'exiger qu'un joint unique, permettant la dilatation libre et, de plus, le faisceau tubulaire n'étant pas compact, le nettoyage est plus facile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 5. — APPAREILS ACCESSOIRES DES CHAUDIÈRES ET DES MACHINES À VAPEUR.

1° RÉGULATEURS.

Considérations générales. — On donne le nom de régulateur à l'appareil qui modifie l'action du moteur, lorsque la vitesse dépasse la limite assignée ou lui est inférieure.

Le principe du pendule conique sert de base pour la construction de la grande majorité de ces appareils, qui se composent le plus ordinairement d'un parallélogramme articulé à ses quatre sommets, dont l'un, le plus élevé, occupe sur l'axe vertical une position fixe.

Cet axe reçoit de la machine un mouvement de rotation, soit au moyen d'une transmission par courroie, soit par des engrenages. Ce dernier procédé est préférable, parce que la liaison est invariable, tandis qu'une courroie est sujette à se relâcher, à glisser et à tomber.

Les branches inférieures du parallélogramme se relient à un manchon concentrique à l'axe vertical et qui, en vertu de la fixité du sommet, peut s'élever ou s'abaisser.

Une fourche placée à l'extrémité d'un levier mobile autour d'un point fixe embrasse une gorge ménagée autour du manchon, dont elle suit les mouvements.

L'autre extrémité du levier actionne un jeu de tringles et de leviers qui fait mouvoir la valve d'admission de la vapeur ou le mécanisme de détente.

Tant que la machine conserve à très peu près sa vitesse de régime, la figure de l'appareil, calculée à l'avance, ne varie pas; mais si la vitesse augmente sensiblement, la vitesse angulaire du régulateur croît dans la même proportion, et la force centrifuge agit de plus en plus sur les boules. Par suite, elles s'écartent de l'axe vertical en soulevant le manchon, et celui-ci, entraînant la fourche du levier et le mécanisme intermédiaire,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminue l'introduction de la vapeur ou augmente la détente jusqu'à ce que la vitesse de régime soit rétablie.

L'inverse aurait lieu par le rapprochement des boules et la descente du manchon, indiquant un ralentissement de la vitesse au-dessous de la limite prévue.

Le fonctionnement de ce système de régulateur, qui n'est autre chose que le modérateur de Watt, n'est réellement efficace que pour des variations très faibles dans le travail. En outre, l'effet n'est pas instantané: il se produit toujours une série d'oscillations en plus ou en moins avant que la vitesse normale soit atteinte de nouveau.

En effet, si la vitesse augmente, les boules s'élèvent, et l'introduction diminue; mais, précisément à cause de cela, la vitesse diminuera elle-même, et les boules redescendront, ce qui aura pour conséquence de rouvrir le mécanisme d'admission et de renouveler le fait de l'accélération du mouvement. Les mêmes causes ramèneront les mêmes effets et, ainsi de suite, sans réaliser absolument l'ouverture fixe correspondant à une puissance rigoureusement égale à la résistance.

Régulateur Farcot à bielles et bras croisés. — M. Farcot a remédié aux inconvénients que je viens de signaler, en imaginant des dispositions spéciales, qui réalisent autant que possible le principe théorique, qui peut se résumer comme il suit :

Quand l'ouverture de valve ou le degré de détente rétablissant la vitesse de régime est atteint, il faut obtenir que les boules restent, sur la courbe qu'elles décrivent, dans la position qu'elles ont prise pour produire ce résultat.

En d'autres termes, il suffit que, pour une même vitesse de régime, les boules soient en équilibre, quel que soit le point de la courbe décrite où on les supposera placées.

Pour résoudre ce problème, il faut astreindre les boules à parcourir, non plus des arcs de cercle décrits des points d'articulation de leurs tiges comme centres, mais une courbe telle qu'un point matériel y soit en équilibre stable en un point quelconque,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en supposant que cette courbe tourne autour de son axe avec une vitesse angulaire constante. Cette courbe existe et n'est autre chose que la parabole.

On a construit des régulateurs paraboliques, en se basant sur cette propriété; mais on les a abandonnés, parce que les galets au moyen desquels on empêchait les boules de quitter leur guide parabolique déterminaient des frottements trop considérables.

M. Farcot est parvenu à réaliser approximativement le même principe en remplaçant la parabole par un arc de cercle qui s'en rapproche autant que possible. Le centre de cet arc doit forcément être en dehors de l'axe de rotation. Quand il est déterminé pour l'une des boules, le centre pour l'autre boule est placé symétriquement, de sorte que les bras des deux boules sont croisés. Leur point de croisement se trouve sur l'axe vertical, et ils sont d'ailleurs reliés au manchon par deux bielles doubles également croisées.

Quand le manchon varie de position, le point de croisement des bras se déplace dans le sens vertical, et les boules se meuvent sur le cercle osculateur de la parabole.

Régulateur Porter. — Un grand nombre de machines, parmi les plus importantes qui figurent à l'Exposition universelle, sont munies d'un régulateur qui porte le nom de Porter.

J'ai donné une description assez complète de cet appareil à propos des machines du type Sulzer exposées par MM. Satre et Averly.

MM. Weyher et Richemond appliquent exclusivement ce genre de régulateur à toutes les machines qu'ils construisent, mais en le complétant par un compensateur imaginé par M. Denis. Ce dernier mécanisme est entièrement indépendant du régulateur lui-même, auquel il laisse toute sa liberté d'action, mais il lui donne le moyen de revenir de suite à sa position normale, en laissant la valve d'introduction ou le mécanisme de détente dans la situation où il les avait amenés pour parer à la variation de résistance ou de puissance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je citerai, à titre de renseignement, quelques autres régulateurs à force centrifuge dont on voit des spécimens appliqués aux machines exposées, et qui portent les noms de leurs inventeurs, Buss, Andrade, Demenge, ou un nom de fantaisie, comme *Cosinus*, qui a été donné par M. Buss, de Berne, au second appareil imaginé par lui.

Régulateur Allen. — MM. Crozet et C^ie^, de Chambon-Saint-Étienne, exposent un régulateur spécial, inventé par M. Allen, et qui donne des résultats très satisfaisants, notamment pour les machines qui font mouvoir des trains de laminoirs, dont la résistance varie souvent du simple au décuple.

Cet appareil se compose d'un tambour garni de nervures intérieures équidistantes, et fixé sur un arbre placé dans le prolongement d'un autre arbre portant une petite poulie, qui reçoit son mouvement de la machine et doit tourner dix fois plus vite qu'elle. Sur ce dernier arbre, dans l'intérieur du tambour, se trouvent un pignon denté et, à côté, un disque portant une spirale en bronze. Dans la gorge ou rainure de cette spirale s'enroule une chaîne portant des contrepoids mobiles, qui, par cette disposition, agissent sur un levier plus ou moins long, suivant que la soupape d'introduction, placée dans une boîte qui se trouve sous le bâti-arcade de l'appareil, s'ouvre ou se ferme.

Un secteur denté engrène avec le pignon, et oscille autour de l'axe d'un levier rectiligne, qui le porte de manière à commander la soupape d'admission par l'intermédiaire d'un autre petit levier articulé à la tige de cette soupape, qui est équilibrée.

Le tambour contient de l'huile que la roue à palettes, tournant à grande vitesse, chasse contre ses parois lorsque la machine est en marche. Par suite, ce tambour est toujours en équilibre instable, puisqu'il est sollicité, d'un côté, par le contrepoids et, de l'autre, par l'action de l'huile projetée. Il en est de même de la soupape sous l'influence du secteur denté, qui subit les oscillations du tambour. Suivant que l'une ou l'autre des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux forces, contrepoids ou projection de l'huile, rompt l'équilibre, la soupape s'ouvre ou se ferme plus ou moins, et cela sans le moindre effort. Il en résulte une extrême sensibilité de l'appareil.

Pour les machines à détente, la soupape d'admission est supprimée, et le secteur d'entrée est mis en relation par un simple levier avec le mécanisme de détente.

Régulateur Larivière. — Je terminerai en disant quelques mots d'un régulateur à air qui porte le nom de son inventeur, M. Larivière, et qui est exposé par M. Gros.

L'appareil se compose d'un cylindre vertical fermé aux deux extrémités, et dans lequel se meut un piston dont la tige porte à son extrémité supérieure un poids de forme sphérique. La pression atmosphérique peut agir librement sur la face inférieure du piston, tandis que, sur la face supérieure, on peut faire le vide au moyen d'une petite pompe empruntant son mouvement à la machine dont il s'agit de régulariser la marche. Sur le couvercle supérieur du cylindre est ménagé un petit orifice, dont on règle l'ouverture à volonté et qui laisse rentrer de l'air.

On s'arrange de façon que, lorsque la vitesse est normale, le piston reste au milieu du cylindre et pour qu'alors l'air rentrant compense celui qu'aspire la pompe.

Si la vitesse augmente, le mouvement de la petite pompe reliée à la machine s'accélère, et comme la rentrée de l'air par l'orifice est sensiblement uniforme, la pression sur le piston diminue, et il tend à s'élever. Un effet inverse se produit quand la vitesse diminue.

Ces oscillations du piston sont transmises à la valve d'admission par les moyens ordinaires.

Conclusions. — Les moyens proposés jusqu'à ce jour pour améliorer le fonctionnement des pendules coniques sont excessivement nombreux, parce qu'effectivement la question est devenue d'autant plus importante que, dans la plupart des ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chines nouvelles, le régulateur agit sur le mécanisme de détente, c'est-à-dire sur la distribution même de la vapeur.

On peut, à cet égard, formuler quelques observations générales :

1° Un régulateur doit être sensible, mais cette qualité ne s'allie pas toujours avec la simplicité de construction et d'entretien.

2° Il est plus rationnel de faire agir le régulateur sur la détente, c'est-à-dire de fournir à la machine un volume de vapeur en rapport avec le travail à développer, que d'étrangler cette vapeur au moyen d'une valve et de créer ainsi un travail de résistance perdu.

3° Il sera très bon d'avoir, entre le régulateur et le mécanisme de détente, une liaison variable de telle sorte que le degré de détente et la vitesse puissent changer l'un sans l'autre, quand le travail imposé à la machine vient à varier. Quand la liaison est invariable, chaque degré de détente est une fonction déterminée d'une certaine vitesse correspondante, et, par conséquent, la valeur de la détente ne peut varier qu'à la condition que la vitesse de la machine variera également.

Ces considérations m'amènent à conclure que les deux systèmes de régulateur qu'on doit préférer sont ceux qui portent les noms de Farcot et de Porter, à la condition, pour ce dernier, qu'il sera muni d'un compensateur Denis.

2° INJECTEURS ALIMENTAIRES.

Considérations générales. — On a donné le nom d'injecteur alimentaire à un appareil dans lequel un jet de vapeur, pris sur la chaudière elle-même, agissant à l'intérieur d'un tuyau par une petite buse conique, détermine derrière lui (en amont) un appel ou une aspiration due au refoulement des masses gazeuses ou liquides qui se trouvent placées en aval. Si le tuyau dans lequel on détermine ainsi une aspiration plonge dans un liquide, et que la hauteur ne soit pas trop forte, il est évident que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liquide montera en vertu de cette aspiration. Le jet de vapeur, continuant son action, refoulera ensuite ce même liquide devant lui, et le mouvement deviendra continu.

Injecteur Giffard. — Les premiers appareils de ce genre ont été imaginés par M. Giffard, puis construits et perfectionnés par M. Flaud.

Ils se composent d'un corps en fonte formé de diverses parties cylindriques réunies par des brides; un tuyau amène la vapeur de la chaudière à l'injecteur; cette vapeur pénètre par une série de petits trous dans un second tuyau, qui se termine par une tuyère donnant un écoulement au fluide. Ce tuyau est relié au corps de l'injecteur par une vis à long pas, que l'on peut faire tourner au moyen d'un levier articulé à son extrémité. Dans son intérieur pénètre une tige à vis dont le bout est en forme de cône, et qui peut avancer ou reculer par le moyen d'une manivelle; l'extrémité conique, en pénétrant plus ou moins dans la tuyère, règle la sortie de la vapeur.

L'eau aspirée s'introduit autour du tuyau à vapeur, et tend à sortir par la section annulaire qui existe à l'extrémité conique de ce tuyau; elle vient là se mêler à la vapeur sortant de la tuyère, et qui imprime au mélange une partie de sa propre vitesse en rapport avec la pression de la chaudière.

Le jet liquide traverse une chambre qui communique avec un tuyau de trop-plein; un anneau percé de trous et muni d'oreilles sert, lorsqu'on le fait tourner, à boucher ou à découvrir des orifices pratiqués autour de cette chambre et permettant d'observer la marche du jet. Celui-ci pénètre dans un ajutage divergent, c'est-à-dire à orifice évasé.

Dans le tuyau qui sert à conduire l'eau injectée à la chaudière, se trouve une soupape de retenue, pour empêcher l'eau de sortir du générateur quand l'injecteur ne fonctionne pas.

Pour se servir de l'appareil, voici ce qu'on doit faire :

1° Ouvrir le robinet de prise de vapeur;

2° Imprimer un léger mouvement de rotation à la manivelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'aiguille, de manière à laisser passer une petite quantité de vapeur; cette vapeur, dans son passage rapide, a pour effet d'entraîner l'air et de faire le vide dans le tuyau d'aspiration; l'eau arrive ainsi dans l'espace annulaire qui lui est réservé;

3° Faire immédiatement plusieurs tours de la manivelle, de manière à remonter l'aiguille conique pour donner au passage de la vapeur sa section entière. Dans ces conditions, l'eau qui sortait par le tuyau de trop-plein est refoulée dans la chaudière, ce que l'on reconnaît à un sifflement particulier que produit la veine liquide en mouvement.

La quantité d'eau se règle au moyen d'un levier articulé qui commande la vis adaptée au tuyau mobile.

L'injecteur aspire comme une pompe alimentaire, mais il ne faut pas que la hauteur d'aspiration dépasse $1^{m},50$ pour les hautes pressions et 1 mètre pour les basses.

L'appareil Giffard a été imité et modifié par plusieurs constructeurs, mais le principe lui-même a été rigoureusement conservé. Je citerai deux de ces modifications.

Injecteur Bouvret. — M. Bouvret a fait en sorte de n'avoir qu'un seul réglage pour l'eau et la vapeur. Une double tuyère filetée à l'extérieur peut tourner dans un long écrou, et la partie filetée forme un joint parfait. Le canal intérieur de cette tuyère est constamment en communication avec la prise de vapeur; la tuyère extérieure porte des orifices, placés en avant d'une rondelle dont le bord dressé s'applique, quand l'appareil ne fonctionne pas, sur une saillie circulaire du tuyau de vapeur. Cette rondelle fait l'office d'une soupape.

Si l'on veut mettre l'appareil en marche, on ouvre le robinet de prise de vapeur; immédiatement un jet de fluide s'échappe par l'orifice de la tuyère intérieure, et l'aspiration de l'eau se produit : le liquide vient sortir par le tuyau de trop-plein. On tourne alors le volant, qui commande la tige fixée à la double tuyère, de manière à détacher la rondelle de son siège et à laisser passer la vapeur par les orifices de la tuyère extérieure. On con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tinue à tourner jusqu'à ce que l'eau ne coule plus par le trop-plein, ce qui indique que l'alimentation a lieu régulièrement.

Injecteur Wabe et Cuau. — Cette modification de l'injecteur Giffard est récente, comme la précédente.

Au-dessus de la chambre d'aspiration, on a disposé un tuyau surmonté d'un petit réservoir sur lequel vient se brancher le tuyau d'aspiration. Au point de jonction se trouve un robinet à trois eaux, qui permet de mettre le réservoir en communication soit avec le tuyau d'aspiration, soit avec le corps de l'injecteur, soit enfin de relier ce dernier au tuyau d'aspiration. Par le moyen d'une disposition particulière du robinet de vapeur, on peut envoyer la vapeur dans le réservoir, sans la faire pénétrer dans la tuyère, et réciproquement; la tuyère est sans aiguille; l'arrivée de l'eau se règle par le déplacement de la tuyère, qui est produit dans un sens ou dans l'autre en agissant sur un petit volant.

L'ajutage de sortie est percé de trous qui servent à faire arriver l'eau latéralement de manière à faciliter son mélange avec la vapeur.

Pour la mise en train, le petit réservoir étant mis en communication avec le tuyau d'aspiration, on y fait arriver la vapeur, qui va se condenser dans la bâche d'alimentation en chassant l'air. On ferme la communication entre le réservoir et le corps de l'appareil; l'eau descend et vient sortir par un trop-plein latéral muni d'un clapet. On ouvre alors le robinet de vapeur, et l'on fait communiquer le tuyau d'aspiration avec le corps de l'appareil; l'alimentation se fait alors d'une manière continue; elle est réglée en donnant à la tuyère la position convenable.

L'injecteur Wabe et Cuau peut aspirer l'eau jusqu'à une hauteur de 3 mètres.

Conclusions. — Toutes les modifications faites à l'injecteur Giffard sont encore trop nouvelles pour qu'on puisse dire que les avantages annoncés par les divers constructeurs ont été réel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lement sanctionnés par la pratique. En conséquence, je suis d'avis que, dans l'étatactuel de la question, si l'on a besoin de faire l'application d'un injecteur alimentaire, c'est le système Giffard qui doit être préféré.

3° ALIMENTATEURS AUTOMOTEURS ET RÉGULATEURS D'ALIMENTATION.

Considérations générales. — Les pompes alimentaires ne fonctionnent pas avec une régularité telle qu'on soit dispensé de les surveiller pour s'assurer qu'elles fournissent bien l'eau nécessaire à la marche et à la sûreté du générateur. Il peut arriver, par exemple, que les clapets sortent de leurs sièges ou soient mal fermés, ou bien qu'après un certain temps d'arrêt, la pompe soit désamorcée.

Pour obvier à ce travail incertain des pompes, les ingénieurs ont cherché à établir des appareils dont les fonctions soient intimement dépendantes de la hauteur même du niveau de l'eau dans la chaudière, qui réglerait alors elle-même son gain sur sa perte. C'est à ce genre d'appareils qu'on a donné le nom d'alimentateurs automoteurs.

Le fonctionnement des régulateurs d'alimentation est également automatique, c'est-à-dire dépendant du niveau de l'eau dans la chaudière, mais il a simplement pour effet de permettre ou d'empêcher, en temps voulu, l'entrée de l'eau refoulée par la pompe alimentaire.

On a imaginé un grand nombre de ces appareils automoteurs, mais l'usage en est peu répandu, parce que leur fonctionnement ne saurait être infaillible et que, par suite, la sécurité n'est pas plus complète qu'avec la pompe généralement employée.

Alimentateur automoteur Macabiès. — Comme alimentateur automoteur nouveau, je citerai celui qu'expose M. Vorutz, de Nantes, et qui est construit d'après les modèles de M. Macabiès.

Un récipient cylindrique, terminé par des calottes sphériques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est mis alternativement en communication avec un réservoir supérieur contenant de l'eau, par une soupape, et avec le tuyau d'alimentation de la chaudière, par une autre soupape. Un flotteur, de forme lenticulaire, placé dans la partie cylindrique de l'appareil, est traversé par une tige munie d'un taquet à chaque extrémité; cette tige est articulée à un levier qui agit sur un petit tiroir cylindrique équilibré au moyen d'un levier extérieur portant un contrepoids.

Ce tiroir sert à faire passer la vapeur, qui arrive de la chaudière par un tuyau spécial, alternativement aux deux extrémités et à l'intérieur d'un cylindre de distribution, dans lequel se meut un piston à deux corps montés sur une tige unique. Les deux orifices de distribution communiquent, l'un par un canal avec le récipient, et l'autre avec le réservoir d'eau par un tuyau qui sert à l'échappement de la vapeur de manière à chauffer l'eau d'alimentation.

Quand, par le jeu du tiroir, la vapeur pénètre dans le récipient plein d'eau, la soupape du réservoir se ferme, et celle de la chaudière s'ouvre sous la pression de l'eau, qui s'écoule, puisqu'il y a alors équilibre. Le flotteur descend et vient reposer, après l'écoulement complet, sur le taquet inférieur de la tige.

Le levier s'abaisse sous le poids du flotteur et fait monter le tiroir cylindrique; la vapeur s'échappe de la partie supérieure du cylindre de distribution et pénètre dans la partie inférieure; le piston double est poussé vers le haut, et l'orifice d'échappement est mis en communication avec l'intérieur du récipient par un petit tiroir solidaire du double piston.

La pression de l'eau du réservoir fait ouvrir la soupape correspondante, tandis que celle de la vapeur ferme la soupape de la chaudière. Quand le récipient est plein d'eau, le flotteur, qui s'est élevé graduellement, agit sur le taquet supérieur de sa tige et fait monter le levier; par suite, le tiroir cylindrique s'abaisse; la vapeur renfermée dans la partie inférieure du cylindre de distribution s'échappe; la partie supérieure se remplit de vapeur venant de la chaudière, et le piston double descend, ce qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

amène la vapeur dans le récipient et la reproduction des diverses phases de la marche décrites plus haut.

L'alimentation s'effectue ainsi régulièrement, mais elle n'est pas absolument continue.

Dans le cas où l'on voudrait alimenter avec de l'eau prise à un niveau inférieur, il faudrait combiner l'appareil que je viens de décrire avec un système permettant de condenser la vapeur que contient le récipient, une fois que l'eau est entrée dans la chaudière.

Régulateur automatique d'alimentation Lethuillier et Pinel. — MM. Lethuillier et Pinel ont exposé un appareil de leur invention, au moyen duquel on peut régler automatiquement l'alimentation d'un générateur à vapeur, tout en se servant de la pompe alimentaire ordinaire.

La tige du flotteur lenticulaire, qui se trouve dans la chaudière même, commande un levier qui fait mouvoir un axe en acier, sur lequel est monté un disque mobile pouvant tourner sur un autre disque fixe. Ces deux disques sont percés d'ouvertures similaires.

Quand le flotteur descend, les ouvertures se trouvent vis-à-vis les unes des autres, et l'eau refoulée par la pompe s'introduit dans la chaudière en soulevant un clapet de retenue; si, au contraire, le flotteur remonte, les vides d'un disque se présentent en face des pleins de l'autre, et l'eau, ne trouvant plus de passage, revient en arrière par une soupape de retour d'eau fixée entre la pompe alimentaire et l'appareil.

L'axe du disque mobile porte un cône qui empêche la vapeur de pénétrer dans la chambre où se trouve le régulateur d'alimentation, de sorte qu'en faisant faire un quart de tour à un robinet convenablement disposé, il suffit de dévisser l'écrou d'un obturateur pour visiter et nettoyer l'intérieur; on ferme d'ailleurs la valve de retenue destinée à empêcher l'eau de la chaudière de remonter dans l'appareil, et l'eau d'alimentation va directement au générateur sans passer par le régulateur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Conclusions. — Quelque assuré que puisse paraître le jeu des appareils automatiques d'alimentation qui ont été inventés et mis en essai, je n'en recommanderai pas l'emploi.

En vertu même de la régularité du fonctionnement qu'on leur attribue, et qui ne peut jamais être infaillible, ils doivent forcément avoir pour effet de suspendre l'attention du chauffeur, placé ainsi dans un état de sécurité qui peut devenir trompeuse et avoir les conséquences les plus graves. Si, au contraire, il est réduit aux moyens ordinaires d'alimentation, qu'il doit mettre en marche et arrêter lui-même, le chauffeur se trouve nécessairement engagé à exercer une surveillance régulière, qui est une partie intégrante de son travail.

4° APPAREILS DE SÛRETÉ.

INDICATEURS DE NIVEAU D'EAU.

Considérations générales. — Dans toutes les chaudières à vapeur, quel que soit leur usage, il est très important de connaître à chaque instant la hauteur du niveau de l'eau, sous le double rapport de la sécurité et de la continuité du service. Ce niveau est généralement réglé à dix centimètres environ au-dessus de la partie supérieure des carneaux, et doit très peu s'écarter de ce point, de façon que jamais à l'intérieur du générateur aucune partie non baignée par l'eau ne se trouve en contact avec le courant des gaz chauds. Il ne faut pas non plus que le niveau s'élève trop, car la capacité réservée à la vapeur diminuerait sensiblement; il y aurait par suite entraînement d'eau, et il pourrait même arriver que la quantité d'eau froide fournie par l'alimentation dépassât celle vaporisée par le foyer, de sorte qu'il ne serait pas possible de tenir en pression.

Les indicateurs de niveau qui figurent à l'Exposition ne sont pas nouveaux; je donnerai néanmoins quelques indications sur les plus intéressants d'entre eux, en commençant par ceux qui sont basés sur l'emploi de tubes en verre ou en cristal.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Indicateur Dupuch. — La forme générale de l'indicateur Dupuch se rapproche beaucoup de celle de l'indicateur à tube de cristal ou de verre, dont l'usage est encore le plus répandu ; seulement il est muni de deux clapets, placés, l'un au-dessus, l'autre au-dessous du tube transparent, et qui se ferment instantanément et automatiquement de manière à empêcher toute sortie d'eau ou de vapeur lorsque le tube vient à se briser. Il faut avoir grand soin de faire manœuvrer fréquemment le robinet purgeur, afin que le tartre et les autres impuretés de l'eau ne viennent pas gêner le fonctionnement des clapets.

Indicateur avec porte-tube séparateur Damourette. — M. Damourette construit, sous le nom de *porte-tube séparateur*, un appareil qui se compose d'une bouteille cylindrique placée verticalement, avec ou sans robinets de jauge, et renfermant une cloison longitudinale qui sépare l'eau de la chaudière de celle du tube. Cette cloison est percée de deux orifices, de sorte que l'eau peut passer d'un compartiment dans l'autre et se mettre de niveau dans les deux. L'un des compartiments sert de chambre pour la concentration des dépôts ; ceux-ci sont évacués par un robinet de vidange, placé à la partie inférieure.

A l'aide de ces dispositions, le tube reste propre, ne subit que de faibles variations de température et se conserve.

Il faut observer que le tube ne fournit plus d'indications au-dessous du niveau de l'orifice inférieur de la cloison, puisque l'eau reste, dans tous les cas, au moins à cette hauteur dans le tube. C'est là un inconvénient qui ne manque pas de gravité. On peut ajouter dans le cylindre du porte-tube un flotteur avec sifflet d'alarme, mais alors le prix de l'appareil devient très élevé.

Garde-tube pour niveau d'eau. — M. Guichard expose un appareil imaginé par M. Collet et destiné à éviter les ruptures des tubes de niveau d'eau, qui se produisent fréquemment, soit par suite de chocs, soit par différence de dilatation; mais le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principal avantage me paraît être dans l'obstacle présenté à la projection des éclats de verre.

Ce garde-tube est formé d'un grillage cylindrique en fil de laiton, qui enveloppe le tube de niveau, et dont la construction est combinée de manière que le réseau protecteur soit extensible et contractile tant en longueur qu'en diamètre.

Les anneaux qui se trouvent aux extrémités sont maintenus à un écartement convenable par trois tiges à coulisse qui, par leur allongement, servent à faire adhérer le grillage sur le tube de niveau d'eau.

On peut reprocher au garde-tube Collet d'être gênant pour la constatation de la ligne de niveau d'eau dans le tube qu'il enveloppe.

Une deuxième catégorie comprend les indicateurs magnétiques ou métalliques.

Indicateur magnétique Lethuillier et Pinel. — L'indicateur magnétique de MM. Lethuillier et Pinel se compose d'une boîte carrée en cuivre fondu, à l'intérieur de laquelle se meut un puissant barreau d'aimant, placé en haut d'une tige qui porte, à sa partie inférieure, un flotteur creux de forme lenticulaire.

Le flotteur, sa tige et la barre d'aimant constituent un ensemble indépendant, qui s'élève ou s'abaisse avec le niveau de l'eau. Les fluctuations sont rendues visibles à l'extérieur par une aiguille en fer, isolée de tout support mécanique, mais qui est maintenue par l'action de l'aimant qui s'exerce à travers la paroi de la boîte fermée. Cette aiguille parcourt les divisions d'une échelle graduée en centimètres, dont le zéro correspond au niveau normal de l'eau dans la chaudière.

Si le flotteur et son aimant atteignent une position inférieure anormale, la tige du flotteur agit sur un petit mécanisme de renvoi disposé à l'intérieur de la boîte et communique avec une petite soupape par laquelle la vapeur s'échappe et vient agir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur un sifflet. De même, si le flotteur remonte trop haut, un autre sifflet entre en fonction par les mêmes moyens que le premier.

Indicateur magnétique Perrotte. — Dans l'indicateur magnétique de M. Perrotte, la tige du flotteur porte à sa partie supérieure un coulisseau maintenu dans un guide qui dirige son action verticale; ce coulisseau est fortement serré contre la tige au moyen d'une vis de pression dont la tête, cylindrique, est allongée pour pouvoir s'engager dans la rainure d'un levier claveté sur la tringle horizontale qui porte l'aimant.

Lorsque cet aimant, qui a la forme d'un fer à cheval, vient à tourner, ses deux branches se meuvent à frottement doux sur le fond de la boîte, contre laquelle il est maintenu par un ressort à boudin.

Les deux pôles agissent, à travers la paroi de la boîte, sur un barreau en fer doux. Ce barreau, suspendu à son centre par un pivot, porte l'aiguille indicatrice, qui se divise en deux branches prolongées sur la face d'un double cadran. L'ensemble forme une aiguille équilibrée, qui n'offre aucune résistance à l'action de l'aimant, dont elle suit tous les mouvements.

Une came solidaire de l'axe qui porte l'aimant agit sur la tige du clapet, qui donne issue à la vapeur pour faire résonner le sifflet.

Le cadran, émaillé, est divisé en trois parties teintées de couleurs différentes et dont les lignes de séparation correspondent aux limites de sécurité.

Indicateur métallique Chaudré. — M. Chaudré construit un indicateur de niveau d'eau qu'il qualifie de *métallique*.

L'appareil se compose d'un tube en métal, soudé extérieurement dans un bouchon fortement vissé sur une tubulure que porte la chaudière. Une tige en acier, soudée à la partie inférieure et à l'intérieur du tube métallique, ferme ce tube et fait corps avec lui. Aucune fuite ne peut avoir lieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un flotteur de forme lenticulaire, suivant les fluctuations de l'eau, transmet ses oscillations, au moyen d'une fourchette, à l'extrémité supérieure de la tige en acier, qui vient s'engager dans la rainure hélicoïdale d'un petit tambour, sur l'axe duquel se trouve fixée l'aiguille donnant les indications de niveau de l'eau sur un cadran disposé à cet effet.

Conclusions. — Tous les appareils que je viens de décrire sont certainement ingénieux et assez pratiques, mais je ne crois pas qu'ils présentent des garanties sensiblement plus grandes que les tubes de niveau d'eau ordinaires et les sifflets d'alarme qui sont exigés par les règlements administratifs. Du reste, ils sont en général d'un prix élevé. L'indicateur magnétique Lethuillier-Pinel est de beaucoup le plus répandu.

5° MANOMÈTRES MÉTALLIQUES.

Les manomètres exposés dans la grande galerie des machines se rapprochent tous plus ou moins des types connus depuis longtemps. Leur fonctionnement est fondé sur le principe de l'élasticité métallique, appliqué à peu près comme dans l'appareil auquel M. Bourdon a donné son nom.

Manomètre Bourdon. — C'est en 1849 que M. Eugène Bourdon imagina de mettre en pratique une propriété mécanique qu'il avait découverte. Il s'agit du phénomène qui se produit quand on fait varier la pression dans l'intérieur d'un tube contourné sur lui-même et dont la section n'est pas circulaire. Si l'on augmente la pression, le tube se redresse, et il se courbe au contraire davantage si la pression vient à diminuer.

Dans le manomètre usuel, le tube a une section transversale de forme elliptique ; quand la pression de la vapeur venant de la chaudière monte, cette section tend à s'arrondir, et en même temps le tube contourné se redresse. En cas de baisse dans la pression de la vapeur, un effet inverse se produit, c'est-à-dire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le tube s'aplatit davantage, et la courbure générale augmente. Un organe indicateur, disposé pour faire connaître la valeur des mouvements du tube pour toutes les pressions différentes qu'il subit, complète l'instrument.

Je citerai encore deux autres manomètres qui sont assez répandus, et dont la construction diffère assez notablement de celle du type Bourdon.

Manomètre Desbordes. — Dans le manomètre Desbordes la pression de la vapeur s'exerce sur la tête d'un petit piston par l'intermédiaire d'une membrane en caoutchouc vulcanisé, qui est destinée à isoler la vapeur des pièces du mécanisme. Ce piston agit, de son côté et par l'extrémité opposée, sur le milieu d'une petite lame d'acier trempé, dont les flexions correspondent par leur amplitude plus ou moins grande à l'intensité de la pression de la vapeur.

Ces variations sont rendues plus sensibles au moyen d'un mécanisme qui transmet la flexion de la lame à une aiguille se mouvant circulairement sur un cadran divisé, et dont les mouvements sont multipliés dans un rapport suffisamment grand par un secteur denté engrenant avec un petit pignon monté sur le même axe que l'aiguille indicatrice.

Quand la pression cesse, l'aiguille est ramenée à son point de départ par une petite lame faisant ressort.

Manomètre Ducomet. — Le manomètre Ducomet ne contient que des organes métalliques. A la partie inférieure de la boîte, se trouve établie une capsule à fond aplati, formée d'une feuille mince de cuivre rouge, entourée de chaque côté d'une feuille d'argent pur. Les trois feuilles n'en font qu'une, parce qu'elles ont été unies à chaud et laminées un grand nombre de fois. L'argent pur a pour but d'éviter toute altération de la capsule, sur laquelle vient reposer un bouton fixé à un ressort circulaire en acier qui se trouve bridé à sa partie supérieure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un tube met la chaudière en communication avec la capsule; sous l'influence de la pression de la vapeur, celle-ci se gonfle, repousse le bouton qui s'appuie sur elle, et par suite le ressort s'infléchit. Cette flexion est transmise à une aiguille indicatrice par un mécanisme.

Lorsque la pression cesse ou diminue, le ressort se détend en refoulant la capsule par l'intermédiaire du bouton, et l'aiguille suit cette variation.

Les trois manomètres métalliques que je viens de décrire sont bons, et l'usage en est très répandu; mais c'est encore à celui de Bourdon que je donnerais la préférence. La présence d'une membrane en caoutchouc dans le manomètre Desbordes peut présenter des inconvénients, parce qu'on n'est jamais parfaitement sûr qu'elle conservera sa flexibilité.

6° RÉCHAUFFEURS DE L'EAU D'ALIMENTATION.

Considérations générales. — Quand une machine marche sans condensation, la chaleur que la vapeur renferme au moment de sa sortie du cylindre peut être utilisée, par différentes méthodes, pour élever à une certaine température l'eau d'alimentation.

Le plus souvent on s'arrange de manière que la vapeur d'échappement passe dans un faisceau tubulaire que contient un réservoir où circule l'eau que la pompe alimentaire vient aspirer; mais on peut aussi chauffer le liquide en le faisant arriver dans une capacité fermée que traverse la vapeur.

Je citerai encore un moyen de réchauffer l'eau d'alimentation qui est applicable partout où il y a un excès de tirage, comme cela a lieu généralement dans les cheminées bien construites. On utilise dans ce cas la chaleur perdue des gaz se rendant à la cheminée. L'échauffement est souvent opéré dans des bouilleurs réchauffeurs placés, soit à la suite, soit au-dessous ou sur le côté du générateur, mais on peut aussi l'obtenir au moyen de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faisceaux de tubes de 10 à 12 centimètres de diamètre, qui reçoivent l'eau refoulée par la pompe alimentaire et la font ensuite passer dans la chaudière.

Economiser Green. — Un appareil réchauffeur fondé sur ce dernier principe est exposé dans la section anglaise, où il est désigné sous la qualification d'*Economiser Green*. Il se compose d'une série de tuyaux de $0^m,12$ de diamètre et de 5 mètres de hauteur, destinés à être placés verticalement dans une portion du canal principal de fumée, entre les chaudières et la cheminée.

L'eau d'alimentation, refoulée par la pompe dans la partie inférieure de ces tubes, les traverse tous et vient sortir à la partie supérieure, pour se rendre ensuite aux chaudières. Cette eau peut atteindre ainsi une température de 125 degrés.

La principale difficulté qui se présente dans ce genre d'appareils résulte de la formation constante d'une couche de suie à l'extérieur des tubes réchauffeurs, ce qui empêche la transmission du calorique.

Dans l'appareil qui nous occupe une disposition mécanique sert à mettre en mouvement des racloirs ou grattoirs qui empêchent le dépôt de suie de se former, et les parois des tubes conservent ainsi leur conductibilité. Ces grattoirs sont formés par des demi-cercles trempés sur les bords, reposant librement par le milieu et travaillant à chaque bout contre les tubes, dont en s'usant ils épousent de mieux en mieux la forme.

L'Economiser Green est en usage en Angleterre, en Allemagne et en Alsace, mais, pour l'installer, il faut pouvoir disposer d'un vaste espace, car il est très encombrant.

Réchauffeur Roche. — M. Hermann-Lachapelle a appliqué un réchauffeur, qui fonctionne par le mélange de la vapeur et de l'eau dans une capacité fermée, à sa machine demi-fixe verticale de 15 chevaux qui fournit la force motrice dans une des annexes de la berge du quai d'Orsay.

L'appareil dont il s'agit est du système Roche, perfectionné par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Vivet, qui le construit. Il se compose d'une bâche cubique en tôle, avec couvercle formant joint, et munie, à sa partie inférieure, d'un double fond dans lequel arrive d'abord la vapeur d'échappement.

L'eau froide se rend dans la bâche par un tuyau qui traverse le couvercle; elle s'y élève jusqu'à une certaine hauteur, réglée à l'avance et dont un robinet à flotteur assure la fixité. La vapeur qui se trouve dans le double fond passe dans un tuyau vertical d'abord, puis cintré, et arrive ainsi à traverser le couvercle de la bâche, pour déboucher au-dessus de la nappe d'eau froide. Une partie de cette vapeur se condense en réchauffant l'eau, et l'excédent s'échappe dans l'atmosphère.

L'eau d'alimentation, chauffée par le bas et par le haut, peut ainsi atteindre une température très voisine de celle de l'ébullition.

Les dépôts calcaires se forment très abondamment dans la bâche, et leur proportion dans le générateur se trouve par suite diminuée d'une manière notable.

7° JOINTS DE VAPEUR.

Joints au mastic de minium. — Le mastic de minium, composé de minium, de blanc de céruse et d'huile, est d'un usage très répandu pour faire les joints de vapeur. Celui qui est fabriqué d'après la formule Lange-Allain est employé à Billy depuis 15 ans, et nous n'avons rien trouvé de mieux jusqu'ici.

Joints métalliques. — Les joints métalliques sont faits en plomb; ils diffèrent entre eux, suivant les systèmes, par la forme sous laquelle ils sont livrés par les fabricants.

M. Barreau-Pinchon expose des joints striés ou cannelés; il les livre en disques de diamètres variés, suivant les besoins.

Les joints de M. Leblanc consistent simplement en rondelles découpées à l'emporte-pièce dans des feuilles minces de plomb.

MM. Petit et Magniat ont tous deux adopté la disposition en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

baguettes creuses de diamètres divers. On coupe dans ces baguettes une longueur représentant le développement de la circonférence du joint pris à l'intérieur des boulons, plus environ deux centimètres pour le croisement de la jonction.

M. Magniat place dans ses joints une âme en mèche de coton. La malléabilité du métal et la résistance de l'âme élastique forcent le joint à prendre exactement l'empreinte des surfaces sur lesquelles il est appliqué.

Le point délicat de l'emploi de ces joints en baguettes est dans la jonction des deux extrémités; si cette opération n'est pas faite avec le plus grand soin, il se déclarera très rapidement une fuite en cet endroit.

Les joints métalliques, qui ont l'avantage d'une prompte application, ne réussissent pas toujours sur des parties non dressées. Il faut aussi qu'ils soient à l'abri d'une trop grande élévation de température et des effets de dilatation. Ils peuvent surtout être utiles pour les tuyaux d'un très petit diamètre, qui sont quelquefois bouchés par le mastic qui sert à faire le joint, quand on arrive à serrer les boulons d'assemblage.

Joints en caoutchouc, en carton-feutre d'amiante, etc. — MM. Torrilhon et Verdier fabriquent des bandes de caoutchouc, de largeur et d'épaisseur variables, avec âme en toile métallique ou en toile de chanvre. Ces produits peuvent être utilement employés pour les joints de vapeur. On découpe dans les bandes des rondelles d'après les diamètres dont on a besoin. Il est plus commode de faire confectionner des rondelles spéciales par le fabricant. La dépense est, il est vrai, un peu plus élevée, mais on évite ainsi les déchets.

Une compagnie anglaise, représentée à Paris par M. Pearse, expose des échantillons d'un carton-feutre d'amiante qui peut servir aux mêmes usages que le caoutchouc, mais coûte plus cher. Ce produit est livré en feuilles, rondelles ou segments.

Le cuir-feutre plastique de M. Perroncel aîné est composé d'une feuille de feutre durci soudée à une feuille de feutre souple de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même épaisseur. Quand il le faut, on emploie un feutre triple, formé de deux parties souples séparées par une partie durcie, ou, inversement, de deux parties durcies et d'une partie souple. Si on le désire, on peut en outre interposer une âme en toile de chanvre ou en toile métallique.

Les divers systèmes de joints dont je viens de parler en dernier lieu sont employés plus ou moins couramment dans l'industrie ; mais leur prix est sensiblement plus élevé que celui du mastic de minium, qu'ils ne peuvent pas d'ailleurs remplacer d'une manière absolue. Je suis, en conséquence, d'avis que l'Administration a tout intérêt à continuer l'emploi du mastic Lange.

Quant aux joints métalliques et autres, utilisables dans certains cas particuliers, celui dont je conseillerais volontiers l'usage est le caoutchouc vulcanisé avec âme en toile métallique.

8° ENVELOPPES CALORIFUGES POUR CONDUITES DE VAPEUR.

Considérations générales. — Il est très important de maintenir à la vapeur la pression et le degré de chaleur qu'elle a acquis dans la chaudière, et de pouvoir la conduire sans refroidissement jusqu'aux points où elle doit produire son effet utile. Pour obtenir ce résultat, on est obligé d'envelopper les tuyaux avec des matériaux mauvais conducteurs du calorique, de manière à empêcher le rayonnement et la déperdition de la chaleur et à supprimer par conséquent la condensation qui se produit, et d'où résulte une dépense inutile de combustible.

Les enveloppes de conduites de vapeur se font avec du bois, du feutre, du liège, des torons de paille et surtout avec des mastics dits calorifuges, dans lesquels on fait entrer de la terre glaise et de la bourre de vache.

Enveloppe isolante en bois Gay. — M. Degremont a appliqué sur les tuyaux de vapeur de trois des machines motrices de la galerie du Champ de Mars un système d'enveloppe isolante ima-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

giné par M. Gay, et qui consiste en une série de petites baguettes prismatiques en bois collées jointivement sur une bande de toile.

Ces baguettes sont découpées suivant un gabarit qui permet d'obtenir leur juxtaposition sur les tuyaux qu'elles doivent envelopper.

L'application sur les parties rectilignes est très simple, mais il n'en est pas de même pour les parties coudées. En outre, ce système doit forcément présenter l'inconvénient que l'on constate quand on fait emploi de lattes en bois pour couvrir les cylindres à vapeur.

Le bois en contact direct avec une surface métallique fortement chauffée se carbonise et se désagrège.

Tissu feutre antirayonnant Gaudefroy. — L'inconvénient que je viens de signaler se produit également avec le liège et le feutre. Pour y remédier en ce qui concerne ce dernier, M. Gaudefroy a imaginé d'adapter à ses tissus feutres une armature métallique, composée d'un fil de fer tourné en spirale de manière a empêcher le contact direct du tissu avec le tuyau surchauffé.

Laine de scorie. — Le produit auquel on a donné le nom de laine de scorie, et sur lequel l'attention a été appelée dans ces derniers temps, pourra sans doute rendre des services comme substance isolante, notamment pour les cylindres et les dômes à vapeur.

Mastics calorifuges. — Les mastics dits calorifuges sont très employés. Plusieurs industriels, MM. Magniat, Delacoux, Pollock, Leroy, Petit, en fabriquent, mais ces divers produits sont tout à fait similaires du ciment non conducteur Alexander, qu est appliqué depuis quatre ans aux conduites de vapeur de Billy.

Ce ciment est composé de terre glaise, de suie, de bourre de vache; ces matières sont agglomérées au moyen d'un corps gras et de colle forte. M. Alexander fait l'application de son produit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par couches successives. La première est posée directement sur la surface métallique; quand elle est à peu près sèche, on pose la seconde, dans laquelle on enfonce de toute leur épaisseur de petites lattes en bois, qu'on maintient en plaçant de distance en distance des liens en fil de fer recuit. Une dernière couche sert surtout à égaliser la surface extérieure, et l'opération est complétée par deux couches de goudron.

9° GARNITURES DES PRESSE-ÉTOUPES.

Considérations générales. — Les tiges des pistons à vapeur et des tiroirs de distribution, ainsi que celles des valves d'admission ou des cames de détente, traversent des boîtes dites presse-étoupes. Pour fermer hermétiquement les issues autour de ces tiges en mouvement, qui sortent d'un milieu ne devant avoir aucune communication avec l'extérieur, on remplit les presse-étoupes de filasse de chanvre, de cordes molles, de chiffons ou de toute autre matière compressible, que l'on tresse et qu'on enroule autour des tiges, après les avoir préalablement trempés dans du suif fondu. Ensuite on comprime le tout au moyen d'une espèce de bouchon creux, que les tiges traversent et qui est muni d'oreilles à travers lesquelles passent des boulons avec écrous. C'est en agissant sur ces écrous que l'on fait avancer le bouchon.

Les garnitures de ce genre s'usent assez vite, soit parce qu'elles perdent leur élasticité, soit parce qu'elles se calcinent au contact de la vapeur; aussi a-t-on cherché à fabriquer des matières ne présentant pas ces inconvénients et susceptibles d'être employées comme celles énumerées ci-dessus. J'en citerai deux exemples.

Garniture autolubrifiante Mac-Kean. — Dans les garnitures Mac-Kean on trouve une réunion de petites mèches carrées en coton, saupoudrées de talc et renfermées dans une gaine grossièrement tissée, également en coton et imbibée de suif. Cette première enveloppe est recouverte elle-même d'une seconde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gaine de même, nature mais tissée plus finement et enduite de paraffine.

L'emploi facultatif de ces garnitures a été autorisé en 1869, à la suite des essais faits sur les presse-étoupes de la machine motrice du moulin de Billy.

Garniture d'amiante. — Les mèches de coton que je viens de décrire ne résistant pas d'une manière tout à fait absolue aux effets de calcination, on a eu l'idée de leur substituer des fibres d'amiante, qui ont l'avantage d'être incombustibles; malheureusement le prix d'achat se trouve augmenté dans une proportion qui dépasse sensiblement l'économie réalisée par suite d'une plus longue durée.

Toutes les garnitures fibreuses que j'ai citées jusqu'ici ont l'inconvénient d'amener une dépense inutile de force, par suite de la nécessité où l'on est de les serrer très fortement contre les tiges, ce qui occasionne des frottements considérables. Diverses tentatives ont été faites pour y substituer des garnitures métalliques, mais jusqu'ici on n'a pas obtenu des résultats assez complets pour songer à en généraliser l'emploi. J'ai cependant remarqué une garniture de ce genre appliquée à la machine de la Compagnie de Fives-Lille, qui fournit une partie de la force motrice dans la grande galerie du Champ de Mars. Cette garniture a été imaginée par M. Pile, et me paraît devoir donner de bons résultats.

Garniture métallique Pile. — Une pièce cylindrique en bronze est alésée dans la plus grande partie de sa hauteur au diamètre de la tige qui doit la traverser; à la partie supérieure, l'alésage est plus grand, et disposé de manière qu'on puisse y loger une bague conique à l'extérieur, et placer par-dessus cette bague deux autres bagues cylindriques. Toutes trois ont un diamètre intérieur exactement égal à celui de la tige, soit du piston, soit du tiroir.

Sur la première pièce que je viens de décrire, et qui est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munie d'oreilles, on en place une seconde, filetée à l'intérieur, de manière à pouvoir servir d'écrou à une troisième pièce, qui sert à presser sur les trois bagues superposées pour forcer la bague conique à s'appliquer toujours parfaitement sur la tige.

Au-dessus des bagues, on ménage dans la paroi cinq ou six gorges destinées à couper l'action de la vapeur, de telle sorte que les segments métalliques sont lubrifiés précisément par l'eau qui est fournie par la condensation de cette vapeur.

Les bagues sont composées avec un alliage très doux de plomb, d'étain et d'antimoine.

Obturateur Chaudré. — M. Chaudré a inventé un système de garniture en caoutchouc qui est spécialement applicable aux presse-étoupes que traversent les tiges des valves d'admission ou des cames de détente.

La portion de la tige qui se trouve dans la boîte à étoupes est munie à son extrémité d'un petit manchon spécial portant une gorge; sur ce manchon, on engage une gaine en caoutchouc assez longue pour se prolonger jusqu'à l'embase intérieure du bouchon fixe de la boîte. Ce bouchon, traversé par la tige, porte aussi une gorge. La gaine se trouve ainsi serrée à ses deux extrémités. Elle est d'ailleurs pressée contre la tige et le bouchon par la vapeur qui pénètre dans la boîte, et il ne peut, par suite, pas y avoir de communication avec l'extérieur.

Quant au mouvement rotatif de la tige, qui n'est que de peu d'étendue dans l'un ou l'autre sens, il peut se faire sans aucun effort, puisqu'il ne s'agit que de produire une légère torsion de la gaine en caoutchouc.

10° GRILLES ET CHEMINÉES.

Grille mécanique et cheminée en tôle sans haubans. — La Compagnie de Fives-Lille a établi dans un bâtiment spécial deux générateurs ayant chacun 120 mètres carrés de surface de chauffe, et qui fournissent la vapeur nécessaire à une partie de la force

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

motrice dans la grande galerie des machines. Ces générateurs sont à foyer rectangulaire et à faisceau tubulaire du type en usage dans les locomotives. Le foyer de l'un d'eux est pourvu d'une grille du système Wackernie, qui est basé sur le mouvement de levée et de descente des barreaux opéré mécaniquement et faisant l'office d'un clavier qui rompt et détache les mâchefers d'un bout à l'autre des barreaux. Ce tisonnage mécanique s'exécute bien, mais il faut observer qu'un mécanisme disposé pour ce genre de travail est toujours, quelque simple qu'il soit, exposé à se désorganiser promptement, par suite de sa position très rapprochée du foyer.

Le tirage pour les deux générateurs se fait dans une cheminée unique, en tôle d'un centimètre d'épaisseur, et qui n'a pas moins de 30 mètres de hauteur au-dessus du sol. Cette cheminée repose sur un socle en fonte, et sa stabilité est assurée par les boulons de fondation, sans le secours de haubans. Ce système est nouveau et peut rendre des services, surtout pour une installation qui aurait besoin d'être menée avec une rapidité exceptionnelle.

§ 6. — ORGANES DES TRANSMISSIONS DE MOUVEMENT.

1° PALIERS GRAISSEURS.

Considérations générales. — Un bon graissage, c'est-à-dire l'interposition constante de matières grasses entre les parties frottantes d'une transmission de mouvement ou d'une machine motrice, est très important pour la conservation des organes et la diminution des frottements qui absorbent de la force inutilement.

Il existe un grand nombre de modèles de paliers graisseurs, dont la construction comporte à peu près uniformément un réservoir d'huile; mais les moyens d'amener l'huile de ce réservoir sur les parties à lubrifier sont très variés. Ils sont basés, les uns

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'emploi de mèches agissant par capillarité, les autres sur des dispositions mécaniques plus ou moins simples.

Ces paliers, quel que soit leur système, ont jusqu'ici trouvé un obstacle à la généralisation de leur emploi dans leur prix élevé. D'un autre côté, il ne faut pas croire que la même quantité d'huile puisse servir, sans être renouvelée, aussi longtemps que veulent bien l'affirmer les inventeurs des divers systèmes connus. En supposant même qu'il ne se produise jamais d'échauffement dans les parties frottantes, il n'est pas douteux qu'à la suite de frictions multipliées, lors du passage entre les coussinets et la portée de l'arbre, l'huile doit s'épaissir, et perdre, plus ou moins rapidement, ses propriétés lubrifiantes.

Palier double graisseur G. Thiébault, et palier à graissage bilatéral Casalonga. — Ces deux paliers sont munis d'un réservoir d'huile dans lequel plongent des mèches qui aspirent la matière lubrifiante et la distribuent sur les parties frottantes. Ces mèches viennent aboutir à des ouvertures pratiquées dans les coussinets et dont les bords sont coupés de telle sorte, que l'arbre ne peut pas entraîner la mèche, quel que soit le sens du mouvement de rotation.

M. Casalonga n'emploie que deux mèches, aspirant l'huile de bas en haut et placées latéralement, une de chaque côté de l'arbre, tandis que M. Thiébault ajoute une troisième mèche, qui aboutit à la partie inférieure du coussinet.

Palier graisseur à hélice Béthouard. — L'arbre de transmission porte une roue hélicoïdale qui commande un petit pignon calé sur l'axe d'une hélice légèrement inclinée, et qui prend l'huile dans le réservoir à une hauteur convenable pour que le liquide soit toujours bien débarrassé des poussières et impuretés. L'huile ainsi remontée s'écoule par de petites rigoles entre l'arbre et les coussinets et retombe dans le réservoir.

Paliers Caen et Bourdon. — Les paliers graisseurs de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Caen et de M. Bourdon ont entre eux une certaine analogie. Dans l'un comme dans l'autre, une rondelle en fer, fixée concentriquement à l'arbre, plonge dans le réservoir d'huile; elle entraîne avec elle une certaine quantité d'huile, qui est arrêtée par une raclette disposée *ad hoc*, puis dirigée sur la portée de l'arbre au moyen de petites gouttières.

Dans le palier Caen la quantité d'huile que peut entraîner la rondelle est réglée par une ouverture ménagée dans un auget en bronze, qu'un ressort applique constamment contre elle.

Palier graisseur Hignette. — M. Hignette expose un palier graisseur dans lequel il y a deux réservoirs d'huile, l'un à la partie inférieure, l'autre placé latéralement. Ces réservoirs communiquent, au moyen de tubes inclinés, avec une rainure hélicoïdale creusée dans le coussinet.

Quand l'arbre est en mouvement, la lubrification a lieu par l'huile, aspirée alternativement dans l'un ou dans l'autre réservoir et suivant ensuite la rainure. Si, par exemple, l'aspiration a lieu d'abord dans le réservoir latéral, le niveau du liquide s'y abaisse, tandis que, l'excédent d'huile s'écoulant dans le réservoir inférieur, le niveau s'y élève. A un moment donné, quand la différence des niveaux est convenable, l'effet inverse se produit, et par suite la lubrification est bien continue.

En le modifiant légèrement, ce système de palier peut être appliqué aux arbres verticaux.

De tous les paliers graisseurs automatiques que je viens de citer, il me semble que le plus simple et celui dont le fonctionnement est le mieux assuré est le palier Bourdon.

2° GODETS GRAISSEURS.

J'ai dit ci-dessus pourquoi l'usage des paliers graisseurs ne s'est pas généralisé jusqu'ici. Ce sont encore les godets graisseurs qu'on emploie le plus couramment. Les uns sont mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nagés dans les chapeaux des paliers, et l'huile y est puisée par des mèches qui la distribuent sur les portées des arbres; les autres, indépendants des paliers, ont des formes très variées et leur fonctionnement est basé sur l'emploi de mèches agissant par capillarité, ou bien de tiges métalliques dont l'extrémité repose sur l'arbre et le long desquelles l'huile descend, sous l'influence du léger mouvement de trépidation qui se produit quand l'arbre est en marche. Pour que le liquide lubrifiant se répartisse convenablement sur la totalité des parties frottantes, les coussinets portent, à l'intérieur, des rainures dites pattes d'araignée.

Je citerai, comme spécimens de godets graisseurs indépendants, les appareils Humblot, Michaux et Lefebvre, Bourgeois, Delacoux, Ferrand. Ce sont ces derniers qu'on emploie couramment à Billy; ils sont très simples et économiques.

On fait aussi usage, surtout pour les grosses transmissions, de graisses compactes. Quand les chapeaux des paliers ne sont pas convenablement disposés dans ce but, il faut se servir de godets spéciaux, comme ceux que construisent M. Delettrez et M. Leroy. Ces godets sont en métal et de forme cylindrique, afin qu'on puisse y faire mouvoir, en appuyant sur sa tige, un piston qui sert à amener la graisse jusque sur l'arbre par le tube dont le godet est muni à sa partie inférieure.

3° MATIÈRES GRAISSANTES.

Huiles de graissage. — Il existe un très grand nombre de variétés d'huiles de graissage, et il y en a à tout prix; mais il faut bien se garder de se laisser guider seulement par des considérations d'économie, quand il s'agit de faire un choix. Un mélange d'huiles animales et d'huiles végétales fait dans des proportions convenables, et à la condition que les matières employées seront parfaitement épurées, réalise généralement les conditions d'un bon graissage.

L'huile que M. Prudon fournit à Billy depuis deux ans donne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des résultats très satisfaisants. Elle a du reste été adoptée à la suite d'un grand nombre d'essais comparatifs faits avec des huiles présentées par d'autres fabricants.

Graisses influides. — Les graisses compactes ou influides que l'on emploie pour le graissage des organes des machines et des transmissions sont d'un usage beaucoup moins répandu que les huiles. Les plus connues sont celles que fabriquent M. Leroy, M. Saurel, M. Delettrez; elles ont été essayées à Billy, et l'on a constaté leurs bonnes qualités lubrifiantes, mais leur prix, plus élevé de 40 à 50 p. 0/0 que celui de la graisse similaire de M. Desmontils, dont on se sert depuis quinze ans, n'a pas permis de les adopter, la différence de qualité étant bien loin de compenser la grande différence de prix.

Graissage des cylindres à vapeur. — On se sert généralement de suif fondu pour graisser l'intérieur des cylindres à vapeur, mais ce mode de graissage a l'inconvénient d'amener la formation de cambouis épais pouvant occasionner l'obstruction des tuyaux de purge.

On fait, depuis quelque temps, des essais pour arriver à remplacer le suif par une huile minérale préparée à très haute température, et parfaitement débarrassée des bitumes et autres corps étrangers.

La *Valvoline* et le *Cosmolubric* qui figurent à l'Exposition universelle sont des produits de ce genre. Quand cette question sera mieux connue, il y aura lieu de faire des essais dans les cylindres des machines motrices de Billy.

4° ENGRENAGES.

La maison Piat, qui s'est fait une spécialité de la construction de tous les organes de transmissions de mouvement, expose plusieurs modèles nouveaux d'engrenages, qui peuvent être utilement employés dans un grand nombre de cas particuliers et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui permettent la substitution de roues à dents de fonte aux roues à dents de bois pour les petites et moyennes dimensions.

Je citerai notamment :

1° Les roues d'angle et pignons avec denture croisée en fonte;

2° Les roues d'angle et pignons avec denture hélicoïdale en fonte;

3° Les engrenages coniques ou droits pour mouvements de retour rapide des machines-outils;

4° Les roues droites et pignons à denture hélicoïdale en fonte marchant, soit à axes parallèles, soit à axes perpendiculaires;

5° Les roues droites et pignons à denture hélicoïdale et à chevrons en fonte marchant à axes parallèles.

5° COURROIES DE TRANSMISSION.

Les courroies placées sur les organes de la transmission générale de mouvement dans la grande galerie des machines ou figurant dans les expositions spéciales des divers fabricants peuvent être classées en quatre catégories :

1° Courroies en cuir;

2° Courroies en cuir renforcées ou doublées, soit avec des tissus végétaux, soit avec des tissus métalliques;

3° Courroies en caoutchouc;

4° Courroies en matières diverses.

Courroies en cuir. — Les courroies en cuir ne diffèrent entre elles que par les procédés employés pour faire les jonctions des bandes qui les composent.

Le procédé le plus usité est celui des coutures faites avec des lanières de cuir blanc.

On se sert aussi de rivets avec rondelles, ou de vis spéciales en cuivre, d'agrafes en fonte malléable et d'agrafes en cuir portant en saillie des pointes métalliques.

Les agrafes en fonte malléable se posent de la manière suivante : on perce dans les deux bouts de la courroie à raccorder

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des trous destinés à recevoir le nombre d'agrafes nécessaire, d'après la largeur des bandes; on rapproche ensuite les bouts de cuir, puis on met en place les agrafes, que l'on rive avec un marteau, en ayant soin qu'elles ne fassent pas saillie sur la courroie.

La pose de ces agrafes se fait très rapidement, et M. Millot, grand fabricant d'accessoires de moulins, à Zurich, assure qu'elles peuvent servir plusieurs fois.

Pour la pose des agrafes en cuir munies de pointes métalliques, voici comment on opère : on place une de ces pièces sur un bloc de bois dur et légèrement concave, de façon que les pointes soient tournées en l'air; on avance ensuite jusqu'au milieu de l'agrafe l'un des deux bouts de cuir qu'il s'agit de réunir, après avoir eu soin de le couper bien droit dans le sens perpendiculaire à la longueur; puis on prend un petit morceau de bois, que l'on pose sur la courroie et sur lequel on frappe avec un marteau jusqu'à ce que le cuir de l'agrafe et celui de la courroie soient en contact. On répète la même opération pour le second bout de cuir, après l'avoir approché aussi bien que possible du premier. Quand on a à relier des bandes dont la largeur dépasse celle des plus grosses agrafes en usage, on emploie plusieurs agrafes étroites, que l'on dispose l'une à côté de l'autre.

Les jonctions des courroies peuvent aussi être faites par le procédé du collage ou soudage, en ayant soin de couper en sifflet les surfaces à raccorder.

Pour confectionner des courroies doubles, on réunit les bandes superposées, soit au moyen de coutures ordinaires, dont le nombre est proportionnel à la largeur de ces bandes, soit par des lignes de petits clous en cuivre convenablement espacées et posées par un procédé analogue à celui qui est en usage pour les chaussures dites à vis, soit enfin par le soudage, qui consiste à coller les deux bandes l'une sur l'autre, dans toute leur étendue, au moyen d'une colle spéciale. Il est bien entendu que les joints sont entre-croisés, et la courroie terminée conserve alors

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une très grande flexibilité, parce qu'elle n'est, pour ainsi dire, formée que par une seule bande de cuir.

Parmi les maisons qui confectionnent spécialement des courroies en cuir cousues, vissées, soudées, je citerai en première ligne celle de M. Placide Peltereau, puis celles de MM. Domange, Lemierre et C^ie^ et de MM. Poullain frères.

Courroies en cuir renforcées avec des tissus végétaux ou métalliques. — MM. Auguet et Lefebvre doublent leurs courroies de cuir avec une bande de même largeur en grosse sparterie; l'assemblage est fait au moyen de talons en cuir placés sur les bords et de rivets à rondelles.

M. Villalard établit ses courroies d'une manière analogue, mais sans employer de talons en cuir.

Les courroies dites inextensibles, de M. Renoult, sont en cuir renforcé par des talons de même matière, avec interposition d'une bande d'étoffe d'acier laminé.

M. Fromage a donné le nom de courroies blindées à un système dont il est l'inventeur, et dans lequel le cuir de la courroie est doublé d'un tissu en grosses mailles de fil de fer.

Les divers systèmes que je viens de signaler ont tous l'inconvénient de donner des courroies manquant d'homogénéité, dans lesquelles les efforts de traction sont mal répartis, ce qui doit forcément amener une usure plus prompte.

Courroies en caoutchouc. — Les courroies en caoutchouc sont faites avec des bandes plus ou moins épaisses, composées, soit de caoutchouc vulcanisé sans mélange d'autres matières, soit de couches minces de caoutchouc séparées l'une de l'autre par des tissus de chanvre ou des toiles métalliques.

Les courroies de ces divers genres fabriquées par MM. Adeline, Torrilhon et Verdier, Hutchinson, etc. se comportent bien, mais n'offrent pas d'avantages appréciables sur les courroies en cuir.

Quand on est obligé de croiser une courroie en caoutchouc (ce qu'il faut éviter le plus possible), il est bon de se servir, au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point de croisement, des galets en porcelaine dont M. Adeline expose des modèles.

Courroies en matières diverses. — Les courroies de ce genre qui figurent à l'Exposition n'offrent, selon moi, aucune garantie de solidité et de durée. Je ne citerai, à titre de renseignement, que les courroies dites en crin, de M. Lichtenstein, et celles de M. Villalard, faites en grosse sparterie enduite d'un épais vernis gras.

Conclusions. — En résumé, toutes les remarques que j'ai faites m'amènent à conclure que les courroies en cuir et les courroies en caoutchouc offrent seules les garanties d'un bon service. Les premières sont celles dont l'usage est encore de beaucoup le plus répandu ; elles ne coûtent, d'ailleurs, pas sensiblement plus cher que les courroies en caoutchouc; aussi je leur donnerais la préférence dans la plupart des cas, mais l'Administration de la guerre, en particulier, aura toujours intérêt à employer exclusivement les courroies en cuir cousues, parce qu'elle peut les établir dans des conditions exceptionnelles de bon marché, à cause du bas prix de la main-d'œuvre des bourreliers militaires.

6° CÂBLES DE TRANSMISSION.

On a remarqué à l'Exposition de 1878 l'emploi des câbles en chanvre placés sur les volants à gorges multiples d'un certain nombre de machines motrices, et sur les poulies de commande correspondantes, pour transmettre le mouvement aux lignes d'arbres de transmission, soit dans la section française, soit dans les sections étrangères.

Le premier usage de ces câbles ne date guère que d'une dizaine d'années; il a pris naissance à Belfast, en Irlande, pays où le chanvre est très abondant, et l'on constate aujourd'hui qu'il tend à se répandre dans les usines du Nord de la France et en Suisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les gorges des volants et des poulies sont espacées de 5 à 6 centimètres et reçoivent des câbles sans fin ayant 4 à 5 centimètres de diamètre; elles doivent être faites d'après un gabarit spécial et tournées avec le plus grand soin, ce qui augmente le prix des organes de commande dans une proportion qu'on peut évaluer à 12 ou 15 p. o/o.

D'un autre côté, il faut reconnaître qu'on ne peut pas arriver à obtenir que les 6 ou 8 câbles que nécessite la transmission d'une force de 125 à 150 chevaux soient tous également tendus. Ils travaillent donc dans des conditions inégales, au point de vue de la traction et, par conséquent, mauvaises, au point de vue de la durée.

Un des avantages du mode de transmission par plusieurs câbles, c'est que, si l'un d'eux vient à se rompre, la marche de l'usine n'est pas arrêtée pour cela.

On devra, selon moi, y avoir recours quand il s'agira de transmettre des forces dépassant 350 à 400 chevaux, parce que, dans ce cas, on arrive à des dimensions de courroies absolument exagérées; ainsi je citerai la courroie de la machine Lecouteux, qui a 80 centimètres de largeur, pour transmettre 120 chevaux, et celle de la machine Galloway, dont la largeur dépasse 1 mètre, pour une force effective de 250 chevaux.

M. Boyer, constructeur à Lille, qui a appliqué les câbles en chanvre aux deux machines exposées par lui, a en outre exposé une photographie représentant un volant de 7 mètres de diamètre et à 22 gorges, construit pour transmettre une force de 500 chevaux.

DUPASQUIER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DEUXIÈME SECTION.

ARTILLERIE.

CHAPITRE PREMIER.

CANONS, PROJECTILES, CUIRASSES ET BLINDAGES.

Les années qui viennent de s'écouler ont vu s'accomplir, dans la plupart des systèmes d'artillerie, une transformation profonde, nettement caractérisée par l'augmentation des charges et l'accroissement des vitesses initiales. Indépendamment des modifications apportées à la fabrication et aux propriétés des poudres de guerre, un changement de cette nature n'a pu être réalisé que par un tracé judicieux et un système de construction perfectionné des bouches à feu, en même temps que par une amélioration du métal à canons lui-même. C'est surtout à ce dernier point de vue que nous trouvons au Champ de Mars la trace des progrès accomplis; car, si les types de bouches à feu exposés sont en très petit nombre, les produits des usines métallurgiques forment, au contraire, une collection des plus variées.

A côté des canons, nous aurons à étudier les projectiles. Enfin, cette partie du travail trouvera son complément naturel dans l'examen des cuirasses et des plaques de blindage.

§ 1^er^. — MÉTAL À CANONS.

Bronze. — Le bronze n'a pas une élasticité suffisante pour résister sans déformation aux fortes pressions développées dans l'âme; en outre, en raison de sa faible dureté, son emploi néces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

site l'usage d'un métal mou pour assurer la rotation et le forcement du projectile (ailettes en zinc, chemise de plomb), et exclut le montage avec ceintures de cuivre.

Divers essais entrepris dans le but d'améliorer, à ces deux points de vue, les qualités du bronze à canons, en modifiant sa composition chimique, ne réussirent pas. L'introduction en quantité convenable d'un désoxydant, le manganèse ou le phosphore, parut un instant devoir fournir une solution du problème; mais on dut renoncer à ces tentatives, dont aucune trace ne persiste à l'Exposition. C'est ainsi qu'au Champ de Mars, les bronzes au manganèse de MM. Parsons (section anglaise), Manhès (fonderies de Védènes, section française), les bronzes phosphoreux de M. Montefiore-Levi (section belge), de la phospor-bronze Company (section anglaise), sont recommandés par les producteurs pour les pièces de machine, pignons, tiroirs, coussinets, etc. sans qu'il soit actuellement question de leur application aux bouches à feu.

MM. Laveissière paraissent avoir les premiers réalisé un véritable progrès dans la fabrication des bouches à feu en bronze, en accélérant le refroidissement par l'adoption de la coulée en lingotière épaisse. On peut juger de l'homogénéité du métal qu'ils obtiennent par ce procédé, en examinant les bouches à feu de campagne qui figurent dans leur magnifique exposition à l'angle Sud-Est du palais du Champ de Mars.

De son côté, le colonel Lavroff, en Russie, avait amélioré le bronze en le comprimant à l'état liquide.

Toutefois l'innovation la plus sérieuse, la seule qui semble avoir conduit à des résultats vraiment pratiques, est celle dont l'initiative appartient au général autrichien d'Uchatius. Cette méthode, imaginée en 1873, consiste à produire un bronze très homogène, à 8 p. o/o d'étain, par la coulée en coquille (procédé Laveissière), à forer le canon à un diamètre inférieur à celui qu'il doit avoir et à l'agrandir progressivement, en chassant à l'intérieur, au moyen d'une presse hydraulique, des mandrins en acier d'un diamètre croissant. La limite d'élasticité du bronze

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'âme ayant été reculée par le mandrinage, le métal ne se déforme plus sous l'action des gaz de la poudre. Les couches successives, distendues de proche en proche, exercent les unes sur les autres un certain serrage, se comportent comme des frettes et concourent ainsi de la manière la plus efficace à la résistance de l'ensemble. Enfin, la surface de l'âme, écrouée au passage du mandrin, a acquis une dureté assez grande pour que les ceintures de cuivre du projectile puissent prendre la rayure.

Les canons en métal Uchatius, ou bronze-acier, qui forment dès aujourd'hui le matériel de campagne de l'armée austro-hongroise, ne figurent pas à l'Exposition; mais la section espagnole présente un canon de 9 centimètres, construit à la fonderie de Séville, d'après des procédés qu'on a lieu de croire identiques à ceux de l'arsenal de Vienne. Cette bouche à feu d'essai a tiré mille coups, et l'agrandissement de diamètre dans les chambres et dans l'âme n'a pas dépassé 3/10 de millimètre. C'est, à très peu près, le résultat obtenu en Autriche.

Quoi qu'il en soit, malgré l'adoption du bronze-acier par une des grandes puissances européennes, il serait peut-être téméraire de voir dans cette mesure un succès définitif plutôt qu'un expédient destiné à parer momentanément à l'insuffisance de la production des aciers de choix sur le territoire d'une nation. L'attention est, d'ailleurs, partout éveillée sur les méthodes du général d'Uchatius, et les expériences qui se poursuivent de toutes parts permettront sans doute avant peu d'apprécier dans quelle mesure, grâce au système de construction particulier qui résulte de l'opération du mandrinage, le bronze, comme métal à canons, peut encore soutenir la lutte avec l'acier.

Fonte. — La fonte, qui n'est ni tenace, ni malléable, et dont l'emploi pour la fabrication des bouches à feu n'est justifié que par des raisons d'économie, devra s'effacer devant l'acier, aussitôt qu'on sera arrivé à produire ce dernier métal en grandes masses et à bon marché. Les progrès de l'industrie métallur-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gique ont réalisé la première de ces conditions; mais la seconde n'est pas encore obtenue et, dans la période que nous traversons, la fonte est encore utilisée pour certains corps de canon de gros calibre, dont on augmente la résistance en les frettant et parfois même en les tubant en acier.

Les canons de fonte suédois coulés à Finsbong, dont la réputation s'est maintenue si longtemps, ne figurent pas à l'Exposition; on ne trouve dans la section suédoise que leurs projectiles.

Fer forgé. — Le fer forgé est encore en faveur en Angleterre, et sir W. Armstrong l'a employé pour former les manchons du canon de 100 tonnes destiné au Gouvernement italien. Cette application prête à la critique; on peut craindre, en effet, que ce manchon malléable prenne dans le tir une déformation permanente, alors que le tube d'acier, plus élastique, revient à sa dimension première; l'appui du tube sur le manchon serait alors compromis. Le fer est d'ailleurs trop doux pour qu'on songe à l'utiliser pour l'âme même des canons, et l'on peut dire, d'une manière générale, que les applications de ce métal à la construction des bouches à feu seront désormais très restreintes.

Acier. — C'est donc, en dernière analyse, à l'acier qu'appartient aujourd'hui la prééminence; c'est entre les diverses variétés d'acier que le débat est désormais circonscrit, et ce métal, dont les applications industrielles se multiplient chaque jour, demande à l'artillerie moderne l'affirmation la plus décisive de ses remarquables propriétés. Aussi, en dehors de toute question de patriotisme, les grands industriels ont-ils intérêt à produire des aciers à canons pour bien constater l'excellence de leur fabrication. Les uns, comme les célèbres constructeurs étrangers, Krupp, Armstrong, Whitworth, livrent toutes prêtes au tir des bouches à feu dont ils ont le plus souvent déterminé le modèle; les autres, c'est le cas des usines françaises, fournissent leurs produits ébauchés et les soumettent à des épreuves spéciales auxquelles les astreint un cahier des charges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces essais de barreaux à la traction, au choc, etc., qui caractérisent les diverses nuances d'acier, et que l'artillerie a puissamment contribué à répandre, tendent à se généraliser de plus en plus. Partout au Champ de Mars, on se trouve en présence soit des machines à essayer, soit des tableaux qui résument les résultats des épreuves. Il y a là l'indice certain d'un progrès. Le contrôle précis d'une machine a remplacé le simple examen de la cassure du métal ou l'essai sommaire du forgeage confié à un ouvrier. Aux exigences plus nettement formulées de l'acheteur correspondent l'augmentation des garanties offertes et le classement plus parfait des produits fabriqués.

On ne paraît pas, jusqu'à présent, faire de la composition chimique des aciers une condition de réception, soit parce qu'on n'est pas bien fixé sur la part d'influence qui revient à certains éléments, soit parce que leur dosage présente encore quelque incertitude. Néanmoins, dans plus d'une usine, l'action du laboratoire tend à devenir prépondérante. Pour régler le chargement des fours, l'ingénieur se fait chimiste; pour fixer le moment de la coulée, il ne s'en rapporte plus exclusivement au coup d'œil du maître fondeur, il fait appel au contrôle du spectroscope.

En même temps que s'affirme cette influence des méthodes scientifiques, la fabrication des aciers, et surtout celle des aciers fondus, s'accroît et se perfectionne. Les aciers au creuset, qui d'abord étaient seuls acceptés pour les bouches à feu, ont à lutter avec les produits du convertisseur Bessemer et ceux du four Siemens-Martin, qui font preuve, les derniers surtout, d'une qualité suffisante pour les besoins de l'artillerie. Toutefois, les éclatements survenus de loin en loin dans les tirs n'ont pas encouragé, jusqu'à présent, la fabrication des canons d'un seul bloc et, dans la plupart des systèmes d'artillerie, on renforce le tube en acier fondu par des frettes en acier puddlé enroulé.

Pour les bouches à feu des plus gros calibres, analogues au canon de 100 tonnes de l'artillerie italienne, on peut se demander même si l'énorme lingot qui doit fournir le tube pourra être forgé convenablement dans toutes ses parties, et s'il ne faudrait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas chercher dans un autre procédé de fabrication une sécurité plus grande. C'est du moins ce qu'a pensé la compagnie des hauts fournaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer (usines de Saint-Chamond, anciens établissements Pétin et Gaudet; directeur: M. de Montgolfier), qui étudie dans ce but la construction d'un corps de canon en acier puddlé. Sur un noyau en fer, que le forage devra plus tard faire disparaître, on place transversalement une série de barres en acier puddlé qui ont été préalablement cintrées. Chacune de ces mises a du même côté du noyau sa plus grande épaisseur, et s'amincit graduellement de part et d'autre de ce point. L'ensemble du noyau et des barres passe au four à réchauffer, puis au pilon, sous lequel on fait la soudure. Une seconde série de barres est ensuite appliquée comme la première, mais diamétralement opposée, de telle sorte que les deux séries forment un rang composé de demi-frettes dont les extrémités se recouvrent. On continue de la même manière jusqu'à ce que le bloc ait atteint un diamètre suffisant et puisse passer au forgeage.

Ce procédé présente à coup sûr des garanties de bonne exécution et a le mérite de disposer les fibres du métal dans un sens favorable à la résistance de la pièce. Il convient de remarquer seulement que, basé sur les données de l'ancienne fabrication, il est en opposition avec le courant général.

Partout, en effet, on cherche à utiliser pour les grosses pièces les lingots qui proviennent de la cornue Bessemer ou du four Martin. Si l'outillage dont on dispose est insuffisant pour les travailler, on augmente dans la plus large mesure la puissance des engins mécaniques. A côté des grands trains de laminoirs qui fourniront les blindages, s'installent les gigantesques marteaux à vapeur dont le marteau de 80 tonnes du Creusot est jusqu'à présent le plus remarquable spécimen.

A l'aide de ce puissant outillage, l'industrie française peut forger des pièces de dimensions énormes. Tels sont, par exemple, les tubes pour canons de 34 centimètres que Saint-Chamond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prend dans les lingots de 40 tonnes, et le grand tube du Creusot qui, avec un poids de 38 tonnes, mesure 11 mètres de longueur et 750 millimètres de diamètre extérieur. Il a fallu même renoncer à transporter au Champ de Mars les plus gros lingots coulés. Tel est le lingot de 120 tonnes, dont le Creusot n'a pu exhiber que le *fac-simile*.

Dans cette application du martelage à l'acier fondu se retrouve l'esprit des anciennes méthodes, qui attribuaient au forgeage seul le pouvoir d'augmenter la ténacité du métal, d'accroître même sa densité, de souder les criques, de faire disparaître, en les resserrant, les soufflures que laisse dans la masse la solidification du bain.

Chasser toutes les bulles de gaz en exerçant sur la masse encore liquide une pression énergique et prévenir ainsi la formation des soufflures, tel est, au contraire, le but qu'a visé sir J. Whitworth. Son acier comprimé à l'état fluide au moyen de la presse hydraulique est connu depuis dix ans, et il en fait chaque jour des applications remarquables à l'artillerie.

Il est parvenu à organiser les parois des moules de telle sorte que, tout en laissant échapper les gaz, elles peuvent résister à d'énormes pressions. On y comprime soit le Bessemer, soit l'acier Martin; mais c'est à ce dernier qu'on donne la préférence, lorsqu'il s'agit d'aciers de choix et en particulier d'aciers à canons. Si, après la compression à l'état liquide, on juge encore nécessaire de travailler le lingot, c'est seulement pour lui donner sa forme définitive en même temps que la texture fibreuse nécessaire pour augmenter dans un sens déterminé la résistance du métal. Ce forgeage se fait exclusivement à la presse hydraulique, dont l'action continue, également transmise à travers la masse à toutes les parties du lingot, est préférée au choc du marteau, qui s'amortit à une certaine distance de la surface.

On a essayé dans diverses usines, et notamment en France, la compression de l'acier à l'état liquide. La compagnie des aciéries et forges de Firminy (directeur : M. Poyeton-Verdié)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

expose la cassure d'un lingot de 1,500 kilogrammes, obtenu par le procédé Bouniard. Les soufflures sont rares, mais elles n'ont pas complètement disparu. L'usine de Firminy possède d'ailleurs plusieurs marteaux-pilons et paraît n'employer qu'exceptionnellement la compression à l'état liquide, tandis qu'à Manchester, dans les ateliers de sir J. Whitworth, cette méthode est seule en honneur et fournit la presque totalité de la fabrication.

Parmi les objets en acier comprimé exposés par la compagnie Whitworth on remarque :

Un arbre à hélice forgé creux, mesurant 10 mètres de longueur et pesant 8 tonnes;

Une chambre à air pour torpille Whitehead;

Une doublure de cylindre pour machine de navire; des projectiles de divers calibres; enfin un canon de 9 livres, d'un seul bloc, avec affût et avant-train.

La compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, la Voulte et Bessèges (directeur : M. Julien) occupe aussi parmi les novateurs une des premières place avec ses aciers coulés sans soufflures.

On savait depuis assez longtemps qu'en employant dans l'affinage, comme agent réducteur, une fonte chargée en silicium, on contrariait la formation des bulles d'oxyde de carbone, et, dans diverses usines, on utilisait cette donnée pour la fabrication des moulages d'acier. Toutefois on craignait de diminuer, par l'addition d'une trop grande quantité de silicium, la ténacité du métal. La compagnie de Terre-Noire, modifiant cette méhode, emploie couramment au four Martin ou à l'appareil Bessemer, pour remplacer la fonte manganésée ou le ferro-manganèse, un alliage triple, fer, manganèse, silicium, dans lequel le dosage du silicium peut atteindre 10 p. 0/0. Au moment de la coulée, une scorie très fluide (silicate double de fer et de manganèse) se sépare; le silicium est presque complètement éliminé; il en reste dans l'acier environ 3 millièmes; la présence d'une certaine quantité de manganèse neutralise, on paraît du moins l'admettre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à Terre-Noire, le mauvais effet que pourrait avoir cette faible dose de silicium sur les propriétés de cet acier coulé sans soufflures.

L'alliage réducteur ne contenant qu'une très petite quantité de carbone, on peut obtenir par ce procédé des aciers très doux.

Rien n'est plus intéressant dans les expositions métallurgiques que le tableau des essais de toute nature qui ont été faits avec ces nouveaux produits. En parcourant cette *série continue*, depuis la fonte la plus grise jusqu'à l'acier doux, on voit se transformer graduellement les propriétés du métal. Il convient de signaler entre la fonte et l'acier le *métal mixte*, qui, avec 7 millièmes de silicium, contient de 15 à 25 millièmes de carbone. Doué d'une résistance supérieure à celle de la fonte, ce métal mixte paraît susceptible d'applications utiles dans la production des pièces moulées; dans ses variétés les moins carburées la malléabilité commence à apparaître. C'est à ce point de la série qu'on passe à l'acier et que s'accentue brusquement une propriété nouvelle, la faculté de transformation par la trempe.

L'acier coulé sans soufflures, quand il est brut de fonte, donne aux épreuves mécaniques des résultats médiocres. L'élasticité et la résistance à la rupture atteignent des chiffres moyens; mais l'allongement est presque nul. Trempé à l'huile et recuit, le même métal donne des chiffres absolument différents : l'élasticité et la résistance à la rupture ont augmenté, l'allongement s'est développé dans la plus large mesure.

En comparant, au point de vue des épreuves mécaniques, des produits de composition à peu près identique, et précisément des aciers à 4 millièmes 1/2 de carbone, teneur normale des aciers à canons, la compagnie de Terre-Noire constate une similitude parfaite entre l'acier martelé et l'acier coulé sans soufflures, recuit et trempé à l'huile. Elle se trouve ainsi amenée à formuler cette conclusion : *Il est possible d'obtenir, par la seule opération de la fusion, des aciers possédant toutes les qualités des aciers martelés.* Elle ne craint même pas de poser ce principe : *L'acier tient toutes ses propriétés de sa composition chimique; le tra-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vail mécanique du forgeage et du laminage n'est pas nécessaire au développement de ses qualités.

Un semblable défi, jeté au marteau géant du Creusot, qui se dresse, au Champ de Mars, à l'entrée du pavillon voisin de celui de Terre-Noire, peut sembler audacieux dans l'état actuel de l'industrie métallurgique. On n'en doit pas moins le considérer comme une affirmation des plus sérieuses, appuyée sur des expériences qui ont été dirigées avec sagacité, poursuivies avec méthode, et sur des résultats parfaitement acquis.

L'épreuve de la poudre elle-même n'a pas été jusqu'à présent défavorable aux nouveaux produits de l'usine de Terre-Noire. Dans son exposition figurent deux tubes qui ont supporté des épreuves sérieuses. L'un, tube ajusté pour canon de 14 centimètres de la marine, a tiré à Ruelle cent coups avec des charges variant de $4^k,200$ à $4^k,900$ et des projectiles pesant de 18 à 21 kilogrammes. L'autre, tube-éprouvette de 80 millimètres, a été tiré à Bourges, fermé aux deux bouts par des bouchons vissés; il a résisté à l'action de charges croissant de 300 à 1,200 grammes; cette dernière correspond à la chambre pleine. La déformation se traduisait par une augmentation de diamètre de moins de 9 millimètres.

On doit attendre des procédés de Terre-Noire une baisse notable du prix des aciers à canons, si les expériences ultérieures confirment le résultat des premiers essais, et si la réussite courante des coulées d'aciers sans soufflures est obtenue à l'usine avec certitude.

A côté des aciers obtenus par ces divers procédés viennent se placer des composés qui s'en rapprochent chimiquement par leur teneur en carbone et en manganèse, et qui s'en distinguent par la présence d'une quantité appréciable d'un métal étranger. Tels sont les aciers au chrome et au tungstène, que produisent principalement les fabricants d'aciers à outils et, en particulier, dans la section anglaise MM. Seebohm et Dieckstahl, de Sheffield, et dans la section française M. Jacob Holtzer (aciéries d'Unieux).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A Unieux on emploie pour obtenir ces aciers des alliages spéciaux, dénommés ferro-chrome et ferro-tungstène. A Terre-Noire on utilise des alliages ternaires, qui, moins riches en chrome ou en tungstène, contiennent en outre une forte proportion de manganèse. L'acier chromé d'Unieux donne, aux épreuves de traction, des résultats remarquables. On a songé à l'utiliser pour l'artillerie. Toutefois, jusqu'à présent, on n'est pas absolument fixé sur l'influence que peuvent avoir le chrome et le tungstène sur les qualités de l'acier.

Quels que soient d'ailleurs le mode de fabrication de l'acier et la variété qu'on cherche à produire, on l'améliore par la trempe. La trempe à l'huile, moins dure que la trempe à l'eau, et plus facile à conduire, paraît de plus en plus en faveur pour les aciers doux à canons. C'est surtout en la combinant avec un recuit qu'on l'utilise.

RÉSUMÉ.

En résumé, les aciers fondus au creuset ne sont pas aujourd'hui les seuls qui conviennent pour la fabrication des canons. Les aciers Bessemer et Martin, obtenus couramment avec de bons minerais, améliorés par le martelage et convenablement trempés, donnent de bons tubes pour bouches à feu. Les garanties contre l'éclatement ne sont pas toutefois considérées comme absolues, et, dans l'état actuel de la fabrication, on ne renonce pas à l'emploi d'un frettage, qui sera le plus souvent en acier puddlé enroulé.

L'usine de Saint-Chamond, réagissant contre la tendance générale, reste en défiance envers l'acier fondu, au moins pour les très gros calibres, et cherche à faire en acier puddlé les corps de canons eux-mêmes.

Deux procédés qui ne sont pas encore répandus dans l'industrie métallurgique, ceux de sir J. Whitworth et de la compagnie de Terre-Noire, sont en lutte avec le martelage pour l'emploi des aciers fondus.

En dépit de l'insuccès relatif de tentatives analogues, la mé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

thode Whitworth a pour elle la notoriété de son inventeur, dix ans de pratique courante dans les ateliers de Manchester et des résultats remarquables obtenus dans la fabrication des canons, des projectiles et des pièces de machines. Comme le martelage, elle repose sur l'application du travail mécanique à l'acier fondu; elle comprend deux opérations, compression à l'état liquide et forgeage du lingot, toutes deux exécutées avec la presse hydraulique.

Le procédé de Terre-Noire ne demande rien aux engins mécaniques, dont l'action, jusqu'à présent regardée comme nécessaire, serait désormais inutile. L'acier, d'après cette nouvelle doctrine, tiendrait toutes ses propriétés de sa composition chimique; une réaction provoquée dans le four d'affinage peu d'instants avant la coulée permet d'obtenir sans soufflures les aciers doux comme les aciers durs, et de les mettre en œuvre immédiatement, après trempe et recuit. Cette méthode, que l'Exposition de 1878 trouve à son début, est peut-être appelée à un brillant avenir; toutefois, les expériences faites sont encore trop restreintes pour qu'on puisse dès aujourd'hui affirmer le triomphe de ces idées nouvelles.

L'étude de certains aciers spéciaux, au chrome, au tungstène, n'est pas encore assez avancée pour permettre d'apprécier les services qu'ils peuvent rendre à l'artillerie.

D'une manière générale, la trempe à l'huile, combinée avec le recuit, tend à se substituer à la trempe à l'eau pour les aciers fondus à canons.

En raison des progrès de la fabrication de l'acier, le fer forgé et la fonte n'auront plus, dans la construction des bouches à feu, que des applications très restreintes.

Le bronze est devenu insuffisant; si, par l'amélioration des procédés de coulée et surtout par le mandrinage, on est parvenu à transformer de la manière la plus remarquable les propriétés de ce métal, il est cependant douteux qu'il puisse aussi bien que l'acier satisfaire aux exigences de l'artillerie moderne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — MODÈLES DE CANONS EXPOSÉS.

Ces modèles sont en très petit nombre; ils sont connus ou se rapprochent des types connus. Aussi n'en ferons-nous qu'un examen sommaire.

SECTION ANGLAISE.

Canon Whitworth de 9 livres. — Ce canon, qui a été expérimenté à Calais en 1873, est fait d'un seul bloc, en acier comprimé à l'état liquide. Il se charge par la culasse. La fermeture, toute spéciale au constructeur, comme le système de rayures, comprend un coin qui glisse entre deux guides avec lesquels ses faces supérieure et inférieure engrènent au moyen d'adents. L'obturation est assurée par un anneau en acier fixé au canon; la tête du bloc de culasse est une pièce rapportée en acier, qui, aussi bien que l'anneau, peut être remplacée facilement. La pièce pèse 453 kilogrammes, et lance, avec une charge de 1 kilogramme, des projectiles dont le poids moyen est d'environ 4 kilogrammes, et dont la collection est des plus variées.

Le système Whitworth, absolument original dans toutes ses parties, n'a guère obtenu en Europe qu'un succès d'estime; sa valeur est cependant incontestable, et ses projectiles, en particulier, possèdent des propriétés remarquables, dont il sera fait mention.

SECTION ITALIENNE.

Canon de 7 en bronze se chargeant par la culasse. — Ce canon, adopté en 1872 par l'Italie, a le coin cylindro-prismatique de Krupp. L'anneau obturateur Broadwell est logé dans la pièce de réglage du coin; il en est séparé par un disque de cuivre. L'âme a 12 rayures, le calibre est de 75 millimètres. La pièce ne pèse que 300 kilogrammes. L'obus, dont le poids est de $3^{k},720$, est tiré avec une charge de 550 grammes. Dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des expériences récemment entreprises dans le but d'améliorer les effets du tir, on a réussi à élever à 800 grammes le poids de la charge et à 4^k,200 celui du projectile.

En dépit de cette augmentation, les effets du canon de 7 italien restent médiocres, et cette bouche à feu est très inférieure au canon de 9 centimètres, qui arme la plupart des batteries de campagne en Italie. La marine, qui a exposé le spécimen, pourra toujours utiliser cette pièce à bord, ou pour les débarquements.

SECTION ESPAGNOLE.

1° Canon de 9 centimètres. — Cette bouche à feu, en bronze mandriné, se rapproche beaucoup du type actuellement adopté par d'autres puissances, notamment par l'armée austro-hongroise. Celle qui est exposée au Champ de Mars est un canon d'essai, mais, par un ordre royal du 7 août 1878, le modèle qu'il représente est devenu réglementaire en Espagne, et la fabrication de ce matériel va être immédiatement organisée à la fonderie de Séville.

L'augmentation du diamètre de l'âme obtenue par le mandrinage est d'environ 9 p. 0/0; pour la chambre de la gargousse, elle est à peu près double. La pièce est munie de la fermeture Krupp, avec coin prismatique, bague en acier vissée et anneau Broadwell; la vis d'arrêt est remplacée par un tenon d'arrêt, muni d'un fort ressort à boudin.

La pièce a 2 mètres de longueur et pèse 5 20 ilogrammes; les 24 rayures sont à pas constant et à largeur constante; d'après le catalogue espagnol, une charge de 1^k,500 imprime au projectile de 6^k,400 une vitesse initiale de 480 mètres.

Le canon espagnol de 9 centimètres par son tracé, son calibre, les effets de son tir, reproduit en quelque sorte le type courant de l'artillerie de campagne actuelle.

2° Canon de 15 centimètres en fonte, fretté. — Pour ce canon, destiné au service des places, l'Espagne a pris le modèle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la marine française : fermeture à vis et cuvette obturatrice en acier. L'âme, de 23 calibres de longueur, a 36 rayures. D'après le catalogue espagnol, l'obus, qui pèse 30 kilogrammes, prend, avec la charge de $7^{k},500$, une vitesse de 490 mètres.

Quelques changements ont été apportés au mécanisme; le plus saillant avait déjà été adopté en Italie pour le calibre de 24 centimètres. Il consiste dans l'application, sur la tranche de culasse, d'une crémaillère circulaire avec laquelle engrène un pignon que porte la manivelle de la vis. En agissant sur le pignon au moyen d'une petite manivelle montée sur son axe, on détermine, sans effort et sans dureté de manœuvre, la rotation de la vis.

Cette bouche à feu, sans être au premier rang parmi les canons de même calibre, peut avoir des effets sérieux et rendre de très bons services dans la défense d'une place.

SECTION SUÉDOISE.

La Société des ateliers mécaniques de Motala expose une fermeture à vis pour canon de 27 centimètres, avec cuvette obturatrice en acier et linguet de sûreté.

SECTION NORWÉGIENNE.

Le petit canon en acier exposé par MM. Aall, de Naës, près Tredestrand, est plutôt un échantillon de métal qu'un type de bouche à feu. Il se charge par la bouche et n'est pas rayé.

SECTION HOLLANDAISE.

Canon de siège de 12 centimètres en bronze. — Cette bouche à feu, dont le tracé a été déterminé par le major Sliüter et le capitaine de Kerkwyk, se charge par la culasse; le mécanisme est un coin plat, avec anneau Broadwell en acier.

La pièce pèse 915 kilogrammes; elle a 12 rayures et lance, avec une charge maxima de 1,100 grammes, un projectile de $13^{k},500$. La vitesse initiale est de 291 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ces chiffres on voit que, si ce canon peut rendre des services dans le tir plongeant, il n'est à aucun degré dans la catégorie des canons à grande portée et à grande puissance. Il ne saurait entrer en lutte avec les canons de siège et de place dont les armées européennes sont actuellement pourvues.

SECTION FRANÇAISE.

Canon de campagne exposé par M. Joyeux, architecte à Chaville. — Cette bouche à feu en acier, du calibre de 65 millimètres, a été construite à l'usine de Saint-Chamond et usinée par MM. Varrall, Elwell et Middleton. Elle est imitée du système de Reffye et emploie une gargousse métallique. La vis de culasse a deux secteurs filetés et deux secteurs lisses; elle est très courte et ne peut prendre, par rapport au volet, qu'un mouvement longitudinal très peu étendu. C'est le jeu de la manivelle qui donne ce mouvement, après avoir produit la rotation qui dégage la vis de son écrou. Un quart de tour de cette manivelle correspond à chacune des deux périodes de son action, de telle sorte qu'il faut lui faire faire un demi-tour pour ouvrir la culasse ou la fermer. En raison de ces dispositions particulières, qui rendent les fausses manœuvres peu à craindre, M. Joyeux a cru pouvoir se passer d'un verrou ou d'un loquet pour relier le volet à la culasse ou à la vis. Il n'a pas non plus de linguet de sûreté pour combattre la tendance au dévirage.

Ce canon pèse 212 kilogrammes et lance, avec une charge de 400 grammes, un projectile de 3 kilogrammes.

D'après ces données on ne peut attendre de son tir que des effets assez médiocres et même, pour les batteries de cavalerie, auxquelles il paraît spécialement destiné par son inventeur, il ne constituerait, en face des calibres actuellement adoptés, qu'une arme insuffisante.

Considérations générales. — Les quelques canons exposés ne sauraient donner une idée complète de l'armement des puis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sances européennes. Toutefois les indications qu'on peut recueillir, d'après ce rapide examen, sont d'accord avec la réalité.

Le chargement par la culasse, que l'artillerie anglaise seule repousse, est absolument en faveur. A l'inverse du Gouvernement de son pays, Whitworth a abandonné le chargement par la bouche et a modifié dans ce sens le type qu'il exposait en 1867. La fermeture Krupp et l'anneau obturateur Broadwell constituent le mécanisme le plus apprécié par la majorité des puissances pour les canons de campagne.

Les calibres voisins de 8 et de 9 centimètres sont adoptés partout; on emploie couramment une charge voisine du quart du poids du projectile, dont la vitesse initiale atteint 450 mètres et se rapproche parfois de 500.

Canons italiens de 100 tonnes. — A l'Exposition de 1878, l'Italie seule exhibe des canons monstres. Encore a-t-elle dû renoncer à envoyer les bouches à feu elles-mêmes.

Le canon de 100 tonnes en fonte, fretté d'acier, du modèle Rosset, est encore en construction à l'arsenal de Turin; on en voit le *fac-simile* en bois sur le truck à double bogie que le Creusot a construit spécialement pour le transport de cette pièce, et qui est installé derrière le pavillon de l'usine.

Quant au canon de 100 tonnes en acier et fer forgé, construit par Armstrong et expérimenté à la Spezia, il est représenté dans la section italienne par un modèle au vingtième, avec ses projectiles, son affût, ses remarquables appareils hydrauliques et toutes les dispositions prises pour le tir contre les blindages au polygone de Muggiano.

Les essais qui ont été faits en 1876 avec ce canon géant ont eu en Europe trop de retentissement pour qu'il soit nécessaire de refaire ici la description du matériel et de rappeler le résultat des tirs. Il sera cependant intéressant de comparer le canon italien de 100 tonnes avec la bouche à feu que Krupp avait exposée en 1867, et dont les dimensions ne semblaient pas pouvoir être dépassées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le calibre est augmenté d'un quart, la longueur et le poids de la bouche à feu sont doublés, doublé aussi le poids du projectile, triplée la charge de poudre, quadruplée la force vive du projectile au départ.

Ira-t-on plus loin dans cette voie d'exagération? Malgré les difficultés de toute sorte qu'on aurait à vaincre, il serait téméraire d'affirmer que le canon de 100 tonnes ne sera pas prochainement dépassé [1].

§ 3. — PROJECTILES.

1° PROJECTILES POUR CANONS DE CAMPAGNE.

En réservant l'examen des projectiles Whitworth, qui, sous tous les rapports, diffèrent absolument de ceux des autres systèmes, nous pouvons comprendre, dans une même étude, les obus de campagne exposés. Dans ces projectiles nous aurons à examiner successivement les formes extérieures, le montage, l'organisation intérieure, enfin le métal employé. Les fusées feront l'objet d'une étude spéciale.

Forme extérieure. — Comparés aux projectiles ogivaux en usage il y a dix ans, les obus de campagne actuels sont généralement plus allongés; la longueur totale est comprise entre 2 1/2 et 3 calibres, l'ogive est plus effilée, le culot est plat.

Les calibres adoptés sont, presque partout, 8 et 9 centimètres.

Montage. — Les projectiles à enveloppe de plomb se rencontrent dans les sections russe, espagnole (calibre de 8 centimètres) et hollandaise. L'obus de 8 centimètres hollandais présente une disposition spéciale; entre les couronnes saillantes

[1] L'usine Krupp se propose de construire un canon de 124 tonnes. Calibre, 46 centimètres. Poids du projectile, 1,150 kilogrammes; charge, 250 kilogrammes; vitesse initiale, évaluée approximativement à 500 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la chemise de plomb s'enroule une ficelle graissée, qui a probablement pour objet de remédier à l'emplombage des rayures.

Il convient de mentionner aussi la feuille de laiton appliquée sur la surface cylindrique striée des obus du canon-revolver Hotchkiss.

C'est également la disposition adoptée par M. l'architecte Joyeux pour son obus de 65 millimètres.

La section austro-hongroise (maison Ganz, de Buda-Pesth) et la section espagnole (pour le calibre de 9 centimètres) ont des obus à quatre cordons de cuivre. C'est une disposition fréquemment adoptée quand la rayure est à pas constant.

Avec les rayures progressives, le projectile n'a qu'une ceinture de forcement à l'arrière; la ceinture avant, tournée à un diamètre plus faible, ne sert qu'à assurer le centrage. Dans les projectiles français, il n'y a pas de ceinture avant; elle est remplacée par une partie tournée au renflement de l'ogive.

Organisation intérieure. — Pendant ces dernières années, on s'est préoccupé partout d'augmenter l'effet meurtrier du projectile en multipliant le nombre des éclats dangereux; on a essayé d'y parvenir en préparant dans la fonte des lignes de rupture. Le plus souvent l'obus se compose de deux parties présentant des saillants et des rentrants qui se correspondent et s'emboîtent mutuellement. C'est l'obus à double paroi, dont un des premiers modèles, celui de M. Cambrésy-Bassompierre, de Liège, imaginé en 1863, reparaît en 1878 dans la section belge, comme pour revendiquer la priorité de l'idée.

Différents modèles dérivés de ce type sont présentés, notamment dans la section espagnole. Toutefois le plus en faveur paraît être actuellement l'obus à anneaux, dont l'invention appartient au général autrichien d'Uchatius, et qu'on retrouve dans la section des Pays-Bas, sous le nom d'obus à segments annulaires pour canon de 8 centimètres. L'obus intérieur est formé de 7 couronnes cylindriques, dont chacune compte 13 dents à profil arrondi, et d'une couronne dite ogivale, dont la forme correspond

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à celle de l'avant du projectile. Dans cet obus, la charge d'éclatement est contenue dans un tube en fer-blanc. La fragmentation de l'obus à anneaux se fait mieux que celle de l'obus à pyramides; les éclats conservent mieux leur vitesse.

Métal. — Une semblable organisation du projectile a pour effet de diminuer l'épaisseur de paroi qui résiste effectivement au choc. Elle présente un autre inconvénient : comme le projectile interne sert de noyau pour la coulée de la paroi externe, cette coulée, fonte sur fonte, peut aigrir le métal et le rendre cassant. D'autre part, l'accroissement de la vitesse augmente les chances de rupture dans l'âme. Par suite, pour éviter cet accident, dont la gravité est extrême, il est plus nécessaire que jamais d'employer de très bonnes fontes.

Résumé. — L'ensemble de ces dispositions fait ressortir les tendances suivantes :

Les projectiles s'allongent et leur ogive s'effile. Les cordons ou ceintures de cuivre se substituent aux enveloppes de plomb; toutefois, ce n'est pas encore là un fait absolument acquis, et les avis restent partagés.

L'obus ordinaire tend à disparaître pour faire place au projectile à double paroi et, en particulier, à l'obus à anneaux. Aussi efficace que l'obus ordinaire contre les obstacles en raison de sa charge de poudre assez forte, l'obus à anneaux a, contre les troupes, un effet meurtrier plus considérable, et se rapproche, à ce point de vue, de l'obus à balles, avec lequel il ne fait pas cependant double emploi.

Projectiles Whitworth. — Le principal caractère de ces obus est leur section hexagonale correspondant à celle de l'âme. On sait qu'en opposant ce projectile à l'obus à ailettes, sir J. Whitworth réclamait pour lui les avantages d'un centrage toujours exact, en même temps que d'une surface d'appui plus grande sur les parois de l'âme.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue du trajet dans l'air, les espèces de côtes très allongées que porte le projectile sont favorables à la tension de la trajectoire et à la régularité des portées. C'est surtout avec l'obus dont l'arrière est légèrement aminci que ces avantages sont manifestes. On a vainement cherché à les obtenir, en modifiant d'une manière analogue, dans les projectiles à section circulaire, le tracé du méridien. L'augmentation des portées était presque toujours compensée par une diminution de la justesse. La forme symétrique donnée à l'obus a, d'ailleurs, l'inconvénient de diminuer la capacité intérieure du projectile.

Sir J. Whitworth a des projectiles dont la longueur varie de 2 à 5 et 6 calibres. Il attribue aux plus allongés des effets de pénétration remarquables. Toutefois, sans parler des complications qu'entraîne dans les approvisionnements cette grande variété de projectiles, on doit faire observer que leur poids très différent soumet le canon à des effets très variables et, par suite, doit conduire à l'augmentation des épaisseurs de paroi et du poids même de la pièce.

Les obus Whitworth ont encore une particularité caractéristique. C'est l'absence de tout montage. Très exactement moulés au moyen de machines automatiques, ces obus (du moins ceux de campagne) peuvent être tirés bruts de fonte, comme les boulets sphériques des bouches à feu lisses. Ils sont livrés à très bon marché.

2° OBUS À BALLES.

Les shrapnels exposés sont peu nombreux; nous n'avons à citer parmi les modèles étrangers que l'obus à balles Whitworth et le shrapnel russe. Tous deux appartiennent à la catégorie des shrapnels à diaphragme, avec chambre à poudre à l'arrière et tube de chargement dans l'axe.

Dans le shrapnel russe, le diaphragme est en fer; le tube central, également en fer, est vissé dans l'œil du projectile et sert d'écrou à la fusée. L'arrière est aminci; l'ogive, très peu accentuée, présente une rainure circulaire qui forme ligne de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rupture; elle est percée latéralement d'un trou de chargement, par lequel on introduit les balles et le soufre, et qu'on ferme avec une vis-bouchon.

L'obus à balles de 12 hollandais présente aussi un trou de chargement sur le côté; il est donc probable que son organisation intérieure est analogue à celle du shrapnel russe.

L'obus à balles Whitworth est aussi construit d'après les mêmes principes. La charge est logée à l'arrière dans une boîte en cuivre; le cube central en fer est vissé dans le diaphragme à sa partie postérieure à l'avant; il est maintenu par un anneau en fer sur lequel s'appuie la tête de l'obus quand elle est vissée à fond dans le corps. Les balles, en plomb durci, sont maintenues par de la résine.

Dans ces types, le poids des balles est assez faible, relativement au poids total du projectile. L'augmenter en réduisant d'une part la charge intérieure, de l'autre l'épaisseur de paroi, tel paraît être ici le desideratum. On ne trouve pas à l'Exposition les shrapnels à enveloppe de tôle que diverses puissances ont essayés dans ce but.

Obus Gronnier. — M. Gronnier, maître de forges à Pont-sur-Saulx (Meuse), expose, dans la section française, une partie de l'outillage nécessaire pour la fabrication d'un projectile de son invention, qu'il nomme obus mitrailleur. Le mode de fabrication est analogue à celui de l'obus à double paroi et de l'obus à anneaux. Seulement le projectile intérieur est formé de couronnes de balles, au lieu de couronnes dentées. Cette disposition et surtout la faible charge intérieure du projectile, qui exclut l'effet contre les obstacles, le distinguent des obus à anneaux et autorisent à le ranger de préférence dans la catégorie des shrapnels.

L'obus Gronnier, tiré avec succès en 1877 par la commission de Calais, a été soumis en 1878 à des essais en grand dans les tirs des brigades d'artillerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° BOÎTES À MITRAILLE.

La boîte à mitraille du canon Whitworth est la seule que nous ayons rencontrée au Champ de Mars.

L'enveloppe cylindrique à trois cannelures est en fonte, ainsi que les deux plateaux de fonte qui s'emboîtent dedans. Les balles, en plomb durci, sont assujetties avec de la résine.

4° PROJECTILES DE GROS CALIBRE ET PROJECTILES DE RUPTURE.

Les obus ordinaires de gros calibres ne présentent aucune particularité bien marquée; c'est surtout des projectiles destinés au tir contre les cuirasses ou projectiles de rupture que nous aurons à nous occuper ici. Comme pour les obus de campagne, nous étudierons la forme extérieure, le montage, l'organisation intérieure, enfin le métal employé.

Forme extérieure. — Pour les projectiles de rupture, indépendamment de la conservation de la vitesse, il faut assurer, par la forme de l'avant, l'effet destructeur du projectile sur la plaque. Cette considération est ici prépondérante. Le type ordinaire est l'ogive à pointe effilée que présentent la plupart des projectiles français, russes, suédois, autrichiens, et qui convient très bien pour la perforation des blindages en fer. Comme variante, on rencontre l'ogive terminée par une calotte sphérique (Russie, usine de Barantcha, projectile de 27 centimètres) et l'ogive moins allongée (projectiles anglais exposés par les maisons Brown, Cammell, de Sheffield, et Spencer, de Newcastle).

Sir Joseph Whitworth, toujours à la tête des novateurs, préconise le projectile à tête plate et à ogive tronquée. D'après lui, la pointe, qui pénètre bien lorsqu'elle frappe normalement, glisse sans entrer lorsque le projectile arrive obliquement sur la cuirasse, c'est-à-dire dans le cas le plus ordinaire. La tête plate, au contraire, agissant comme un poinçon, pénètre toujours. Enfin, si le projectile doit frapper l'armure d'un navire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessous de la flottaison, la tête plate convient mieux encore que la pointe aiguë ou la surface convexe; car elle permet au boulet de traverser une assez grande épaisseur d'eau sans ricocher ou sans dévier de sa direction. Malgré l'autorité de l'inventeur, la supériorité de ce profil n'est pas, jusqu'à présent, admise sans contestation.

Enfin, à côté des obus Whitworth à tête plate, il convient de mentionner les anciens boulets cylindriques de la marine française (exposition de Saint-Chamond), dans lesquels la partie antérieure est complètement supprimée et remplacée par un ménisque très légèrement bombé. Ce projectile pénétrera moins bien que le boulet ogival dans un blindage en fer; en revanche, son choc pourra produire, particulièrement sur les cuirasses en fonte, des effets de rupture plus intense. Mal conformé pour le trajet dans l'air, il convient seulement pour le tir aux faibles distances.

Montage. — Avec les projectiles de gros calibre, on retrouve les montages à ceintures de cuivre et à chemise de plomb, déjà mentionnés pour les obus de campagne.

Les projectiles russes sont tous garnis en plomb; la chemise continue présente de cinq à six couronnes saillantes [1].

L'obus espagnol de 15 centimètres a trois cordons de cuivre, un à l'avant, deux à l'arrière.

Dans la section austro-hongroise (maison Ganz, de Bude), il y a plusieurs projectiles à ceintures. La ceinture avant ou de centrage est tournée à un diamètre plus faible que la ceinture arrière. Celle-ci est parfois double, parfois simple, mais plus forte et sillonnée par des rainures circulaires, qui facilitent le forcement. Cette dernière disposition se retrouve dans la section suédoise (usine d'Ankarsrum, M. de Maré). On y voit aussi, à côté des ceintures de cuivre, les tenons en bronze des modèles

[1] La Russie vient cependant d'adopter en principe, pour ses projectiles de gros calibre, le montage à deux ceintures de cuivre, une pour le centrage, l'autre pour le forcement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus anciens, et le projectile muni d'un culot expansif; à la base son pourtour est dentelé; entre ces dentelures et les rayures de l'âme viendra se mouler le culot en cuivre, fixé par des vis sur la base du projectile. L'avant de la partie cylindrique est tourné pour assurer le centrage. Cette disposition du culot, qui assure à la fois le mouvement de rotation du projectile et la suppression du vent, est empruntée aux bouches à feu américaines. Restée longtemps en discrédit, elle est actuellement employée pour les canons anglais se chargeant par la bouche. Elle se retrouve à l'Exposition dans les produits de la maison Spencer, de Newcastle, et dans le projectile Armstrong du canon italien de 100 tonnes (modèle réduit).

Organisation intérieure. — Les projectiles de rupture sont, ou bien des boulets pleins, ou bien des obus dans lesquels la cavité intérieure a des dimensions restreintes, débouche au culot et laisse la pointe massive sur une assez grande longueur. Pour les obus de rupture Whitworth seuls, le vide s'étend presque jusqu'à la tête, qui, elle-même, est forée pour permettre de mieux tremper cette partie du projectile, et se ferme ensuite par un bouchon.

La chaleur produite par la perte de vitesse du projectile suffit pour déterminer l'explosion de la charge intérieure. Souvent même, l'inflammation se produirait avant que l'obus ait pénétré complètement, et, pour la retarder, on enveloppe la poudre dans un sac de serge. Cette précaution, que recommande sir J. Whitworth, n'atteint pas toujours son but, et l'on est conduit à se demander si d'autres causes que la chaleur développée ne contribuent pas à l'inflammation spontanée de la charge intérieure. La difficulté de préciser l'instant où se produira l'éclatement du projectile fait que souvent on renonce à utiliser les effets d'explosion, et qu'on tire ces obus non chargés, comme boulets.

Métal employé. — Les projectiles en fonte ordinaire se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

briseraient le plus souvent contre les blindages ou les cuirasses, sans les entamer. On a recours à la fonte dure ou fonte durcie. Ce dernier métal n'est pas facile à obtenir d'une manière régulière, et les usines qui le produisent couramment se font une spécialité de la fourniture des projectiles, comme de celles des roues et des croisements de voie pour chemins de fer. Telles sont, parmi les exposants : en Suède, l'usine d'Ankarsrum; en Hongrie, la maison Ganz; en France, la société de Châtillon et Commentry. Elles emploient la coulée en coquille, qui rend, il est vrai, plus cassantes les fontes ordinaires, mais qui, au contraire, augmente la résistance de certaines fontes spéciales, tout en leur donnant la dureté.

Quelquefois le moule tout entier est métallique; le plus souvent le corps du projectile est moulé en sable pendant que l'ogive est fondue en coquille, de telle sorte que la dureté décroît de la pointe au culot. Ce procédé, inauguré en Angleterre par le colonel Palliser, a été appliqué pour la coulée des projectiles suédois, dont on peut examiner la cassure au Champ de Mars [1]. La pointe trempée est plus blanche que le corps du projectile; le grain est plus fin; le métal, plus compact, offre une texture fibreuse dont les lignes, normales à la surface de l'ogive, viennent se réunir en faisceau sur l'axe.

Un obus système Wilson, exposé par la maison Cammell, de Sheffield, présente un aspect analogue; d'après les journaux anglais, la pointe de ce projectile serait en fonte dure, moulée en coquille, le corps en acier, moulé en sable, les deux métaux étant successivement versés dans le moule.

Du reste, les usines gardent généralement le secret sur leurs procédés de fabrication des fontes dures; l'analyse chimique indique, comme caractère général, un faible dosage de carbone (moins de 3 p. o/o).

La compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, la

[1] Ces projectiles ont été séparés en deux suivant un méridien par l'action de charges de dynamite qu'on a logées dans des trous forés, perpendiculairement à l'axe, dans le plan de ce méridien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voulte et Bessèges, fabrique la fonte dure comme l'acier. Elle prend pour point de départ des fontes grises chargées en silicium, et les décarbure partiellement dans le four Siemens par l'addition de riblons de fer ou d'acier. En poussant plus loin l'opération, elle obtient le *métal mixte* à 2 ou 2 $\frac{1}{2}$ de carbone, plus résistant que les fontes dures à 3 p. o/o. Enfin, par l'emploi simultané du manganèse et du silicium, la compagnie de Terre-Noire, avant d'arriver aux aciers doux coulés sans soufflures, a pu obtenir couramment les aciers durs pour projectiles.

Les obus en acier coulé, s'ils coûtent plus cher que les projectiles en fonte dure, réalisent cependant une économie sérieuse relativement aux projectiles forgés au marteau. Ces derniers, qu'on employait au début des tirs contre les cuirasses, et qui figurent encore dans l'exposition de plusieurs usines françaises et dans celle de MM. Brown et C^ie^, de Sheffield, sont d'ailleurs assez difficiles à obtenir. Si l'acier est dur, le forgeage se fait mal; si l'acier est plus doux, les déformations des projectiles seront très sensibles et leur puissance de perforation notablement diminuée.

En concurrence avec les aciers forgés et les aciers coulés sans soufflures, nous retrouvons, pour les projectiles, l'acier comprimé Whitworth, qui donne ici encore des résultats remarquables.

Pour tous les projectiles en acier, il y a beaucoup à attendre de la trempe, qui transforme si complètement les aciers durs. Il faut, pour la pointe, une trempe vive, qui augmente la dureté du métal; si l'on veut éviter les ruptures de projectiles, il importe que le corps soit moins raidi. Aussi certaines usines emploient-elles la trempe à l'eau pour l'ogive, la trempe à l'huile pour le corps, et font-elles quelquefois suivre cette opération d'un recuit du culot.

Le degré de trempe à donner est d'ailleurs variable suivant les propriétés du métal après la coulée ou le forgeage.

Résumé. — En résumé, le débat n'est pas encore tranché en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce qui concerne la forme à donner à l'avant des projectiles de rupture. L'ogive tronquée réunit moins de suffrages que la pointe.

Le montage au plomb a l'inconvénient d'exiger une température assez élevée, qui donne un faible recuit au métal et diminue sa dureté; aussi les ceintures de cuivre sont-elles généralement préférées.

La difficulté de régler avec précision l'inflammation de la charge des obus de rupture est loin d'être actuellement vaincue. Aussi utilise-t-on presque uniquement la puissance de perforation des projectiles, à l'exclusion des effets d'éclatement.

Dans l'état actuel de l'industrie métallurgique, les projectiles en fonte dure, bien que leur fabrication donne souvent lieu à des mécomptes, ont de très nombreux partisans. L'avenir n'en paraît pas moins appartenir aux projectiles en acier coulé, dont la production, encore à ses débuts, a déjà des allures régulières. Une trempe bien graduée, répétée même si le premier résultat n'est pas satisfaisant, donne à ces projectiles, dans leurs différentes parties, les qualités requises. Enfin, l'acier se prête à toutes les formes extérieures; seul, il donne de véritables obus de rupture, à grand vide intérieur. Il s'imposera mieux encore comme métal à projectiles, quand on se sera rendu maître des effets d'éclatement dans les plaques.

Les projectiles d'acier n'ont donc contre eux que l'élévation de leur prix de revient; mais le prix s'est déjà abaissé, et s'abaissera encore, quand les nouveaux procédés de fabrication seront plus répandus.

5° CUIRASSES ET BLINDAGES.

Ici encore se trouvent en présence, avec des propriétés très différentes, la fonte, le fer et l'acier.

Cuirasses en fonte. — La fonte pour cuirasses doit offrir à sa surface une dureté assez grande pour ne pas se laisser entamer par les meilleurs projectiles. Le boulet se brise au choc,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en ne laissant sur l'armure qu'une empreinte très peu profonde; une partie de la force vive dont il était animé est absorbée par la plaque et, ne produisant qu'une déformation locale insignifiante, se communique à toute la masse, qu'elle fait vibrer. Dans ce mode de travail du métal, les fissures sont à redouter, parfois même la plaque se rompt, et des fragments se détachent en laissant une brèche ouverte.

La cuirasse en fonte résistera d'ailleurs d'autant mieux, que son épaisseur et sa masse seront plus grandes, d'autant moins que la force vive du boulet sera plus considérable. De là résulte l'impossibilité d'employer la fonte pour blinder les navires, dont la force de support est limitée, et qui sont exposés à recevoir, même à courte portée, les projectiles des plus forts calibres.

A terre, au contraire, comme l'assiégeant doit tenir à distance ses bouches à feu, dont le calibre ne dépasse pas certaines limites, la cuirasse en fonte, dont le poids pourra être indéfiniment augmenté, reprendra ses avantages.

La fonte a pour elle son prix de revient peu élevé, la possibilité d'adopter les formes les plus compliquées et de consolider la cuirasse par des nervures qui facilitent les assemblages. Elle convient particulièrement pour les tourelles, dont la forme facilite le ricochet du projectile; de plus, si des fentes viennent à se produire dans une muraille convexe, les morceaux peuvent ne pas tomber et se soutenir comme les voussoirs d'une même voûte.

Les plaques en fonte sont rares au Champ de Mars. Saint-Chamond seul en expose, parmi nos usines françaises, qui n'ont abordé que depuis peu cette fabrication, et dont les produits commencent cependant à rivaliser avec les cuirasses bien connues de l'usine Gruson à Buckau, près de Magdebourg.

Blindages en fer. — Les blindages en fer laminé se comportent tout autrement que les cuirasses en fonte. Ils se laissent pénétrer par les boulets en acier ou en fonte dure, mais ils ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se fendent pas. Dans ce métal malléable, l'effet du projectile est localisé; s'il perfore la plaque et s'arrête dans la muraille en bois qui la double, le blindage n'est pas compromis. Un second boulet ne produira un plus grand effet destructeur que s'il frappe au même point; c'est donc en superposant les coups qu'on cherchera à faire brèche dans une armure en fer.

Ce danger n'est guère à redouter pour les blindages de navire, que le hasard seul peut faire atteindre deux fois au même point. Aussi, les plaques en fer laminé ont-elles été longtemps en faveur pour les vaisseaux, et si, aujourd'hui, se manifeste une tendance à les abandonner, c'est que la bonne fabrication des projectiles et l'augmentation de leur vitesse ont notablement accru leur puissance de perforation.

Les plaques en fer font encore très bonne figure à l'Exposition. Deux usines renommées de Sheffield, Brown et Cammell, ont envoyé des plaques de 23 centimètres, qui ont subi le tir d'épreuve. La compagnie Brown a aussi des morceaux de plaque de 56 et 61 centimètres. Cette épaisseur est encore dépassée et atteint 72 centimètres dans le blindage de 38 tonnes de MM. Marrel frères, de Rive-de-Gier.

Plaques d'épaisseur inégale. — La compagnie des forges et aciéries de la marine et des chemins de fer (Saint-Chamond), qui s'est fait longtemps une spécialité des blindages en fer, présente aussi de très beaux spécimens. Les plus remarqués sont les plaques du *Redoutable*, dont les deux faces ne sont pas parallèles. L'épaisseur varie de 22 à 35 centimètres sur la longueur de la plaque. Ces blindages, obtenus au moyen d'une disposition particulière des laminoirs, permettent d'alléger l'armure du navire, en diminuant graduellement son épaisseur à mesure qu'elle s'abaisse au-dessous de la flottaison.

Une autre plaque en fer de la même usine a des épaisseurs variables entre 60 et 32 centimètres.

Blindages en acier. — Avec l'acier on cherche à obtenir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des blindages qui, sans se fendre autant que la fonte, offrent à la pénétration du projectile une résistance plus grande que celle du fer. Les plaques en acier dur coulé se rapprochent des plaques de fonte; comme celles-ci, elles sont exposées à s'étoiler et à se fendre. Les aciers doux ont jusqu'à présent donné des résultats bien meilleurs. Les usines du Creusot sont actuellement au premier rang de cette fabrication, et les tirs du canon de 100 tonnes à la Spezia ont affirmé devant toute l'Europe la supériorité du métal Schneider pour blindages.

Ce métal est représenté au Champ de Mars par une portion de tourelle dont le poids est de 65 tonnes et dont l'épaisseur, égale à celle des plus fortes coupoles en fonte Gruson, atteint 80 centimètres.

L'usine de Saint-Chamond expose aussi une très belle plaque en acier corroyé soudé, du poids de 26 tonnes et de 55 centimètres d'épaisseur.

Blindages composés (compound) en fer et acier. — En associant le fer et l'acier dans une plaque mixte, on a tenté d'utiliser simultanément les propriétés qui les caractérisent. La couche d'acier résistera à la pénétration et brisera le projectile; la plaque de fer, servant de doublure, soutiendra l'acier, quand bien même celui-ci viendrait à s'étoiler au choc.

Les usines Cammell et Brown, de Sheffield, exposent des blindages de ce genre. Les plaques Cammell sont fabriquées par le procédé Wilson. Sur une plaque de fer chauffée au rouge on coule de l'acier fondu; à la surface de contact, le fer se carbure aux dépens de l'acier, en même temps que se produit la soudure; celle-ci se trouve ainsi formée par une épaisseur de quelques millimètres d'acier doux entre les couches de fer et d'acier dur. Parfois on coule l'acier entre deux plaques de fer.

Les blindages Brown sont obtenus par un procédé analogue.

Les plaques en métaux associés, que plusieurs usines du continent ont réussi à produire après Sheffield, n'ont pas tou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jours donné les résultats qu'on attendait de leur disposition spéciale.

Sir J. Whitworth n'a pas exposé de blindages; c'est cependant une des questions sur lesquelles s'exerce, depuis peu de temps, son génie inventif, et, d'après les premiers essais faits en Angleterre, son acier comprimé à l'état liquide trouverait là encore une application des plus remarquables.

Systèmes d'attache des plaques. — Les boulons qui, en traversant les plaques de blindage, les fixent à la muraille du navire, ont l'inconvénient d'affaiblir l'armure et d'amorcer en quelque sorte les fentes qui se produiront au choc. Divers systèmes de boulons ont été essayés; on a tenté de les placer entre les bords voisins de deux plaques, de manière à maintenir celles-ci en les entamant le moins possible. Le boulon que présentent avec leurs plaques MM. Cammell est fileté à ses deux extrémités et muni de têtes sphériques formant écrou, avec rondelles élastiques interposées entre la tête et la plaque.

Le boulon breveté du Creusot, qui ne traverse pas complètement les plaques, paraît réaliser un progrès sérieux, surtout pour les blindages d'acier. Il est vissé par l'intérieur jusqu'au milieu de l'épaisseur du métal. La partie filetée a un diamètre un peu supérieur à celui du reste du boulon, qui se trouve recouvert d'un manchon.

A côté de ces boulons, le Creusot expose un nouveau système de tenue des plaques qui a pour objet la suppression complète des boulons; des cellules, dont les parois font partie intégrante de la construction du bâtiment, sont disposées pour recevoir les plaques.

Plaques de pont. — Pour mettre les ponts des navires à l'épreuve des projectiles animés d'une faible vitesse, on emploie des blindages de faible épaisseur (5 à 8 centimètres). On en trouve à l'Exposition de très beaux spécimens : ceux de Saint-Chamond, de 6 centimètres, ceux de MM. Marrel, de Rive-de-Gier, de 8 centimètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Des tôles d'acier de 5 millimètres suffisent pour protéger contre les balles les ponts des embarcations. Ce sont celles qu'emploient MM. Wigzell et Halsey, de Londres, pour le bordé et le pont des torpilleurs en acier dont ils ont exposé les machines. Pour le bordage des Thornycroft, l'épaisseur est portée à 6 millimètres.

Boucliers-visières, plaques, cibles. — On utilise aussi les tôles d'acier de 3 à 6 millimètres comme boucliers contre les balles, dans diverses circonstances de la guerre. MM. les fils De Braun, de Schœndorf près Vocklabruck (Autriche), en proposent l'emploi pour abriter les tireurs derrière les créneaux à l'entrée des forts, pour protéger les pointeurs des canons et surtout des mitrailleuses, pour faire des visières de tête de sape, etc. Leurs plaques, dont les échantillons figurent au Champ de Mars, sont, paraît-il, adoptées par l'armée austro-hongroise.

Pour les plaques-cibles, il faut une épaisseur plus forte et un acier de qualité tout à fait supérieure. On peut citer un très beau spécimen de la fabrication de MM. Jessop, de Sheffield.

Résumé. — En résumé, si l'on en juge d'après les produits exposés en 1878, la lutte entre le canon et la cuirasse ne semble pas, comme beaucoup de bons esprits l'avaient pensé, à la veille d'être terminée par la défaite de la cuirasse. Les expériences se poursuivent; toutefois les difficultés qu'elles présentent, la dépense énorme qu'elles entraînent, les interdisent aux usines et empêchent les gouvernements de les multiplier. Aussi, au milieu de résultats souvent contradictoires, la solution définitive de la question sera-t-elle lente à se dégager.

A mesure que s'accroît la force vive du projectile, l'épaisseur du blindage augmente; on améliore sa tenue par de nouveaux systèmes d'attache; enfin et surtout on cherche dans le choix du métal l'accroissement de la résistance. Les tentatives faites avec des métaux associés, fer et acier, n'ont pas eu jusqu'à présent une réussite complète, mais ces recherches sont encore à leur début.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'acier, pour la fabrication des plaques simples de vaisseau, semble sur le point de détrôner le fer. A notre avis, la faveur qui dès à présent s'attache à l'acier doux ne peut que s'accentuer de plus en plus. Si cette prévision se réalise, l'artillerie, pour ses bouches à feu, pour ses projectiles de rupture et les blindages de navire, n'aura plus recours qu'à l'acier, ou, pour employer un terme plus juste, ne se servira plus que des aciers. En s'engageant dans cette voie, elle est d'accord avec la tendance générale de la pratique industrielle. L'Exposition de 1878, dans toutes ses parties, en fournit le plus éclatant témoignage.

L. Julliard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

FUSÉES.

§ 1^er. — FUSÉES POUR PROJECTILES CREUX.

Pendant les années qui viennent de s'écouler, on s'est beaucoup occupé des fusées pour projectiles creux, qui constituent, par le fait, un des facteurs les plus importants de l'efficacité du tir. On devait non seulement perfectionner leurs dispositions générales, mais aussi les adapter aux bouches à feu nouvelles. Aussi presque tous les types actuels sont-ils nouveaux ou du moins postérieurs à l'Exposition de 1867.

Nous étudierons successivement les fusées percutantes, les fusées fusantes et les fusées mixtes ou à double effet.

1° FUSÉES PERCUTANTES.

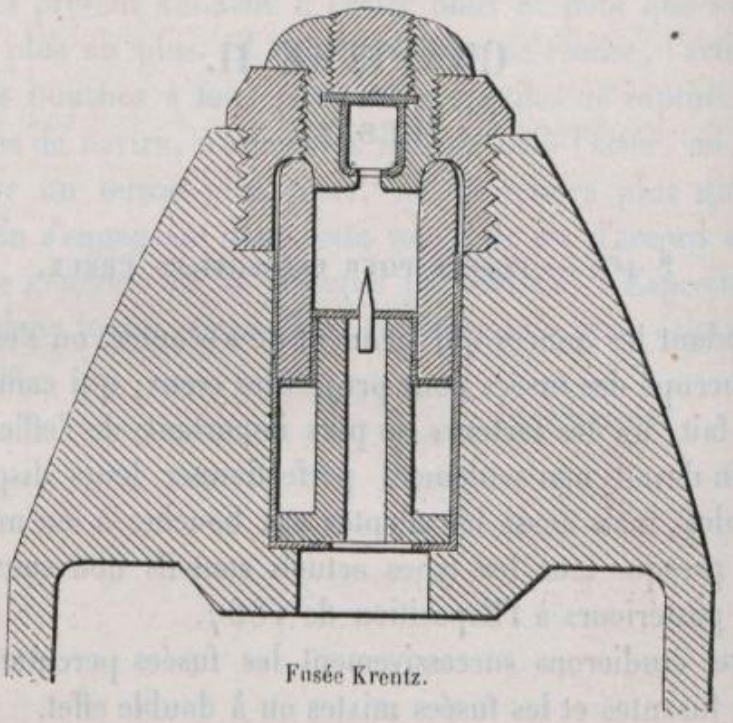
Toutes les fusées percutantes exposées sont à amorce fulminante; toutes sont fondées sur le même principe, l'inertie mise en jeu au départ du projectile, soit par son mouvement de translation, soit par son mouvement de rotation.

Les principaux organes sont les suivants :

Une amorce, presque toujours logée dans la tête de la fusée; un percuteur, dont la pointe est en face de l'amorce et qui, au repos, est immobilisé à une certaine distance de celle-ci; enfin une pièce qui prend généralement le nom de masselotte ou contre-percuteur, et dont le jeu doit, au départ, armer la fusée et rendre le percuteur libre de se porter vers l'amorce au choc d'arrivée. C'est la disposition de cette masselotte et son fonctionnement qui différencient surtout les modèles de fusées percutantes.

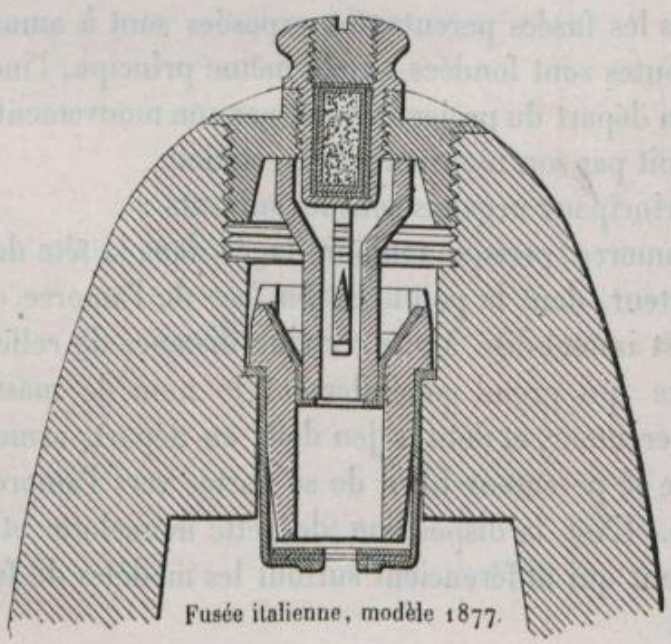
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fusée Krentz. — Le type qui se trouve le plus fréquemment au Champ de Mars est la fusée du colonel autrichien Krentz.



Fusée Krentz.

Exposée sous le nom de son inventeur par le Gouvernement espagnol, elle figure, avec quelques modifications de détails, dans



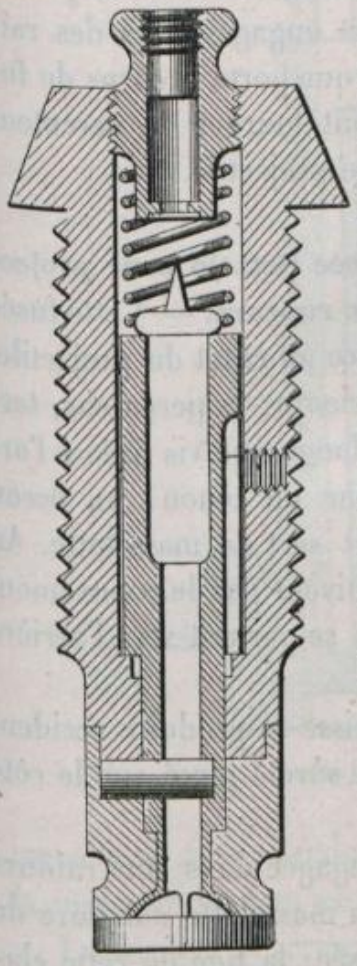
Fusée italienne, modèle 1877.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la section suisse, au nom de MM. Fornerod et Rubin, et sous le titre *fusée Krupp*, dans la vitrine de MM. Reishauer et Bluntschli. La masselotte est un cylindre creux, qui, placé à l'avant du corps de fusée, repose sur un godet ou chapeau formant ressort, qui coiffe le percuteur.

Au départ, la masselotte reste en arrière, redresse les branches du ressort et vient envelopper le percuteur, dont elle augmente la masse en faisant corps avec lui.

Fusée italienne, modèle 1877. — Dans la fusée italienne modèle 1877, la masselotte, dont le fonctionnement est identique, présente la disposition inverse. D'un diamètre plus faible que le percuteur, elle se loge, au départ, dans la cavité intérieure de celui-ci, en comprimant le ressort qui au repos la maintenait vers l'avant.

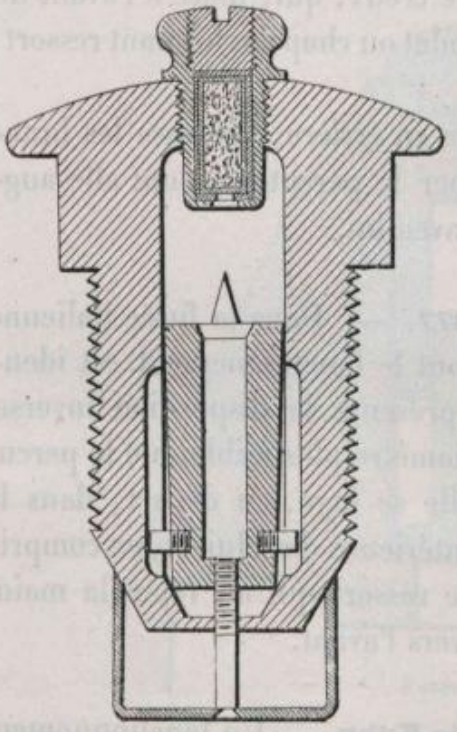


Fusée Kuhn.

Fusée Kuhn. — Un fonctionnement un peu différent caractérise cette fusée, exposée par la pyrotechnie militaire de Sœrabaya (Indes hollandaises). La masselotte prolonge le corps de fusée et enveloppe l'extrémité postérieure du percuteur, qui fait ressort pour la retenir. Au départ, elle reste en arrière et s'avale dans l'intérieur du projectile. Une goupille qu'elle maintient dans son logement, sur le côté de la partie arrière du percuteur, s'échappe à son tour par suite de la rotation de l'obus, et le percuteur est rendu libre. Un tenon que porte le corps de fusée s'engage dans une rainure du percuteur pour rendre celui-ci solidaire du mouvement de rotation de l'obus.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fusée Bettolo. — La fusée Bettolo, exposée par la marine italienne, présente aussi une masselotte qui se dégage vers l'arrière dans l'intérieur de l'obus. Formée d'un cylindre d'un assez grand diamètre, elle tend, en vertu de son inertie, à ne pas suivre le mouvement de rotation du projectile, et fait ainsi sortir de son écrou une vis à pas très allongé qui la relie au percuteur et au corps de fusée.



Fusée Bettolo.

Deux tenons fixés au percuteur et engagés dans des rainures que porte le corps de fusée font tourner le percuteur avec le projectile.

Fusée Bettolo pour projectile de rupture. — Cette fusée se place au culot du projectile. Le porte-amorce est à l'extrémité antérieure; le percuteur, terminé par un rugueux, est fileté et prolonge une vis fixée à l'arrière; il est assemblé avec cette vis par un tenon; un écrou commun aux deux pièces les réunit et sert de masselotte. Au choc du départ, cette masselotte, ne suivant pas le mouvement de rotation du projectile, se dévisse en se portant vers l'arrière et en dégageant le percuteur.

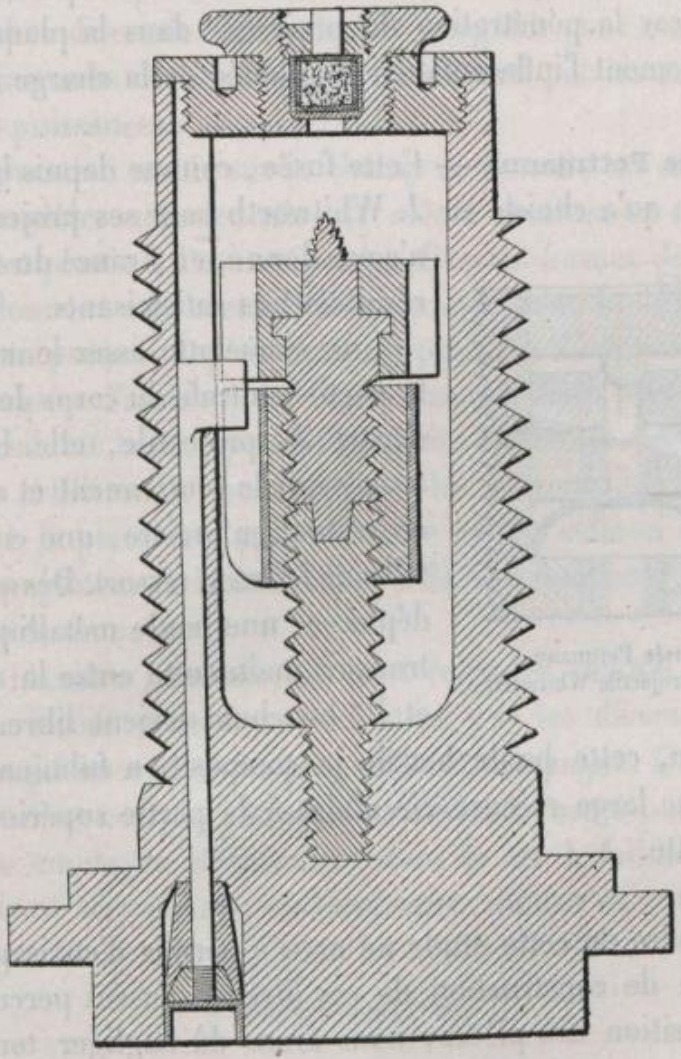
Il faut éviter que ce mouvement puisse se produire accidentellement. C'est le rôle de l'appareil de sûreté placé sur le côté de la fusée.

Il se compose d'une clavette qui, engagée dans une rainure latérale de l'écrou, rend, au repos, la masselotte solidaire du mouvement de rotation du corps de fusée; la tige de cette clavette se prolonge jusqu'au culot du projectile dans un canal pratiqué latéralement, et se termine de ce côté par un bout fileté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entouré de plomb et muni d'un écrou. Une petite cuvette obturatrice en cuivre est logée par-dessus l'écrou, à l'orifice du canal.

Les gaz de la charge, agissant en ce point, refoulent l'écrou dans le plomb et chassent en avant la clavette, qui dégage la



Fusée Bettolo, pour obus de rupture.

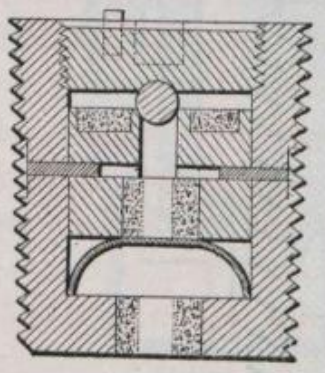
masselotte sans abandonner la rainure du percuteur. Le jeu de la fusée est dès lors assuré.

La forme de l'arrière du corps de fusée est combinée de manière à prévenir l'infiltration des gaz dans la cavité du projectile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous n'avons pu savoir si cette fusée, expérimentée comme les autres par la marine italienne, avait eu dans le tir un fonctionnement régulier. Elle paraît surtout destinée à produire l'éclatement de l'obus de rupture, quand ce projectile, manquant le blindage, vient atteindre une autre partie du bâtiment, car la pénétration du projectile dans la plaque produit généralement l'inflammation spontanée de la charge intérieure.

Fusée Pettmann. — Cette fusée, connue depuis longtemps, est celle qu'a choisie sir J. Whitworth pour ses projectiles. Elle n'a pas donné, en France du moins, des résultats très satisfaisants.



Fusée Pettmann, pour projectile Whitworth.

Une masselotte assez lourde occupe la partie centrale du corps de fusée. Au départ du projectile, elle brise deux tenons qui le soutiennent et comprime, en restant en arrière, une cuvette métallique formant ressort. Dès qu'elle s'est déplacée, une boule métallique qui se trouvait maintenue entre la masselotte et le bouchon devient libre. Au choc d'arrivée, cette boule heurte la composition fulminante logée dans une large rainure circulaire à la partie supérieure de la masselotte.

Le cadre de cette étude ne nous a permis d'envisager que le principe de construction de ces diverses fusées percutantes et la disposition des pièces; nous avons dû négliger tous les détails qui, cependant, ont sur le fonctionnement régulier de la fusée une influence prépondérante; tels sont : le choix du métal, les dimensions des différentes parties, leur forme particulière, le fini du travail. Il aurait fallu insister aussi sur les moyens de préserver les amorces de l'humidité ou des actions chimiques.

Ces divers points nécessitent, avant l'adoption d'un modèle,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des expériences de transport et des essais de conservation aussi importants que l'épreuve du tir elle-même.

On doit signaler l'absence des fusées à goupille du type prussien. Leur principal inconvénient consiste dans les ratés nombreux motivés par l'entrée de la terre dans le trou de goupille, au choc d'arrivée. Les palliatifs imaginés pour remédier à ce défaut ont sans doute été jugés insuffisants par les artilleries des autres puissances.

La préparation au tir sur le champ de bataille est simplifiée avec les modèles actuels; elle est même absolument nulle, si l'amorce est placée à l'avance, et les diverses formes de ressort choisies donnent une sécurité assez grande dans les transports pour qu'on puisse adopter cette disposition. Cependant, soit que les craintes d'accident dans les transports aient persisté, soit qu'on ait redouté la prompte détérioration du fulminate, presque toutes les artilleries se sont ménagé les moyens de visser un bouchon à la place de l'amorce ou de visiter celle-ci sans démonter complètement la fusée. Il y a là une tendance générale qu'il importe de noter.

D'une manière générale, on peut regarder comme satisfaisantes les fusées percutantes adoptées par les diverses puissances européennes pour les projectiles de campagne. Quelques-unes peut-être ne sont pas assez sensibles à l'armé pour qu'on puisse les employer efficacement dans le tir à faible charge. Mais ce tir ne sera jamais, en campagne, qu'une exception.

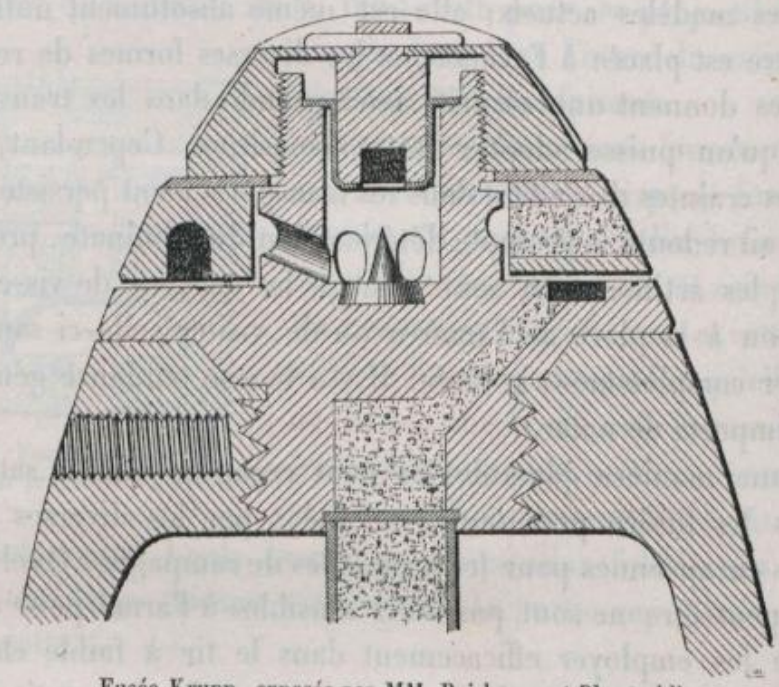
2° FUSÉES FUSANTES.

Fusée Krupp. — La maison Reishauer et Bluntschli, de Zurich, expose, sous le nom de fusée à temps de Krupp, une fusée fusante à cadran qui reproduit, dans ses dispositions principales, la fusée fusante prussienne.

La cavité antérieure du corps de fusée contient une pointe ou rugueux, fixé au fond; en face est une amorce fulminante, suspendue par un godet dont les branches font ressort. Comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce mode de suspension de l'amorce ne donnerait pas pour les transports une sécurité suffisante, une goupille, qu'on retire au moment du tir, est passée dans la tête du porte-amorce. L'ensemble de cette disposition, qui réalise l'inflammation au départ, constitue l'appareil concutant. Le feu produit par la combustion de l'amorce se communique par plusieurs évents à la composition fusante, qui se trouve dans une partie mobile nommée régulateur ou chapeau, qui enveloppe la partie supérieure du



Fusée Krupp, exposée par MM. Reishauer et Bluntschli.

corps de fusée. Elle a été comprimée à la presse hydraulique, dans une gorge que porte cette pièce et dont le tracé circulaire est interrompu en un seul point.

Un canal percé obliquement dans la partie inférieure du corps de fusée, et qui communique avec la charge intérieure du projectile, débouche sur la table en face de la gorge circulaire. Un écrou placé sur le corps de fusée au-dessus du régulateur permet, quand on le desserre, de manœuvrer celui-ci.

Pour les transports, on place la partie massive du régulateur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

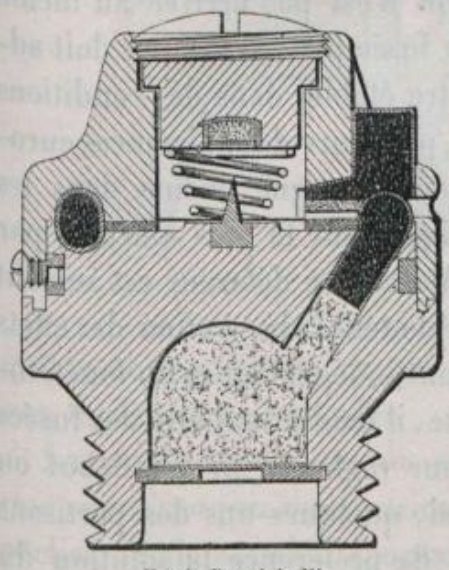
en face du canal de communication ; pour le tir, suivant la durée à obtenir, on fixe le régulateur à la position voulue, en plaçant en face du repère la division indiquée.

La durée maximum de cette fusée est de 11 secondes.

Elle fonctionne d'une manière satisfaisante. On doit cependant signaler une cause d'éclatements prématurés. Les gaz, en passant entre les faces voisines du chapeau et du corps de fusée, entre lesquelles est une rondelle en drap, peuvent mettre le feu au canal de communication avant que la composition tassée dans le canal circulaire ait complètement brûlé.

Fusée Fornerod. — Une fusée du même système, et ne différant de celle-là que par certains détails de construction, est exposée, également dans la section suisse, par MM. Rubin et Fornerod Stadler.

Fusée Bazzichelli. — Dans la fusée Bazzichelli, exposée par la marine italienne, la colonne fusante circulaire n'est pas logée dans le chapeau; elle fait partie du corps de fusée et se trouve renfermée dans un tube de plomb. Pour fabriquer cet élément principal de la fusée, on prend un tube de plomb de grand diamètre, on y tasse la composition, puis on l'étire à la filière jusqu'à ce qu'il ait le diamètre voulu.



Fusée Bazzichelli.

En un point du chapeau est placée une petite quantité de composition qui prend feu au moment de la déflagration de l'amorce, et donne un jet de flamme assez fort pour fondre, dans son voisinage, le tube de plomb et allumer la composition qu'il contient. Ainsi se trouve réalisé le fonctionnement auto-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

matique de la fusée, sans autre préparation au tir que le placement du chapeau à la division indiquée.

Notons encore, comme disposition de détail, la manœuvre du chapeau. Il embrasse le pourtour du corps de fusée par un rebord auquel est fixé en dedans, par trois vis, un ressort circulaire en laiton. Dans l'appareil concutant, la masselotte porte-amorce est maintenue par deux tenons qui se brisent au choc du départ; un ressort à boudin est interposé entre l'amorce et la pointe du percuteur.

L'emploi du tube de plomb étiré marque, à notre avis, un grand pas dans le perfectionnement des fusées à temps. Il réalise les avantages suivants : combustion extrêmement régulière, conservation beaucoup mieux garantie. En outre, il supprime la cause d'éclatement prématuré que nous avons signalée pour la précédente fusée.

La durée de combustion assez restreinte que permet d'obtenir la disposition circulaire du canal fusant réalisée dans ces types n'est peut-être pas suffisante pour toutes les circonstances du tir, mais cette difficulté ne paraît pas insurmontable.

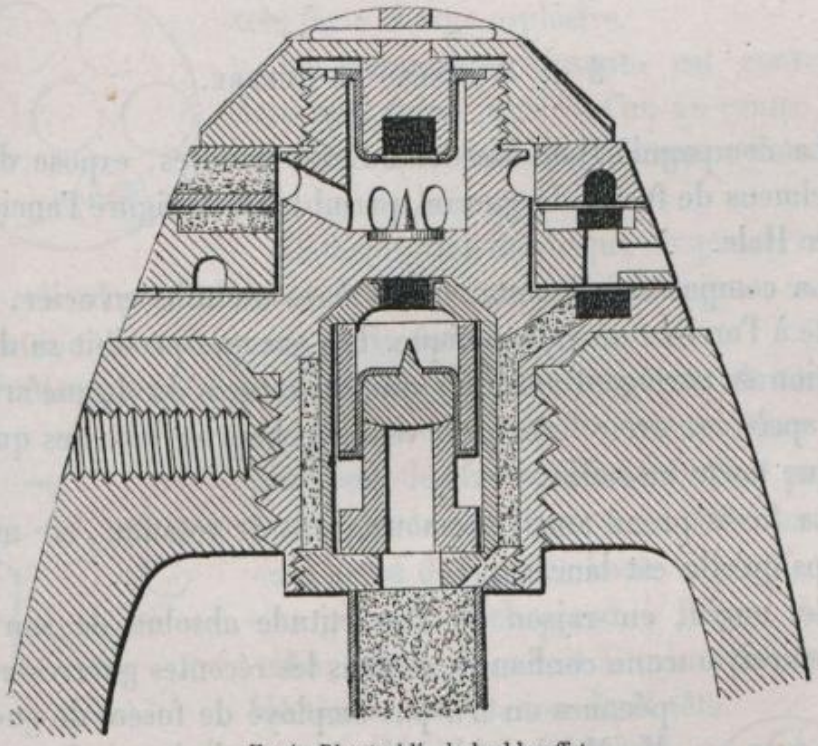
En somme, si la fusée à temps n'est pas arrivée au même degré de perfectionnement que la fusée percutante, on doit admettre qu'elle peut aujourd'hui être établie dans des conditions de service satisfaisantes. Pourtant, plusieurs des puissances européennes renoncent à l'employer en campagne, même dans les circonstances où elle serait théoriquement le plus efficace, par exemple pour les obus à balles. Mais cette défaveur est surtout motivée par les difficultés que présentent l'observation des effets du tir et le réglage exact, et qui sont indépendantes du fonctionnement même de la fusée. Du reste, il faudra toujours des fusées percutantes, ne serait-ce que pour régler le tir au début ou pour renverser les obstacles. Aussi, quelques-uns des partisans de la fusée à temps cherchent-ils de préférence la solution du problème dans la création de la fusée à double effet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° FUSÉES À DOUBLE EFFET.

Fusée Bluntschli. — Dans cette catégorie nous avons à citer la fusée du colonel Bluntschli (section suisse).

Cette fusée dérive des types fusant et percutant qui figurent dans la vitrine du même constructeur et qui ont été précédemment décrits. La fusée à temps qu'elle renferme est à deux régulateurs superposés, ce qui permet d'obtenir assez facilement une durée de 22 secondes.



Fusée Bluntschli, à double effet.

La partie supérieure du second régulateur est garnie avec une substance peu conductrice de la chaleur, dans le but d'empêcher l'inflammation spontanée de la composition contenue dans le second canal.

Fusée Fornerod. — Une fusée à double effet analogue à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

précédente est exposée dans la section suisse par MM. Rubin et Fornerod Stadler.

Elle est en alliage blanc, tandis que celle du colonel Bluntschli est en laiton. Le godet du concuteur est en acier; celui de la fusée Bluntschli est en cuivre.

Le prix de revient assez élevé des fusées à double effet doit entrer en ligne de compte dans l'éventualité de leur adoption.

L. Julliard.

§ 2. — FUSÉES DE GUERRE.

La compagnie Hale-Macdonald, de Londres, expose divers spécimens de fusées de guerre, parmi lesquels figure l'ancienne fusée Hale.

La composition fusante, tassée dans un tube en acier, présente à l'arrière un vide conique. Les gaz que produit sa déflagration se partagent entre les cinq ouvertures du disque arrière et, après les avoir franchies, viennent heurter les ailes que ce disque porte en saillie.

La fusée prend ainsi un mouvement de rotation, en même temps qu'elle est lancée.

Cet engin, en raison de l'incertitude absolue de son tir, n'inspirait aucune confiance, et dans les récentes guerres européennes on n'a pas employé de fusées de guerre. M. Macdonald s'est proposé de les perfectionner en donnant à leur tir la justesse qui leur manque. Dans ce but, il munit l'avant du tube d'une cheminée qui relie le projectile au corps de la fusée, et qui communique avec l'extérieur par des ouvertures garnies de rebords et disposées à peu près comme celles du disque de queue.

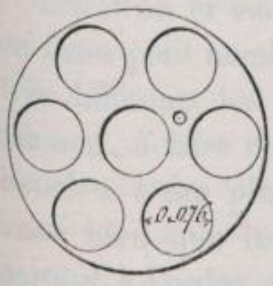
La composition fusante est percée dans toute sa longueur, et les gaz s'échappant à la fois par les deux bouts déterminent la rotation de la tête en même temps que celle de la queue. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

composition est très fortement tassée; le tube, très résistant, est en acier Whitworth.

M. Macdonald affirme, d'après ses propres expériences, que la portée des fusées est ainsi augmentée de moitié, l'écart en direction ramené entre des limites très rapprochées.

Le même inventeur expose ses fusées-torpilles, dont le calibre atteint 30 centimètres. Elles portent à la tête une boîte cylindro-ogivale en cuivre rouge qui contient une très forte charge explosive.



La composition fusante est contenue dans sept tubes accolés, l'un au centre, les six autres sur une circonférence, dans un cylindre de bois.

La disposition du disque de queue, muni d'un rebord pour chacune des ouvertures périphériques, assure la rotation de cette partie de la fusée.

M. Macdonald a d'ailleurs appliqué à des engins du même type la modification qui vient d'être décrite pour les fusées simples. C'est par le moyen de la composition du tube central, seul percé de bout en bout, et par l'action des gaz qui s'échappent à l'avant de ce tube, par un conduit à trois bras, qu'on détermine la rotation de la tête.

Les résultats obtenus par M. Macdonald avec ses nouvelles fusées ont sans doute besoin d'être confirmés par des expériences plus complètes; on doit notamment faire les réserves les plus formelles sur la manière dont se comporteront, dans le tir, des fusées-torpilles à sept canaux. Rien ne prouve que ces tubes, indépendants l'un de l'autre, ne tendront pas à se séparer, en disloquant la frêle enveloppe qui les réunit.

D'autre part, l'impuissance des batteries de fuséens en face du canon dans les guerres d'il y a vingt ans, a laissé des souvenirs qui sont loin d'être effacés. On doit toutefois se garder de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conclure à la condamnation définitive et absolue des engins de cette nature. A une époque où les torpilles automobiles sont accueillies par la marine avec une faveur marquée, il ne serait pas surprenant de voir l'artillerie, par un revirement subit de l'opinion, s'occuper de nouveau des fusées de guerre, en vue de leur emploi dans les sièges.

L. Julliard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

AFFÛTS ET VOITURES.

Les affûts et voitures de campagne sont, au Champ de Mars, en assez petit nombre. Toutefois, comme les types exposés sont très différents les uns des autres, on cherchera, d'après leur examen, à faire ressortir les transformations que la création de bouches à feu plus puissantes impose aujourd'hui aux affûts, aussi bien que les modifications générales qui semblent être partout à l'ordre du jour pour l'organisation du matériel roulant.

En ce qui concerne le matériel de montagne, le matériel de siège et celui de place, qui ne sont représentés que par quelques objets isolés, on se bornera à signaler les dispositions qui offrent de l'intérêt, sans entreprendre une étude d'ensemble dont les éléments feraient défaut.

§ 1er. — MATÉRIEL DE CAMPAGNE.

SECTION ANGLAISE.

Affût Whitworth pour canon de 9 livres. — Cet affût est en acier comprimé à l'état liquide; les flasques n'ont ni cornières, ni rebords; les encastrements de tourillons font corps avec les flasques et sont venus de forge. Ils sont très peu élevés au-dessus de l'essieu, disposition très favorable à la résistance de l'affût dans le tir. Les entretoises ont la forme de manchons à embase dont l'un est traversé par l'essieu.

L'appareil de pointage se compose d'une vis simple, dont la tête est articulée à la culasse et qu'on manœuvre au moyen de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux roues d'angle en tournant une manivelle placée à l'extérieur du flasque droit. Cette disposition permet de tirer sous l'angle de 20°. Deux coffrets sont installés sur l'essieu, qui les traverse; l'un contient des outils, l'autre renferme trois boîtes à mitraille. Les roues sont à moyeu métallique.

L'affût est muni d'un frein particulier, qui fonctionne aussi bien pour diminuer le recul que pour enrayer dans les marches: les fusées d'essieu sont filetées et pourvues de rondelles-écrous, qu'on peut serrer contre la roue en manœuvrant la manivelle dont elles sont armées, soit à la main, soit au moyen d'un petit levier. Le sens du filet des fusées est choisi de telle sorte que, lorsque le frein est en jeu, le recul augmente le serrage. Lorsque le frein ne doit pas fonctionner, on maintient la rondelle à une certaine distance de la roue, en retournant l'esse de bout d'essieu et en engageant un tenon que porte cette esse dans une rainure que porte la rondelle.

Dans l'avant-train, le cadre, la volée et les palonniers sont en acier comprimé. Le coffre, en bois doublé de tôle, contient 30 coups; les projectiles sont disposés sur le pourtour; les charges sont au milieu.

Dans ce matériel, indépendamment du soin apporté à tous les détails de construction, on doit signaler comme des particularités remarquables : l'emploi de l'acier comprimé, la forme de la tête des flasques, la disposition bien choisie de l'axe des tourillons, enfin les freins, qui fonctionnent d'une manière satisfaisante.

SECTION ESPAGNOLE.

Affût de campagne pour batteries de position. — Cet affût, construit dans les ateliers de Trubia, porte le canon de 9 centimètres en bronze comprimé. L'axe des tourillons est assez élevé au-dessus de l'essieu (40 centimètres). Cette disposition est réalisée par une surélévation de la tête des flasques, laquelle est d'autant plus apparente que le corps des flasques est lui-même abaissé par rapport à l'essieu, qui les traverse au lieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de les supporter. Cette forme n'est pas très favorable à la résistance des flasques; elle a l'avantage d'abaisser le centre de gravité et de faciliter le pointage sous les angles extrêmes. On peut tirer entre + 28° et — 12°.

La vis de pointage est double; la vis extérieure en bronze, l'intérieure en acier; on la manœuvre au moyen d'un volant-manivelle. L'écrou est porté par une traverse dont les extrémités, servant de tourillons, reposent dans des crapaudines logées à l'intérieur des flasques au-dessus du rebord que forme, en bas comme en haut, la tôle repliée.

Les sous-bandes sont à charnière. L'entretoisement est réalisé par le bout de crosse et quatre boulons. L'essieu est relié au boulon d'arrière par des tirants obliques. Un sabot d'enrayage est placé du côté gauche de l'affût en batterie. Il n'y a pas de frein de recul.

Les roues sont à moyeu en bois; toutefois les roues à moyeu métallique sont, en principe, adoptées pour ce modèle d'affût.

L'avant-train n'est pas exposé. L'affût ne porte aucun coffret.

Ce matériel semble, au point de vue de la disposition comme à celui de la construction, notablement inférieur à l'affût Whitworth.

SECTION DES PAYS-BAS

Affût de campagne pour canon de 8 centimètres. — Les deux flasques de cet affût sont en tôle à cornières, avec coffret de flèche entre les deux. L'essieu porte deux coffrets avec siège en tôle à ressort, dossier à treillis et marchepied.

Les roues sont à moyeu en bronze, avec un boulon traversant la patte de chaque rai. L'appareil de pointage est, comme dans l'affût Whitworth, une vis simple, qu'on manœuvre par l'intermédiaire de deux roues d'angle en agissant sur une manivelle placée à l'intérieur du flasque droit. On remarque en outre, sur cet affût et son avant-train en bois, certains détails de construction qui sont particuliers au matériel hollandais et qui ont déjà été décrits, notamment à l'occasion de l'Exposition de 1867.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tels sont : la lunette mobile de bout de crosse, le mode d'attache du crochet cheville ouvrière, les armons très allongés, les esses armées à la partie supérieure d'un grand rebord qui protège le bout du moyeu et la fusée.

Le spécimen d'affût exposé est équipé en affût de rechange; dans ses encastrements de tourillons s'engage une pièce de bois qui porte un essieu vertical armé de deux roues. Deux autres roues sont disposées de la même manière sur un autre essieu, qui s'appuie sur le corps d'essieu de l'avant-train; le cadre de cet avant-train porte deux caisses basses qui s'ouvrent par l'arrière et contiennent les instruments de la batterie.

Caisson de 8 centimètres de campagne. — Cette voiture a le même avant-train que l'affût; l'arrière-train est également en bois. Il y a un coffre plat sur chaque train; celui d'avant contient 42 coups, celui d'arrière 64; ce qui fait en tout 106 projectiles, avec 112 charges. Le compartimentage est soigné; les porte-projectiles sont garnis de caoutchouc.

Le caisson porte divers outils et un cric.

Caisson à munitions d'infanterie. — Cette voiture, construite, comme les précédentes, à l'arsenal de Delft, peut être attelée à trois chevaux de front. Elle ne présente aucune particularité nouvelle.

SECTION ITALIENNE.

Affût pour canon de 7 en bronze. — Cet affût, exposé par le Ministre de la marine, est muni d'un avant-train léger; la pièce ainsi équipée est destinée à être employée dans les débarquements.

Les flasques sont en tôle mince à bordure repliée à l'intérieur; les entretoises sont également en tôle; l'une d'elles est doublée d'une pièce de bois assez épaisse qui reçoit deux boîtes à mitraille dans les logements cylindriques.

L'essieu cylindrique est relié à l'affût par 2 tirants obliques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les roues sont basses (diamètre, $1^{m},20$,) et à moyeu métallique; les boîtes de roues sont munies d'une fermeture hermétique; l'affût est pourvu d'un frein à patins, commandé par un levier qu'on manœuvre en l'arrêtant à la position convenable sur un arc denté, placé verticalement à la tête du flasque gauche. L'affût porte, outre ses armements, une pelle et une hache.

L'avant-train est disposé pour être traîné à bras. Sur l'essieu repose un cadre en fer qui est formé de deux brancards et d'une volée, et qui se termine à l'arrière par le crochet cheville ouvrière. Un timon en fer est fixé au-dessus de la flèche et dans son prolongement; à son extrémité, il reçoit dans une douille une volée en bois, à laquelle s'appliquent les hommes. Deux coffres sont placés en long sur le cadre; ils sont munis de fortes poignées et contiennent chacun 16 projectiles et leurs charges. Une boîte suspendue au-dessous de l'essieu reçoit les fusées et les accessoires.

L'ensemble de l'affût et de l'avant-train paraît satisfaisant pour leur service spécial de débarquement, en raison de sa grande légèreté. C'est un matériel un peu faible pour le service de campagne.

SECTION FRANÇAISE.

Affût de canon-revolver Hotchkiss. — Cet affût peut être étudié à côté des affûts de campagne, dont il se rapproche par ses dimensions. Il présente d'ailleurs deux dispositifs intéressants, son frein et le système qui donne le pointage en direction sans déplacer la crosse.

Frein. — L'essieu est fileté dans le partie voisine des fusées; les manchons-écrous qui enveloppent l'essieu sont terminés, du côté extérieur, par un cône creux qui emboîte un cône saillant porté par le moyeu métallique de la roue. Les manchons sont munis de leviers de manœuvre. Ce frein une fois en prise, la tendance au recul augmente le serrage, et les roues sont presque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

immédiatement immobilisées. Cette disposition, analogue à celle du frein Whitworth, est satisfaisante surtout pour une bouche à feu dont le recul est faible.

Appareil de pointage. — Les tourillons du canon-revolver reposent sur un support mobile autour d'un pivot vertical. La vis de pointage est reliée à la culasse, et son écrou se déplace horizontalement sous l'action d'une vis à volant. En manœuvrant celle-ci, on déplace légèrement la pièce et le support des tourillons autour du pivot, et l'on peut, soit achever le pointage en direction, soit, en donnant pendant le tir un mouvement alternatif, disperser les projectiles sur une certaine étendue.

Cette disposition, excellente pour un affût de mitrailleuse, ne pourrait, dans aucun cas, être employée avec un canon.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES RELATIVES AUX VOITURES DE CAMPAGNE.

L'examen très rapide qui vient d'être fait des affûts et voitures de campagne ne met en lumière qu'un petit nombre de faits généraux. Il convient cependant de noter la faveur avec laquelle sont accueillies partout les roues à moyeu métallique, la tendance à faciliter le tir et le pointage sous les grands angles, l'emploi plus fréquent de l'acier dans les constructions, enfin les recherches entreprises dans le but d'avoir des freins de recul.

Les roues à moyeu métallique ont le grand avantage d'une fabrication simple et de réparations faciles; elles admettent des rais de fortes dimensions et sont, par conséquent, plus solides. On leur reprochait le manque d'élasticité du moyeu; mais l'expérience à démontré que cet inconvénient n'a pas une gravité extrême. Quant à l'élévation du prix de revient, elle est largement compensée par la conservation indéfinie du moyeu. Aussi doit-on penser que les moyeux métalliques se substitueront complètement aux moyeux en bois.

Pour s'assurer de la faculté de tirer sous les grands angles,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on a partout abandonné les affûts à flèche en bois. Les affûts à flasques convergents vers la crosse sont universellement adoptés; l'emploi des tôles d'acier permet aujourd'hui de les construire dans d'exellentes conditions. Il semble que, dans certains affûts de campagne, on soit allé jusqu'à l'exagération en cherchant à obtenir même le tir sous les angles de plus grande portée. On s'expose ainsi à des inconvénients très sérieux: forme des flasques peu favorable à la résistance, complication des appareils de pointage, qui deviennent en même temps très lourds et difficiles à préserver des chocs ou de la boue.

L'affût Whitworth pour canon de 9 livres semble, à ce point de vue, un des mieux étudiés. Il présente en même temps une application remarquable de l'acier aux constructions de matériel roulant.

Ce n'est pas seulement pour les tôles de flasques ou les cadres d'avant-train et de caisson que l'acier tend à se substituer au fer. Il est dès à présent employé de préférence à ce dernier pour les essieux, qui, avec les nouvelles bouches à feu, sont plus éprouvés par le tir que par les marches.

Le fort recul de ces canons nécessite l'adjonction aux affûts de campagne d'un organe nouveau, le frein. Le frein ordinaire à patins, bon pour les routes, paraît devoir être insuffisant pour le tir. Les freins Whitworth et Hotchkiss, qui empêchent la roue de tourner en développant au moyeu une résistance énergique, fonctionnent assez convenablement. Ils ne paraissent pas cependant avoir un avantage marqué sur les nombreux dispositifs qui ont été essayés. La variété des systèmes mis en expérience semble indiquer qu'on ne s'accorde guère sur le choix d'un frein de campagne à la fois léger, simple et résistant.

FORGES DE CAMPAGNE.

Dans la section française on remarque les forges portatives de M. Enfer, à soufflet métallique et à tuyère à entraînement d'air, qui sont aujourd'hui appréciées partout.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les sections étrangères présentent aussi quelques spécimens de forges portatives qui méritent une mention.

M. Schaller, de Vienne, emploie presque exclusivement des soufflets cylindriques en cuir, à simple ou à double effet, manœuvrés à l'aide d'une branloire. Les forges de campagne et de montagne adoptées par l'armée austro-hongroise se démontent, sont légères et faciles à transporter. Il construit, en particulier, une forge qui tient tout entière dans une caisse. On loge dans cette caisse le soufflet, la tuyère, les pieds à charnière et les outils. Le fond de la boîte formera l'âtre. Cette forge peut être facilement dressée en cinq minutes.

On installe plus rapidement encore la forge à ventilateur de MM. Rownson, Diew et C^ie^, de Londres, qui est aussi tout entière contenue dans sa caisse. Les mêmes constructeurs exposent d'autres forges dont la construction est également très soignée. Dans presque toutes, le ventilateur est manœuvré au moyen d'une manivelle; dans l'une d'elles cependant il est commandé par une branloire.

Le ventilateur peut, à certains points de vue, être d'un emploi avantageux pour le service de campagne; il chauffe plus vite que le soufflet, et son action est régulière. Mais précisément à cause de cette qualité, il brûle beaucoup de combustible et se prête mal à une variation brusque d'intensité de la chauffe à coup de feu. Si l'on était porté à admettre l'usage du ventilateur, les forges marque Cyclops de MM. Rownson et Diew mériteraient de fixer l'attention, au point de vue de la solidité et du bon agencement des diverses parties.

Quant aux forges portatives démontables dont toutes les parties sont logées pêle-mêle dans une caisse, elles semblent avoir plus d'inconvénients que d'avantages. Généralement peu puissantes, fragiles en raison de leurs faibles dimensions, elles sont exposées à des détériorations sérieuses par la fréquence même des chargements et déchargements. L'importance de la forge dans le service de la cavalerie comme dans celui de l'artillerie justifie l'emploi d'une voiture spéciale sur laquelle les princi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paux organes de la forge sont installés à demeure, dans les meilleures conditions au point de vue de la résistance et du travail. C'est uniquement aux batteries de montagne ou aux détachements de très faible effectif que paraissent convenir les petites forges démontables.

§ 2. — MATÉRIEL DE MONTAGNE.

SECTION DES PAYS-BAS.

Affût de montagne avec limonière. — L'arsenal de Sœrabaya (Indes néerlandaises) expose deux affûts de montagne pour canons de 8 et de 12, qui ne diffèrent l'un de l'autre que par quelques détails de construction et par quelques ferrures.

Le corps d'affût est en bois; les sous-bandes se prolongent de manière à recouvrir la tête d'affût; la ferrure qui forme sus-bande pour le tir de plein fouet sert en même temps d'exhaussement de tourillons pour le tir plongeant; elle est munie à cet effet de deux bras qui supportent à la partie supérieure un encastrement demi-circulaire. Cette disposition, déjà connue d'ailleurs, est assez curieuse. La construction des affûts est très soignée.

La caisse à munitions est à 6 compartiments.

§ 3. — MATÉRIEL DE SIÈGE.

Le matériel de siège n'est représenté que dans la section espagnole et dans celle des Pays-Bas.

SECTION ESPAGNOLE.

Affût de siège pour canon de 15 centimètres. — Cet affût, dont la bouche à feu pèse environ 3,000 kilogrammes, a été construit dans les ateliers de Trubia (Asturies). Il est presque identique au modèle que Krupp a exposé à Vienne en 1873. Il est inutile d'en donner une description détaillée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les flasques sont en tôle forte à cornière, la partie antérieure est très fortement surélevée, de manière à porter à $1^{m},80$ de hauteur les tourillons de la pièce. Le système de pointage rappelle celui qui a été décrit pour le canon de campagne. Les roues sont à moyeu en bronze ; l'affût porte un frein de route à patins, qu'on manœuvre au moyen d'une manivelle placée à la tête d'affût. Il n'y a pas d'autre frein pour le tir.

SECTION DES PAYS-BAS.

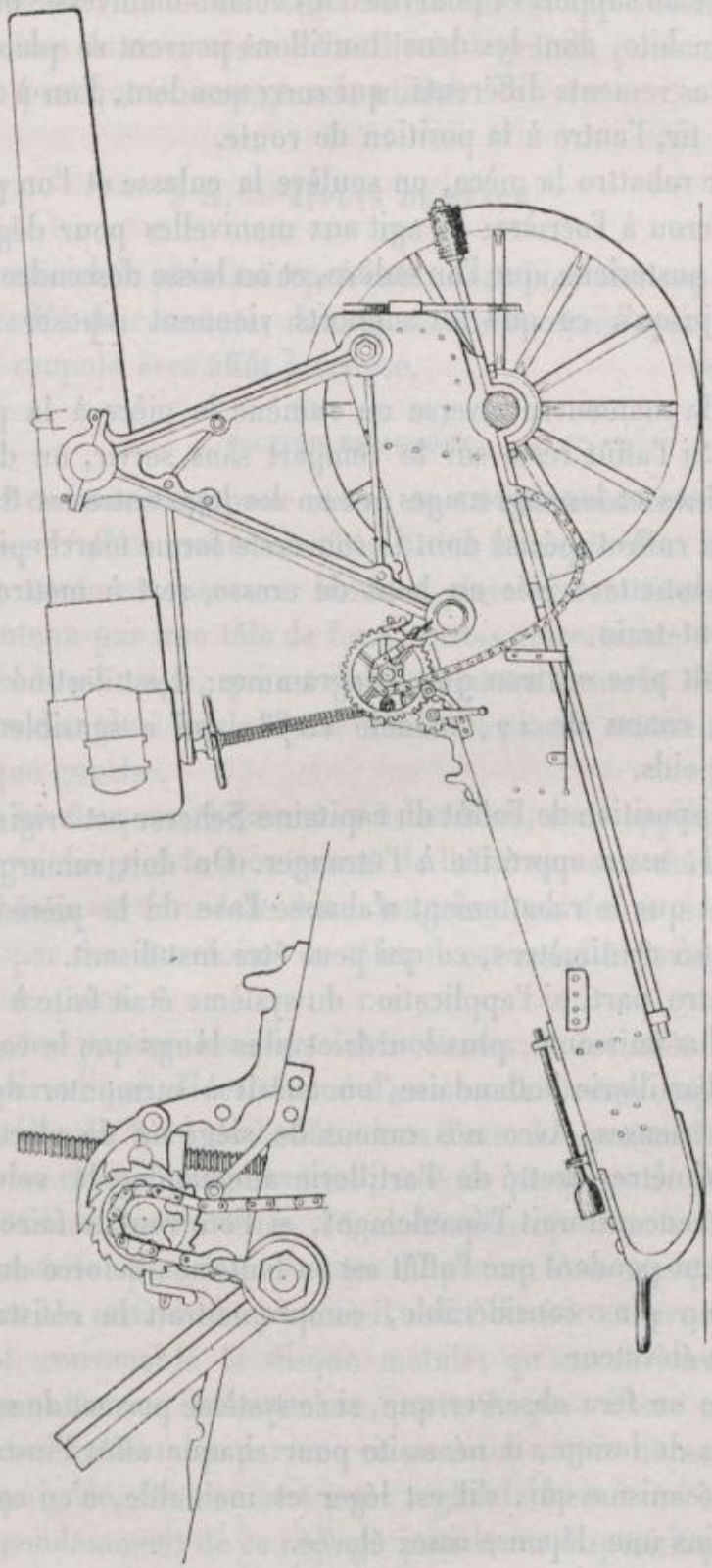
Affût de siège pour canon de 12. — Cet affût, dû au capitaine Scherer, présente une diposition assez nouvelle pour justifier une description détaillée. Il est à flasques surélevés et permet de rabattre très facilement la pièce, sans le secours d'engins de levage, soit pour la mettre à l'abri derrière le parapet ou sous une traverse, soit pour la ramener à la position de route.

Les flasques, assez rapprochés l'un de l'autre, sont en tôle mince à bordure ployée en dedans. Vers l'avant sont deux supports élévateurs en fer forgé. Ils se composent chacun d'un montant et d'un arc-boutant, qui sont consolidés par des nervures reliées par des tirants et qui se réunissent à la partie supérieure de manière à former des encastrements de tourillons. La liaison des supports avec les flasques est assurée par deux boulons ; on enlève celui d'arrière pour le rabattement, qui s'effectue autour du boulon antérieur.

Le mécanisme spécial qu'on emploie pour cette opération est installé sur les flasques ; il se compose essentiellement de deux chaînes Galle, enroulées sur des pignons et accrochées à la partie inférieure des arcs-boutants. Pour manœuvrer les chaînes, sont montées, sur l'axe même de leurs pignons, d'un côté, une roue à rochet avec dent-de-loup, de l'autre, une roue dentée. Celle-ci engrène avec un pignon que l'on fait tourner à l'aide de deux manivelles.

L'appareil de pointage comprend : un support à fourchette, qui tourne autour d'un axe voisin des tourillons ; une vis simple,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

articulée au support et pourvue d'un volant-manivelle; un porte-écrou mobile, dont les deux tourillons peuvent se placer dans des encastrements différents, qui correspondent, l'un à la position de tir, l'autre à la position de route.

Pour rabattre la pièce, on soulève la culasse et l'on place le porte-écrou à l'arrière; on agit aux manivelles pour dégager le boulon postérieur, que l'on enlève, et on laisse descendre doucement, jusqu'à ce que les supports viennent reposer sur les flasques.

Par la manœuvre inverse on ramène la pièce à la position du tir. Si l'affût reste sur le rempart sans servir, on démonte les chaînes et les engrenages, et on les loge entre les flasques, dans un coffret spécial dont le couvercle forme marchepied.

Une lunette, rivée au bout de crosse, sert à mettre l'affût sur avant-train.

L'affût pèse environ 900 kilogrammes; il est destiné au service du canon de 12, modèle 1873, qui a sensiblement le même poids.

La disposition de l'affût du capitaine Scherer est originale et, paraît-il, assez appréciée à l'étranger. On doit remarquer cependant que le rabattement n'abaisse l'axe de la pièce que de 40 ou 45 centimètres, ce qui peut être insuffisant.

D'autre part, si l'application du système était faite à des canons plus puissants, plus lourds et plus longs que le canon de 12 de l'artillerie hollandaise, on aurait à surmonter des difficultés sérieuses. Avec nos canons de siège ou de place ou le 15 centimètres fretté de l'artillerie allemande, la volée trop longue rencontrerait l'épaulement, si l'on voulait faire le rabattement pendant que l'affût est en batterie; la force du recul, beaucoup plus considérable, compromettrait la résistance du support élévateur.

Enfin on fera observer que, si ce système permet de se passer d'engins de levage, il nécessite pour chaque affût l'installation d'un mécanisme qui, s'il est léger et maniable, n'en comporte pas moins une dépense assez élevée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, l'affût de siège hollandais est intéressant, mais l'application de ce système à l'artillerie à grande puissance paraît peu pratique et sans grande utilité.

§ 4. — AFFÛTS DE PLACE.

Le matériel de place est représenté : dans la section espagnole, par un affût de casemate; dans la section française, par un modèle de coupole avec affût à éclipse.

SECTION ESPAGNOLE.

Affût de casemate pour canon de 15 centimètres en fonte, fretté. — L'affût, monté sur châssis, est formé de deux flasques en tôle, renforcés par une bordure plate et dont l'écartement est maintenu par une tôle de fond et trois entretoises.

La vis de pointage, qui est double, est manœuvrée au moyen de roues d'angle à l'aide d'une manivelle placée extérieurement au flasque gauche.

Sous les flasques, à l'avant et à l'arrière, sont appliqués des guides qui dirigent le mouvement de l'affût sur son châssis.

Le châssis est formé de deux longrines en fer à double T, réunies par des entretoises de tôle; il est armé à l'avant d'une lunette de pivot.

Une des parties les plus intéressantes de cet affût est son frein hydraulique. Il est formé d'une seule pompe, appliquée sur les tôles de fond de l'affût, dans l'axe du système. La tige est fixée au châssis. Le piston est percé de quatre trous, auxquels correspondent quatre trous d'égal diamètre pratiqués dans un disque mobile appuyé sur la base du piston. Pour masquer plus ou moins les orifices du piston, il suffit de faire tourner d'une quantité convenable le disque mobile, qu'entraîne une roue dentée montée sur le manchon porte-disque. Cette roue est elle-même commandée par une vis sans fin munie d'une manivelle à poignée. On s'en sert pour régler le frein.

Indépendamment de ce réglage initial, un dispositif particu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lier assez ingénieux permet de régulariser l'effet du frein pendant le recul, en diminuant la surface des orifices à mesure que la vitesse diminue. Le manchon porte-disque est armé d'un tenon qui coulisse dans une rainure hélicoïdale à pas allongé, que porte la tige; par ce moyen, le disque, en même temps qu'il se déplace suivant l'axe, prend un léger mouvement de rotation et masque de plus en plus les ouvertures du piston.

Pour le cas où le fonctionnement du frein serait insuffisant, le châssis porte à l'arrière des tampons de choc en tôle et en caoutchouc, contre lesquels viendraient s'appuyer les taquets fixés aux guides d'arrière de l'affût.

SECTION FRANÇAISE.

Affût à éclipse et coupole fixe du capitaine du génie Biny. — Le modèle réduit exposé par cet officier représente tout un projet d'organisation du tir dans les places. La coupole, en fer doux ou en fonte dure, ne tourne pas; elle est très surbaissée; à sa partie supérieure est une plongée formée de plaques fixées par des boulons sur un matelas en bois, et, plus en dedans, une toiture en couronne composée de volets mobiles, qu'on abaisse pour le tir et qu'on replace pour le chargement, dès que l'affût s'est éclipsé.

L'affût, monté sur plaque tournante, est à rabattement et à contrepoids. La bouche à feu est montée sur un système articulé, mobile autour de deux axes horizontaux; les flasques qui servent d'appui aux tourillons, et qui tournent librement autour de l'axe antérieur, se prolongent au delà de cet axe par un levier courbe dans la gorge duquel s'enroule la corde du contrepoids. Lorsqu'on met le feu, la pièce, dont le recul est progressivement anéanti par le travail résistant qui résulte de l'élévation du contrepoids, revient à la position de chargement, et doit y arriver sans vitesse, ni choc. Pour remettre en batterie, il suffit de lâcher le déclic qui maintient le canon à l'abattu; la pièce s'élève, les flasques étant ramenés par la descente du contrepoids.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cet affût est la réalisation d'une conception théorique ingénieuse; il est douteux cependant qu'il doive marquer un progrès sur les affûts à éclipse déjà construits et expérimentés. Dans l'organisation de l'équipage mobile et la détermination des dimensions et des formes des principaux éléments, on aurait à compter avec des difficultés sérieuses, surtout si l'application pratique du système était tentée avec un canon de gros calibre à grande puissance.

§ 5. — AFFÛTS MARINS.

SECTION ITALIENNE.

Affût marin système Albini. — Cet affût, à freins hydrauliques, est spécialement destiné aux canons de petit calibre qui arment les embarcations et les ponts de vaisseaux.

Les tourillons reposent sur deux flasques ou bras en fer, mobiles autour d'un axe horizontal qui traverse leurs extrémités inférieures; ces deux bras sont articulés vers le haut avec les tiges de deux pistons percés de trous, dont les corps de pompe, remplis de glycérine, sont également mobiles autour de leur extrémité inférieure.

Dans le tir, les flasques, soulevés par le recul, prennent un mouvement de rotation et entraînent les pistons. Le fonctionnement des freins limite ce mouvement et l'arrête; la pièce, le recul achevé, redescend par son propre poids avec les pistons et reprend automatiquement la position de tir.

Cet affût est installé sur plate-forme à pivot central.

Le service à la pièce est rendu extrêmement facile; la résistance de l'affût est très suffisante. On doit regarder ce type comme très remarquable, en raison de sa simplicité excessive, de ses dimensions restreintes et de son prix très peu élevé.

Affûts et appareils hydrauliques du canon de cent tonnes. — Le modèle réduit qui représente l'installation du canon de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cent tonnes à la Spezia, en 1876, indique la disposition des divers appareils hydrauliques qui assurent la manœuvre de cette bouche à feu monstre : presses servant de freins de recul et d'engins pour la mise en batterie, presse destinée à élever ou à abaisser la culasse, refouloir hydraulique et monte-charges. La description détaillée de ces remarquables appareils, qui a d'ailleurs été publiée dans divers ouvrages spéciaux, ne saurait trouver place dans cette étude.

L. Julliard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

MITRAILLEUSES.

Divers types de mitrailleuses figurent à l'Exposition. Les uns, connus depuis longtemps et déjà expérimentés en France, ne seront étudiés ici que d'une manière sommaire et au point de vue des perfectionnements qui ont été récemment apportés à leur construction; les autres, qui sont nouveaux, ou du moins qui n'ont pas encore paru sur nos champs de tir, pourront être l'objet d'une description plus complète et d'un examen plus détaillé.

CANON-REVOLVER HOTCHKISS.

M. Hotchkiss expose dans la section française son canon-revolver de campagne. Cette arme, expérimentée pour la première

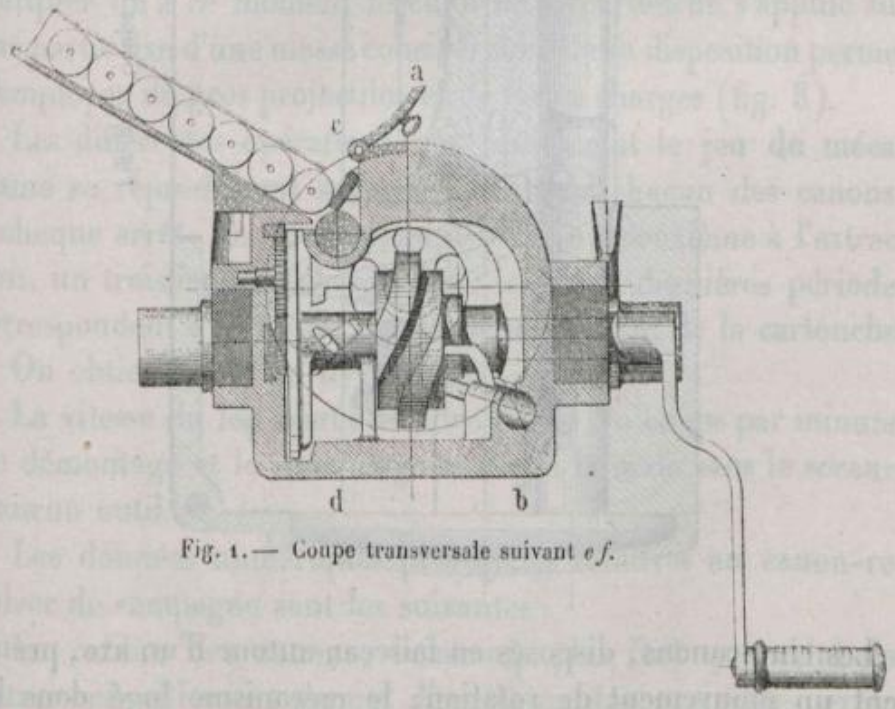


Fig. 1. — Coupe transversale suivant *ef*.

fois en 1871, tient à la fois de la mitrailleuse par son fonction-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nement et du canon par son projectile, véritable petit obus armé d'une fusée percutante. Il a été expérimenté par l'artillerie française et par les artilleries étrangères (fig. 1).

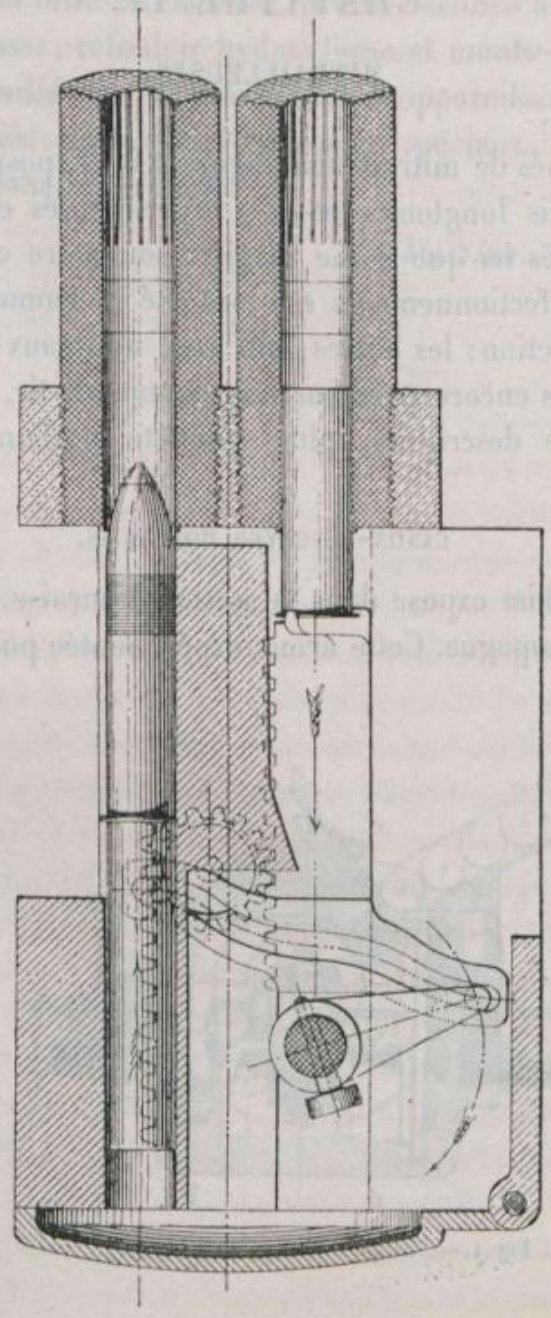


Fig. 2. — Coupe longitudinale suivant *c d*.

Les cinq canons, disposés en faisceau autour d'un axe, prennent un mouvement de rotation; le mécanisme logé dans la boîte de culasse ne participe pas à ce mouvement; il comprend

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un piston de chargement, un percuteur et un extracteur, qui agissent successivement sur chacun des canons. Une manivelle placée sur le côté droit de la pièce détermine le mouvement des canons au moyen d'un engrenage à lanterne; le profil du galet est tracé de telle sorte que la rotation est discontinue, et donne un arrêt correspondant, pour chaque canon, au tir et à chacune des principales opérations de la charge (fig. 2).

Une petite manivelle à bouton, calée sur l'arbre de manœuvre (côté gauche), donne à l'extracteur, porté par un chariot à crémaillère, son mouvement de va-et-vient.

Cette crémaillère, par l'intermédiaire d'un pignon, en conduit une autre qui mène le piston de chargement.

Enfin, le percuteur (côté droit) est soumis à l'action d'un fort ressort en V, relié à la porte de culasse. Dans la rotation de l'arbre moteur, un galet, taillé en excentrique et calé sur cet arbre, bande progressivement ce ressort, puis le laisse déclencher, lorsque le canon chargé est arrivé à la position du tir, c'est-à-dire au point le plus bas de sa course. Il importe de remarquer qu'à ce moment le culot de la cartouche s'appuie sur une partie fixe d'une masse considérable. Cette disposition permet d'employer de gros projectiles et de fortes charges (fig. 3).

Les différentes opérations qui constituent le jeu du mécanisme se reproduisent successivement sur chacun des canons; à chaque arrêt, un d'eux est au départ, un deuxième à l'extraction, un troisième au chargement; les deux dernières périodes correspondent à la fin du mouvement en avant de la cartouche.

On obtient ainsi un tir continu.

La vitesse du feu peut atteindre 60 ou 80 coups par minute. Le démontage et le remontage se font à la main sans le secours d'aucun outil.

Les données numériques principales relatives au canon-revolver de campagne sont les suivantes :

Le calibre des canons, beaucoup plus fort que celui des autres mitrailleuses, permet d'employer des projectiles explosibles et d'obtenir dans le tir des effets sérieux. Voici, du reste,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

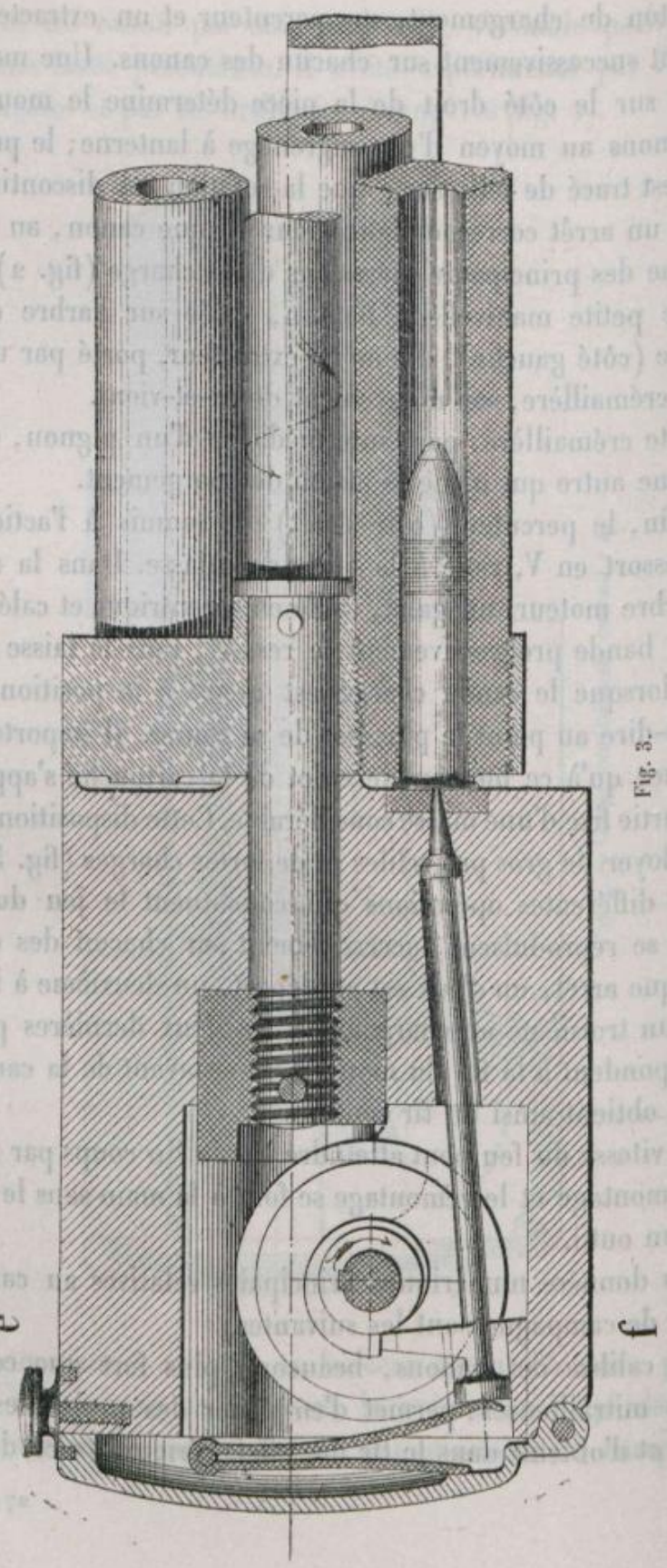


Fig. 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les données numériques relatives au canon-revolver de campagne et à ses munitions :

Canon	Calibre	37^{mm}
	Nature du métal	acier Whitworth
	Nombre	5
	Poids de chaque canon	36^{kil}
	Longueur de l'arme	1276^{mm}
Rayures	Nombre	12
	Pas	1250^{mm}
Longueur totale de la pièce		1990^{mm}
Poids total		500^{kil}
Prépondérance		35^{kil}
Obus (Système Hotchkiss)	Diamètre sur la ceinture	$37^{mm},8$
	Longueur (avec la fusée)	110^{mm}
	Poids du projectile chargé	525^{gr}
	Poids de la charge d'éclatement	25^{gr}
Douille	Longueur totale	120^{mm}
	Poids	115^{gr}
	Poids de la charge	112^{gr}
	Vitesse initiale du projectile	460^{m}

L'affût de cette bouche à feu a été décrit avec les affûts des canons de campagne.

MITRAILLEUSES.

La compagnie Gatling, de Hartford (Connecticut), expose dans la section des États-Unis trois mitrailleuses :

Mitrailleuse à 10 canons du calibre d'un pouce ($25^{mm},5$), montée sur affût de campagne en bois ;

Mitrailleuse à 10 canons du calibre de fusil, sur affût de campagne en bois avec avant-train ;

Mitrailleuse courte à 5 canons du calibre de fusil, montée sur trépied.

On connaît la disposition générale du mécanisme Gatling,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui, imaginé pendant la guerre de Sécession, figurait déjà à l'Exposition de 1867.

Le faisceau de canons tourne autour de son axe avec le pignon de chargement et le barillet placé en arrière. Les porte-percuteurs, en nombre égal à celui des canons, tournent avec le barillet; ils prennent en même temps parallèlement à l'axe un mouvement alternatif, commandé par une rainure hélicoïdale du manchon-enveloppe, qui reste immobile pendant la rotation du faisceau. Pendant le mouvement en avant du porte-percuteur, un tenon qu'il porte est retenu par une glissière du manchon, bande le ressort, puis, en s'échappant, laisse déclencher le percuteur. Ainsi se trouvent assurés le placement de la cartouche, la mise de feu et l'extraction de l'étui.

Les améliorations qui, pendant ces dernières années, ont été apportées au mécanisme, et qu'on peut étudier sur les trois modèles exposés, sont les suivantes :

Les tambours de chargement à rotation, qui contenaient 300 cartouches, ont été supprimés; ils étaient peu maniables et donnaient lieu à de fréquents arrêts dans le tir. Ils sont remplacés par des boîtes de 40 cartouches, munies d'une fermeture à ressort, qui se placent verticalement dans une coulisse au-dessus de l'ouverture de la trémie. Un poids, logé à la partie supérieure de chaque boîte, descend avec les cartouches et assure l'écoulement des dernières.

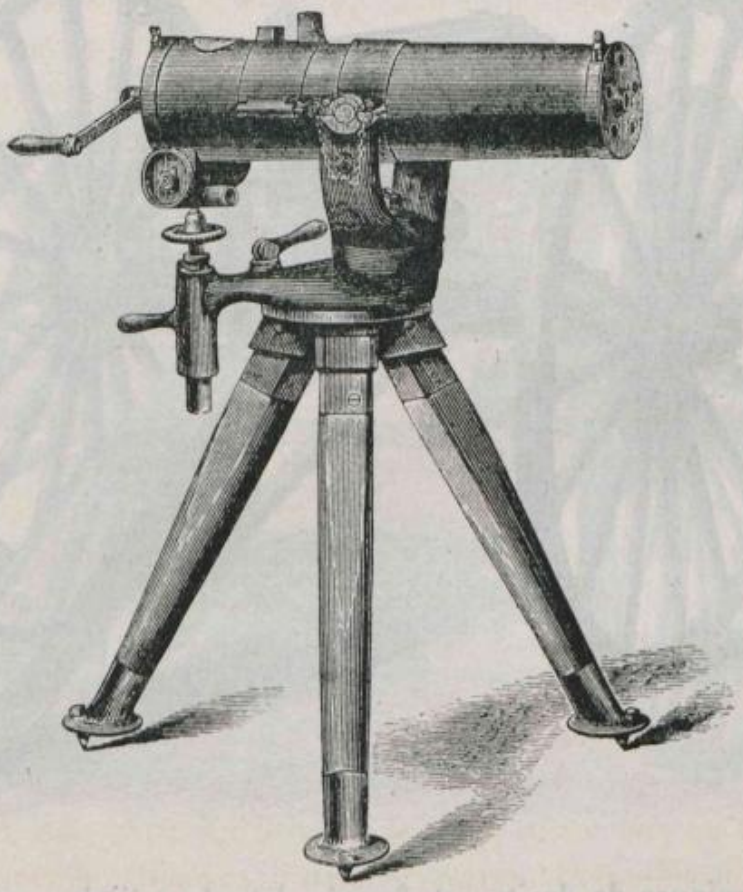
L'ouverture de la trémie, qui, dans les anciens modèles, était un peu sur le côté, est aujourd'hui au-dessus de l'axe de la mitrailleuse. La cartouche arrive, par suite, dans une direction normale à la courbe qu'elle suivra avec le pignon ; il y a moins de chances d'arrêt et moins de difficultés à prévoir pour le cas où l'on aurait à tourner la manivelle à sens inverse. A ce point de vue, cette disposition constitue un progrès réel.

Avec une distribution ainsi améliorée, on peut compter sur un tir plus rapide, et l'on a calculé en conséquence l'engrenage de transmission pour les mitrailleuses à manivelle latérale.

Dans la mitrailleuse courte à 5 canons une enveloppe de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bronze protège contre la rouille et contre la boue les canons et le mécanisme. La manivelle est à l'arrière et montée sur l'arbre même du faisceau des canons. Cette disposition est combinée avec un système de dispersion particulier, dont les organes principaux sont deux ressorts à boudin logés dans l'intérieur de la vis horizontale qui relie la mitrailleuse à la tête de la vis de pointage, et qui sert pour donner la direction, sans déplacer

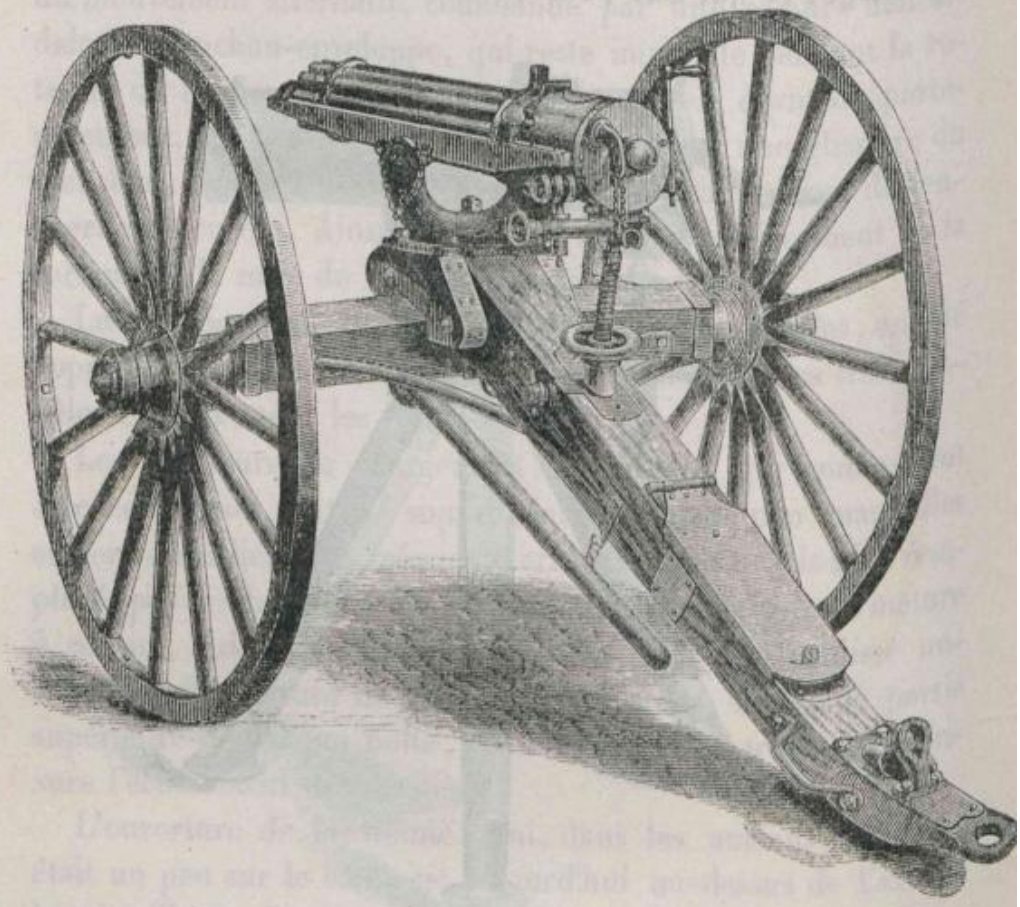


l'affût. Quand ces ressorts sont serrés, la liaison de l'arme avec son affût est invariable; il n'y a pas de dispersion. Lorsqu'au contraire, en tournant un bouton, on laisse un des ressorts libre de manière à assurer leur jeu alternatif, l'arme peut prendre, sur son support, un mouvement latéral, dont l'amplitude varie suivant la liberté plus ou moins grande laissée au ressort.

L'appareil de dispersion des deux mitrailleuses à 10 canons

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et à manivelle latérale est tout autre. La culasse emboîte le dessus d'un glisseur horizontal qui est relié à la tête de la vis de pointage. Sur la gauche de ce glisseur, est une tige verticale qu'on peut élever ou abaisser et déplacer latéralement, de manière à l'engager dans l'une ou l'autre de deux rainures creusées autour d'un prolongement de l'arbre à manivelle.

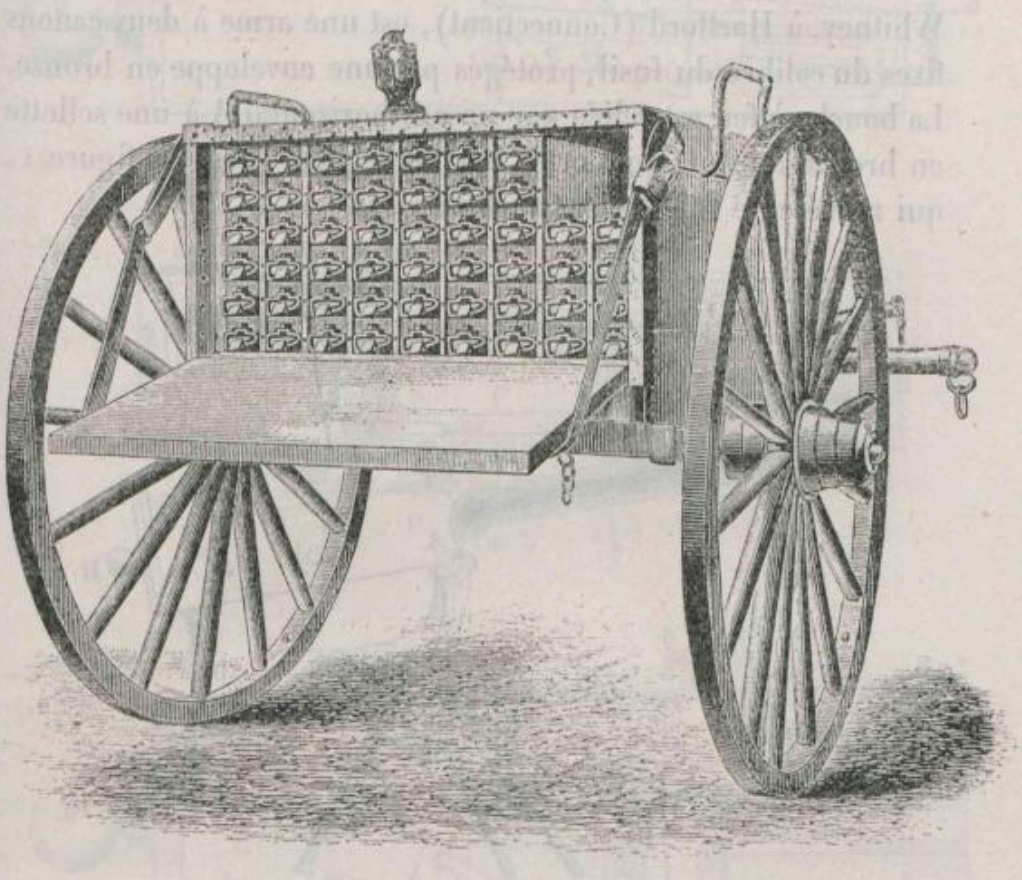


La rainure de droite est formée dans le cylindre par deux plans perpendiculaires à l'axe; quand elle reçoit la tige du glisseur, elle ne donne à la pièce, par rapport à celui-ci, aucun mouvement latéral. La rainure de gauche, au contraire, est limitée par des surfaces hélicoïdales dont les divers points, restant dans la rotation de l'arbre au contact de la tige, rapprochent ou écartent des points fixes l'axe de mitrailleuse et lui donnent ainsi une dispersion dont l'amplitude est invariable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La mitrailleuse à 10 canons repose par ses tourillons sur les deux bras d'un support en fonte, relié à l'affût par l'intermédiaire d'un plateau en fonte muni d'un pivot. La flèche et le corps d'essieu sont en bois. Une vis de serrage, placée sur le côté gauche de la flèche, pénètre dans une rainure de la vis de pointage et sert à la fixer.

Les roues ont un moyeu partie en bois, partie en fer.



L'avant-train de petite mitrailleuse à 10 canons porte un grand coffre dont l'arrière se rabat autour d'une charnière; il contient 50 boîtes de 40 cartouches dans un nombre égal de cases, soit en tout 2,000 cartouches.

La mitrailleuse courte à 5 canons montée sur trépied, pour défense des ouvrages, et qui pèse moins de 50 kilogrammes, peut aussi être placée sur affût roulant et convient spécialement pour la cavalerie. C'est également le type recommandé pour le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transport à dos de mulet. La compagnie Gatling affirme que la vitesse du tir de cette arme peut atteindre 800 coups par minute. Avec la petite mitrailleuse à 10 canons on irait jusqu'à 1,000 coups.

MITRAILLEUSE GARDNER.

La mitrailleuse Gardner, exposée par la compagnie Pratt et Whitney, à Hartford (Connecticut), est une arme à deux canons fixes du calibre du fusil, protégés par une enveloppe en bronze. La bouche à feu est reliée par un axe horizontal A à une sellette en bronze à pivot, supportée par un trépied. (Voir la figure 1, qui représente l'élévation gauche du système.)

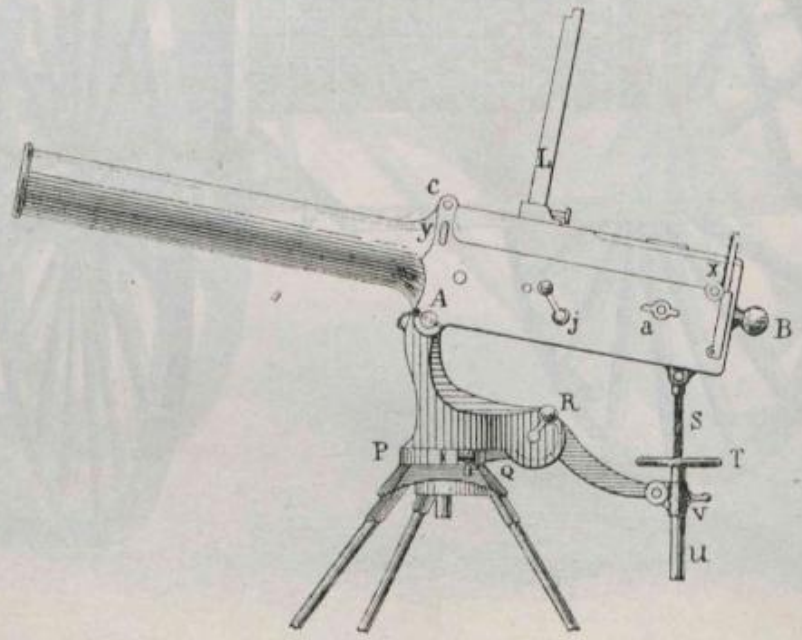


Fig. 1.

La partie postérieure de l'enveloppe est prismatique ; le dessus, formant couvercle, s'ouvre au moyen du bouton à vis B et peut se rabattre autour de la charnière C, en découvrant le mécanisme, que représentent les figures : 2, plan de la partie afférente au couvercle; 3, plan de la partie logée dans la boîte; 4, coupe verticale de l'ensemble. Tout le mécanisme est actionné par un arbre transversal à manivelle *a*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque canon a son porte-percuteur représenté isolément par les figures 5, 6 et 7, et qui repose sur le fond de la boîte de culasse par les roulettes b, et qui prend un mouvement de va-et-vient par l'action sur les guides D et E d'un galet G,

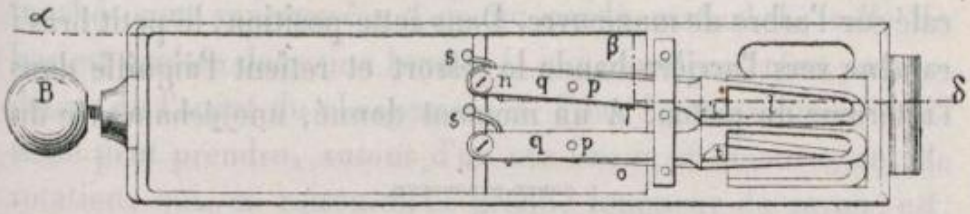


Fig. 2.

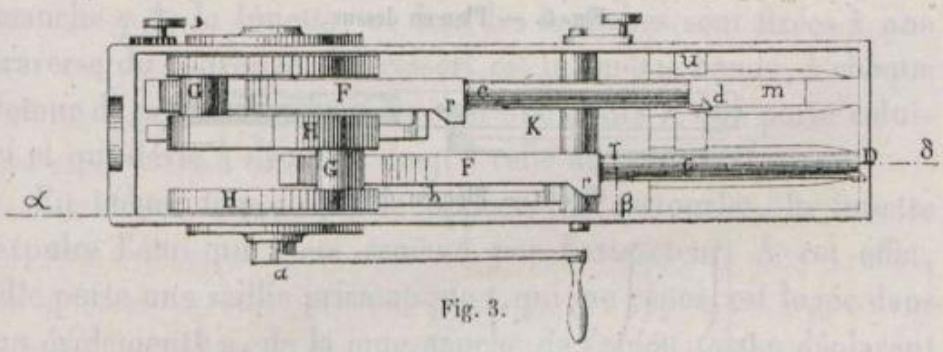


Fig. 3.

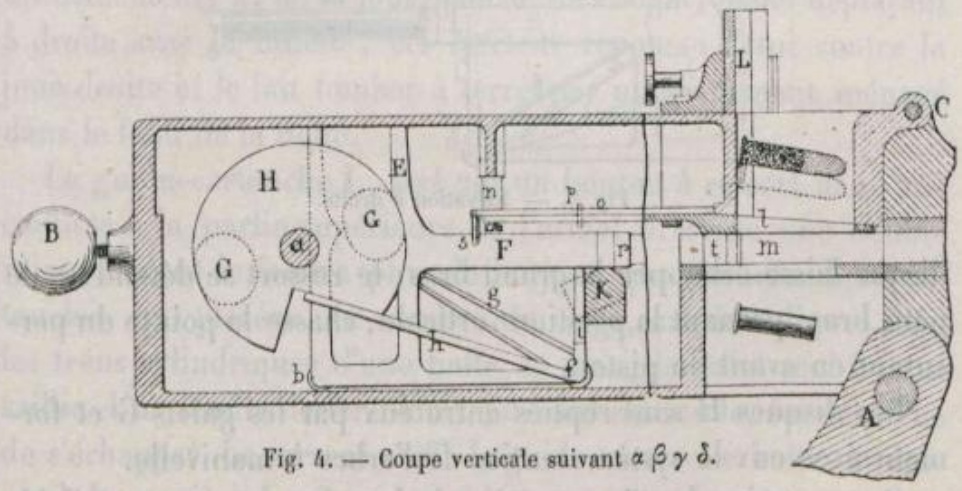


Fig. 4. — Coupe verticale suivant $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$.

relié à l'arbre de manœuvre. Le profil de ces pièces est calculé de manière à donner un arrêt à chacune des positions extrêmes du porte-percuteur.

Du milieu du guide antérieur E se détache horizontalement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une tige qui, d'abord prismatique, se continue par le piston de chargement *c*, auquel est fixé l'extracteur *d*. Dans le piston est logé le percuteur *e*, dont le jeu est réglé par un levier coudé, mobile autour de l'axe *f*, et par un fort ressort en V, *g*. Le grand bras du levier *h* est maintenu horizontalement par un disque H, calé sur l'arbre de manœuvre. Dans cette position, le petit bras *i* ramène vers l'arrière-bande le ressort et retient l'aiguille dans l'intérieur du piston. A un moment donné, une échancrure du

PORTE-PERCUTEUR.

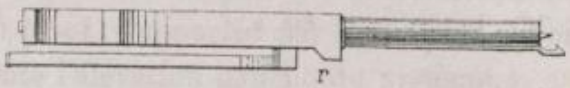


Fig. 5. — Plan en dessus.

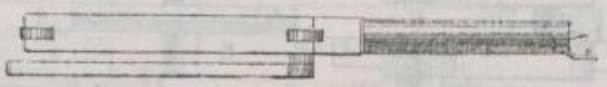


Fig. 6. — Plan en dessous.

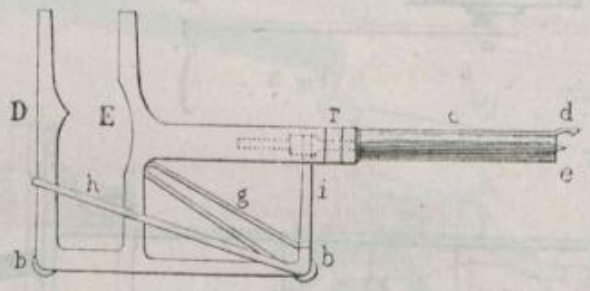


Fig. 7. — Élévation à droite.

disque laisse échapper le grand bras; le ressort se détend, et le petit bras, prenant la position verticale, chasse la pointe du percuteur en avant du piston.

Les disques H sont repliés entre eux par les galets G et forment avec eux le système entier de l'arbre à manivelle.

On peut, à volonté, empêcher le jeu des percuteurs à l'aide d'une pièce transversale K, mobile autour de son axe au moyen d'une petite manivelle et d'un bouton à ressort *j* et dont le profil est excentrique. Un des deux pistons extrêmes de cette traverse correspond au tir; dans l'autre, figuré en pointillé (fig. 4), la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traverse arrête les petits bras des leviers avant qu'ils aient repris la position verticale, maintient les ressorts constamment bandés et ne permet que la manœuvre à blanc.

Il reste à examiner le mécanisme de distribution, dont les parties principales sont fixées au couvercle de culasse. Les cartouches sont superposées dans un guide vertical L; celle du bas est arrêtée dans une lunette *l*, qui, au repos, n'est pas au-dessus de l'auget du chargement *m*. Pour l'y transporter, la lunette peut prendre, autour d'un axe fixe *n*, un mouvement de rotation, qui, en raison de la grande longueur du rayon, est, par rapport à l'arme, un mouvement transversal. Le mouvement est donné par un ressort en V, *o*, relié par un rivet *p* au manche *q* de la lunette, et dont les branches sont fixées à une traverse du couvercle. Le ressort est lui-même bandé, à chaque retour de percuteur à l'arrière, par une saillie *r*, que porte celui-ci et qui dévie à droite le doigt *s* relié au ressort.

En même temps qu'elle apporte la cartouche, la lunette expulse l'étui qui a été ramené par l'extracteur. A cet effet, elle porte une saillie prismatique *t*, qui, au repos, est logée dans un évidement, *u*, de la joue gauche de l'auget; en se déplaçant à droite avec la lunette, cet éjecteur repousse l'étui contre la joue droite et le fait tomber à terre par un évidement ménagé dans le fond de la boîte.

Le guide-cartouche L, fixé par un bouton à ressort dans une coulisse à la partie supérieure de l'arme, présente une double rainure, dont le fond a plus de largeur que l'entrée. Les cartouches sont placées, au nombre de vingt, sur deux lignes dans les trous cylindriques d'une boîte en bois, le culot seul faisant saillie. Une feuille de fer-blanc, formant couvercle, les empêche de s'échapper. Le servant coiffe le guide avec cette boîte, la descend de manière à mettre les culots en prise dans la rainure et l'enlève en portant brusquement la main vers l'avant. Dix cartouches arrivent à chaque canon; pendant qu'on les tire, une autre boîte est facilement mise en place. Le tir est continu.

Les détails de l'affût sont très simples.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le plateau supérieur du trépied est entouré d'une couronne P, qui porte à l'arrière une dent Q, engagée dans la sellette, et place l'arme dans une direction quelconque. En serrant une clef on fixe la couronne.

On peut faire varier à volonté la largeur de la rainure qui embrasse la dent; il suffit de faire tourner autour de son axe, au moyen de la petite manivelle et du bouton à ressort R, une pièce double taillée en hélice et placée à l'intérieur de cette rainure. La mitrailleuse est ainsi, soit complètement fixée, soit libre de prendre un mouvement latéral, dont l'amplitude varie suivant que le bouton est arrêté à l'un ou à l'autre de 16 trous numérotés. Cette disposition n'est pas automatique, mais un servant peut facilement la mettre en jeu en poussant soit la pièce elle-même, soit la queue de la sellette.

A l'arrière de celle-ci est la vis de pointage S, dont la tête est articulée à la culasse. L'écrou, qu'on fait tourner avec un volant T, est relié à un fourreau U, qu'on peut placer dans une position plus ou moins élevée entre les deux mâchoires V de la queue de sellette, de manière à pointer sous les petits ou sous les grands angles.

La hausse X, placée à gauche, est manœuvrée au moyen d'un pignon; le guidon est formé par une pointe dirigée vers le bas dans l'encadrement d'une petite fenêtre Y.

Les expériences qui ont été faites en Amérique ont, paraît-il, donné des résultats très favorables à cette mitrailleuse, qui, avec deux canons seulement, pourrait tirer de 300 à 400 coups par minute. Tous les organes sont solides et très simples; le démontage se fait en un instant sans le secours d'aucun outil.

MITRAILLEUSE CHRISTOPHE-MONTIGNY.

La mitrailleuse Christophe-Montigny, expérimentée dès 1870, est assez connue pour qu'on puisse se borner ici à rappeler les dispositions principales du mécanisme.

Les canons sont fixes et groupés en faisceau; l'appareil de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

percussion est contenu dans une boîte, qui se déplace d'avant en arrière au moyen d'un levier placé dans le plan vertical qui contient l'axe de la mitrailleuse. Un second levier, placé sur le côté droit dans un plan perpendiculaire à l'axe, fait monter et descendre la plaque ou tiroir, et ce mouvement laisse déclencher successivement les percuteurs. Ce levier actionne en même temps une dispersion d'amplitude variable. Les cartouches sont portées par des plaques qu'on loge à l'avant de l'appareil de percussion.

M. Montigny a exposé dans la section belge deux mitrailleuses montées sur affût roulant qui ne paraissent présenter aucune disposition nouvelle. L'une a 37 canons de 88 centimètres de longueur; l'autre n'en a que 19, dont la longueur est seulement de 55 centimètres; cette dernière semble destinée à la guerre de montagne.

A côté de ces deux engins sont placées des photographies qui représentent la mitrailleuse de bord du même constructeur.

MITRAILLEUSE DE LA MARINE ITALIENNE.

La mitrailleuse de bord exposée dans la section italienne par le ministère de la marine a été construite à Venise en 1877.

Elle est du système Montigny, à 31 canons, et montée sur affût à chandelier. Une seule modification importante semble devoir être signalée dans la construction de cette arme. Le levier de droite, qui actionne à la fois la plaque de déclenchement et le disperseur, est rappelé de l'arrière et placé ainsi sous la main du servant, qui ouvre la culasse au moyen de l'autre levier. La manœuvre des deux leviers par le même homme, très incommode avec la mitrailleuse Montigny, est par suite rendue très facile.

On donne le pointage en hauteur au moyen d'une crémaillère fixée à la pièce qui supporte le glisseur de culasse. La roue dentée qui fait mouvoir cette crémaillère reçoit elle-même son mouvement par l'intermédiaire d'un pignon et d'une vis sans fin, d'un volant-manivelle placé à l'arrière sous la main gauche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du pointeur. A portée de sa main droite, se trouve le levier qui permet de faire tourner l'ensemble sur la partie fixe du chandelier et de placer la pièce dans un azimut quelconque. On achève le pointage en direction en déplaçant à l'aide d'une vis le glisseur de culasse.

22 plaques porte-cartouches sont disposées dans les coulisses d'une garniture en tôle qui enveloppe les côtés et l'avant du chandelier. Les plaques, après le tir, tombent avec les étuis vides sur une planche à bascule qui les fait glisser doucement dans un auget fixé au pied du support.

La mitrailleuse pèse 190 kil.; l'affût, 238 kil. Le poids total de l'arme montée sur son affût est de 428 kil. On peut la pointer sous les angles compris entre + 20° et — 20°.

MITRAILLEUSE PALMCRANTZ.

La mitrailleuse Palmcrantz est inscrite au catalogue de la section suédoise, mais elle ne se trouve pas au Champ de Mars.

On sait que cette arme, imaginée vers 1868, mais présentée seulement en 1872 sous sa forme actuelle et expérimentée en France à cette époque, est caractérisée par la disposition de ses dix canons fixés sur un même plan horizontal et par un mécanisme qui obéit tout entier au mouvement de va-et-vient d'un levier.

MITRAILLEUSE D'ALBERTINI.

Dans la section suisse figure une mitrailleuse dont l'invention appartient au colonel autrichien d'Albertini, et qui a été construite et exposée par la maison Reishauer et Bluntschli, de Zurich. Bien que le colonel d'Albertini se soit occupé pendant dix ans de la construction des mitrailleuses et en ait déjà présenté divers spécimens, le dernier modèle, qui a reçu des perfectionnements très importants, peut être considéré comme une arme nouvelle.

L'arme compte dix canons fixes A, du calibre de fusil, dispo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sés dans un même plan, comme dans la mitrailleuse Palmcrantz [1]. Des pistons de chargement B, en nombre égal, fixés à une traverse C, peuvent prendre avec celle-ci un mouvement de va-et-vient par le jeu d'un excentrique D *d d'*, pl. III (fig. 15 et 16), calé sur l'arbre de manœuvre Z. Chaque piston est muni d'un extracteur E et contient le percuteur F et son ressort à boudin.

Le fonctionnement de chaque percuteur est assuré au moyen d'un crochet G, qui saisit, pour le ramener en arrière, un talon du percuteur, bande ainsi le ressort, puis, abandonnant presque immédiatement le talon, laisse déclencher le percuteur. Le mouvement du crochet lui est communiqué par l'arbre de manœuvre au moyen d'un excentrique H *h* (fig. 14 et 16). On peut très facilement suspendre le jeu des percuteurs pour la manœuvre à blanc en abaissant la pièce J, qui guide les crochets, et en mettant ainsi les talons hors de leur portée.

Deux verrous, également mus par l'arbre au moyen d'excentriques K, L (fig. 14), dont l'un donne l'ouverture, l'autre la fermeture, viennent pendant la durée de la salve s'appuyer derrière la traverse des pistons, et assurent ainsi la fermeture hermétique des canons.

La distribution des cartouches est toute particulière, entièrement nouvelle et, d'après les premiers essais faits par les constructeurs, elle fonctionne avec précision et facilité, sans jamais amener d'arrêt dans le tir.

Le magasin M placé au-dessus des canons est formé de tubes en laiton, dans lesquels les cartouches sont placées verticalement, en file, le culot en dessus. Un transporteur N, qui peut décrire autour d'un axe horizontal un quart de cercle, reçoit dix cartouches du magasin, vient les présenter horizontalement à la bouche des canons, et prend ensuite par une rotation inverse la position verticale. L'excentrique P *p p' p''*, qui détermine ce mouvement, est disposé sur l'arbre de manœuvre extérieurement au

[1] Le colonel d'Albertini avait déjà adopté cette disposition dans un premier modèle construit en 1868.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

reste du mécanisme. En s'abaissant, le transporteur fait glisser un tiroir qui ferme le magasin; en se relevant, il ramène ce tiroir à sa position première et reçoit dix nouvelles cartouches..

Pour que le transporteur puisse se relever au moment où les pistons de chargement ont pénétré dans ses tubes, ces derniers présentent une disposition particulière. Chacun d'eux est formé de deux demi-cylindres, indépendants l'un de l'autre et reliés respectivement à deux traverses, qui prennent l'une par rapport à l'autre un léger mouvement latéral; les deux moitiés du tube s'écartent alors et peuvent remonter, en laissant en place le piston de chargement. Un mouvement inverse des deux traverses les rapproche ensuite.

Les tuyaux du magasin sont en nombre double de celui des canons et forment ainsi un double jeu. En déplaçant de la position q à la position q' le levier Q articulé au magasin, on met alternativement chaque jeu en correspondance avec les canons ou avec le châssis d'alimentation. Celui-ci a la même forme que le magasin, et contient comme lui 160 cartouches dans 20 tuyaux; on le place verticalement par-dessus et, quand il est vide, on le remplace par un autre. Chacun des tuyaux porte une fente qui laisse voir à chaque instant la consommation de cartouches.

Si un accident survient à l'un des canons, on arrête, en poussant à la main un tiroir, l'écoulement des cartouches dans le tube de même numéro, et l'on peut continuer le tir avec les autres.

Indépendamment du mécanisme proprement dit, il convient de signaler la dispersion automatique, dont l'organisation est la suivante :

L'excentrique R, calé sur l'arbre de manœuvre, fait monter ou descendre un tenon r (fig. 17), engagé dans une glissière SS' fixée à l'affût. Cette glissière étant oblique, le tenon ne peut exécuter son mouvement de bas en haut qu'en se portant de droite à gauche en entraînant l'arme avec lui. On fait varier à volonté l'amplitude de la dispersion en desserrant la vis s', qui porte une tête à deux branches, et en déplaçant dans la rainure $t\,t'$ l'extrémité inférieure de la glissière. Quand celle-ci est en t, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Planche III.

MITRAILLEUSE D'ALBERTINI.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MITRAILLEUSE D'ALBERTINI.

ÉLÉVATION LATÉRALE.

Fig. 15.

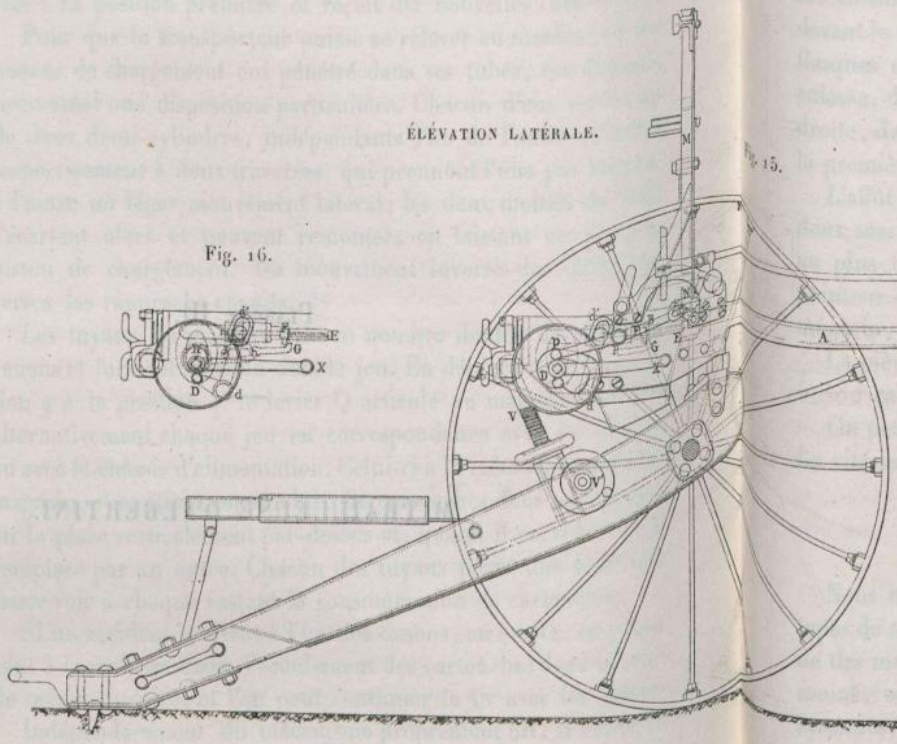
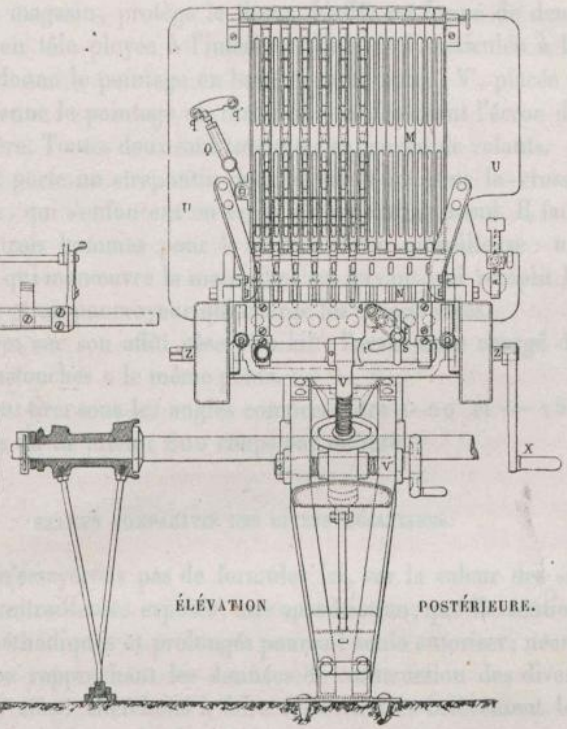


Fig. 16.

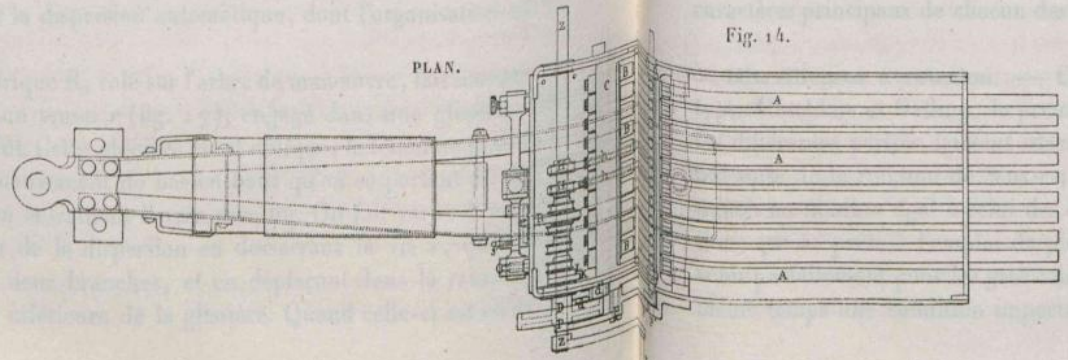
Fig. 17.



ÉLÉVATION POSTÉRIEURE.

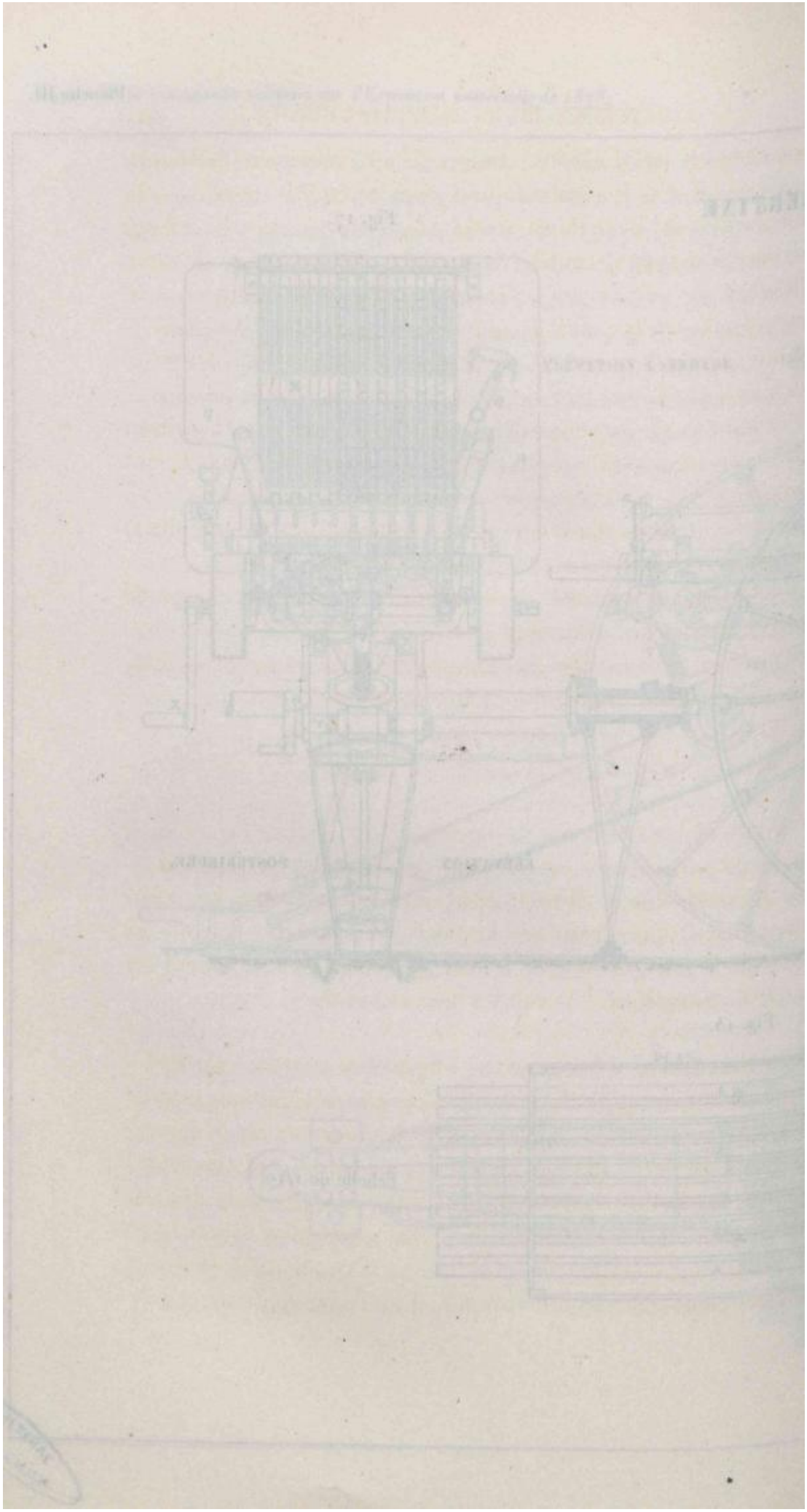
PLAN.

Fig. 14.



Échelle de 1/10.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

glissière est verticale, la dispersion est nulle; son maximum correspond à la position t'. Une chemise de tôle enveloppe le mécanisme et le garantit de la boue. Une plaque U, placée devant le magasin, protège le tireur. L'affût est formé de deux flasques en tôle ployée à l'intérieur. Une vis V, articulée à la culasse, donne le pointage en hauteur; une autre, V', placée à droite, donne le pointage en direction, en déplaçant l'écrou de la première. Toutes deux sont conduites au moyen de volants.

L'affût porte un strapontin pour le pointeur; sous la crosse deux socs, qui s'enfoncent en terre, s'opposent au recul. Il faut au plus trois hommes pour le service de la mitrailleuse : un pointeur qui manœuvre la manivelle, un servant qui remplit le magasin, et un pourvoyeur qui charge les châssis vides.

La pièce sur son affût pèse 280 kil.; l'avant-train chargé de 5,800 cartouches a le même poids.

On peut tirer sous les angles compris entre + 20° et — 15°. La vitesse du tir atteint 800 coups par minute.

EXAMEN COMPARATIF DES DIVERS MÉCANISMES.

Nous n'essayerons pas de formuler ici, sur la valeur des six types de mitrailleuses exposés, une appréciation, que l'exécution de tirs méthodiques et prolongés pourrait seule autoriser; néanmoins, en rapprochant les données de construction des divers systèmes, nous cherchons à faire ressortir très brièvement les caractères principaux de chacun des mécanismes.

Mitrailleuses à rotation. — Cette catégorie comprend les types Hotchkiss et Gatling, le premier avec platine unique dont les différentes parties agissent successivement sur les 5 canons, par suite de la rotation de ceux-ci; le second avec platines tournantes en nombre égal à celui des canons. La première disposition, qui se prête à l'emploi de pièces très solides, paraît convenir parfaitement pour les gros calibres. L'inventeur a réalisé en même temps une condition importante, l'immobilité de chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canon au moment du tir. La mitrailleuse Gatling ne présente pas cette particularité; du mouvement des canons résulte un écart déterminé du projectile. Les pièces du mécanisme de cette dernière sont de dimensions plus faibles, partant les chances d'accidents sont plus nombreuses.

Pour les types d'arme à rotation, il convient de signaler la difficulté que présente la distribution des cartouches, qui, pour tous les canons, proviennent du même couloir. Avec le canon-revolver Hotchkiss, pour lequel les effets d'éclatement du projectile compensent la diminution de la rapidité du tir, il n'y a pas à se préoccuper outre mesure de cet inconvénient. Pour les mitrailleuses Gatling, il semblerait qu'on soit parvenu à en triompher, puisque les rapports officiels constatent une vitesse de tir vraiment remarquable. On doit faire observer pourtant que des arrêts se sont produits fréquemment dans le tir, et que le système des tambours, préconisé pendant plusieurs années par la compagnie, a dû être abandonné. En dépit de perfectionnements réels, la distribution des cartouches sera toujours, croyons-nous, le point faible du système Gatling et, en général, des mitrailleuses à rotation.

Mitrailleuses à canons fixes. — Dans cette catégorie rentrent les mitrailleuses Montigny, Palmcrantz, d'Albertini et Gardner. La mitrailleuse Montigny est caractérisée par le groupement en faisceau de ses canons, l'emploi des plaques porte-cartouches et la double manœuvre d'ouverture de culasse et de mise de feu. Ce mécanisme est lourd, incommode, exposé aux coups de l'ennemi; les plaques porte-cartouches sont longues à charger. Enfin, on peut mettre le feu avant que la culasse soit complètement fermée. Le seul avantage sérieux réside dans le grand nombre de canons; il n'a d'importance que si l'on doit faire usage des feux de salve en rectifiant à chaque fois le pointage. Par là se trouve justifié, dans une certaine mesure, l'emploi de cet engin comme mitrailleuse de marine.

La mitrailleuse de bord italienne, du même système, présente

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la disposition des leviers de manœuvre un utile perfectionnement.

La disposition des canons dans un même plan horizontal est commune aux mitrailleuses Palmcrantz et d'Albertini; c'est aussi celle que présente le système Gardner. Elle est éminemment favorable à l'organisation d'une bonne distribution de cartouches et à la réalisation du tir continu. Ce problème est d'ailleurs résolu d'une manière très différente dans les trois modèles.

Dans les mitrailleuses Palmcrantz et Gardner, les cartouches sont couchées l'une sur l'autre dans le guide; le transporteur, unique pour les 10 canons dans la première, particulier à chaque canon dans la seconde, ne leur donne qu'un mouvement latéral.

Dans la mitrailleuse d'Albertini, au contraire, les cartouches sont placées verticalement dans le magasin, et c'est par un mouvement de rotation que le transporteur les amène aux canons. Cette dernière disposition est combinée avec un magasin à deux couloirs pour chaque canon; avec les deux autres le couloir est unique. Les systèmes d'Albertini et Palmcrantz comportent des boîtes ou châssis de forme assez compliquée; la mitrailleuse Gardner n'a que des boîtes en bois très simples et de valeur insignifiante.

Dans les mitrailleuses Gardner et d'Albertini, tout le mécanisme obéit à une manivelle; dans la Palmcrantz, il est commandé par un levier horizontal. Le levier a, relativement à la manivelle, ce désavantage sérieux que le servant peut ne pas le pousser à fond, ce qui occasionnera un arrêt dans le tir.

Enfin, au point de vue de la continuité du tir, il y a lieu de noter entre ces trois armes une différence sensible. A chaque révolution de l'arbre moteur ou à chaque double oscillation du levier correspond une salve, qui, dans la mitrailleuse suédoise, ne prend guère qu'un sixième de la durée totale et, dans celle du colonel d'Albertini, en occupe à peu près la moitié.

Avec une mitrailleuse Gardner à plusieurs canons, le tir serait absolument continu et les coups pourraient être régulièrement espacés pendant toute la durée de la salve.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, la mitrailleuse Gardner ne comprend que des pièces plus simples et plus résistantes que celles qui composent le mécanisme des deux autres. Aussi, quelque ingénieuses que soient ces dernières, c'est à la mitrailleuse Gardner que nous serions porté à donner la préférence, si l'absence de tout essai comparatif n'imposait pas à cet égard une réserve absolue.

Appareils de dispersion. — Les appareils de dispersion sont variables à l'infini et, dans leur agencement, d'ailleurs facile, les constructeurs se plaisent à déployer leur esprit d'invention. Une comparaison des divers systèmes semble dépourvue à la fois d'intérêt et d'utilité.

Comparaison des calibres. — Au point de vue du calibre, deux solutions se présentent, l'adoption d'un projectile assez puissant ou l'emploi de la cartouche du fusil d'infanterie. La seconde, qui permet d'obtenir l'unité d'approvisionnement, est réalisée dans presque tous les systèmes. Le canon-revolver Hotchkiss, seul parmi les armes qui ont été examinées, n'a pas été approprié à ce genre de tir. En revanche, il est bien organisé pour le tir d'un gros projectile; son calibre actuel (37^{mm}) pourrait même être augmenté en vue de certains effets particuliers.

On a cherché à obtenir des effets analogues avec quelques-uns des autres types de mitrailleuses. La Gatling du calibre de un pouce ($24^{mm},5$) et à 10 canons est, dans cette catégorie, le seul spécimen exposé. Dans le même ordre d'idées, M. Palmcrantz a construit une mitrailleuse à 4 canons du calibre de $25^{mm},4$, et la marine italienne a adopté, concurremment avec la mitrailleuse Montigny à 31 canons du calibre du fusil, une arme du même type à 7 canons de 37^{mm}. Enfin, le système Gardner peut s'adapter aux gros calibres et se prête, d'après le constructeur, au tir des projectiles de deux livres (0 kil., 907 gr.).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EMPLOI DES DIVERSES MITRAILLEUSES.

Une discussion sur l'emploi des mitrailleuses à la guerre serait ici hors de propos. Nous retiendrons cependant un point, qui se dégage nettement de l'étude des mécanismes.

Telle arme qui ne se prête qu'au tir par salves, et qui permet une prompte rectification du pointage entre deux salves, pourra convenir au service de bord. Telle autre, qui réalise le tir continu, se prêtera mieux à certains cas de la défense des places, par exemple, au flanquement des fossés.

Sur le champ de bataille même, une bonne mitrailleuse attelée pourra trouver les conditions d'un emploi des plus efficaces. Si de semblables circonstances sont rares en campagne, elles se présenteront plus fréquemment dans la défense ou l'attaque des camps retranchés. Enfin, les mitrailleuses légères pourront, dans le service d'exploration et d'avant-garde, soutenir puissamment l'action de la cavalerie.

Ces considérations sont trop importantes pour ne pas retenir l'attention sur des armes qui ne sont peut-être tant décriées aujourd'hui que parce qu'elles ont été récemment l'objet d'un engouement irréfléchi. Si les mitrailleuses ne sont pas destinées à remplacer les canons et à entrer normalement dans le matériel des armées en campagne, elles n'en doivent pas moins faire partie de l'armement de toute nation.

L. Julliard.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V.

SUBSTANCES EXPLOSIVES.

Les substances explosives n'étaient représentées à l'Exposition universelle de 1878 que par les dynamites de Nobel et les poudres noires de Pigou-Wilks et C^ie^, de Londres.

Par mesure de prudence, tous les produits exposés se composaient de *fac-simile* des produits réels, dont l'introduction avait été formellement interdite.

Dynamites. — Les dynamites sont, comme on le sait, des poudres composées de nitroglycérine unie à une matière absorbante.

La nitroglycérine fut découverte en 1847 par Sobrero, dans le laboratoire de Pelouze; elle est le produit de la réaction de l'acide nitrique sur la glycérine, obtenue comme produit accessoire dans la fabrication de la stéarine, et se présente sous la forme d'une huile d'un jaune clair, sans odeur sensible, de densité 1.6.

L'acide nitrique seul ne produirait pas la nitroglycérine par son action sur la glycérine; il faut, en même temps, faire intervenir l'acide sulfurique concentré, qui s'empare de l'eau au fur et à mesure qu'elle se forme et empêche ainsi l'acide nitrique de perdre l'état de concentration qui lui est indispensable.

La découverte de Sobrero fut oubliée jusque vers 1863, époque à laquelle M. Alfred Nobel, ingénieur suédois, installa la fabrication de la nitroglycérine en Suède et commença à livrer cette substance à l'industrie pour les travaux des mines.

Des accidents terribles ne tardèrent pas à montrer les graves dangers que présentaient la fabrication et surtout le transport

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cet explosif; aussi son emploi fut-il presque immédiatement proscrit dans la plupart des pays d'Europe.

Nobel, obligé d'abandonner l'emploi de la nitroglycérine liquide, songea, vers 1866, à la mélanger avec des matières absorbantes et obtint ainsi des substances solides, de diverses natures, qu'il appela dynamites, dont la force explosive est inférieure à celle de la nitroglycérine pure, mais qui offrent l'avantage d'une sécurité bien plus grande.

Ces dynamites de Nobel, qui étaient exposées dans les sections française et autrichienne, et que l'on fabrique dans un assez grand nombre d'usines en France et à l'étranger, peuvent se diviser en deux catégories :

1° Les dynamites à base inerte, dans lesquelles la matière absorbante sert simplement de support à la nitroglycérine, sans concourir à la déflagration.

2° Les dynamites à base active, dans lesquelles la matière absorbante peut elle-même détoner et ajouter son effet à ceux de la nitroglycérine.

La matière absorbante employée pour les premières est, en général, le Kieselguhr, poussière blanche d'apparence farineuse, composée de silice presque pure et dont on rencontre des gisements considérables à Oberlohe, près d'Unterläss (Hanovre). Cette substance est constituée par des carapaces d'infusoires siliceux, sous forme d'étuis enchevêtrés les uns dans les autres.

La plus connue de ces dynamites est la dynamite n° 1 de Nobel, composée de :

N° 1.	Nitroglycérine	75.5
	Kieselguhr	24.5

Les dynamites n^{os} 2 et 3 sont au contraire des dynamites à bases actives, dont les absorbants sont de véritables poudres, comme on peut le voir par les compositions suivantes :

N° 2.	Nitroglycérine	48
	Cellulose	13
	Soufre	5
	Salpêtre	34

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 3.	Nitroglycérine	25
	Nitrate de soude	60
	Paraffine	1
	Soufre	4
	Charbon	10

Dans la dynamite n° 0 l'absorbant est constitué par de la cellulose préparée en farine impalpable par M. Trauzl, en Autriche; cette dynamite paraît, mieux que la dynamite n° 1, résister à l'action de l'eau et, l'absorbant pouvant être brûlé par l'explosion, elle forme une espèce intermédiaire entre les deux précédentes. Sa composition est la suivante :

N° 0.	Nitroglycérine	75.5
	Cellulose	24.5

Enfin M. Nobel avait encore exposé, comme produits courants de sa fabrication, une nouvelle espèce de dynamite, dite *gomme explosible*, qui se présentait sous l'aspect d'une masse gélatineuse translucide, d'un jaune clair, et dont la composition est :

Nitroglycérine	93 à 94
Coton-poudre soluble ou collodion	6 à 7

La puissance de cette dernière dynamite paraissait *a priori* devoir être bien supérieure à celle des dynamites précédentes, puisqu'elle renferme une proportion plus considérable de nitroglycérine, et que la matière absorbante est elle-même un explosif très puissant. Mais elle exige pour produire tout son effet un bourrage très énergique; à l'air libre, elle égale à peine la dynamite n° 1. Cette particularité peut tenir à ce que la détonation dans ce dernier cas ne se propage pas à toute la masse, et qu'une partie est simplement projetée et dispersée par l'explosion initiale. De plus, sa préparation, d'après l'expérience qui en a été faite à l'usine de Paulilles, n'est pas sans danger.

Elle présente l'avantage, que n'offrent pas les premières, d'être inaltérable à l'humidité. Certains artifices de fabrication,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tels que l'addition d'une petite quantité de camphre, la rendent beaucoup plus insensible aux chocs que la dynamite ordinaire; mais il faut alors, pour en assurer la détonation, un choc initial beaucoup plus violent, tel que celui qui peut être donné par une petite cartouche-amorce d'une dynamite au coton-poudre, formée de 60 p. o/o de nitroglycérine et de 40 p. o/o de cellulose nitrée.

Des études pratiques pourront seules déterminer si, comme les Autrichiens le prétendent, cette gomme explosible doit être dans l'avenir le véritable explosif militaire : les essais faits jusqu'ici en France ne paraissent pas confirmer cette opinion.

Malgré leur prix peu élevé, les dynamites nos 2 et 3 se vendent beaucoup moins que la dynamite n° 1. La dynamite n° 3, à cause de la présence du nitrate de soude, est très hygrométrique, et l'absorption de l'eau, outre qu'elle diminue la puissance de l'explosif, peut entraîner la séparation d'une partie de la nitroglycérine et occasionner alors des accidents graves.

La dynamite n° 1, très bien préparée en France à l'usine de Paulilles (Pyrénées-Orientales), ne présente pas d'autres inconvénients que ceux qui sont inhérents à l'emploi de cet explosif.

On sait que les dynamites ne font, en général, explosion que sous l'action d'une amorce fulminante. Les sociétés des dynamites française et autrichienne ont donc exposé, en même temps que leurs produits, les capsules au fulminate de mercure nécessaires pour provoquer l'explosion, et même les mèches de sûreté au moyen desquelles on peut facilement mettre le feu comme pour la poudre ordinaire.

L'inflammation des capsules fulminantes est quelquefois provoquée par l'électricité. L'étincelle électrique peut être obtenue alors par une petite machine, se composant de deux disques en résine mis en mouvement par une manivelle et frottant entre des coussinets recouverts de peau de chat.

L'électricité développée charge une bouteille de Leyde, dont les armatures peuvent être mises en communication avec des fils métalliques aboutissant à la charge. Une petite disposition spé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ciale permet de juger du degré de chargement de la bouteille de Leyde par la grandeur de l'étincelle qu'on obtient. Tout l'appareil est renfermé dans une caisse en bois; le bouton de mise de feu est placé sur une des parois verticales, dans un compartiment qui peut être fermé à volonté, pour éviter les mises de feu accidentelles.

Le fil direct doit être recouvert de gutta-percha et complètement isolé; quant au fil de retour, il peut être en communication avec la terre.

L'étincelle électrique met le feu à l'intérieur de l'amorce fulminante, non pas directement au fulminate, mais à une substance explosive particulière et isolante, généralement formée de coton-poudre en pulpe fine.

Les fils sont maintenus, à leur entrée, dans la capsule par un mastic isolant, imperméable à l'humidité.

On peut, au moyen de cet appareil, provoquer la détonation à peu près simultanée de plusieurs trous de mine, et augmenter ainsi les effets de l'explosion en même temps que la rapidité des opérations.

Enfin la société française des dynamites a exposé, en même temps que des blocs de fer sur lesquels on retrouve les effets bien connus des dynamites, des masses de plomb au moyen desquelles on détermine dans une certaine mesure les forces relatives de divers explosifs.

Ces masses de plomb sont sciées horizontalement à peu près vers le milieu de la hauteur; au centre de la tranche supérieure de la masse du dessous, on pratique une cavité cylindrique, de volume déterminé, que l'on remplit de l'explosif à essayer. On met le feu par un trou de petit diamètre, percé dans la masse supérieure qui sert d'obturateur, et l'on apprécie la force de l'explosif par le volume que prend la cavité agrandie par l'explosion; ce volume se mesure facilement avec une pipette graduée remplie d'eau.

Poudres noires. — La société anglaise de Pigou-Wilks, Lau-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence and C°, avait exposé une collection complète des poudres employées, en Angleterre, tant pour l'industrie des mines que pour les armes de guerre et de chasse.

Toutes les poudres à fins grains pour chasse et mine sont à grains anguleux, souvent plombaginés et de très belle apparence.

Les poudres de guerre ont également des grains irréguliers et anguleux pour les poudres à mousquet et les canons de petit calibre; pour les canons de gros calibre, on emploie encore exclusivement, en Angleterre, des poudres à grains cubiques, dont les angles ont été abattus par le lissage et qui s'obtiennent par la méthode des meules et des presses.

Il n'y a guère en outre à signaler, dans cette partie de l'exposition anglaise, que les boîtes pour poudres de chasse. Les modèles récemment adoptés, tout en présentant le goulot et le bouchon en liège recouvert d'une capsule métallique, si commodes pour le consommateur, se rapprochent, par leur forme rectangulaire et leur mode de confection, des boîtes françaises. Ils sont, en effet, formés par des feuilles de fer-blanc vernies et imprimées de vignettes élégantes, dont les bords sont soudés ou agrafés, et l'on paraît abandonner en partie les formes arrondies en fer-blanc peint de couleurs éclatantes et recouvert d'étiquettes en papier.

LAMBERT.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME SECTION.

GÉNIE.

CHAPITRE PREMIER.

OUVRAGES DE FORTIFICATION.

EXPOSITION ESPAGNOLE.

L'Espagne est la puissance étrangère dont l'exposition est la plus complète dans toutes les branches de l'art militaire. En ce qui concerne en particulier l'art de l'ingénieur militaire, le ministère de la guerre espagnol a exposé une collection d'ouvrages techniques publiés par les officiers du Génie, des atlas des travaux exécutés par les cinq divisions de l'Académie de Guadalajara, des spécimens des plans levés par la brigade topographique, enfin des modèles exécutés à l'Académie ou au musée du Génie, et se rapportant à l'art de la construction ou à la fortification. Il a paru intéressant de donner une description succincte des principaux reliefs de fortification exposés.

Relief du front de Prosperi. — Ce système de fortification, proposé en 1744, à Mexico, par l'ingénieur Prosperi, n'offre d'intérêt qu'au point de vue de l'histoire du développement successif des idées qui prévalent actuellement dans la défense des places. Il se différencie du système bastionné, en ce que la longueur du côté extérieur est portée à 800 ou 1,000 mètres. De plus, le flanquement des fossés du corps de place repose sur des batteries de revers placées dans le terre-plein de la demi-lune, et couvertes par une grande bonnette qui occupe le sail-

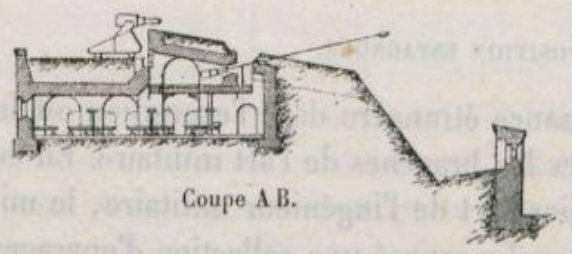
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lant de cet ouvrage; quant aux fossés de la demi-lune, ils sont battus par les deux étages de feux des flancs des bastions.

Le fait de reporter sur un ouvrage extérieur le flanquement du corps de place constitue évidemment un premier pas fait vers le système polygonal.

Relief du front du colonel Arroquia. — Ce front appartient à la fortification polygonale. Voici les données principales de ce système, que nous empruntons à l'ouvrage publié en 1867 par le colonel Arroquia :

Le côté extérieur a 800 mètres de longueur; en élevant une perpendiculaire de 70 mètres de longueur en son milieu et joignant aux extrémités, on obtient le tracé du front. L'escarpe demi-détachée et crénelée règne sur toute la longueur du front; elle a $7^{m},50$ de hauteur environ, et est précédée d'un fossé de 21 mètres de largeur, dont le fond est à $6^{m},50$ au-dessous du terrain naturel. Un chemin de ronde, tenu à $3^{m},50$ au-dessous du terrain naturel, le sépare du corps de place.



Coupe A B.

Un saillant est occupé par une caponnière en maçonnerie à deux étages, armée de douze pièces sur chaque flanc et munie de deux oreillons.

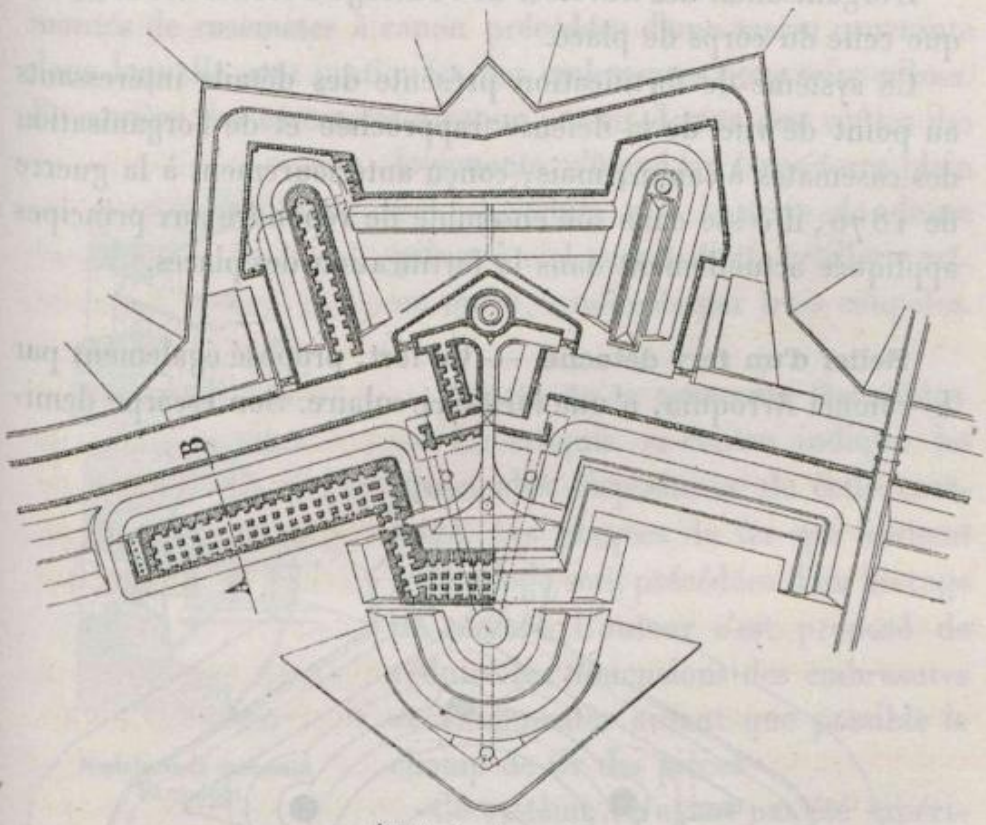
Cette caponnière est couverte par un ouvrage à cornes, consistant en un mur crénelé, affectant la forme d'un tracé bastionné, dans lequel les terre-pleins des bastions sont occupés par des traverses casematées, renforcées à leur extrémité par une coupole tournante. Une courtine terrassée relie les deux traverses ci-dessus.

Une contrescarpe de $5^{m},50$ de hauteur précédée d'un chemin couvert règne tout le long du front.

L'organisation du corps de place présente des dispositions particulières; l'auteur s'est proposé d'accumuler la plus grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de feux possible sur la capitale du front, en abritant une partie de ses pièces sous des casemates. Il a cherché, en outre, en superposant ses casemates à canon à des logements vastes et profonds, de tracé défensif, à constituer une sorte de réduit susceptible de prolonger la défense. A cet effet, le corps de casemates, qui se développe sur une longueur de 150 mètres environ de chaque côté de la capitale, présente un tracé bas-



Échelle de $\frac{1}{4500}$ environ.

Front du colonel Arroquia.

tionné dans lequel les flancs doubles donnent des feux à l'intérieur de la place aussi bien qu'à l'extérieur. A chacune des extrémités, un corps de casemates en retour, séparé par une coupure du corps de place, est muni d'embrasures qui complètent le flanquement; enfin, la courtine intérieure est couverte par un ouvrage terrassé demi-circulaire, dont les fossés sont battus par un redan crénelé en maçonnerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

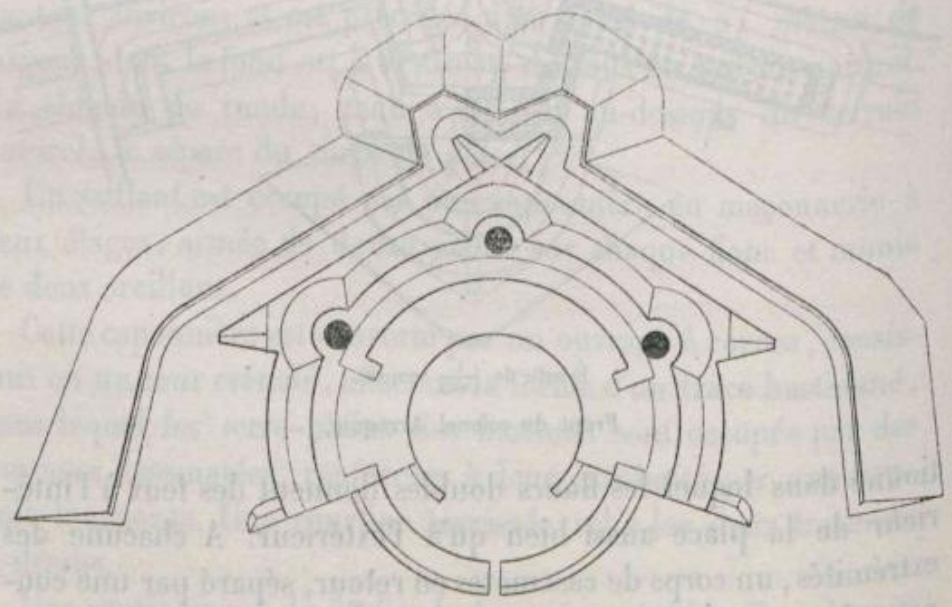
Le profil AB fait voir l'organisation adoptée pour les casemates à canon et les dispositions prises pour assurer la ventilation des logements.

Les pieds-droits des voûtes inférieures, continués jusqu'à une certaine hauteur au-dessus du sol des casemates, forment les faces de l'embrasure, qui seraient revêtues de plaques de blindage, de même que le mur de tête de l'embrasure.

L'organisation des traverses de l'ouvrage à cornes est la même que celle du corps de place.

Ce système de fortification présente des détails intéressants au point de vue de la défense rapprochée et de l'organisation des casemates à canon; mais, conçu antérieurement à la guerre de 1870, il cesse dans son ensemble de répondre aux principes appliqués actuellement dans la fortification des places.

Relief d'un fort détaché. — Ce fort, proposé également par le colonel Arroquia, a une forme circulaire. Son escarpe demi-



Échelle de $\frac{1}{2500}$ environ.

Fort détaché du colonel Arroquia.

détachée est brisée de façon à ménager au saillant une double

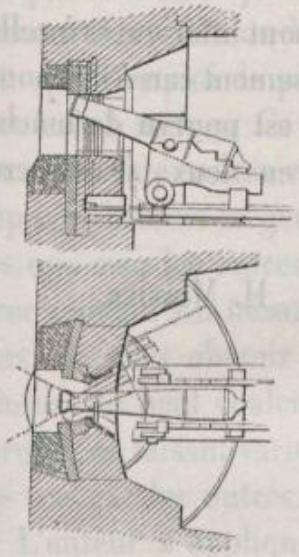
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

caponnière et sur les flancs deux ailerons qui assurent le flanquement des fossés.

La contrescarpe est revêtue et surmontée d'un chemin couvert ou d'un corridor de surveillance.

La gorge demi-circulaire est fermée par un mur crénelé, dont le fossé est indépendant du fossé principal.

L'organisation des parapets est la même que dans le front polygonal du même auteur. Les logements, à l'épreuve, sont surmontés de casemates à canon précédées d'une masse couvrante dans laquelle sont pratiquées des embrasures pour seize pièces. En arrière des casemates à canon, et au-dessus des voûtes des logements, s'étend un large terre-plein où est établie une batterie de douze pièces à ciel ouvert. Cette artillerie est, en outre, renforcée par trois coupoles.



Modèle de la casemate Bernaldès.

Modèle de la casemate Bernaldès. — Le croquis ci-contre indique les principales dispositions de cette casemate. Les plaques de fer qui forment le blindage sont précédées d'un blocage de plomb. L'auteur s'est proposé de réduire les dimensions des embrasures et d'augmenter autant que possible le champ de tir des pièces

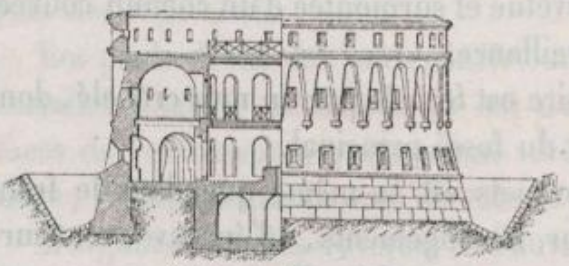
Ce système, n'ayant pas été expérimenté, ne peut offrir qu'un intérêt théorique.

Modèles de tours. — Ces tours, l'une destinée à servir de réduit aux lignes de Ceuta, l'autre construite à Cuba, sont organisées pour la mousqueterie et quelques pièces de campagne. L'épaisseur des murs est assez considérable pour résister au canon de campagne.

La première de ces tours, projetée par le colonel Arroquia, se compose d'une galerie annulaire à parement extérieur conique,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partagée dans sa hauteur par un plancher et contenant deux étages de feux et des logements. Les locaux s'ouvrent sur une cour intérieure, sous le sol de laquelle est construite une citerne.



Échelle de $\frac{1}{500}$ environ.

Tour pour mousqueterie.

La terrasse cylindrique qui surmonte la tour est raccordée avec le parement conique par des voûtes en encorbellement, organisées en mâchicoulis. Le mur de parapet de la terrasse est également percé de meurtrières.

La deuxième tour, dont les dimensions sont inférieures à celles de la précédente, se compose d'un soubassement carré surmonté d'un étage octogone. Le rez-de-chaussée est pourvu de mâchicoulis ; quant à l'étage, qui est partagé en deux, il est percé d'embrasures et de créneaux horizontaux.

H. Mensier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

PONTS MILITAIRES.

Système Brochocki. — M. Brochocki, ingénieur, a exposé un modèle de pont militaire dont le principal intérêt consiste en ce que le même système de construction peut servir à l'établissement des ponts ou à leur réparation, et en ce qu'il ne nécessite que l'emploi de pièces de bois dont la longueur ne dépasse pas 2 à 3 mètres. Ce système se compose de fermes constituées au moyen de cadres en bois ne différant entre eux que sous le rapport de leurs largeurs, et qui se combinent et s'entre-croisent les uns avec les autres de façon à s'étayer et à se soutenir réciproquement. En faisant varier la quantité des cadres dont on se sert, on peut obtenir des portées variables dans une certaine limite. On peut également augmenter ou diminuer la flèche des fermes, en faisant varier la position des points d'appui des cadres les uns sur les autres.

L'auteur a appliqué ce même système de fermes à la construction d'abris, de baraques, etc.

Il convient de faire observer tout d'abord que, dans l'aide-mémoire du Génie, on trouve indiqué un système de construction de pont improvisé au moyen de trois cadres tout à fait analogues à ceux qui sont proposés par M. Brochocki. Seulement, dans cet ouvrage, on se contente d'indiquer cet exemple comme un expédient du moment; on ajoute même que la manœuvre de ce dispositif avec des bois en grume offre assez de difficultés.

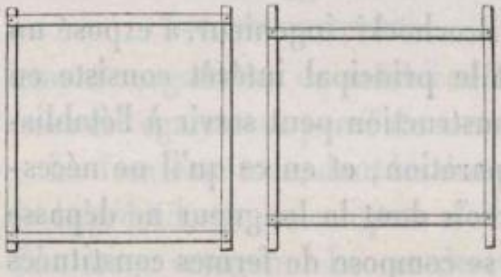
L'idée n'est donc pas neuve. Ce qu'il y a d'original dans les propositions de M. Brochocki, c'est de multiplier les cadres en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

leur donnant des dimensions assez faibles pour les rendre maniables, c'est de faire un matériel permanent permettant, avec les mêmes éléments constitutifs, de franchir des cours d'eau de largeur variable, c'est surtout de faire concourir le même matériel à la réparation des ponts.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6 représentent quelques-uns des dispositifs proposés par l'auteur. Avec des cadres dont les montants auraient 2 mètres à $2^{m},50$ de longueur et 12 à 15 centimètres d'équarrissage, on pourrait, selon lui, faire des fermes ayant jusqu'à 15 mètres de portée. Au delà de 15 mètres, il faudrait créer des points d'appui intermédiaires avec des pontons ou tout autre support.

Fig 1



On peut reprocher à ce système de pont les nombreux assemblages qu'il nécessite et la disposition des pièces de bois, qui ont surtout à résister à des efforts de flexion. Il est douteux, du reste, que les équarrissages de 12 à 15 centimètres soient suffisants. Mais avant de se prononcer d'une manière définitive, il conviendrait de faire quelques applications pratiques dans les

Fig 2

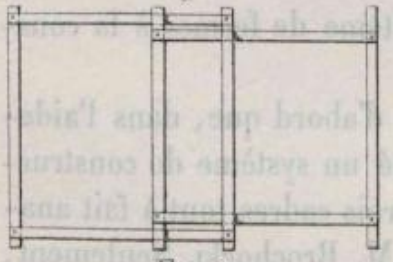


Fig 3

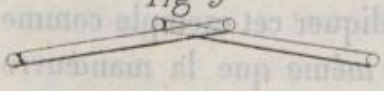


Fig 4

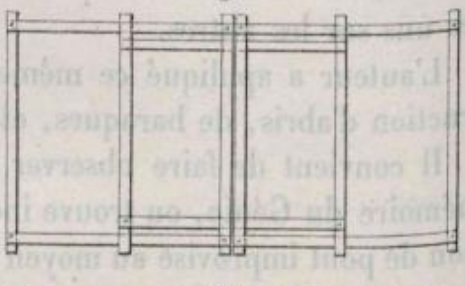
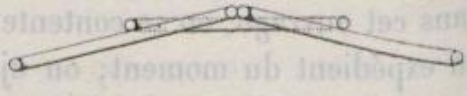


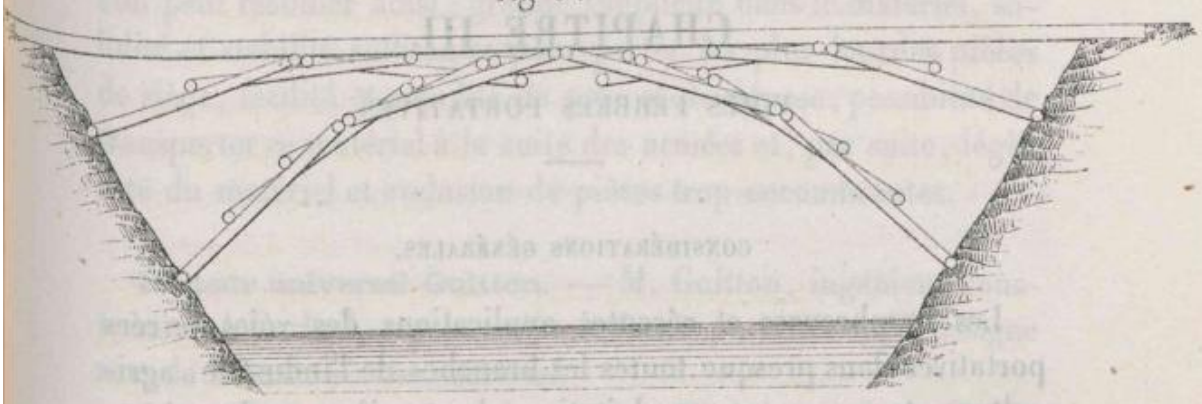
Fig 5



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

polygones. Il semble, en tous cas, que le système proposé ne puisse guère être utilisé que pour la construction de passerelles

Fig 6.



volantes, et, dans ce cas, il rendra des services réels lorsque l'on n'aura à sa disposition que des bois de faible dimension.

H. Mensier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

VOIES FERRÉES PORTATIVES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Les nombreuses et récentes applications des voies ferrées portatives dans presque toutes les branches de l'industrie, agriculture, terrassements, exploitations des carrières et des mines, service des forges, fonderies et ateliers de toute nature, font pressentir que ce mode de transport est également susceptible de trouver d'utiles applications dans les divers travaux du service militaire.

On l'a du reste déjà expérimenté pour le service intérieur des arsenaux de Rennes et de Lyon, pour le service général de la poudrerie d'Angoulême et des écoles d'artillerie de Vincennes et de Versailles, et enfin pour le transport des munitions et des pièces dans les forts de Domont, de Vaujours et de Stains.

Ces essais ont donné de bons résultats. Ils ont fait reconnaître la facilité du transport, la rapidité de l'installation et la régularité du fonctionnement de ces petits chemins de fer, et l'on peut en conclure dès à présent que leur emploi présenterait de nombreux avantages: pendant la paix, pour le service des établissements de l'artillerie, du génie et de l'administration; pendant la guerre, pour le transport du matériel de tout genre, pour l'armement des batteries de siège, le service dans les mines, la confection des sapes profondes, etc.

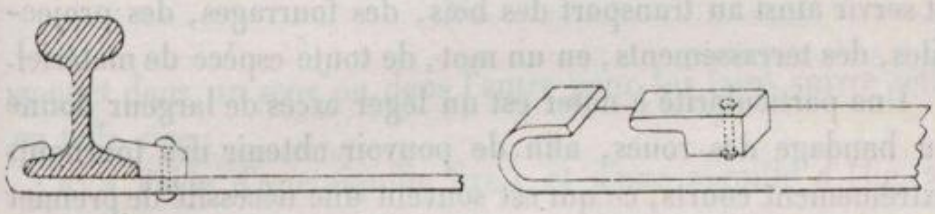
Un certain nombre de systèmes, présentant d'ailleurs entre eux de grandes analogies, car ils sont tous une réduction plus ou moins simplifiée du matériel ordinaire des compagnies, figurent à l'Exposition dans les sections françaises. Il nous paraît

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

utile de les décrire succinctement et de les comparer entre eux, pour rechercher quel est celui qui convient le mieux aux exigences particulières de cette nouvelle application, exigences que l'on peut résumer ainsi : grande simplicité dans le matériel, solidité et stabilité suffisantes pour porter les plus lourdes pièces de siège, facilité et rapidité de pose et de dépose, possibilité de transporter ce matériel à la suite des armées et, par suite, légèreté du matériel et exclusion de pièces trop encombrantes.

Porteur universel Guitton. — M. Guitton, ingénieur constructeur à Corbeil, expose une voie ferrée portative qu'il désigne sous le nom de *porteur universel.*

Les rails sont en fer, du système Vignole et du poids de 6 kilogrammes par mètre courant. Ils sont fixés sur des traverses d'écartement espacées de 1 mètre à $1^{m},25$, *démontables à volonté,* et formées par des bandes en fer plat, recourbées en forme



de crochet à chacune de leurs extrémités ; le rebord extérieur du patin de chaque rail s'engage sous ce crochet et le rebord intérieur est maintenu par un taquet avec coin excentrique, qu'il suffit de desserrer un peu et de tourner de 90° pour séparer le rail de la traverse.

La voie s'établit en posant simplement les travées bout à bout sur le sol et en réunissant l'extrémité des rails par des éclisses et des boulons.

Les rails et les traverses portant également sur le sol donnent une stabilité et une solidité très grandes à tout le système.

Les changements de voie s'effectuent, comme dans les chemins de fer ordinaires, à l'aide de deux aiguilles dépendantes, mobiles autour de leurs parties articulées, et manœuvrées par un petit levier fort simple et sans contrepoids.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les croisements et les traversées de voies s'effectuent également, comme dans les chemins de fer ordinaires, à l'aide de pièces distinctes formant *pointes de cœur* et *pattes de lièvre*, mais sans contre-rails.

Les plaques tournantes de ce système, avec cuvelage en fonte, sont en 4 pièces semblables, faciles à démonter et à transporter séparément, et présentant ainsi de grands avantages pour le remplacement de l'une quelconque d'entre elles par suite de détériorations.

Le matériel roulant se compose invariablement d'une plate-forme solide en bois, portée sur quatre roues dont deux, en diagonale, sont solidaires avec l'essieu, et les deux autres mobiles sur cet essieu. Cette plate-forme, qui peut servir à de nombreux usages, tels que transport de canons, de fascinages, de gros blocs de pierre, etc., est disposée pour recevoir à volonté des ranchers, des ridelles, des caisses fixes ou des caisses à bascule, et servir ainsi au transport des bois, des fourrages, des projectiles, des terrassements, en un mot, de toute espèce de matériel.

Une particularité à noter est un léger excès de largeur donné au bandage des roues, afin de pouvoir obtenir des tournants extrêmement courts, ce qui est souvent une nécessité de premier ordre dans les exploitations industrielles et agricoles et dans les applications militaires : on utilise cet excès de largeur dans les tournants en élargissant également l'entrevoie sur toute la longueur de la courbe à parcourir, et ces deux causes réunies permettent aux roues de prendre une assez grande obliquité sur la direction à suivre, sans crainte de déraillement et sans frottements exagérés.

La voie de 60 centimètres de largeur en rails de 6 kilogrammes pèse 13 kilogrammes le mètre courant; elle est susceptible de porter normalement 2,000 kilogrammes par essieu : elle revient à 5 francs le mètre. M. Guitton construit également des voies réduites à 40 centimètres et 50 centimètres de largeur, en rails de 4 kilogrammes, à 3 fr. 50 cent. le mètre courant. Ces voies sont susceptibles de porter 500 kilogrammes par essieu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chemin de fer portatif de M. Suc, ingénieur à la Villette. — La voie portative de M. Suc présente la plus grande analogie avec la précédente ; les rails sont également reliés par des traverses en fer plat, mais ils sont rivés sur ces traverses ; la voie s'établit encore en posant les travées bout à bout sur le sol.

Les changements de voie s'opèrent de deux manières différentes :

1° A l'aide d'aiguilles fixes *a* et *b*, comme le montre la fig. 1, et alors il faut opérer une légère pression sur l'arrière du wa-

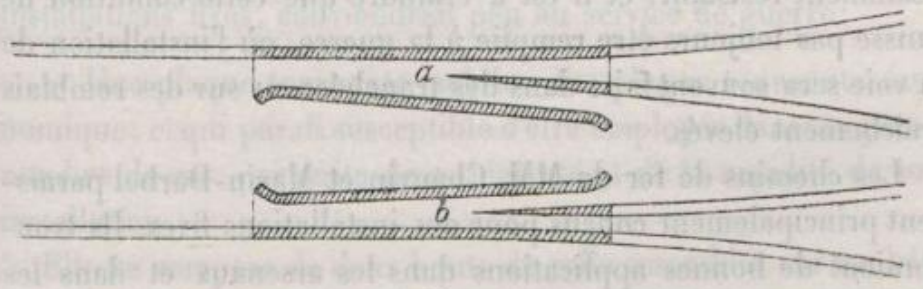


Fig. 1.

gonnet dans un sens ou dans l'autre pour lui faire suivre telle ou telle voie ;

2° A l'aide d'une aiguille fixe *c* et d'une aiguille *d* (fig. 2)

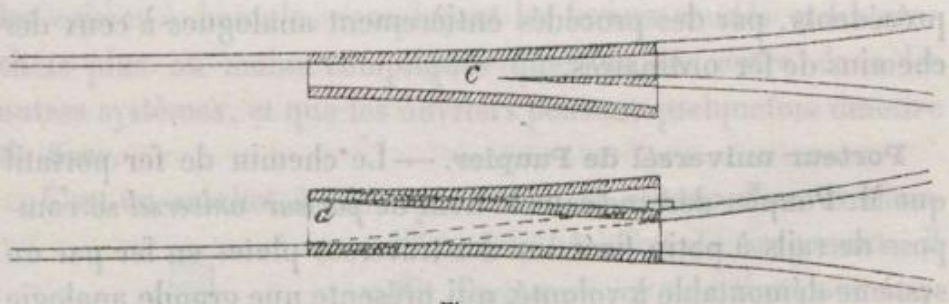


Fig. 2.

mobile autour d'une articulation, et que l'on manœuvre avec le pied.

La figure ci-dessus représente la voie faite à droite ; en appuyant au contraire l'aiguille contre le rail d'appui, ainsi que l'indique le pointillé, la voie serait faite à gauche.

Les changements à 3 voies s'opèrent d'une manière analogue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

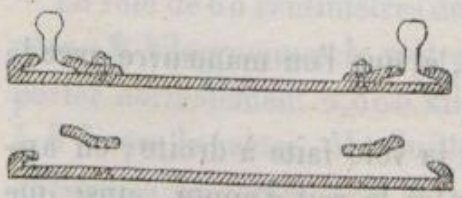
Les plaques tournantes et le matériel roulant n'offrent aucune particularité digne de remarque.

Chemins de fer industriels de MM. Chauvin et Marin-Darbel. — Les rails sont fixés sur des traverses en bois, à l'aide de crampons, comme dans les chemins de fer ordinaires, de telle sorte que la pression sur le sol est transmise par les traverses seules et ne se trouve pas répartie sur une aussi grande surface que dans les systèmes précédents. Dans ce cas, il faut un sol suffisamment résistant, et il est à craindre que cette condition ne puisse pas toujours être remplie à la guerre, où l'installation de la voie sera souvent faite dans des tranchées ou sur des remblais fraîchement élevés.

Les chemins de fer de MM. Chauvin et Marin-Darbel paraissent principalement conçus pour des installations fixes. Ils trouveraient de bonnes applications dans les arsenaux et dans les fonderies, mais ils semblent peu pratiques pour le service de guerre.

L'aiguillage simple s'effectue, comme dans le système précédent, à l'aide d'une aiguille fixe et d'une aiguille mobile ; les croisements et les traversées se font, comme dans les systèmes précédents, par des procédés entièrement analogues à ceux des chemins de fer ordinaires.

Porteur universel de Paupier. — Le chemin de fer portatif que M. Paupier désigne sous le nom de *porteur universel* se compose de rails à patin fixés sur des traverses plates en fer par un système démontable à volonté, qui présente une grande analogie avec celui qui a été imaginé par M. Guitton. Toutefois, le taquet à coin excentrique de M. Guitton est remplacé par une simple patte boulonnée sur la traverse, de sorte que, pour séparer le rail, il ne suffit plus de tourner simplement cette patte, mais il est nécessaire de



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la déboulonner et de l'enlever entièrement, ce qui est plus long que dans le système de M. Guitton.

Les traverses de M. Paupier nous ont également paru trop étroites, ce qui, à la vérité, allège le matériel, mais répartit la pression sur une surface moins considérable et exige par suite un terrain plus résistant.

Les plaques tournantes sont de deux modèles :

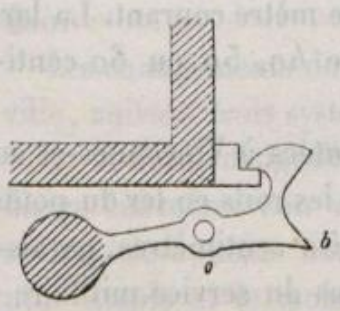
1° Une plaque tournante avec cuvelage en fonte, qui n'offre aucune particularité remarquable, et qui, excellente pour des installations fixes, conviendrait peu au service de guerre;

2° Une plaque tournante mobile, dite plaque tournante économique, et qui paraît susceptible d'être employée dans un grand nombre de cas, par suite de sa légèreté et de la rapidité de son installation.

Elle se compose de deux bouts de rails assemblés sur un bâti qui porte de très petits galets roulant sur une plaque de fonte. Cette plaque se pose simplement sur le sol, à l'endroit voulu, sans qu'il soit nécessaire de creuser son emplacement.

Il convient de signaler dans le matériel roulant de M. Paupier un procédé extrêmement simple pour arrêter et pour déclencher les caisses à bascule, remplaçant les leviers coudés et les crochets plus ou moins compliqués que l'on rencontre dans les autres systèmes, et que les ouvriers peuvent quelquefois omettre de fixer.

C'est un crochet à contrepoids mobile autour d'un axe installé sur le bâti fixe du wagonnet; il suffit d'appuyer sur une tige pour soulever le contrepoids et déclencher le crochet; lorsqu'au contraire on remet la caisse à bascule dans sa position normale, la petite cornière qui règne à sa partie inférieure glisse sur la tête du crochet, qu'elle repousse en soulevant automatiquement le contrepoids, et la fermeture s'opère d'elle-même.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Porteur Decauville. — La voie ferrée portative que M. Decauville expose sous le nom de *Porteur Decauville* se compose de travées de diverses longueurs (5 mètres, $2^m,50$ et $1^m,25$), ne formant chacune qu'une seule pièce avec les deux rails à patin, les traverses en fer plat et les éclisses. Chaque rail est en effet rivé à demeure sur les traverses d'écartement, espacées de $1^m,25$. Un des bouts du rail, le bout mâle, est armé d'éclisses rivées sur un seul côté du rail; l'autre bout, le bout femelle, est percé d'un trou qui correspond avec un trou semblable percé dans l'éclisse du rail suivant, de façon que l'on puisse boulonner les voies lorsqu'elles doivent rester complètement fixes. Ce boulonnement n'est d'ailleurs nullement indispensable dans les voies provisoires, c'est-à-dire dans la majeure partie des cas, et il suffit alors pour établir la voie de poser simplement les travées bout à bout, en poussant l'éclisse du bout mâle sous le champignon du rail déjà placé. Cette installation s'opère avec la plus grande rapidité, quatre hommes pouvant poser 300 mètres de voie de 40 centimètres de largeur en une heure environ.

Chaque traverse d'écartement est percée de deux trous, à travers lesquels on peut placer des boulons ou des tire-fonds, pour fixer des planches destinées à augmenter la surface d'appui sur le sol, lorsqu'il s'agit de traverser des terrains très meubles.

Les rails de M. Decauville sont en fer ou en acier et pèsent, suivant l'importance des charges qu'ils doivent supporter, 4 kilogrammes, $4^k,500$ et 7 kilogrammes le mètre courant. La largeur de la voie est, suivant les cas, de 40, 50 ou 60 centimètres.

A la suite d'expériences diverses exécutées à Vincennes et au fort de Domont, on a émis l'opinion que les rails en fer du poids de 7 kilogrammes le mètre, espacés de 50 centimètres, paraissent répondre le mieux à tous les besoins du service militaire : des voies établies dans ces conditions, sur des terrains parfois entièrement défoncés, ont, en effet, parfaitement résisté au trans-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

port des pièces de 138 millimètres, pesant 1,830 kilogrammes, et même des pièces de 19 centimètres, pesant 8 tonnes.

Toutefois, nous ferons remarquer que les voies ferrées portatives ne recevront pas seulement des applications pour l'armement des ouvrages de défense, mais qu'elles seront sans doute employées dans les travaux de l'attaque, pour l'armement des batteries de siège, pour le transport des pièces et des bois de blindage dans les tranchées et peut-être même pour la construction de certaines sapes. Il faut donc se préoccuper de leur donner une résistance suffisante, tout en allégeant leur poids autant que possible pour en faciliter le transport. A ce titre, les rails en acier Bessemer, dont la résistance à poids égal est de 50 p. o/o plus considérable que celle des rails en fer, nous paraissent bien préférables à ces derniers. C'est ainsi qu'une voie de 40 centimètres de largeur en rails d'acier offre une résistance de 1,500 kilogrammes par essieu, et peut dès lors supporter une pièce de 8 tonnes répartie sur 6 essieux. Elle pèse un tiers en moins que la voie de 50 centimètres de largeur en rails de fer de 7 kilogrammes, et elle offre ce grand avantage qu'un seul homme peut porter une travée de 5 mètres, en se plaçant au milieu, et en prenant un rail de chaque main; enfin, la voie de 40 centimètres permet des tournants plus courts, et elle peut être installée plus facilement dans les sapes et dans les mines militaires, dont la largeur est toujours fort réduite. Nous pensons donc qu'au point de vue militaire, les rails en acier de M. Decauville sont une excellente innovation.

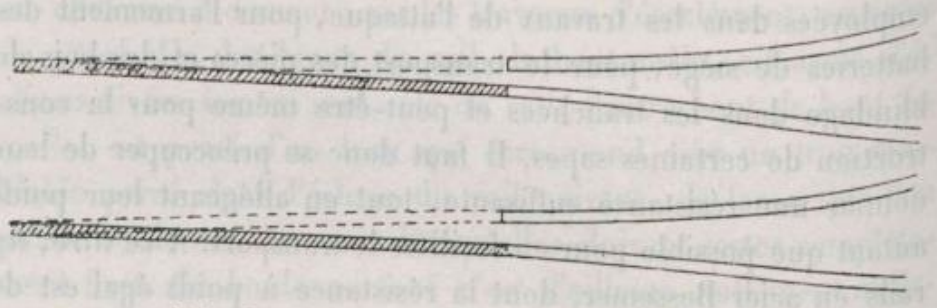
Les changements de voie s'effectuent, dans le porteur Decauville, suivant trois systèmes différents :

1° A l'aide d'aiguilles fixes en fonte, sur lesquelles l'ouvrier dirige lui-même son wagon en le poussant du côté qu'il veut suivre. Ce système nous paraît, au point de vue militaire, le plus simple et le moins susceptible de détérioration, car il ne nécessite aucune manœuvre préalable. Il ne peut présenter quelque inconvénient que dans le cas d'un train de plusieurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

wagons, car il faudrait alors un homme en tête pour diriger le premier wagon;

2° A l'aide d'un bout de voie mobile de $1^{m},25$ de longueur, qu'il suffit de pousser avec le pied vis-à-vis de l'une ou de l'autre des deux voies. Ce système est également très simple et



peu susceptible de détérioration : il a sur le précédent l'avantage d'être moins lourd à transporter, mais il peut occasionner des déraillements par suite de négligence chez les ouvriers;

3° A l'aide de deux aiguilles mobiles dépendantes avec contre-rails, comme dans les chemins de fer ordinaires, mais sans levier de manœuvre, les aiguilles se poussant simplement à l'aide du pied; ce système nous paraît le plus compliqué, le plus susceptible de détérioration et, par suite, le moins convenable à la guerre.

Les croisements s'effectuent, comme dans tous les autres systèmes, à l'aide d'une pointe de cœur et de pattes de lièvre.

Les plaques tournantes sont de deux modèles :

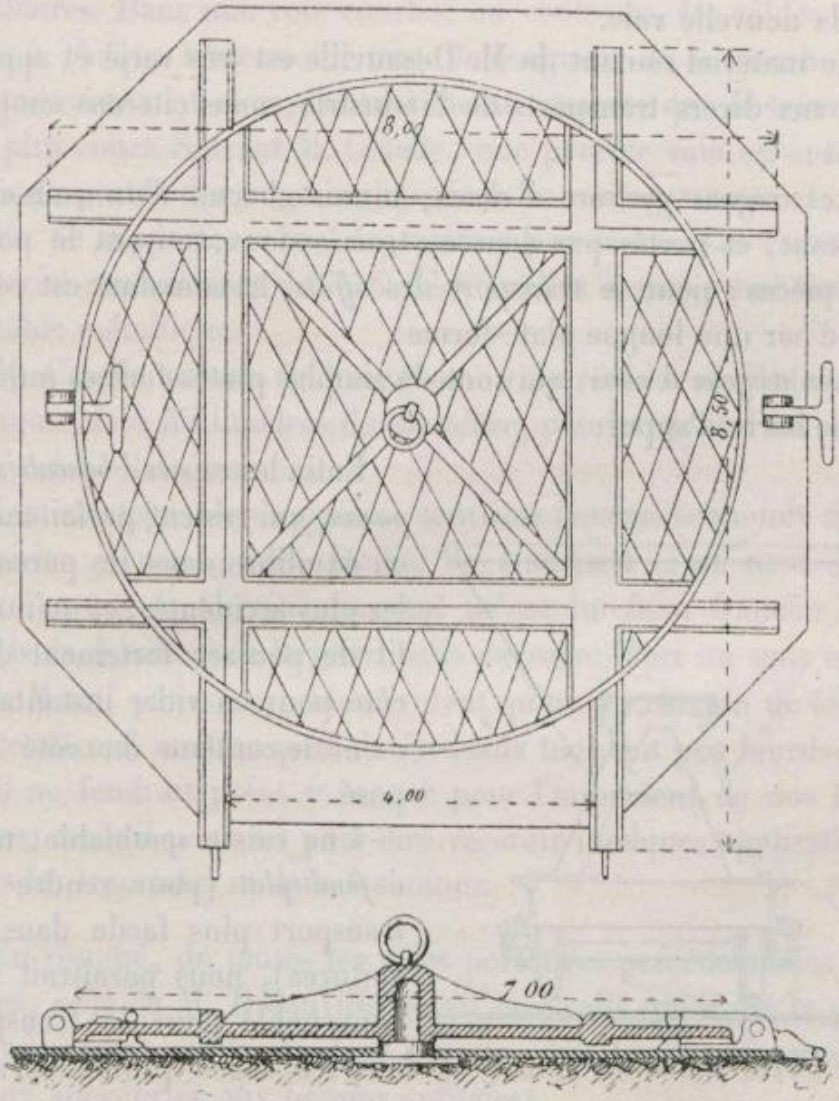
1° Une plaque tournante avec cuvelage en fonte du modèle des compagnies : elle ne paraît devoir être utilisée que dans les installations fixes, et elle conviendrait peu pour un matériel de guerre;

2° Une plaque tournante portative du poids de 90 kilogrammes et composée de deux plateaux superposés, l'un en tôle de 5 millimètres, sur lequel sont fixés le pivot, les taquets d'arrêt, les départs de voie et les quatre fers demi-ronds qui remplacent les galets de roulement; l'autre en fonte, supportant le wagon et pouvant tourner autour du pivot.

Cette plaque se pose sur le terrain naturel, en faisant simple-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment un petit trou à la place que doit occuper le pivot. Un anneau, fixé au milieu du plateau en fonte pour le soulever, sert de bouchon et se dévisse pour graisser le pivot; enfin les taquets d'arrêt, placés de chaque côté, forment poignée pour enlever tout le système et changer la plaque de place.



A l'aide de cette plaque et d'un appareil spécial, appelé *dérailleur,* on peut greffer instantanément des voies portatives à un endroit quelconque, à droite ou à gauche d'une voie déjà installée. Le dérailleur est un plan incliné, qui se compose de

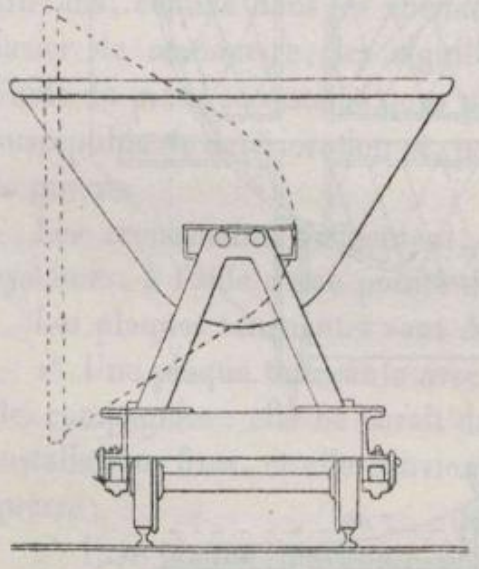
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux pièces de fer forgé ayant à un bout la même hauteur que le rail du porteur, et s'amincissant régulièrement jusqu'à l'autre bout. On place deux de ces dérailleurs contre la plaque sur l'ancienne et sur la nouvelle voie; de cette manière, les wagons peuvent sortir insensiblement de la voie primitive pour monter sur la plaque tournante, puis redescendre de la même manière sur la nouvelle voie.

Le matériel roulant de M. Decauville est très varié et approprié aux divers transports de l'industrie; nous citerons simplement :

Les *wagons porteurs à canon*, munis chacun d'un coussinet pivotant, et portés par deux ou trois essieux, suivant le poids des pièces : pour le transport des *affûts*, le coussinet est remplacé par une longue plate-forme;

Les *wagons à obus*, qui sont de simples plates-formes munies d'une barre d'appui;



Enfin les *caisses à bascule sans portes*, qui restent parfaitement en équilibre dans les parcours les plus accidentés, et qu'il suffit de pousser fortement d'un côté pour en vider instantanément le contenu du côté opposé.

Une caisse semblable, mais *à fond plat* (pour rendre son transport plus facile dans les voitures), nous paraîtrait très convenable pour le transport des terres dans les mines et dans les sapes profondes sans parapet.

Petits chemins de fer à rails flexibles de M. Cotelle. — M. Cotelle, manufacturier à Ponthierry (Seine-et-Marne), expose une voie à pose et à dépose instantanées, dans laquelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les rails sont remplacés par des câbles métalliques de 12 millimètres de diamètre. Ces câbles sont supportés par des traverses en bois espacées de 4 mètres à $4^{m},50$. Dans une voie en ligne droite, ils ne sont reliés aux traverses que tous les 20 mètres environ, à l'aide de deux petites fourches en fonte vissées sur les traverses, et ils reposent simplement sur les traverses intermédiaires. Dans une voie courbe, au contraire, les câbles sont fixés à chaque traverse sur toute la longueur de la courbe, et les traverses sont alors d'autant moins espacées que le tournant est plus court. Suivant M. Cotelle, une pareille voie est susceptible de porter des wagons chargés à 500 kilogrammes et, par suite, de supporter 250 kilogrammes par essieu. Les roues du matériel roulant sont de véritables poulies à gorge embrassant le câble métallique.

M. Cotelle expose également une voie réduite en câbles métalliques de 4 millimètres de diamètre, pour wagons d'un poids de 40 à 50 kilogrammes.

Les avantages de ce système sont une énorme économie d'acquisition et une grande facilité de transport et de pose dans toute espèce de terrain; on peut même lui faire franchir des fossés de 4 mètres de largeur, sans ouvrages d'art ou sans remblai. Il est, par contre, bien évident qu'un tel chemin de fer se prêterait mal au transport de fardeaux tant soit peu lourds, et qu'il ne faudrait point y songer pour l'armement de nos batteries; mais il pourrait peut-être recevoir quelques applications dans les tranchées et dans les mines.

En résumé, de toutes les voies portatives précédemment décrites, celle de M. Decauville paraît être celle qui a été la plus heureusement combinée dans tous les détails, et qui serait la mieux appropriée aux besoins militaires.

On croit devoir surtout recommander ses rails en acier Bessemer, ses plaques tournantes portatives, son dérailleur, ses wagons à canons et à projectiles et sa caisse à bascule sans porte.

H. MENSIER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

APPAREIL D'EXPLOSION.

APPAREIL EMPLOYÉ POUR LA GRANDE EXPLOSION DU HELLGATE, RADE DE NEW-YORK, EN SEPTEMBRE 1876, PAR M. JULES STRIEDINGER, INGÉNIEUR AMÉRICAIN.

Dans une notice, dont il a adressé un exemplaire à M. le Ministre de la guerre, M. Striedinger expose que l'emploi des appareils électriques à haute tension pour déterminer l'explosion des fourneaux de mine n'est pas sans présenter quelques dangers, comme l'ont prouvé plusieurs accidents regrettables. On ne peut expliquer ceux-ci que par la tendance marquée qu'ont les fabricants à exagérer la sensibilité des fusées, afin de pouvoir les garantir. C'est ainsi qu'aux travaux de percement du tunnel Sutro (mines d'argent de la Névada) il s'est produit des explosions prématurées, par suite de l'inflammation de quelques fusées, que M. Striedinger attribue à l'influence de l'électricité accumulée dans le corps humain au milieu de l'atmosphère extrêmement desséchée du haut plateau qui règne entre la Sierra Névada et les montagnes Rocheuses. Dans d'autres circonstances, on a eu à constater des ratés avec ces mêmes fusées à haute tension.

On pourrait, il est vrai, se mettre à l'abri de ces inconvénients en n'admettant dans la fabrication des fusées qu'une seule et même substance sensible, de composition bien définie, et, en outre, en soumettant chaque fusée, avant de la livrer au commerce, à des décharges un peu supérieures à celles qui peuvent provenir de l'électricité accumulée dans le corps humain.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quoi qu'il en soit, M. Striedinger déclare que ses études l'ont conduit à rejeter l'emploi de l'électricité à haute tension. Selon lui, l'électricité dynamique peut seule donner toutes les garanties désirables, au double point de vue de la certitude de l'explosion et de la sécurité des opérateurs. C'est cette électricité dynamique qu'il a employée avec succès pour sa grande explosion du Hellgate, dans la rade de New-York, qui n'a pas comporté moins de 3,600 fourneaux. Il a aussi fait usage d'une fusée de son invention, qu'il appelle fusée modèle, et qu'il décrit en tous détails. Cette fusée présente une certaine analogie avec les amorces électriques confectionnées dans les écoles régimentaires du Génie, et notamment dans celle de Versailles. Les différences les plus saillantes consistent, d'une part, en ce que le fil métallique destiné, par son échauffement, à enflammer la substance explosive est, dans la fusée Striedinger, formé d'un alliage de 66 parties d'argent et de 33 parties de platine, au lieu d'être en platine pur ou en platine légèrement iridié; et, d'autre part, en ce que la substance explosive immédiatement en contact avec le fil métallique n'est pas, comme dans les amorces en usage dans le service du Génie français, du fulmicoton, mais du fulminate de mercure. Les raisons que donne M. Striedinger de cette préférence sont les suivantes : le fulminate de mercure est meilleur conducteur de la chaleur que le fulmicoton et détone à une température moins élevée; il est moins hygrométrique, et sa plus grande densité rend plus intime son contact avec le fil de platine.

Dispositions adoptées au Hellgate. — Pour mettre le feu aux fourneaux de mine du Hellgate, M. Striedinger a fait usage de batteries galvaniques qui ne présentent rien de particulier. Ce sont des piles au bichromate de potasse, composées d'un grand nombre d'éléments, zinc et charbon. Tous ces éléments sont suspendus à des traverses, mobiles, dans le sens vertical, au-dessus des vases qui contiennent la dissolution active destinée à agir sur chacun d'eux. Au moyen d'un pignon et d'une cré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maillère, on peut plonger à la fois tous les éléments dans leurs vases ou les en retirer.

Les fourneaux du Hellgate ont été répartis en un certain nombre de groupes indépendants. Chacun de ces groupes était desservi par une batterie formée d'éléments associés en tension, et dont le nombre avait été calculé de façon que la batterie pût enflammer avec certitude toutes les fusées qui lui correspondaient. Pour faire agir simultanément toutes ces batteries, M. Striedinger a imaginé un dispositif qui permet de fermer instantanément tous les circuits. A cet effet, il avait fait entrer dans chacun d'eux une petite coupe pleine de mercure et une pointe de laiton. Toutes les coupes étaient fixées sur une table, et les pointes correspondantes sur un disque de bois mobile dans le sens vertical et suspendu au-dessus de la table par une corde attachée à une petite cartouche de dynamite amorcée. Au signal donné, le feu fut mis à cette cartouche au moyen d'une pile auxiliaire; le disque tomba, tous les courants s'établirent, et l'immense détonation des 3.600 fourneaux se produisit avec un ensemble parfait.

H. Mensier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE V.

SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE.

§ 1^er^. — SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE POUVANT ÊTRE APPLIQUÉS AUX CAMPS D'INSTRUCTION, AUX CASERNES ET AUX FORTS.

L'éclairage actuel des casernes, des camps d'instruction et des forts, est généralement assuré à l'aide d'appareils alimentés par des huiles végétales, à l'exclusion des huiles minérales. Celles-ci seraient cependant plus économiques, exigeraient des appareils moins compliqués et beaucoup plus faciles à entretenir et donneraient une lumière plus intense. Mais on a cru devoir y renoncer en raison de l'odeur développée par la combustion du pétrole, et surtout à cause des dangers qui peuvent résulter de l'approvisionnement de cette substance et de son maniement par des mains inexpérimentées et imprudentes.

L'usage du gaz commence à s'introduire dans les casernes, et il est probable que, dans un avenir plus ou moins prochain, toutes les casernes qui ne seront pas trop distantes des usines seront éclairées au gaz, au moins en ce qui concerne l'éclairage extérieur et l'éclairage des communications. Mais ce mode d'éclairage ne peut être appliqué qu'aux casernes des grandes villes, et il faut y renoncer dans un grand nombre de localités qui n'ont point d'usines, ainsi que dans les camps d'instruction et dans les forts. On ne peut point songer en effet à créer une usine spéciale pour un camp d'instruction, et encore moins pour une caserne ou pour un fort, en raison des dépenses auxquelles cela entraînerait et de la complication des appareils et de leur fonctionnement.

En présence de cette difficulté d'obtenir économiquement un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bon éclairage dans un grand nombre de bâtiments militaires, il était intéressant de rechercher si l'Exposition présenterait quelques appareils ou quelques procédés nouveaux susceptibles de pouvoir être appliqués au service militaire.

Quelques exposants ont tenté de créer pour la distillation des houilles et l'épuration du gaz de petites usines simplifiées, applicables aux très petites villes, aux villages, aux fabriques et même aux châteaux. On doit citer en premier lieu M. Schreiber, de Saint-Quentin, dont les appareils ont déjà reçu un très grand nombre d'applications industrielles. Ces petites usines pourraient sans doute convenir à l'éclairage d'un grand camp d'instruction ; mais elles paraissent encore trop encombrantes, et leur fonctionnement trop compliqué pour pouvoir servir à l'éclairage des forts et des casernes isolées.

D'autres exposants, en assez grand nombre, ont cherché à obtenir, par des procédés tout différents, un gaz propre à l'éclairage : les uns en carburant l'air par des essences minérales légères, les autres en décomposant les huiles minérales lourdes.

Les avantages principaux de ces nouveaux procédés sont :

1° La simplicité de leur fonctionnement, qui peut être confié au premier venu, et qui parfois même est automatique, et la possibilité de les installer économiquement, même pour un nombre très restreint de becs ;

2° Le peu de place que les appareils occupent, parce que l'opération du chauffage est fort réduite, quelquefois même entièrement supprimée, et parce que les gaz obtenus, étant exempts de la plupart des impuretés du gaz de houille, n'exigent en général ni laveurs ni épurateurs.

Ces avantages, auxquels il convient d'ajouter une économie réelle sur les autres procédés d'éclairage et un pouvoir éclairant supérieur à celui du gaz de la houille, sont précisément ceux que l'on doit rechercher pour le service militaire. Il y a donc lieu d'examiner en détail les différents appareils proposés pour obtenir le gaz d'éclairage par les deux procédés ci-dessus indiqués.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

APPAREILS À AIR CARBURÉ.

Le principe de ces appareils consiste à faire traverser à l'air ambiant des couches d'essence minérale, dans lesquelles il se sature de vapeurs d'hydrocarbures qui lui communiquent un pouvoir éclairant considérable.

Pour qu'il en soit ainsi, il est d'ailleurs nécessaire que l'essence employée soit facilement volatilisable, ce qui exclut l'emploi des essences lourdes non rectifiées.

Un certain nombre de difficultés se présentent dans l'application de ce principe. En premier lieu, les essences employées ne sont jamais homogènes; l'air enlève d'abord les parties les plus volatilisables et produit une flamme très intense, qui baisse peu à peu à mesure que l'essence devient plus dense, et qui finit par s'éteindre dès que la densité de cette essence atteint 725° ou 730°. D'où il résulte que la lumière n'a aucune fixité, et que la dépense de l'éclairage s'accroît des nombreux résidus d'essences lourdes, dont la valeur est presque nulle.

Une seconde cause vient encore s'opposer à la fixité de la lumière, c'est la difficulté de produire un courant d'air constant, une ventilation régulière et en même temps suffisante pour porter le gaz carburé à une certaine distance de l'appareil producteur.

Enfin, une dernière difficulté provient du refroidissement produit par l'évaporation des hydrocarbures, refroidissement d'autant plus grand que cette évaporation est plus rapide, c'est-à-dire qu'on allume un plus grand nombre de brûleurs, et qui ne tarde pas à rendre impossible la vaporisation de l'essence et, par suite, à arrêter le fonctionnement de l'appareil.

Si, pour éviter ce dernier inconvénient, on chauffe l'essence afin de lui restituer le calorique que l'évaporation lui fait perdre, on tombe dans deux nouvelles difficultés : danger d'explosion, d'une part; de l'autre, condensation de vapeurs d'hydrocarbures qui appauvrit le gaz obtenu et qui peut engorger les conduits de canalisation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appareil de «The improved air-gas company», de Londres. — Cet appareil se compose essentiellement : 1° d'un ventilateur à ailettes mû par un contrepoids, destiné à produire le courant d'air nécessaire pour évaporer l'essence minérale et porter le gaz carburé dans les conduits de canalisation ; 2° d'un réservoir contenant de l'essence minérale épurée à 650°, et communiquant avec le générateur au moyen d'un robinet que l'on ouvre plus ou moins, suivant le nombre de brûleurs allumés ; 3° d'un générateur composé d'une série de tubes horizontaux qui communiquent entre eux et ne sont jamais remplis qu'à moitié, de manière à laisser un espace suffisant pour le passage de l'air qui se carbure au contact de l'essence ; 4° d'un petit gazomètre ou régulateur de pression, dans lequel l'air carburé se rend avant de pénétrer dans la canalisation.

L'appareil complet tient fort peu de place, à peine 2 mètres carrés pour 100 becs. Il fournit un gaz assez pur, d'une puissance éclairante au moins égale à celle du meilleur gaz de houille, et d'un prix de revient qui ne dépasse pas 30 centimes par mètre cube.

Le prix à Londres d'un appareil de 100 becs, qui conviendrait pour l'éclairage d'un fort de moyenne grandeur, serait de 2,250 francs.

Les principaux reproches qu'on paraît être en droit d'adresser à ces appareils sont les suivants : volatilisation imparfaite de l'essence et production de résidus d'huiles lourdes ; en second lieu, refroidissement de l'essence d'autant plus rapide que l'on allume un plus grand nombre de brûleurs, et, par suite, manque de fixité de la lumière, et extinction des becs au bout d'un temps plus ou moins long.

Alpha de Müller. — Cet appareil, construit à Birmingham, est formé : 1° d'un ventilateur hydraulique aux deux tiers rempli d'eau et analogue aux aspirateurs des compteurs à gaz ; il est mû, comme le précédent, par des contrepoids ; 2° d'un carburateur qui contient à sa partie supérieure un grand nombre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de petites cellules superposées remplies d'essence ; 3° enfin, d'un petit gazomètre.

Les cellules sont constamment remplies au moyen d'une chaîne à godets qui plonge dans la partie inférieure du réservoir et est mise en mouvement par les contrepoids du ventilateur.

Tout l'appareil, pour une alimentation de 100 becs, cube un mètre et tiers, et coûte, pris à Birmingham, 2,500 francs.

Il y aura sans doute moins de résidus d'huiles lourdes dans cet appareil que dans le précédent, car ces huiles sont sans cesse remontées dans le générateur, où elles se présentent à l'air sur une très grande surface ; mais l'inconvénient du refroidissement peut être encore plus à craindre, car la masse d'essence soumise à l'évaporation est moins grande et plus divisée.

Le Sun, appareil à air carburé construit à Londres. — Comme les précédents, cet appareil se compose d'un ventilateur à contrepoids, mais ce ventilateur, analogue comme forme à ceux des compteurs à gaz, fonctionne dans l'essence même, qui remplit aux 2/3 le carburateur, et non point dans l'eau.

En même temps, cette essence est agitée par une roue à palettes, montée sur le même axe que les tympans du ventilateur, et cette agitation constante a pour effet de faciliter son évaporation. L'air carburé s'emmagasine dans un petit gazomètre, qui se compose d'une petite cloche reposant, non sur l'eau, ce qui d'après le constructeur aurait l'inconvénient de saturer le gaz carburé de vapeurs d'eau et de nuire à son pouvoir éclairant, mais sur l'essence elle-même.

Le réservoir est d'une assez grande capacité, de manière à atténuer l'effet du refroidissement.

L'appareil complet de 100 becs, pris à Londres, est de 2,500 francs. Il n'occupe pas plus d'espace que les précédents. Les principaux avantages qu'il offre sur ceux-ci sont de ne pas contenir d'eau et, par suite, de ne pas présenter de danger de congélation ; de déterminer une évaporation de l'essence plus régulière et plus complète, car elle-même n'est soumise à l'ac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion du courant d'air que dans un état de division très grand ; enfin de produire un refroidissement moindre, puisque la masse d'essence sur laquelle on opère est plus considérable. Quoi qu'il en soit, cet effet de refroidissement ne sera pas complètement évité, et arrêtera l'évaporation au bout d'un certain temps. Il semble d'ailleurs évident que les parties les plus volatiles de l'essence seront seules volatilisées, et que la densité de cette essence augmentera de plus en plus, nuisant ainsi à la fixité de la flamme et produisant nécessairement des résidus.

Carburateur Giraud, de Lyon. — Dans cet appareil, l'air est introduit dans le carburateur au moyen d'un double soufflet fonctionnant d'une manière continue et régulière, soit à l'aide de contrepoids, soit par tout autre moteur. Entre le carburateur et ce soufflet est interposé un régulateur de pression, qui n'est autre qu'un second soufflet gonflé par l'air qui arrive du premier et se dégonflant par le poids de sa paroi supérieure.

De ce régulateur, l'air se rend dans le carburateur, qui se compose de trois cylindres superposés communiquant entre eux au moyen de tuyaux ; chacun de ces cylindres est muni d'un agitateur, mobile autour de l'axe du cylindre, et mis en mouvement par le moteur qui fait fonctionner les soufflets. L'air se carbure dans son passage à travers les trois cylindres, et il est entièrement saturé quand il arrive dans les tuyaux de canalisation.

Les avantages de cet appareil, d'ailleurs très bien conditionné, sont de fournir un gaz très riche, de ne pas nécessiter l'emploi de l'eau et par suite d'être à l'abri de la gelée.

Les inconvénients sont, comme dans les précédents, le refroidissement progressif de l'essence, et la force assez considérable qui paraît nécessaire pour mettre en mouvement les soufflets et les agitateurs.

Appareil Maître. — Dans cet appareil, construit par M. Lecourt, de Beauvais, l'air ambiant est refoulé dans une cloche de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petite dimension, à l'aide de deux petites pompes à air, mues automatiquement par un contrepoids, dont le mouvement uniforme est assuré par un régulateur à ailettes.

De la cloche, l'air se rend successivement dans deux carburateurs superposés communiquant entre eux, et dans chacun desquels on a versé une quantité convenable d'essence. Ces carburateurs contiennent des substances spongieuses qui s'imbibent d'essence et multiplient ainsi les surfaces de contact avec l'air.

Celui-ci se transforme donc en gaz carburé, et sort des carburateurs pour se répandre dans la canalisation.

Pour arrêter le fonctionnement de l'appareil, il suffit de fermer le robinet des brûleurs ; mais on peut également arrêter le moteur à l'aide d'un levier. Le prix d'un appareil complet de 100 becs pris à Beauvais est de 2,000 francs.

Autrefois, M. Lecourt installait, entre la cloche à air et les carburateurs, un réchauffeur alimenté par l'appareil lui-même, et dans lequel l'air acquérait, par les temps froids, la température de 15° à 20°, nécessaire pour produire l'évaporation de l'essence. Il a renoncé à cette complication, et les appareils exposés ne comportent point de réchauffeur.

On est donc en droit de craindre que le refroidissement successif produit par l'évaporation de l'essence n'arrête bientôt, surtout en hiver, la marche de l'appareil.

Le Magicien, appareil automatique d'éclairage au gaz, de Lecointe. — Cet appareil se compose d'un ventilateur mû par un contrepoids et insufflant l'air dans un régulateur de pression exactement semblable à ceux qu'on emploie dans les usines à gaz. Au-dessous de ce régulateur, se trouve le réservoir à essence minérale, puis au-dessous de celui-ci le carburateur, dont la partie inférieure est mise en communication, au moyen d'un tuyau, avec le régulateur de pression, et dont la partie supérieure communique avec le réservoir d'essence. Le carburateur est composé d'une série de plateaux superposés de 1 centimètre de pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fondeur, et disposés en chicane, de manière à obliger l'air à circuler successivement au-dessus de chacun d'eux; en outre, on a disposé, entre chaque étage de plateaux, une couche peu serrée d'une substance *feutrée*, dont la base trempe dans l'essence minérale qui couvre la superficie de chaque plateau.

Pour faire fonctionner l'appareil, on ouvre le robinet qui fait communiquer le réservoir avec le carburateur, au quart, au tiers, à la moitié ou en entier, suivant que l'on veut allumer le quart, le tiers, la moitié ou la totalité des becs. L'essence descend alors en plus ou moins grande quantité de plateau en plateau; chaque couche de substance feutrée s'imprègne d'essence et en reste toujours imprégnée par l'effet de la capillarité; le courant d'air, obligé de passer au travers de ces couches et de lécher en outre la surface de chaque plateau, se sature complètement, et sort par le robinet de canalisation à l'état d'air carburé. Cette ingénieuse disposition de plateaux et de substances feutrées superposées assure la volatilisation entière de l'essence, et rend moins facile la formation de résidus d'huiles lourdes.

Une volatilisation aussi énergique ne tarderait pas à refroidir assez l'essence pour arrêter la marche de l'appareil. M. Lecointe remédie à ce défaut capital de la manière suivante : le carburateur est à double enveloppe métallique, et entre les parois de cette double enveloppe on introduit de l'eau, que l'on chauffe avec un quart de bec fourni par l'appareil lui-même. L'essence est donc chauffée au bain-marie; son refroidissement ne peut se produire, et sa volatilisation s'effectue avec une grande régularité.

L'appareil Lecointe présente les avantages suivants : assez grande fixité dans la lumière produite, volatilisation complète de toute l'essence, impossibilité de refroidissement, grande simplicité dans le fonctionnement. On pourrait peut-être lui reprocher, au point de vue militaire, la nécessité d'ouvrir plus ou moins le robinet du réservoir, suivant le nombre de becs allumés, car c'est là une sujétion dont les ouvriers militaires ne tiendront pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours suffisamment compte ; mais le seul inconvénient qui en résulterait serait d'obliger à recueillir de temps à autre l'huile non volatilisée, pour la reverser dans le réservoir. Deux inconvénients plus graves semblent devoir être signalés : il est à craindre en premier lieu que les pores des couches feutrées interposées entre les plateaux ne s'obstruent assez rapidement et ne laissent plus un libre passage au courant d'air ; en second lieu, le gaz carburé obtenu, ayant été chauffé par le bain-marie du carburateur, se refroidira nécessairement dans la canalisation, d'où condensation, et, par suite, obstruction de certains conduits, si l'on ne prend quelques précautions, telles qu'installation de purgeurs, etc.

Quoi qu'il en soit, cet appareil mérite d'être signalé tout spécialement, et il conviendrait sans doute de l'expérimenter avant de pouvoir affirmer que les quelques critiques ci-dessus sont justifiées.

Le prix d'un appareil complet de 100 becs, pouvant procurer la lumière jusqu'à 500 mètres au moins, est de 2,500 francs, pris à Paris.

Gaz instantané du système Lascols. — L'appareil de M. Lascols se compose : 1° d'un soufflet ou ventilateur quelconque ; 2° d'une cloche à air semblable aux gazomètres ordinaires et de dimensions variables, suivant le nombre des becs à alimenter ; 3° d'un carburateur.

Ce carburateur, qui est la pièce importante de l'appareil, se compose de 3 parties bien distinctes : le réservoir ou bouteille d'alimentation à sa partie supérieure ; les carburateurs proprement dits, superposés au nombre de 5 ; enfin un compartiment inférieur où se trouve un thermosiphon, destiné à chauffer seulement le carburateur inférieur.

La bouteille d'alimentation étant remplie d'essence et la communication de la cloche à air avec le carburateur étant établie, la pression de l'air sur la surface de l'essence la force à monter dans deux siphons, d'où elle se rend dans le carburateur infé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieur et dans le carburateur supérieur, et de ce dernier dans les trois carburateurs intermédiaires. Cette arrivée de l'essence s'interrompt d'elle-même dès que les cinq carburateurs sont suffisamment pleins, pour reprendre automatiquement dès qu'il y a une petite quantité d'essence consommée, et ainsi de suite, sans qu'on ait jamais à s'en occuper. Dès que les carburateurs sont pleins, l'air est forcé de les traverser successivement; il en sort complètement saturé, pour se rendre dans les conduits de la canalisation.

Les siphons qui font communiquer entre eux les divers carburateurs sont disposés de telle façon que c'est toujours l'essence la plus lourde qui s'écoule la première dans les carburateurs inférieurs ; le dernier carburateur, qui contient nécessairement l'essence la moins volatisable, est seul chauffé, et le procédé de chauffage n'offre aucun danger, car la petite chaudière du thermosiphon peut être dans une pièce séparée de celle qui contient le reste de l'appareil. Ce chauffage ne peut pas donner lieu à une condensation dans les conduits de canalisation, car les vapeurs d'essence qui peuvent se produire viennent se condenser dans les carburateurs supérieurs, qui ne sont pas chauffés; il assure l'entière volatilisation de l'essence, sans que l'on ait à redouter la formation de résidus d'huiles lourdes. Enfin, la pression uniforme et très régulière de la cloche à air assure une excellente répartition du gaz dans la canalisation et une fixité parfaite dans la lumière produite.

La seule objection qu'il paraisse possible de formuler contre cet appareil tient au volume assez considérable de la cloche à air.

Considérons, par exemple, un appareil de 100 becs à installer dans un fort, pour une durée moyenne de 5 heures d'éclairage journalier. Chaque bec dépensera 100 litres d'air à l'heure, et l'on consommera journellement un volume de 50,000 litres d'air, ce qui exigera une cloche de 50 mètres cubes de capacité, si l'on ne veut remonter cette cloche qu'une fois par jour, ou au minimum une cloche de 10 mètres cubes, si l'on veut s'as-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

treindre à remonter cette cloche toutes les heures pendant les 5 heures d'éclairage. De pareilles cloches sont coûteuses et occupent beaucoup de place.

Un carburateur Lascols de 100 becs reviendrait à 3,000 francs environ.

Appareil à air carburé du docteur Paquelin. — L'appareil du docteur Paquelin se compose d'un ventilateur quelconque envoyant un courant d'air régulier dans le carburateur. L'originalité de l'appareil consiste : 1° en ce que l'essence n'arrive au carburateur que goutte à goutte, et avec une rapidité proportionnelle à celle de l'arrivée de l'air et, par suite, au nombre de becs allumés; cette essence est immédiatement volatilisée en totalité et carbure l'air, qui ne pénètre dans la canalisation qu'à l'état de saturation complète; 2° en ce que, pour éviter le refroidissement produit par cette évaporation rapide et pour assurer l'entière évaporation de l'essence, le carburateur est toujours maintenu à une température de 70°, au moyen d'un bec alimenté par l'appareil lui-même.

Ces deux conditions : arrivée de l'essence toujours proportionnelle au nombre des becs allumés, chauffage du carburateur à une température constante de 70°, sont réalisées par des dispositifs extrêmement ingénieux; elles ont pour effet de supprimer toute formation de résidus d'huiles lourdes, bien que M. le docteur Paquelin ne fasse usage que des essences minérales non rectifiées, telles qu'on les trouve dans le commerce.

Cet appareil peut donc être considéré comme un des mieux étudiés et des plus parfaits de ceux qui existent à l'Exposition.

Il y a toutefois lieu de remarquer qu'il doit se produire dans la canalisation une condensation d'autant plus énergique que la température des carburateurs est plus élevée, ce qui, pour une canalisation importante, nécessiterait l'emploi de nombreux purgeurs et appauvrirait nécessairement un peu le gaz.

Hydrocarburateur de Piéplu. — L'hydrocarburateur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Piéplu, constructeur mécanicien à Paris, se distingue de tous les autres : par une grande régularité dans l'émission du gaz, assurant la fixité des brûleurs, et cela sans cloche encombrante; par une évaporation complète de l'essence, ne laissant aucun résidu; et enfin par son fonctionnement ininterrompu à froid sans aucun système de chauffage, et sans que le refroidissement causé par l'évaporation puisse arrêter ou même altérer la marche de l'appareil, ce qui a l'avantage d'éviter toute condensation ainsi que les causes d'accident pouvant résulter du chauffage.

L'appareil se compose des parties ci-après, réunies sous un très petit volume :

1° Un ventilateur hydraulique, dont M. Piéplu est l'inventeur, fournissant toujours à égale pression l'air nécessaire, quel que soit le nombre de becs allumés;

2° Deux cylindres inférieurs symétriques, de même longueur que le ventilateur et formant les carburateurs proprement dits, où l'air se sature d'hydrocarbure. Chacun de ces cylindres communique avec le ventilateur par un tuyau, et chacun d'eux contient une longue brosse animée d'un mouvement de rotation autour de l'axe du cylindre au moyen d'une courroie de transmission.

On introduit l'essence de façon à remplir environ le tiers de ces cylindres, que M. Piéplu appelle les générateurs; lorsque l'appareil est en marche, l'air affluant dans ces générateurs est rapidement transformé en gaz carburé, par suite de l'extrême division où il rencontre l'essence en traversant les soies des brosses, qui en sont constamment imprégnées. Il s'échappe alors par les tuyaux situés à l'opposé des tuyaux d'arrivée, et de là gagne la canalisation.

On a soin de ne faire arriver l'air que dans un seul générateur à la fois; ce générateur fonctionne donc seul; il se refroidit lentement, en raison de la grande quantité d'essence qu'il contient, et ce n'est qu'au bout de deux heures environ de marche qu'on constaterait une diminution sensible dans l'intensité de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'éclairage. On doit alors fermer la communication du ventilateur avec le premier générateur, et ouvrir celle du second, qui fonctionnera pendant le même temps que le précédent. Au bout de ces deux heures, l'essence du premier générateur a repris d'elle-même la température ambiante, et se trouve prête à fonctionner de nouveau, lorsque le second générateur est refroidi à son tour.

Le prix d'un hydrocarburateur de 100 becs, pris à Paris, serait de 3,000 francs environ. Le poids nécessaire pour le faire mouvoir serait de 240 kilogrammes.

Ces appareils sont construits avec le plus grand soin, et sont très certainement ce qu'il y a de plus parfait à l'Exposition comme carburateurs fonctionnant sans chauffage.

§ 2. — APPAREILS POUR PRODUIRE LE GAZ D'ÉCLAIRAGE PAR LA DÉCOMPOSITION DES HYDROCARBURES LIQUIDES.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le procédé d'éclairage par la décomposition des hydrocarbures liquides diffère essentiellement des procédés qui viennent d'être décrits, en ce que l'on emploie à la fabrication du gaz des huiles minérales lourdes (goudron de schistes, schistes bruts, goudron de pétroles, pétroles bruts, etc.) d'une densité moyenne de 870 à 900 grammes, qui sont précisément les résidus des huiles minérales destinées à l'éclairage, résidus autrefois sans emploi et, dès lors, presque sans valeur.

Ces résidus ne s'enflamment pas à froid, et, par suite, sont beaucoup moins dangereux à manier que les essences légères. Ils se décomposent complètement à la température du rouge-cerise, c'est-à-dire à 800 degrés environ, et fournissent alors un gaz débarrassé de soufre et d'ammoniaque, d'une densité très supérieure à celle du gaz de houille, et d'un pouvoir éclairant quatre fois plus considérable au moins, à volume égal. Ce gaz ne se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

décompose point par suite de l'élévation ou de l'abaissement de la température, ce qui permet de l'utiliser pour l'éclairage extérieur, par les froids les plus rigoureux. Il brûle sans cheminée, comme le gaz de houille, et il ne s'éteint point sous l'influence du vent, ce qui lui assure deux avantages notables sur l'air carburé.

Sa fabrication, analogue à celle du gaz de houille, exige des appareils plus restreints, car, d'une part, la température nécessaire étant beaucoup moindre, l'installation des fours et des cornues est très réduite; d'autre part, le gaz obtenu étant très pur, l'épuration, si compliquée dans les usines ordinaires, se réduit à fort peu de chose et quelquefois même peut être supprimée; enfin le pouvoir éclairant du gaz étant très considérable, il suffit d'un gazomètre d'un volume réduit à la quatrième partie environ du gazomètre qui serait nécessaire pour alimenter un même nombre de becs au gaz de houille. L'espace occupé par la totalité des appareils nécessaires, quoique encore bien supérieur à celui des appareils à air carburé, n'est en somme que la dixième partie environ de celui des usines à gaz de houille pour un même éclairage.

Les différents procédés de fabrication de ce gaz comportent toujours :

Un petit four en maçonnerie, briques ou terre réfractaire, chauffé à la houille;

Une ou plusieurs cornues de forme ou de disposition variable, dans lesquelles le liquide est introduit d'une manière continue et en très petite quantité à la fois, par un tuyau muni d'un robinet que l'on ouvre plus ou moins;

Un épurateur très simple pour débarrasser le gaz produit des quelques impuretés qu'il entraîne;

Enfin un gazomètre analogue à celui des usines à gaz, mais de dimensions beaucoup moindres.

Suivant la nature des hydrocarbures employés, on retire de 40 à 50 mètres cubes de gaz par 100 kilogrammes de liquide employé, ce qui porte le prix du mètre cube de gaz à 75 cen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

times environ, et à 2 centimes 1/2 ou 3 centimes par heure la dépense d'un bec de gaz consommant 30 litres et fournissant un pouvoir éclairant de 8 à 10 bougies.

Un appareil à décomposer les hydrocarbures a été présenté en 1875 à M. le général directeur supérieur du génie du 6e corps, pour l'éclairage des forts et des casernes, par M. Julien Devilder, constructeur à Cambrai.

Un autre appareil a été présenté en 1877 au Ministre de la guerre par MM. Marring et Mertz, de Bâle, et a été l'objet d'un avis favorable du comité des fortifications.

Ils ne figurent point à l'Exposition, mais on peut y voir plusieurs appareils analogues, exposés par M. Launoy, ingénieur des arts et manufactures, par M. Gâpiand, constructeur à Paris, et par M. Schreiber, ingénieur constructeur à Saint-Quentin.

Appareil Launoy. — Il se compose d'un fourneau à houille, en terre réfractaire, contenant une cornue horizontale en fonte séparée du foyer par une plaque en terre réfractaire percée de trous. Cette cornue est alimentée par un réservoir supérieur, et l'on règle l'arrivage de l'essence par deux robinets distincts situés sur le tuyau vertical qui fait communiquer ce réservoir avec la cornue. On se rend compte de la marche de l'opération par la couleur de la cornue, visible au moyen d'une lunette ménagée dans le massif du fourneau.

Le gaz produit par la décomposition des hydrocarbures se rend à l'épurateur par un tuyau, coudé en fonte, dont les angles sont terminés en pans coupés et fermés par un solide clapet, maintenu par une vis de serrage.

Cette disposition permet, en ouvrant les clapets, de nettoyer séparément, avec une grande facilité, chacune des branches rectilignes du tuyau, sur les parois duquel se forment constamment des dépôts de goudrons.

L'épurateur est extrêmement simple et se réduit à un récipient plein d'eau dans lequel le gaz vient barboter, et d'où il se rend dans un vase cylindrique en fonte, garni à l'intérieur de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coke ou, au besoin, de cailloux. Le gaz s'y débarrasse des goudrons et des huiles volatiles qu'il entraîne, et il en sort entièrement épuré, pour gagner le gazomètre et de là la canalisation.

L'appareil Launoy paraît réunir toutes les conditions d'économie et de sécurité nécessaires; il est très facile à conduire, et l'on peut en charger le premier venu, après quelques heures d'apprentissage. Son entretien se borne à quelques nettoyages et au remplacement des cornues hors d'usage, remplacement peu fréquent, car elles sont préservées des coups de feu par une plaque en terre réfractaire, qui les sépare du foyer, dont la température est d'ailleurs beaucoup moins élevée que dans ceux des usines à gaz de houille. Lorsque ce remplacement est rendu indispensable, à la suite d'un service de longue durée, il peut s'effectuer très rapidement sans démonter une brique du fourneau; il interrompt momentanément la fabrication, mais n'arrête en aucune façon l'émission régulière du gaz provenant de la cloche.

Appareil Gapiand. — L'appareil Gapiand a beaucoup d'analogie avec le précédent; il n'en diffère que par les points ci-après :

1° L'huile ne se rend pas directement du récipient dans la cornue, mais tombe dans un petit entonnoir terminant un tube formant siphon, qui la conduit à la cornue. Cette disposition a pour but de régulariser l'arrivée de l'huile, et elle est avantageuse en ce qu'elle rend impossible, par suite de négligence, l'introduction d'une trop grande quantité d'huile à la fois.

2° L'introduction de l'huile dans la cornue s'effectue par le centre de celle-ci, à l'aide d'un raccord en fonte noyé dans le massif même du fourneau, ce qui a l'inconvénient de rendre plus difficile et surtout plus longue l'opération du remplacement des cornues hors d'usage.

3° Ce remplacement sera plus fréquent que dans l'appareil précédent, car la cornue est directement exposée à la flamme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du foyer et dès lors s'oxydera ou se détériorera plus rapidement.

4° Les tuyaux de conduite qui vont de la cornue à l'épurateur sont moins bien disposés que dans l'appareil précédent, car peu de précautions ont été prises en vue des nettoyages fréquents, qui seront indispensables.

5° On peut enfin ajouter que l'épurateur semble moins bien disposé, et que l'on ne pourra juger de la marche régulière de l'opération que par la flamme des brûleurs, car aucune précaution n'a été prise pour pouvoir connaître à chaque instant la température approximative des cornues.

Appareil Schreiber. — Les appareils de M. Schreiber, de Saint-Quentin, constituent plutôt de petites usines à gaz de houille que des appareils à décomposer les hydrocarbures. Toutefois, ils ont été construits pour pouvoir être indifféremment utilisés pour l'une ou pour l'autre de ces fabrications, par un simple changement des cornues, en remarquant qu'un appareil susceptible d'alimenter trente becs au gaz de houille pourra en alimenter près de cent avec les hydrocarbures.

La différence essentielle qui existe entre ces appareils et ceux des usines à gaz de houille consiste dans la disposition des cornues, qui sont en fonte et qui sont protégées contre les coups de feu par une enveloppe en terre réfractaire.

L'épuration est également fort simplifiée par l'emploi d'un laveur condensateur à effet multiple, aussi de l'invention de M. Schreiber.

Malgré ces avantages incontestables, les appareils occupent beaucoup de place pour alimenter un nombre restreint de becs au gaz de houille, et ils ne sauraient convenir pour l'éclairage des forts, où l'espace est si restreint.

Pour produire le gaz au moyen des résines et des huiles lourdes, on se borne à introduire dans la cornue ordinaire un tube intérieur en fonte de même longueur que la cornue, afin d'augmenter les surfaces sur lesquelles circulent les hydro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

carbures. Les mêmes appareils peuvent alors alimenter un nombre de becs trois ou quatre fois plus considérable.

Ils sont d'ailleurs extrêmement soignés, simples à conduire, et ils offrent toutes les conditions désirables de sécurité et de facilité d'entretien : aussi ont-ils déjà reçu un nombre très considérable d'applications industrielles.

M. Schreiber peut encore utiliser, au besoin, son laveur condensateur à la fabrication de l'air carburé. Pour cela, il le remplit d'essence légère, au lieu de le remplir d'eau, et il y fait barboter un courant d'air, au lieu d'y faire arriver le gaz d'éclairage : il le transforme ainsi en un carburateur à plateaux superposés, absolument analogue à celui de M. Lascols, moins les trop-pleins qui, dans ce dernier appareil, conduisent l'essence la plus lourde à la partie inférieure. Il en résulte que, dans l'appareil Schreiber employé comme carburateur, il se produit de nombreux résidus d'huiles lourdes, qui peuvent alors être décomposés dans les cornues et fournir un nouveau gaz d'éclairage.

C'est cette possibilité d'utiliser avec le même appareil les essences légères, les huiles lourdes, le charbon boghead et la houille ordinaire, qui a fait nommer l'appareil de M. Schreiber *Appareil à gaz universel*. Ces destinations multiples peuvent être un avantage sérieux dans l'industrie, mais on ne pense pas qu'elles puissent être prises en grande considération dans les applications militaires.

CONCLUSION.

Dans les villes où il existe des usines à gaz de houille, il paraît utile de généraliser l'emploi de ce gaz dans les bâtiments militaires, non seulement pour l'éclairage extérieur, mais encore pour l'éclairage de tous les locaux et des chambres de la troupe. On y sera conduit par l'incontestable supériorité de l'éclairage obtenu, par la commodité de ce mode d'éclairage, par sa propreté et par la facilité de l'entretien des appareils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ces villes, ou du moins dans celles où le prix du mètre cube de gaz n'excède pas 40 ou 60 centimes, il ne serait point avantageux de créer de petites usines spéciales pour la carburation de l'air ou pour la décomposition des hydrocarbures, car c'est à peine si l'on réaliserait une économie quelconque sur la dépense horaire d'éclairage avec le gaz de houille, et l'on aurait tous les inconvénients de la conduite et de l'entretien des appareils.

Au contraire, dans les localités dépourvues d'usines, dans celles où le gaz est trop cher, ou bien dans lesquelles il y aurait à établir une canalisation coûteuse, par suite de l'éloignement des casernes, il paraît avantageux d'installer des appareils à carburer l'air ou à décomposer les hydrocarbures. L'éclairage obtenu est, en effet, bien supérieur au meilleur éclairage à l'huile végétale. Il revient beaucoup moins cher, comme on le verra plus loin, et, avantage surtout précieux dans les forts où il faut toujours entretenir un approvisionnement de guerre, il n'y a pas à craindre de voir cet approvisionnement s'avarier à la longue, comme cela arrive si fréquemment avec les huiles végétales et les mèches.

Des deux systèmes décrits, carburation de l'air ou décomposition des hydrocarbures, quel est celui qui semble le mieux convenir aux applications militaires?

On pense que l'un et l'autre présentent des avantages et des inconvénients propres à les faire préférer ou rejeter dans certains cas déterminés.

Les appareils à carburer l'air sont infiniment moins encombrants que les autres et d'une conduite plus facile, car leur marche est à peu près automatique. Ils ne nécessitent aucun approvisionnement de houille, et l'on n'est pas obligé d'emmagasiner le gaz produit dans les cloches volumineuses et quelquefois susceptibles de faire explosion, notamment dans les forts, en temps de siège. Par contre, ils utilisent des matières pre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mières volatiles, plus inflammables et dès lors d'un maniement plus dangereux; enfin, l'opinion de M. le docteur Paquelin, très compétent en ces matières, est que le gaz obtenu par la carburation de l'air ne saurait convenir à l'éclairage extérieur en hiver, car il perd son pouvoir éclairant lorsqu'il est soumis à une température inférieure à + 14 degrés centigrades.

Cette opinion est, à la vérité, combattue par M. Piéplu : il reconnaît bien cet inconvénient aux gaz obtenus par les procédés Lascols, Paquelin, etc., qui chauffent leurs appareils pour éviter le refroidissement des carburateurs; mais il nie qu'il puisse se produire dans les appareils où le gaz est obtenu à la température ambiante, et il cite à l'appui de son assertion des expériences précises exécutées au mois de janvier à Lorient à la gare des marchandises, où un appareil a pu alimenter, sans interruption de service et par toutes les températures, 150 brûleurs avec 500 mètres de canalisation. M. Piéplu offre d'ailleurs de faire une expérience décisive à cet égard en faisant traverser au gaz un serpentin en plomb renfermé dans un récipient rempli de glace concassée.

Si l'on compare la dépense de ces divers modes d'éclairage, on arrive aux résultats approximatifs suivants :

Gaz de houille. — Dépense horaire par bec papillon consommant 140 litres de gaz et fournissant un pouvoir éclairant de huit à neuf bougies : 42 millimes à 9 centimes, suivant que le prix du mètre cube de gaz varie de 30 à 60 centimes; mais, comme, en général, les administrations ont une réduction de moitié sur le prix du mètre cube, cela ramène la dépense horaire par bec de 21 à 42 millimes.

Air carburé. — Un litre d'essence, coûtant environ 75 centimes, carbure 1,600 litres d'air, et chaque bec d'un pouvoir éclairant de huit à neuf bougies consomme 100 litres; la dépense horaire par bec est donc de 46 millimes; mais il est pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bable que l'essence légère ne reviendrait pas à l'État à plus de 50 centimes le litre, car ce sont les impôts qui en augmentent beaucoup le prix; dans ces conditions, la dépense horaire et par bec serait de 31 millimes.

Gaz des hydrocarbures. — 100 kilogrammes d'huile de schiste ou de résidus goudronneux, à 20 ou 25 francs, peuvent produire au moins 40 à 45 mètres cubes de gaz, et leur décomposition exige à peu près 4 hectolitres de charbon. Chaque bec d'un pouvoir éclairant de huit à neuf bougies consomme 30 litres de gaz, ce qui porte la dépense horaire par bec à 2 centimes 1/2 ou 3 centimes environ.

Un éclairage analogue (de huit à neuf bougies) à l'huile végétale revient à 8 centimes l'heure.

On peut en conclure, sans parler de l'éclairage au gaz de houille, dont le prix est trop variable suivant les localités, que l'éclairage le moins coûteux, même en tenant compte de l'amortissement du prix de l'usine et des canalisations, est l'éclairage aux hydrocarbures, puis l'éclairage à l'air carburé, et que le plus coûteux est l'éclairage à l'huile végétale.

Considérons maintenant les divers établissements militaires auxquels on peut appliquer ces différents modes d'éclairage.

Camps d'instruction. — L'espace n'y fait jamais défaut; ces camps présentent souvent une vaste superficie, et exigent dès lors une canalisation très étendue, dans laquelle les ventilateurs ou les petites cloches des carburateurs seraient impuissants à faire circuler le gaz. L'éclairage extérieur y est nécessaire dans une large proportion, et cela seul suffirait à exclure les carburateurs, peu propres à ce genre d'éclairage. Enfin, l'emploi des appareils à décomposer les hydrocarbures donnera un éclairage plus économique, et si la dépense première d'installation est un peu plus considérable avec ces appareils qu'avec des carburateurs, l'excès de dépense sera compensé par une économie notable

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les tuyaux de canalisation dont la section peut être beaucoup moindre.

Pour toutes ces raisons, il y aurait donc lieu d'exclure les carburateurs, et d'adopter les appareils à décomposer les hydrocarbures. Celui de M. Launoy semble offrir toutes les garanties désirables, et il paraît convenable de l'expérimenter pour cet usage spécial, concurremment avec les petites usines à gaz de houille de M. Schreiber.

Casernes ou bâtiments isolés. — Pour l'éclairage d'une caserne isolée, il paraît à peu près indifférent d'adopter le gaz aux hydrocarbures ou l'air carburé; le premier serait un peu moins coûteux, et les matières premières seraient moins dangereuses à manier; mais le second exigerait un emplacement moins considérable. Le choix à faire dépendra donc surtout de l'espace dont on pourra disposer.

Forts. — Dans un fort, l'emplacement est très exigu, et il ne serait pas toujours facile d'y installer des appareils à décomposer les hydrocarbures, sans compter que ces appareils nécessitent un approvisionnement de houille assez considérable, au moins 80 hectolitres pour un éclairage de trois mois. En outre, le gaz produit est emmagasiné en grande quantité dans une cloche susceptible de faire explosion sous le choc des projectiles, et enfin la marche des appareils exige la présence constante d'un chauffeur, ce qui distrait un homme du service de la défense.

Aucun de ces inconvénients ne se présente avec les carburateurs : ils n'occupent qu'une place insignifiante, n'exigent aucun approvisionnement de combustible et aucun emmagasinement du gaz produit, et il suffit d'un quart d'heure chaque jour pour les alimenter d'essence et les mettre en état de fonctionner automatiquement.

On peut, à la vérité, leur objecter qu'ils nécessitent l'emploi d'une essence dangereuse à manier; mais on doit remarquer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que ce maniement peut toujours s'exécuter loin du feu et des lumières, une seule fois par jour, et non plus à chaque instant comme lorsque l'on fait usage de lampes à pétrole : l'approvisionnement d'essence pourrait être placé dans une casemate fermée, bien à l'abri des projectiles, où pénétrerait seul, chaque jour, l'homme chargé de l'alimentation des appareils.

On peut encore leur objecter qu'il se produit souvent des courants d'air assez violents susceptibles d'éteindre les becs dans les gaines souterraines. Mais on obviera à cet inconvénient par des cheminées et des cages vitrées, qui seraient d'ailleurs indispensables en tout état de cause pour éviter les accidents pouvant résulter de la projection des flammèches sur des traînées de poudre.

On pense donc que les appareils qui semblent le mieux convenir sous tous les rapports à l'éclairage des forts sont les carburateurs.

Parmi les carburateurs décrits, ceux de MM. Lascols, Piéplu et Paquelin paraissent, ainsi qu'on l'a déjà vu, répondre mieux que tous les autres aux exigences du service militaire. Il est difficile *a priori* de se prononcer entre les trois systèmes. Celui du docteur Paquelin a le double avantage de permettre l'emploi du pétrole du commerce, et de tenir moins de place que tous les autres; mais on peut craindre qu'il ne donne lieu à une certaine condensation dans la canalisation. Celui de M. Lascols exige, à cause de sa cloche à air, un espace beaucoup plus considérable, mais il a l'avantage de permettre une canalisation plus étendue.

Celui de M. Piéplu a l'avantage de marcher entièrement à froid et de n'occuper qu'un espace restreint; mais il n'est pas complètement automatique, et il faut surveiller la température du carburateur en marche, pour le remplacer, dès qu'il se refroidit, par le carburateur au repos.

Des expériences comparatives de quelque durée sont donc seules susceptibles de permettre un choix judicieux entre ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trois appareils, et l'on pense dès lors qu'il conviendrait de les mettre en essai dans trois forts de la même région, pour étudier avec soin leur fonctionnement par toutes les températures, leur consommation d'essence, le degré de sécurité qu'ils peuvent offrir, et les divers autres avantages qu'ils présentent l'un sur l'autre.

H. Mensier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VI.

SYSTEMES DE COUVERTURES.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE COUVERTURES POUVANT ÊTRE EMPLOYÉES DANS LES BÂTIMENTS MILITAIRES.

La bonne exécution des couvertures est une question si importante, au point de vue de la conservation des bâtiments, qu'il nous a paru utile de rechercher si l'Exposition ne présentait point quelques systèmes nouveaux, avantageux au point de vue de leur durée, de la facilité de leur mise en œuvre, de leur légèreté ou de leur économie.

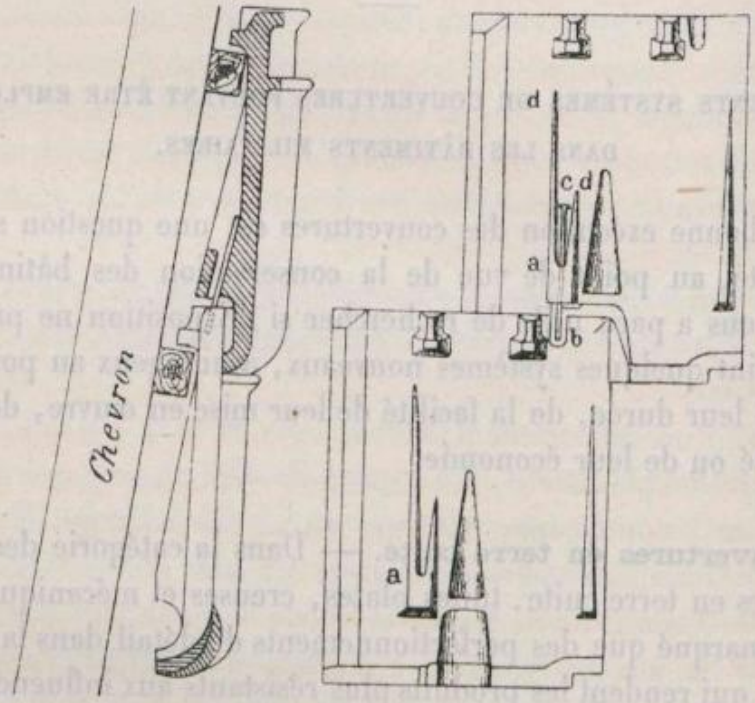
Couvertures en terre cuite. — Dans la catégorie des couvertures en terre cuite, tuiles plates, creuses et mécaniques, on n'a remarqué que des perfectionnements de détail dans la fabrication qui rendent les produits plus résistants aux influences des agents atmosphériques, ou plus légers et plus économiques; telles sont, par exemple, les tuiles émaillées sur leurs faces visibles, les tuiles inaltérables en terre grès du Charolais, etc.

Deux innovations peuvent toutefois être signalées.

L'une, due à MM. Boulet frères, constructeurs à Paris, consiste à augmenter la solidarité des tuiles mécaniques entre elles, pour ne former du toit qu'un tout susceptible de résister aux plus grands vents. Indépendamment des rainures habituelles qui relient les tuiles latéralement et en haut, MM. Boulet frères empêchent le soulèvement de chaque tuile à l'aide d'une pointe de Paris engagée librement dans le trou d'un panneton, moulé à la partie inférieure et en dessous de la tuile en même temps

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que celle-ci; l'extrémité de cette pointe vient alors s'engager dans une encoche moulée aussi à cet effet dans la partie supérieure de la tuile précédente, et rend ces deux tuiles absolument solidaires. Ce mode d'attache n'offre aucune difficulté de fabrication et de pose : il n'augmente le prix de la pose que du prix d'une pointe de Paris par tuile, et il permet de réduire la



tuile à son maximum de légèreté, puisqu'on ne craint plus de la voir soulever par le vent. Il peut d'ailleurs s'appliquer à toutes espèces de tuiles mécaniques, aux grandes tuiles de Montchanin comme aux petites tuiles flamandes ou similaires.

La figure précédente montre deux tuiles en place avec le panneton *a*, l'encoche *b*, et le clou *c*. Les deux petites baguettes *d*, qui terminent le panneton, ont pour but de diriger forcément la pointe du clou dans le trou, sans qu'il soit nécessaire à l'ouvrier de regarder par-dessous la couverture.

La seconde innovation, due à M. Gaillon, de Levallois-Perret, paraît moins avantageuse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

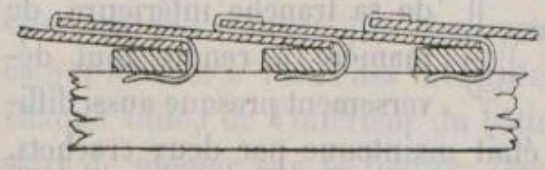
Elle consiste dans l'emploi de tuiles tubulaires, que l'inventeur qualifie d'hygiéniques et dont on voit une coupe ci-dessous. Il résulte de cette disposition une quantité considérable de petits canaux dans la toiture, qui font communiquer l'air intérieur des greniers avec l'extérieur et assurent le renouvellement de cet air. Cela procure une ventilation complète et même trop énergique de ces greniers, que le froid et les courants d'air rendraient probablement inhabitables. On peut craindre, en outre, que la pluie, chassée par le vent, ne s'introduise dans ces canaux et de là dans les bâtiments, et enfin que les grands vents, s'engouffrant dans les canaux, ne soulèvent les tuiles avec facilité et ne nécessitent de nombreuses réparations.

Couvertures en ardoises. — Dans la catégorie des couvertures en ardoises, on n'a pas d'autre innovation à signaler que la substitution presque complète des crochets en fils métalliques aux clous habituellement employés pour fixer les ardoises.

Celles-ci sont mieux assurées contre l'action du vent, elles sont plus faciles à poser et à remplacer. On évite la fente des ardoises et les gouttières qui en résultent, et l'on réalise enfin une certaine économie d'ardoises, par suite de la suppression de la casse qu'entraînent le clouage et l'emploi du marteau.

Depuis quelque temps déjà, ce mode de fixation des ardoises a été employé par MM. Monduit et Béchet.

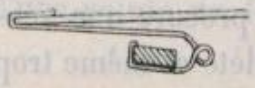
MM. Radennes et Bussiéras, de Saint-Junien, exposent des crochets-pinces représentés ci-dessous, qui ne diffèrent des précédents qu'en ce que l'extrémité supérieure du crochet se termine par une pince qui embrasse le lattis, au lieu de se terminer par une pointe recourbée s'enfonçant dans ce lattis, d'où une plus grande facilité pour la pose des ardoises



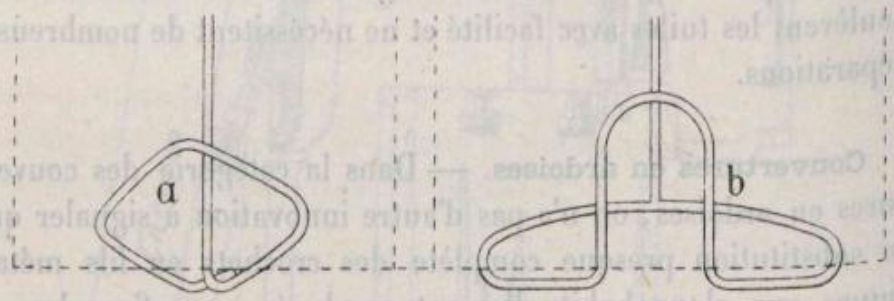
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

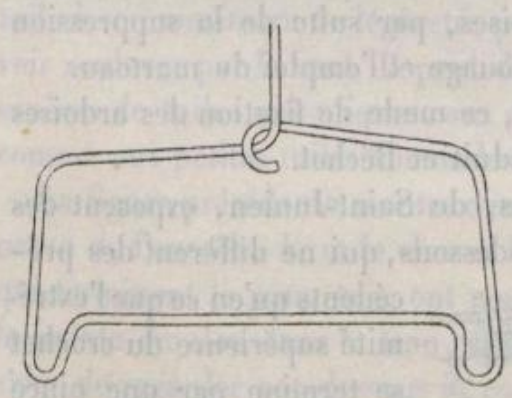
et surtout pour le remplacement du crochet hors d'usage, mais aussi moins de fixité du crochet sur le lattis.

M. Chevreau expose des crochets qu'il appelle automatiques, sans doute parce que leur pince supérieure forme ressort pour presser automatiquement contre le lattis, et assurer ainsi leur complète fixité sur ce lattis, tout en permettant de la remplacer avec facilité, en cas de besoin.



Enfin, M. Geoffroy, entrepreneur à Troyes, expose des agrafes ou crochets à ailettes dont le but est de maintenir chaque ardoise plus solidement que ne le permettent les systèmes précédents. Dans ces différents systèmes, en effet, l'ardoise n'est maintenue par le crochet qu'en un seul point de sa tranche inférieure, ce qui pourrait, à la rigueur, lui permettre de se déverser sous l'influence du vent. M. Geoffroy remplace le crochet inférieur des agrafes par une ailette simple, *a*, ou mieux par une ailette double, *b*, qui soutient l'ardoise non plus en un seul point, mais suivant une ligne plus ou moins longue de sa tranche inférieure, de manière à rendre tout déversement presque aussi difficile que si chaque ardoise était maintenue par deux crochets. Quoique plus compliqué que les précédents, ce système de crochet semble plus avantageux pour assurer une longue durée





Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aux couvertures en ardoises. En modifiant comme ci-contre la forme des ailettes, M. Geoffroy peut appliquer son système aux ardoises en tôle ou en zinc ondulé.

Couvertures métalliques. — Les principaux inconvénients des couvertures métalliques habituellement usitées, sans parler de leur conductibilité pour la chaleur, à laquelle on ne saurait remédier, consistent dans l'emploi des soudures et des clous, et dans les entraves apportées par le mode d'attache à la dilatation des feuilles, qui se gondolent et finissent par ébranler leurs attaches et par produire des gouttières.

MM. Conraeds et Rieder, de Vienne, ont essayé de remédier à ces inconvénients par l'emploi de petites ardoises métalliques ondulées en zinc, cuivre ou tôle galvanisée, en forme de losange de 18 à 20 centimètres de côté, s'emboîtant les unes dans les autres comme les tuiles mécaniques à losange de M. Courtois. Fixées au lattis par leur angle supérieur, elles sont bien à dilatation libre, mais il est à craindre qu'elles ne puissent résister à l'action des vents et ne nécessitent dès lors de fréquents remaniements dans les toitures.

Les tuiles mécaniques en zinc ou en tôle galvanisée de M. Menant, dont on a pu voir un spécimen sur la toiture du pavillon Toufflin à l'Exposition, semblent préférables à tous égards.

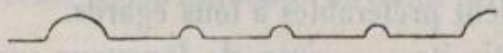
Chaque tuile, de 35 centimètres environ de longueur sur 25 de largeur, est repliée sur elle-même en haut et en bas et agrafée au moyen de ces retours à celle qui la précède et à celle qui la suit. Elle est en outre fixée invariablement au moyen de deux pattes prélevées sur son retour supérieur et clouées sur des tasseaux en bois remplaçant le voligeage et reposant sur les chevrons de la toiture. Ces clous sont donc placés à l'intérieur, ce qui les met à l'abri des intempéries et permet de remplacer chaque tuile, de l'intérieur du bâtiment, sans qu'il soit nécessaire de monter sur la toiture. Dans le cas de charpentes en fer, les tasseaux en bois sont remplacés par de petites cornières, autour desquelles on recourbe les pattes à la manière d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

agrafe. Latéralement, les tuiles sont terminées par des boudins demi-circulaires, qui s'emboîtent dans les boudins des tuiles latérales pour augmenter encore la solidarité de tout le système et empêcher les infiltrations. Enfin, deux petits trous ménagés à la partie inférieure de chaque tuile, à l'endroit où elle se replie sur elle-même, permettent à l'eau de condensation et à l'eau qui aurait pu s'introduire par capillarité entre deux tuiles de s'écouler librement à l'extérieur.

Ces tuiles métalliques paraissent donc établies dans de bonnes conditions; elles sont légères, car le poids de la couverture ne dépasse pas 4 kil. 500 gr. le mètre carré et elles sont économiques, car leur prix de revient varie de 80 centimes à 1 franc le kilogramme, suivant que l'on emploie du zinc ou de la tôle. Elles semblent dès lors susceptibles d'être avantageusement utilisées dans les constructions militaires, et en particulier dans les constructions légères et provisoires, telles que hangars, écuries, baraques, etc.

Les ardoises métalliques de tôle galvanisée des forges de Montataire sont rectangulaires, comme les précédentes, et de petites dimensions, 41 centimètres sur 21 centimètres. Elles présentent latéralement deux boudins demi-circulaires, qui s'emboîtent dans les boudins des tuiles latérales, et entre ces boudins trois petites ondulations demi-circulaires, qui augmentent la résistance de chaque ardoise, et servent en même temps à diriger l'écoulement des eaux suivant la ligne de plus grande pente du toit.

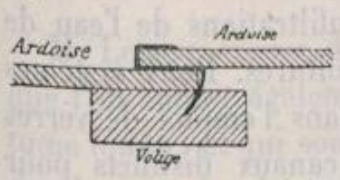


Elles sont coupées carrément à leurs extrémités supérieure et inférieure, sans se replier sur elles-mêmes comme les tuiles Menant, de sorte qu'elles reposent simplement les unes sur les autres sans s'agrafer entre elles.

Néanmoins elles sont fixées sur la toiture tout aussi solidement que les tuiles Menant, à l'aide de deux crochets qui les maintiennent sur chaque volige à leur extrémité inférieure,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis que leur extrémité supérieure s'engage entre la volige et les crochets de la tuile suivante, de façon qu'en définitive chaque ardoise est maintenue par quatre crochets. Elles sont donc susceptibles de résister aux plus grands vents; mais on pourrait craindre qu'il ne se produise quelques infiltrations d'eau par capillarité entre les joints horizontaux des ardoises; toutefois la faveur dont ces nouvelles ardoises jouissent actuellement dans l'industrie et la préférence que l'État leur a accordée en les choisissant pour la couverture des bâtiments de l'Exposition universelle semblent démontrer que cette crainte n'est pas fondée.



Leur dilatation est entièrement libre sur la largeur et sur la longueur. Elles sont très légères, 4 kil. 50 environ par mètre carré de couverture, et peu coûteuses, 4 fr. 65 cent. à 5 francs le mètre carré de couverture, y compris la pose, mais sans y comprendre la volige.

Elles paraissent donc, comme les tuiles Menant, satisfaire à toutes les conditions d'une bonne couverture métallique, et, comme celles-ci, elles peuvent trouver d'utiles applications dans les bâtiments militaires, surtout dans les constructions légères et provisoires.

Ardoises chimiques de M. l'abbé Magnand. — M. l'abbé Magnand expose des ardoises artificielles formées d'une matière textile qui est recouverte en dessus d'une couche de ciment avec bain spécial breveté, et qui est enduite en dessous de goudron de Norwège saturé de ciment. Ces ardoises se posent comme les ardoises ordinaires. Elles constituent une couverture permanente incombustible, plus résistante aux vents et autres agents atmosphériques, d'après leur inventeur, que les tuiles et ardoises ordinaires. Le poids du mètre carré de couverture est 15 kilogrammes, son prix de revient est de 2 à 3 francs. Elles ont été employées avec succès à la cure de Fontanès (Loire) et à la salle d'asile de la paroisse Sainte-Croix à Lyon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vitrerie de toit. — Un bon système de vitrerie des combles peut avoir quelque importance dans les bâtiments militaires, bien que l'emploi des toits vitrés y soit beaucoup moins fréquent que dans les constructions civiles. Les recherches des inventeurs ont toujours eu pour but d'éviter les infiltrations de l'eau de pluie, si fréquentes dans ces sortes de toitures. Deux systèmes principaux sont exposés : l'un consiste dans l'emploi de verres concaves qui forment autant de petits canaux distincts pour l'eau, suivant la pente du toit, et l'éloignent ainsi des tringles d'attache. Ce système paraît donner de bons résultats, mais il a l'inconvénient de nécessiter l'emploi de verres spéciaux.

L'autre, de M. Collin, consiste dans l'emploi de tringles d'isolement séparant les lames de verre superposées, empêchant ainsi la capillarité de se produire et paraissant arrêter toutes les infiltrations. Le prix de la toiture est dès lors augmenté du prix de ces tringles, soit 75 centimes le mètre linéaire de tringle, et du prix d'un recouvrement d'étain par-dessus les solins de mastic, à raison de 20 centimes le mètre linéaire de solin. Le système de M. Collin, récemment employé avec succès dans de nombreuses couvertures, notamment dans des gares de chemin de fer et au palais de Versailles, a été adopté pour toute la vitrerie de l'Exposition universelle.

Couvertures provisoires. — L'Exposition présente peu d'innovation dans l'industrie des cartons, cuirs et papiers bituminés pour les couvertures provisoires.

M. Desfeux expose le carton-cuir en usage depuis de nombreuses années, dont l'imperméabilité, la légèreté et la modicité du prix de revient (1 franc le mètre carré) justifient l'emploi pour les toitures des baraquements.

M. Émile Revest expose des cartons bituminés, sablés d'un seul côté ou des deux côtés à la fois, et des feutres asphaltiques dont la durée peut être assez prolongée, si l'on a soin de les recouvrir, après leur pose, d'une couche de goudron de gaz, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de renouveler cette couche au moins tous les ans. Le prix de la couverture, pose et fournitures comprises, avec goudronnage, est de 1 fr. 25 cent. le mètre carré en carton, et 1 fr. 80 cent. le mètre carré en feutre.

M. Letacq expose des chanvres bituminés à surface sablée, que l'on enduit également, après la pose, d'une couche de bitume fondu, et qui sont simplement cloués sur la toiture à l'aide de clous enchapés, sans tringles d'attache. Le prix d'une pareille couverture revient également à 1 fr. 25 cent. environ le mètre carré.

M. Paul Rolier, manufacturier belge, découpe ses cartons bituminés en forme de petites ardoises, qui sont clouées sur la toiture et qui produisent ainsi un effet plus agréable à l'œil que les couvertures précédentes.

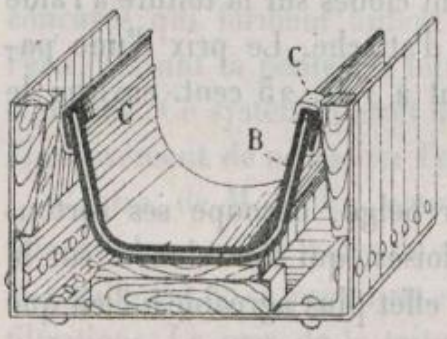
Enfin, M. Hauterive expose des toiles de lin et de coton qui, au lieu d'être bituminées, sont recouvertes d'une couche de plomb et d'étain fixée à l'aide d'un enduit spécial à base métallique. Ces toiles sont extrêmement légères, leur surface supérieure est incombustible, et elles ont, d'après l'inventeur, une durée bien plus considérable que les toiles bituminées. Leur prix est de 3 francs le mètre carré pour les fortes toiles de lin ; 2 francs pour les fortes toiles de coton ; 1 fr. 50 cent. pour les toiles ordinaires de coton.

Chéneaux Bigot-Renaux en fonte de fer avec joints en caoutchouc. — On a fait usage dans les bâtiments de l'Exposition, sur un développement considérable (9000 à 10,000 mètres environ), de chéneaux en fonte du système de M. Bigot-Renaux, constructeur à Rouen. Ces chéneaux se recommandent par leur solidité et leur durée. Leur épaisseur est de 3 à 4 millimètres. Les divers éléments dont ils se composent ont un mètre environ de longueur, et sont reliés entre eux au moyen d'un joint breveté garanti contre les fuites. A cet effet, chaque tronçon est

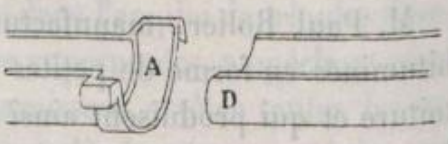
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

muni d'un renflement A dans lequel s'engage l'extrémité D de l'élément suivant. Un boudin en caoutchouc B, de 10 millimètres de diamètre, est interposé entre ces parties, qui sont d'ailleurs maintenues et pressées l'une contre l'autre au moyen d'un serre-joint en fer C.

Vue perspective du chéneau n° 24.



Détail de l'assemblage de deux éléments de chéneau.



L'inventeur a aussi appliqué son système avec succès aux conduites d'eau et aux conduites de vapeur. Il assure une durée de 15 à 20 ans à ses tubes de caoutchouc, qui sont les seules pièces sujettes à détérioration.

Ces chéneaux sont supérieurs aux chéneaux en zinc, quant à leur solidité et à leur conservation. Mais ils sont plus lourds que ces derniers, et leur prix de revient est plus élevé. Il résulte, en effet, des marchés passés par M. Bigot-Renaux pour sa fourniture de chéneaux en fonte pour l'Exposition, et des prospectus de cet industriel, qu'un chéneau en fonte de 325 millimètres de développement pèse 9 kilogrammes le mètre courant et coûte 8 francs, toutes fournitures et pose comprises, tandis qu'un chéneau en zinc de même développement pèse 2 kilogrammes par mètre courant et coûte 2 fr. 98 cent. (Ces derniers renseignements sont tirés du bordereau des prix du service du génie de la place de Paris, rive gauche.)

H. Mensier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VII.

PÉRIGRAPHE INSTANTANÉ DE M. LE LIEUTENANT-COLONEL DU GÉNIE MANGIN.

L'appareil photographique, dit *périgraphe instantané*, du lieutenant-colonel du génie Mangin, qui a figuré à l'Exposition universelle parmi les instruments exposés par le Dépôt des fortifications, a pour objet de produire des images panoramiques annulaires ou perspectives rayonnantes, présentant la forme de couronnes circulaires planes. On a déjà exécuté depuis longtemps des panoramas de ce genre, à l'aide d'instruments qui permettent de rapporter point par point sur une planchette tous les objets situés à l'horizon. Le dessin est alors exécuté par l'observateur, dont l'œil et la main sont seulement guidés par l'instrument, comme lorsqu'on fait usage de la chambre claire. Un autre dispositif, qui a été imaginé par le docteur Chevalier, réalise mécaniquement ces panoramas par la photographie, mais à la condition que l'appareil décrive lentement un tour d'horizon. Or, dans chaque position de l'instrument, il ne se produit qu'un très petit secteur de l'image à obtenir, et la vue panoramique complète est le résultat de l'empiétement mutuel d'une multitude de perspectives ordinaires d'une très faible largeur. Il résulte de cette sorte de génération des images, qui sont sillonnées de stries rayonnantes, une confusion, à laquelle vient s'ajouter un défaut d'harmonie de ton dans l'ensemble de l'épreuve, parce que l'état du ciel n'est presque jamais constant pendant la durée assez longue des opérations.

Au moyen de la disposition adoptée par M. le colonel Mangin, on obtient, dans une pose unique d'un petit nombre de minutes et sans aucun déplacement de l'appareil ni d'aucun de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ses organes, le panorama complet d'un point donné, ou la perspective rayonnante qu'on pourrait exécuter de ce point en parcourant tout l'horizon.

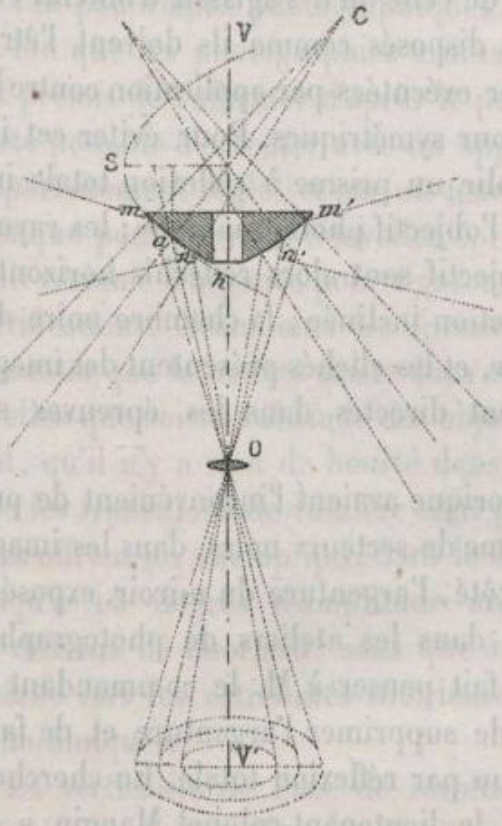
L'idée première d'un appareil photographique propre à remplir cet objet avait été émise par le capitaine du génie Prudent, qui pensait que les images virtuelles qu'on aperçoit dans une boule argentée pouvaient être transformées en images réelles planes et circulaires, à l'aide d'un objectif convenablement disposé.

Le lieutenant-colonel Mangin, consulté sur les moyens de résoudre le problème, en a cherché la solution dans la construction du miroir lui-même, dont il a déterminé le profil générateur de manière à obtenir des images annulaires virtuelles d'une netteté complète, ce qui ramenait l'opération photographique à celle de la reproduction ou de l'agrandissement d'un objet existant.

En s'appuyant sur cette observation qu'un miroir sphérique donne lieu à des caustiques, au lieu de foyers, lorsque les rayons réfléchis font de grands angles avec les rayons incidents, et que les rayons issus d'un point de l'image virtuelle, au lieu de former un faisceau conique divergent, sont les prolongements de tangentes en différents points d'une caustique, et ne pourraient, après la traversée d'un objectif photographique, aller concourir vers un point unique pour former une image nette du point correspondant de l'image virtuelle; enfin, en remarquant encore que la concentration exacte des rayons réfractés ne peut être réalisée qu'autant que les rayons lumineux, avant la traversée de l'objectif, proviennent d'une réflexion sur la surface convexe d'un miroir parabolique de révolution à axe horizontal, le lieutenant-colonel Mangin a été conduit à cette conclusion : que le profil générateur devait être déterminé de telle sorte qu'en chaque point du parallèle moyen du miroir, l'élément superficiel de la surface torique à axe vertical fût une parcelle osculatrice d'un certain paraboloïde de révolution à axe horizontal et passant par ce même point. Parmi tous les para-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boloïdes de révolution à axe horizontal qu'on peut faire passer par un point donné du parallèle moyen, en les assujettissant à avoir la même normale en ce point, il en est un, et un seul, qui remplit cette condition, d'être une surface osculatrice, pour le point en question, à la surface torique engendrée par la parabole méridienne verticale tournant autour d'un axe vertical choisi pour axe de révolution du miroir torique. Le paramètre de la parabole génératrice qui répond à cette condition ayant été déterminé à l'aide du calcul et d'une construction graphique, on a cherché le rayon du cercle osculateur à cette parabole, en ce même point du parallèle moyen, et comme l'arc de ce cercle osculateur s'écarte très peu de l'arc correspondant de la parabole dans l'étendue de profil qu'il y a lieu d'adopter pour réfléchir les objets situés à l'horizon, on a substitué cet arc de cercle à l'élément correspondant de l'arc parabolique, et la construction du miroir torique s'est trouvée ainsi ramenée à l'exécution d'un anneau d'une lentille de phare.



Il ne restait plus qu'à argenter la surface torique convexe ainsi obtenue, à maintenir ce miroir, au moyen d'un ou de plusieurs supports, de telle sorte que son axe de révolution fût vertical, puis à disposer au-dessous, au point choisi sur l'axe pour point de vue des images virtuelles, un objectif photographique d'une distance focale convenablement calculée pour reproduire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au fond d'une chambre noire verticale, avec ou sans agrandissement, les images annulaires que l'œil placé au point de vue en question apercevrait en regardant de bas en haut le miroir.

Les images virtuelles, en vertu de la réflexion, présentaient une disposition symétrique de celle qu'il s'agissait d'obtenir; les clichés offraient les objets disposés comme ils doivent l'être; mais les épreuves sur papier exécutées par application contre les clichés devenaient à leur tour symétriques. Pour éviter cet inconvénient, il a suffi d'établir un prisme à réflexion totale immédiatement au-dessous de l'objectif photographique; les rayons réfractés à la sortie de l'objectif sont alors réfléchis horizontalement ou suivant une direction inclinée; la chambre noire devient horizontale ou oblique, et les clichés présentent des images symétriques, qui deviennent directes dans les épreuves sur papier.

Les supports du miroir torique avaient l'inconvénient de produire des lacunes, sous forme de secteurs noirs, dans les images panoramiques; d'un autre côté, l'argenture du miroir, exposée à l'air, s'altérait rapidement dans les ateliers de photographie. Ce dernier inconvénient a fait penser à M. le commandant de la Noë qu'il conviendrait de supprimer l'argenture et de faire fonctionner le miroir torique par réflexion totale. En cherchant à réaliser cette suggestion, le lieutenant-colonel Mangin a été conduit à prendre pour surface d'entrée des rayons incidents dans le verre celle d'une sphère ayant son centre sur l'axe de révolution du tore, au point où viennent sensiblement concourir les directions des rayons incidents utiles, et pour surface de sortie, après la réflexion totale sur la surface torique non argentée, dont le tracé n'éprouve aucune modification, celle d'une sphère ayant pour centre le point de convergence des pinceaux réfléchis, c'est-à-dire le point de l'axe de révolution qu'on a choisi pour point de vue des images virtuelles annulaires, ou le centre optique du système objectif. Alors il devient possible de supporter le miroir torique ainsi construit, au moyen d'une ser-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tissure fixée à la base de la surface sphérique d'entrée des rayons incidents, de telle sorte qu'aucun des rayons incidents ni des rayons réfléchis utiles n'est intercepté par la monture de l'appareil, et que les images panoramiques ne présentent plus aucune solution de continuité.

Ces panoramas photographiques offrent la même harmonie de ton que les photographies ordinaires de paysages, comme il est permis de l'affirmer d'après le petit nombre d'épreuves qu'il a été possible d'exécuter avec un appareil récemment construit, imparfaitement réglé, et par un temps défavorable. Le temps a manqué pour faire de nouvelles épreuves, parce que l'appareil était réclamé d'urgence pour figurer à l'exposition du Dépôt des fortifications. Néanmoins les épreuves obtenues ont permis de constater que la netteté existe dans toutes les parties du champ, quelles que soient l'altitude des objets et leur distance à l'appareil, qu'il n'y a rien de heurté dans la succession des objets et que les transitions de lumière sont parfaitement observées. Ces vues offrent un champ qui, dans le sens vertical, peut s'étendre jusqu'à 15 degrés d'amplitude angulaire en dessus comme en dessous de l'horizon, sans que la netteté soit sensiblement altérée vers les extrémités intérieure et extérieure des images panoramiques.

La verticalité de l'axe de révolution du miroir torique est assurée au moyen d'un niveau à bulle d'air établi sur la paroi supérieure de l'appareil. Le centre de chaque vue annulaire est marqué, pendant l'opération même, sous forme d'un point blanc central, qui est l'image d'un petit trou ménagé au sommet de l'appareil pour laisser passer la lumière du ciel. Par suite de ces dispositions, les images panoramiques jouissent des propriétés géométriques suivantes :

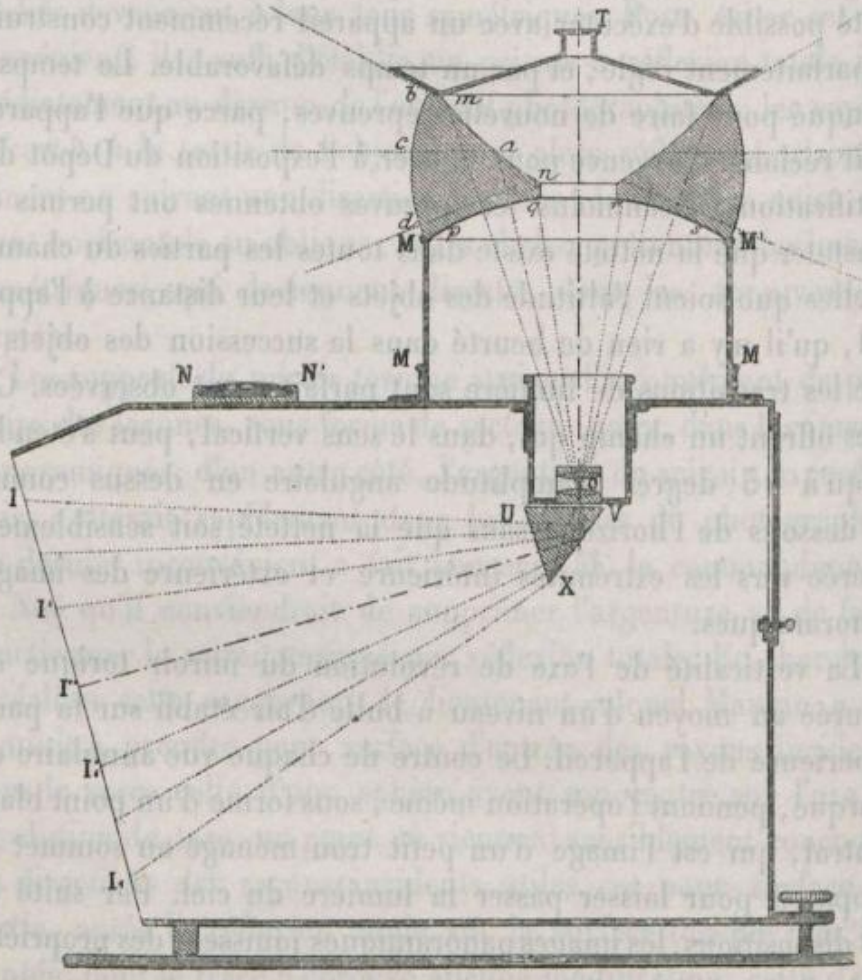
1° Tous les points du terrain situés dans le plan horizontal de la station où l'on opère ont leurs images sur une circonférence ayant pour centre le point blanc dont on vient de parler; cette circonférence se nomme *la ligne d'horizon*.

2° Tous les points du terrain situés dans un même plan ver-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tical passant par la station ont leurs images sur un même rayon de l'image panoramique.

3° L'angle dièdre compris entre deux plans verticaux passant par la station et par deux points donnés sur le terrain est représenté sans altération par l'angle au centre du secteur compris entre les rayons de l'image panoramique qui passent par les images de ces deux points.



4° Tous les points du terrain situés au-dessus du plan horizontal de la station, à une même hauteur angulaire au-dessus de ce plan, ont leurs images réparties sur une circonférence extérieure et concentrique à celle qui représente la ligne d'horizon, et la largeur de l'espace annulaire compris entre ces deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circonférences représente l'altitude apparente de ces points du terrain. Elle est d'autant plus grande que l'altitude apparente de ces points est plus considérable, sans lui être toutefois proportionnelle. Malgré cette absence de proportionnalité, il est possible de construire une échelle indiquant la relation qui existe entre les reliefs mesurés sur l'image et les altitudes apparentes exprimées en degrés.

Ces propriétés rendent les images panoramiques applicables à la topographie et à la géodésie. Deux vues panoramiques prises aux extrémités d'une base de longueur connue permettent de faire des recoupements et de déterminer la distance à laquelle se trouve un point éloigné du terrain, par exemple un sommet de montagne, figuré sur les deux panoramas, comme on pourrait le faire avec deux levers à la planchette donnant la planimétrie avec beaucoup d'exactitude : la propriété de la conservation des angles azimutaux offre en effet les mêmes moyens de recoupement qu'une planimétrie.

D'autres applications à l'art de la guerre, aux reconnaissances militaires et aux explorations géographiques, se présentent naturellement à l'esprit. Ainsi, dans un ouvrage fortifié, il serait intéressant d'avoir le panorama de chaque batterie, pour indiquer, de nuit aussi bien que de jour, les directions des objets sur lesquels on peut avoir à diriger le feu de l'artillerie.

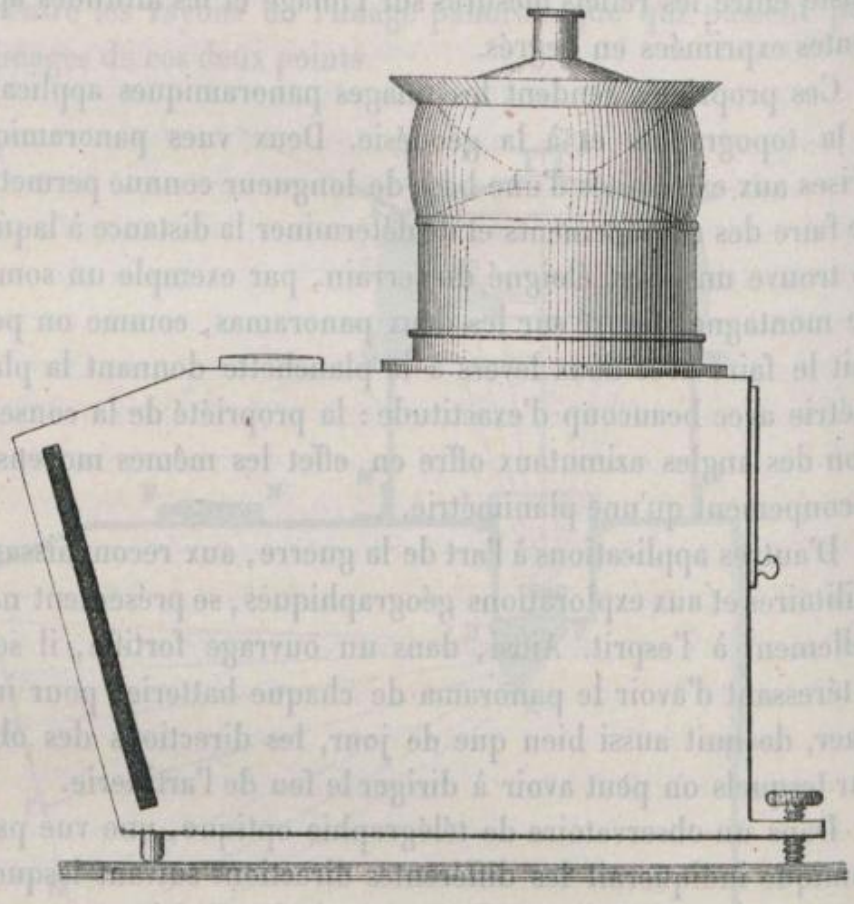
Dans un observatoire de télégraphie optique, une vue panoramique indiquerait les différentes directions suivant lesquelles on peut avoir à correspondre, et serviraient à faire reconnaître ces directions par le figuré du terrain aux abords des points qui représentent les stations de correspondance.

Enfin, en voyage, il importe souvent de pouvoir recueillir rapidement la trace des sites que l'on rencontre. Un panorama photographique exécuté en une courte station présenterait tous les détails que l'on peut avoir intérêt à consulter plus tard.

En résumé, le périgraphe instantané de M. le lieutenant-colonel Mangin constitue un instrument nouveau, très habilement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combiné et appelé à rendre de grands services. La simplicité de son emploi, qui n'exige rien au delà de ce que l'on emporte dans toutes les expéditions photographiques, le recommande à l'attention des militaires et des voyageurs aussi bien qu'à celle des ingénieurs et des savants.



L'appareil panoramique de M. le lieutenant-colonel Mangin est breveté; il a été jugé, par le jury international des récompenses, digne d'un diplôme équivalant à une médaille d'or, qui a été demandé à M. le Ministre de l'agriculture et du commerce.

A. Laussedat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE VIII.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

La lumière électrique, dont l'usage pour l'éclairage industriel des grands espaces (ateliers ou chantiers) s'est si rapidement propagé depuis l'invention des machines magnéto-électriques, peut aussi être employée à la guerre :

1° Pour éclairer tous les travaux qu'une armée peut avoir à exécuter de nuit, tels que : constructions de ponts, réparations de route, embarquements en chemins de fer, etc.;

2° Pour rendre visibles, dans les sièges, les travaux et opérations de nuit de l'ennemi;

3° Pour la correspondance optique par signaux lumineux;

4° A bord des navires de guerre, pour les protéger contre les attaques de nuit des bateaux torpilleurs.

Les appareils qui permettent de l'appliquer à ces différents services ont tous dès éléments communs : la source d'électricité, les conducteurs, les lampes ou régulateurs qui transforment l'électricité en lumière, les réflecteurs et projecteurs qui recueillent la lumière produite et l'utilisent. Mais, pour chacun d'eux, suivant les conditions qui résultent de sa destination particulière, ces éléments doivent varier dans leur forme, leur groupement et leur puissance.

Ainsi, dans le premier cas, il n'est point nécessaire d'avoir des foyers lumineux très intenses, et les appareils qui sont employés par l'industrie pour les éclairages des chantiers conviennent parfaitement, pourvu qu'ils soient faciles à transporter et à mettre en action.

Pour observer les mouvements, travaux et opérations de l'en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nemi dans les sièges, il faut porter la lumière au loin, et éclairer fortement les points qu'on veut rendre visibles. Dans ce cas, les grandes intensités s'imposent d'une manière absolue; les appareils doivent, en outre, être suffisamment mobiles et avoir des dimensions qui permettent de les faire passer sous toutes les voûtes des fortifications.

Pour le service à bord des navires, les conditions à remplir sont à peu près les mêmes (grandes intensités, machines peu encombrantes), et il faut en outre que les régulateurs puissent fonctionner dans toutes les positions.

Pour la télégraphie optique, les faibles intensités suffisent, puisque avec des lampes à pétrole ordinaires on franchit déjà des distances qui dépassent 80 kilomètres. Ce qui importe dans ce cas, c'est la fixité du point lumineux, sa petitesse; et la mise en action de la machine qui produit l'électricité sans moteurs difficiles à conduire et exigeant un personnel spécial.

L'emploi de la lumière électrique pour ces différents services étant, depuis quelques années, l'objet des recherches de toutes les puissances militaires, on pouvait espérer trouver à l'Exposition de 1878 une assez grande variété d'appareils électriques ayant ces destinations diverses. Il n'en a rien été, et la France seule a fait en ce sens une exposition intéressante, tant comme éléments séparés que comme appareils complets. Beaucoup, du reste, ont été créés en vue d'utilisations industrielles. Nous les étudierons cependant sommairement, en indiquant pour chacun d'eux son application possible à l'un des services militaires qui ont été énumérés plus haut.

SOURCES D'ÉLECTRICITÉ.

Les sources d'électricité peuvent se classer en deux catégories :

1° Les piles;

2° Les machines magnéto et dynamo-électriques.

Les piles à liquide sont complètement abandonnées pour tous les services militaires, parce qu'elles ne peuvent donner des in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tensités lumineuses suffisantes qu'à la condition d'avoir des dimensions exagérées, qu'elles sont toujours encombrantes, fragiles, d'un entretien difficile et sujettes à des caprices qui ne permettent pas de compter sur leur fonctionnement au moment opportun; elles sont par leur nature condamnées à une immobilité presque complète. Pour toutes ces raisons, elles ne satisfont à aucune des exigences d'un service militaire; aussi n'en sera-t-il pas parlé dans cette étude.

MACHINES MAGNÉTO ET DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

Les seules machines électriques exposées étaient :

1° Dans la section américaine, une machine de Weston;

2° Dans la section anglaise, une machine de Siemens;

3° Dans la section française, des machines de l'Alliance, de Lontin et de Gramme.

Toutes ces machines reposent sur le principe de la production des courants induits, qui peut s'exprimer de la manière suivante :

1° Un circuit s'approchant d'un aimant devient le siège d'un courant induit dont le sens est contraire à celui des courants hypothétiques de l'aimant, dont il s'approche en marchant parallèlement;

2° Un circuit s'éloignant d'un aimant devient le siège d'un courant induit de même sens que celui des courants hypothétiques de l'aimant, dont il s'éloigne en marchant parallèlement.

Elles se composent donc toutes : d'un élément inducteur, d'un élément induit ou à induire et d'un dispositif pour recueillir les courants produits et les lancer dans les fils conducteurs qui doivent les amener dans le récepteur. (Lampe électrique, régulateur, etc.) Mais elles diffèrent complètement entre elles par la nature de ces éléments, par la manière dont ils sont disposés les uns par rapport aux autres et par l'application plus ou moins heureuse du principe précédent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont ces dispositions diverses que nous allons indiquer d'une manière sommaire, ainsi que les résultats qu'elles permettent d'obtenir, en renvoyant aux ouvrages spéciaux pour les théories complètes et les descriptions de détail.

Machine magnéto-électrique de l'Alliance. — Dans cette machine, l'élément inducteur se compose d'aimants naturels, et l'élément à induire de bobines formées de fils de cuivre recouverts d'une enveloppe isolante et enroulés autour d'un petit cylindre de fer doux (fig. 1). Le nombre de ces éléments varie avec la puissance que l'on veut obtenir; ils sont portés, ainsi que les autres organes de la machine, par un fort bâti en fonte (fig. 3), qu'on fixe solidement sur le sol.

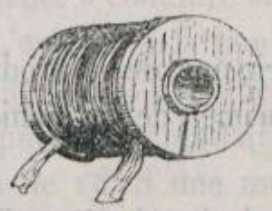


Fig. 1.

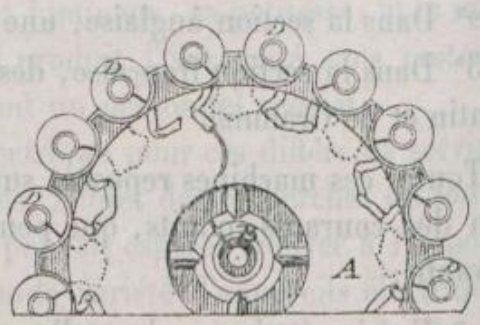


Fig. 2.

Les bobines D, D, D, D, ... , sont montées en couronnes sur des plateaux circulaires en bronze, A (fig. 2 et 3), solidement calés sur un arbre horizontal B, qui les traverse à leur centre et a pour mission de les soutenir et de leur transmettre le mouvement de rotation nécessaire.

Les aimants en fer à cheval C, C, C, sont disposés sur le bâti en séries parallèles, les branches des aimants rayonnant vers l'axe de l'arbre, dont leurs pôles, régulièrement espacés, sont tous également distants (fig. 3).

Chaque disque, portant 16 bobines, tourne entre deux séries d'aimants. Il résulte de cette disposition que, quelle que soit la position d'une des bobines par rapport à l'un des pôles de la série d'aimants qui lui correspond, les 15 autres bobines occuperont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la même position relative par rapport aux 15 pôles de la même série. Les bobines sont disposées de telle façon que, dans leur mouvement de rotation, elles passent aussi près que possible des aimants sans les toucher. Dans ce mouvement, elles subissent

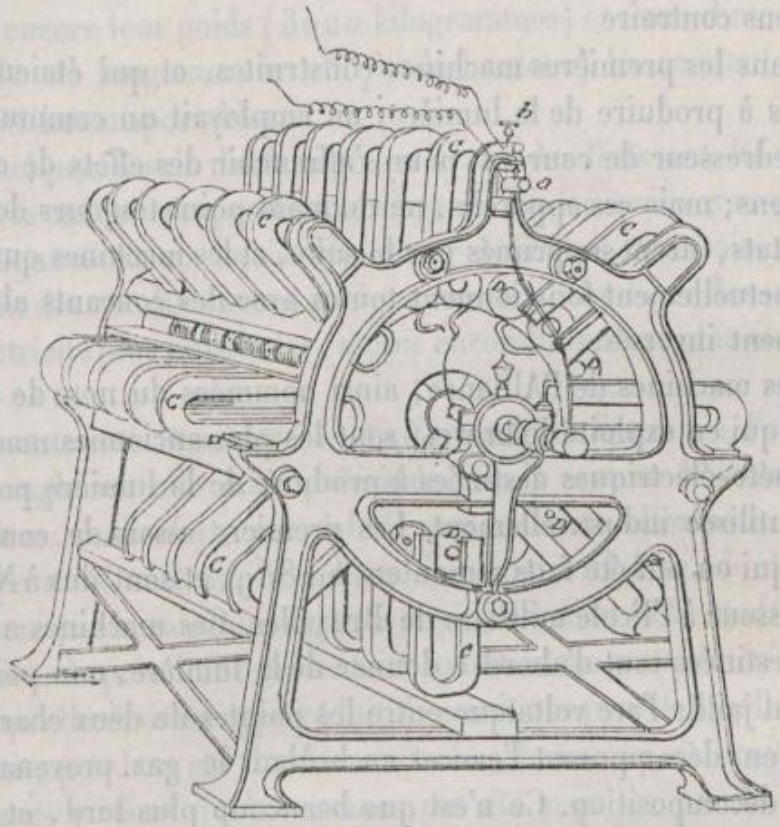


Fig. 3.

pendant un tour complet l'influence successive de 16 pôles alternativement contraires, qui développent dans le circuit des courants qui seront au même instant de sens contraire dans les deux bobines voisines, mais de même sens dans les bobines placées de deux en deux. Il suffit donc, pour recueillir à chaque instant le courant total, de réunir les extrémités des fils des différentes bobines de manière à les assembler, soit en quantité, soit en tension, suivant le résultat que l'on veut obtenir.

L'un des pôles du courant total communique avec l'axe central de la machine, l'autre avec un manchon métallique porté par cet axe, mais qui en est isolé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le manchon et l'axe sont séparément en communication avec les deux bornes métalliques, *a*, *b* (fig. 3), où s'attachent les fils conducteurs qui doivent amener le courant dans les appareils de réception. On voit, par ce qui précède, que ces conducteurs seront constamment traversés par des courants alternativement de sens contraire

Dans les premières machines construites, et qui étaient destinées à produire de la lumière, on employait un commutateur ou redresseur de courant, pour s'affranchir des effets de ces inversions; mais ces appareils, ne donnant point toujours de bons résultats, furent supprimés par la suite, et les machines qui existent actuellement fonctionnent toutes avec des courants alternativement inversés.

Les machines de l'Alliance, ainsi nommées du nom de la société qui en exploite le brevet, sont les plus anciennes machines magnéto-électriques destinées à produire de la lumière pouvant être utilisée industriellement. Les premiers essais de construction qui en ont été faits remontent à 1849, et sont dus à Nollet, professeur à l'École militaire de Bruxelles. Ces machines avaient été destinées tout d'abord à donner de la lumière, non point en faisant jaillir l'arc voltaïque entre les pointes de deux charbons, mais en décomposant l'eau et en brûlant le gaz provenant de cette décomposition. Ce n'est que beaucoup plus tard, et grâce aux perfectionnements successifs qu'elles reçurent de M. Van Malderen, contre-maître ingénieur de la Société de l'Alliance, qu'il fut possible de les utiliser à la production industrielle de la lumière électrique.

Aujourd'hui, elles fonctionnent dans un assez grand nombre d'usines, ainsi que dans les phares de Gris-Nez et de la Hève, où elles ont été installées depuis quelques années.

Bien qu'elles soient les premières en date, et que maintenant on construise des machines plus parfaites et plus économiques, les machines de l'Alliance peuvent cependant être considérées comme de bonnes machines d'atelier. Partout où elles ont été employées, elles ont toujours fonctionné régulièrement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et sans donner lieu à de sérieuses critiques, mais elles ne sauraient satisfaire à aucune des exigences du service militaire. Non seulement les machines à 6 disques, les plus puissantes de ce système que l'on construise actuellement, ne donnent qu'une lumière de 500 becs Carcel [1], insuffisante dans la plupart des cas, mais encore leur poids (3000 kilogrammes) et leurs dimensions (1^m,60 de longueur sur 1^m,70 de hauteur) les rendent absolument intransportables.

Quelques essais d'éclairage en avant des forts ont été tentés avec ces machines, pendant le siège de Paris; mais ces essais infructueux n'ont servi qu'à démontrer qu'il était nécessaire, pour obtenir des résultats ayant quelque valeur, d'employer des sources d'électricité plus puissantes, moins encombrantes et plus mobiles.

Machine de Siemens. — Cette machine figurait à l'exposition anglaise; elle était présentée par la maison Siemens, de Londres; mais c'est, en réalité, une machine allemande, dont le type a été créé par la maison Siemens et Halske, de Berlin.

Bien que la machine exposée, qui était d'un petit modèle, ne fonctionnât point, elle présentait cependant un grand intérêt en ce sens qu'elle était un type réduit de machines pour lesquelles il a été fait, pendant ces dernières années, beaucoup de bruit et de réclames et dont quelques-unes ont été acquises par la Russie et l'Italie pour le service militaire.

La machine Siemens et Halske dérive directement de l'appareil connu sous le nom de bobine de Siemens, décrit dans tous les traités de physique qui ont été publiés depuis quelques années.

Le conducteur d'électricité dont le mouvement produit le courant est formé de 16 fils de cuivre, séparés et garnis d'une enveloppe isolante, qui sont disposés sur un tambour cylindrique en tôle mince, de forme allongée et terminé à chaque extrémité par une calotte sphérique, de manière à le recouvrir entièrement.

Ce tambour peut être considéré comme divisé en huit tranches

[1] On appelle bec Carcel la lumière produite par une lampe Carcel de 14 millimètres, brûlant en une heure 41 grammes d'huile de lin épurée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égales, qui sont limitées par des plans passant par son axe; chacune d'elles est entièrement occupée par deux des fils, qui dans leurs révolutions successives s'étendent le long des génératrices diamétralement opposées, en se croisant aux extrémités hémisphériques du tambour.

Les 32 bouts de ces fils viennent aboutir à un cercle métallique divisé en 8 secteurs, isolés les uns des autres. Deux roulettes métalliques, pressées par des ressorts en deux points diamétralement opposés du cercle, recueillent le courant, et l'amènent aux bornes auxquelles s'attachent les fils conducteurs, qui mettent la machine en communication avec les appareils de réception. A l'intérieur du tambour se trouve un noyau fixe en fer doux, *ss nn*, et à l'extérieur une armature également en fer doux, NN SS, qui l'entoure sur les deux tiers environ de sa surface. L'espace ménagé entre ces pièces ne dépasse

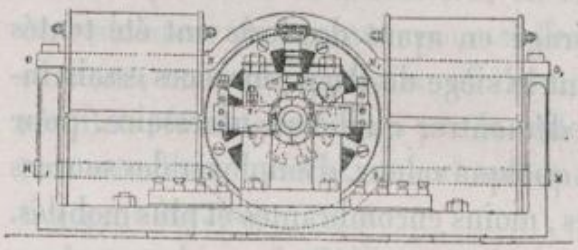


Fig. 4.

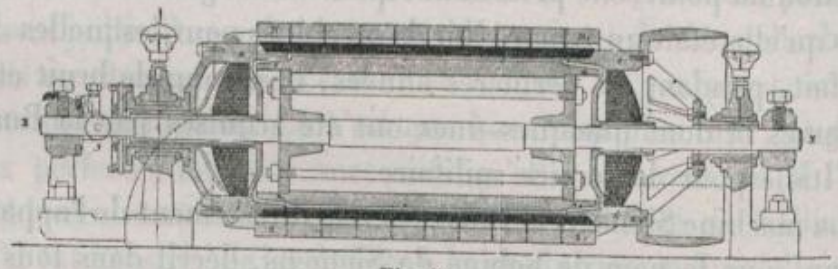


Fig. 5.

nulle part les dimensions strictement nécessaires au passage du tambour pendant son mouvement de rotation. Deux électro-aimants O N M S, O_1 N_1 M_1 S_1 (fig. 5) en fer à cheval, ayant leurs branches dans le prolongement des fers cintrés, les pôles de même nom se faisant face, produisent des deux côtés du tambour, lors du fonctionnement de la machine, des pôles de nom contraire. Le noyau de fer doux, se trouvant à égale distance des fers cintrés, remplit l'office d'une armature d'aimant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il résulte de là que, pendant chacune des révolutions du tambour, il se produit deux fois, dans chaque contour du fil, des courants de sens opposés, qui atteignent leur maximum d'intensité lorsque le fil se trouve en regard des génératrices médianes de ces fers, et qui deviennent nulles dans la position normale à celle-ci.

Ce sont ces courants séparés qui sont recueillis successivement par les deux roulettes métalliques pour constituer un courant continu.

Pour obtenir un courant ayant toujours le même sens, les bouts de fils ont été reliés aux différents secteurs, comme cela est indiqué dans la figure 6.

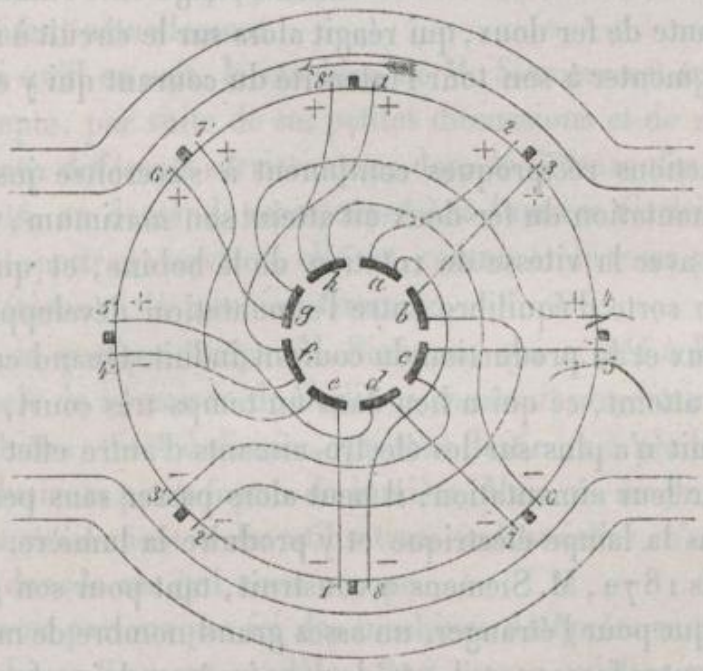


Fig. 6.

Les signes + et — indiquent la polarité des courants produits dans chaque fil d'une façon plus ou moins intense, suivant sa position momentanée, le sens de rotation étant celui de la flèche. On voit immédiatement à l'inspection de cette figure que les courants amenés à la roulette 2, 3, seront tous positifs, et les courants amenés à la roulette 2′, 3′, seront tous négatifs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tandis qu'ils se neutralisent dans les secteurs qui ne sont pas en contact avec ces roulettes.

Les électro-aimants dont les pôles magnétiques développent le courant électrique dans la bobine sont actionnés par le courant lui-même. Pour cela, ils font partie du circuit total, c'est-à-dire que le courant traverse les fils qui les entourent avant de se rendre dans le régulateur.

Le fonctionnement de ce dispositif, que l'on retrouve dans presque toutes les machines à courant continu d'invention nouvelle, peut s'expliquer ainsi : quand la bobine à induire commence à tourner, le magnétisme rémanent de fer doux des électro-aimants y développe d'abord un faible courant; celui-ci, passant dans les fils des électro-aimants, augmente l'aimantation préexistante de fer doux, qui réagit alors sur le circuit à induire, pour augmenter à son tour l'intensité du courant qui y est développé.

Ces actions réciproques continuent à s'accroître jusqu'à ce que l'aimantation du fer doux ait atteint son maximum, variable du reste avec la vitesse de rotation de la bobine, et qui constitue une sorte d'équilibre entre l'aimantation développée dans le fer doux et la production du courant induit. Quand cet équilibre est atteint, ce qui a lieu dans un temps très court, le courant induit n'a plus sur les électro-aimants d'autre effet que de maintenir leur aimantation; il peut alors passer sans perte sensible dans la lampe électrique et y produire la lumière.

Depuis 1872, M. Siemens a construit, tant pour son gouvernement que pour l'étranger, un assez grand nombre de machines de différentes forces, et il a été le premier à produire de grandes intensités lumineuses avec des machines de dimensions relativement petites. Ainsi, dès 1875, la Commission des communications aériennes [1], exécutant à Bruxelles des expériences sur une machine de Siemens, constatait au photomètre une intensité moyenne de 1172 becs Carcel. Depuis cette époque, il ne semble pas que la machine de Siemens ait fait beaucoup de progrès,

[1] Commission présidée par M. le colonel Laussedat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moins comme intensité de lumière produite, car on trouve, dans le compte rendu des expériences faites en 1877 aux phares de South-Foreland (Douvres) par une commission anglaise, que la plus grande intensité fournie par la machine Siemens du grand modèle n'a pas dépassé 1500 becs Carcel. La commission anglaise, après une longue série d'expériences exécutées comparativement avec des machines de Holmes, de Gramme et de Siemens, donna la préférence à la machine allemande.

M. Siemens fit grand bruit de cette préférence et répandit à profusion des extraits des expériences faites à South-Foreland. Ce succès cependant n'est que relatif, car les machines Gramme qui servaient aux expériences étaient d'un modèle ancien, déjà abandonné à cette époque, et très inférieures à celles qui se construisent actuellement.

Quoi qu'il en soit, la machine de M. Siemens est très bonne et très apte, par suite de ses petites dimensions et de son faible poids, aux différents services que, dans la défense des places et des ports, on demande maintenant à la lumière électrique. Cependant, pour ces services, elle est, comme on le verra plus loin, fort inférieure à la machine Gramme.

Depuis quelque temps, M. Siemens, qui a créé à Paris une succursale de sa maison de Berlin, a construit un certain nombre de machines, dites *à division*, qui sont destinées à produire chacune plusieurs petits foyers de lumière. Mais ces machines, destinées spécialement à des utilisations industrielles, n'ont aucun intérêt dans le cas qui nous occupe.

Nous ne parlons pas ici des machines désignées sous le titre de machines Siemens modèle 1878, parce qu'elles n'ont plus des premières machines Siemens que le nom et les formes générales extérieures. Elles ressemblent maintenant beaucoup, comme principe, à la machine Gramme, à laquelle elles ont emprunté l'anneau en fer doux mobile, les collecteurs et les balais.

Les machines Siemens de ce type, que nous avons vues dernièrement fonctionner en Angleterre, n'ont, du reste, qu'une très faible supériorité sur les anciennes. Nous n'avons pu voir fonc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tionner le grand modèle, et nous croyons que, toutes les fois qu'il veut obtenir de grandes intensités, M. Siemens est obligé de réunir deux machines du modèle moyen.

Machine Weston. — Cette machine, qui figurait à l'exposition américaine, ne fonctionnait pas pour faire de la lumière, mais pour faire de la galvanoplastie. Il n'y a donc lieu de la citer ici que comme mémoire, d'autant plus que les machines de ce type n'ont eu jusqu'à ce jour que de très rares applications pour l'éclairage.

Machine Lontin. — La machine Lontin se compose des éléments suivants, indiqués dans la figure 7 :

A et B sont les deux branches d'un électro-aimant, devant les pôles duquel on peut faire tourner la pièce D, D... C, que l'inventeur nomme pignon d'induction.

Ce pignon d'induction est formé par un arbre cylindrique en fer C, sur lequel sont adaptées des bobines D, D, D, dont l'axe est perpendiculaire à celui de l'arbre.

Chacune de ces bobines est formée d'un cylindre en fer doux, enveloppé de fil de cuivre isolé dont le bout entrant est relié au bout de sortie du fil de cuivre de la bobine suivante. On a ainsi une série d'hélices d'induction liées l'une à l'autre de façon à produire un circuit complètement fermé sur lui-même.

Pendant le mouvement de rotation de ce pignon, toutes les hélices supérieures à la ligne polaire des électro-aimants produisent un courant de même sens, puisque, s'approchant du pôle positif, par exemple, elles s'éloignent du pôle negatif.

Les hélices inférieures s'approchant du pôle négatif et s'éloignant du pôle positif sont aussi toutes parcourues par un courant de même sens, mais de sens inverse à celui des hélices supérieures. La ligne LL′ sépare donc réellement l'ensemble des hélices supérieures à la ligne polaire magnétique des hélices inférieures à cette même ligne.

Comme cela a été dit plus haut, les fils qui enveloppent les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hélices étant liés l'un à l'autre, de façon à former un circuit complètement fermé, et le courant engendré dans les hélices supérieures étant de sens contraire à celui des hélices inférieures, on aura, sur la ligne polaire magnétique, d'un côté, un double pôle d'électricité positive et, de l'autre, un double pôle d'électricité négative.

En recueillant l'électricité en ces deux points à l'aide des deux lames frottantes R, R', on pourra la lancer par les fils conducteurs dans la lampe électrique.

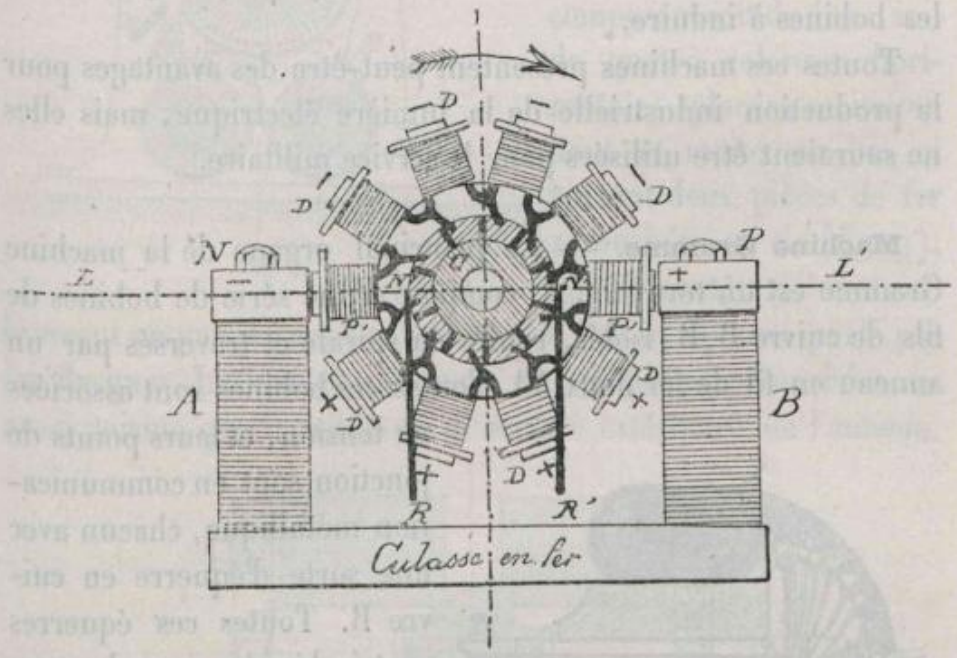


Fig. 7.

En se servant, comme dans la machine Siemens, de l'électricité produite pour exciter les électro-aimants, on obtient une machine dynamo-électrique.

Cette machine est assez lourde et assez volumineuse; les plus forts types qui aient été construits pèsent au moins 1200 kilogrammes, pour ne donner qu'une lumière de 400 becs Carcel environ. Elle est donc, à ce point de vue, inférieure aux machines de Siemens et de Gramme, qui sont plus légères et permettent d'obtenir des intensités beaucoup plus grandes.

Du reste cette question de légèreté, qui est si importante pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les machines destinées au service militaire, n'a probablement pas préoccupé M. Lontin, qui avait construit sa machine en vue d'une utilisation industrielle, pour l'éclairage des ateliers ou des grands espaces. C'est également dans ce but que M. Lontin a transformé cette machine, qui est son premier type, en machine à courants alternatifs; il y a perdu l'avantage de pouvoir exciter ses électro-aimants par la machine elle-même, et a dû compliquer sa machine d'une petite machine excitatrice à courant direct, destinée à magnétiser les électro-aimants qui agissent sur les bobines à induire.

Toutes ces machines présentent peut-être des avantages pour la production industrielle de la lumière électrique, mais elles ne sauraient être utilisées pour le service militaire.

Machine Gramme. — Le principal organe de la machine Gramme est un tore (fig. 8) composé d'une série de bobines de fils de cuivre B, B, isolés, roulés en spirale et traversés par un anneau en fil de fer doux AA. Toutes ces bobines sont associées en tension, et leurs points de jonction sont en communication métallique, chacun avec une sorte d'équerre en cuivre R. Toutes ces équerres sont isolées les unes des autres, et leurs extrémités sont réunies en un cylindre creux de petit diamètre (fig. 8 et 9) ayant même axe que le tore, et traversé par l'arbre central de la machine, dont il est séparé par une matière isolante. Tout cet ensemble est solidement fixé sur l'arbre central, par l'intermédiaire duquel il peut recevoir un mouvement de rotation.

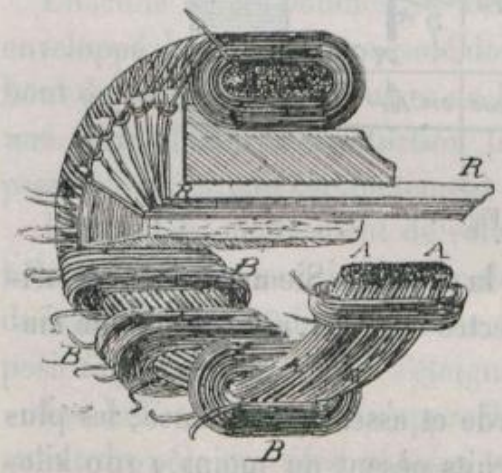


Fig. 8.

Les machines de Gramme fonctionnent soit avec des aimants

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

naturels, soit avec des électro-aimants; dans ce dernier cas, qui est le plus général, le bâti de la machine se compose d'un socle en fonte A, A, A′, A′, et de deux flasques verticaux BB, B′B′, sur lesquels sont fixés les électro-aimants et les paliers de l'arbre des bobines (fig. 9 et 10).

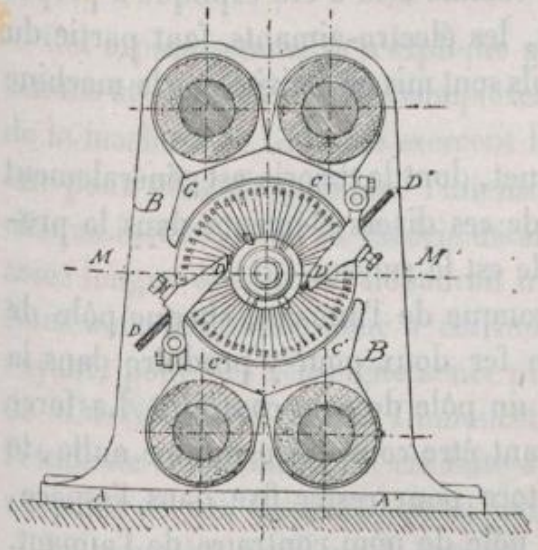


Fig. 9.

Les électro-aimants se composent soit de deux, soit de quatre colonnes horizontales, placées moitié en haut et moité en bas et portant deux pièces de fer recourbées *cc*, *c′c′* (fig. 9), qui forment les pôles et embrassent en partie l'anneau qui tourne autour de l'axe porté par les flasques. La surface intérieure de ces pièces recourbées est aussi voisine que possible de la surface extérieure de l'anneau.

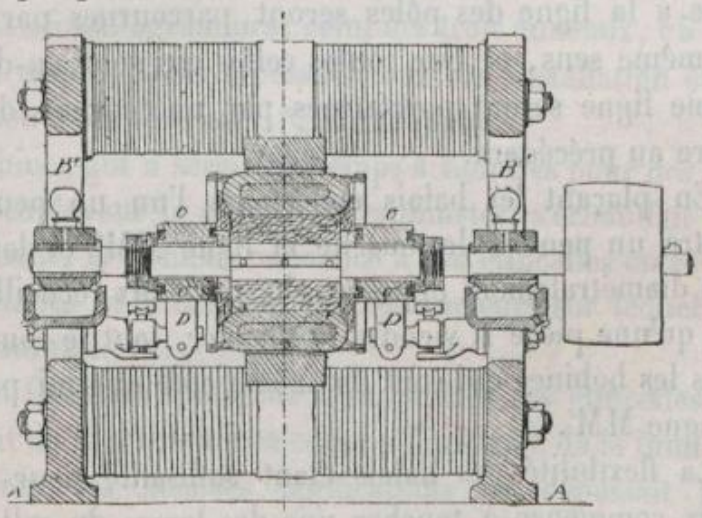


Fig. 10.

L'électricité est recueillie par des balais D, D, D′, D′, composés de fils de cuivre flexibles qui s'appuient sur le cylindre formé par les extrémités des équerres métalliques R, R, R′, R′, qui com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

muniquent avec les bobines. Ces balais sont reliés métalliquement avec les bornes auxquelles on attache les fils conducteurs du circuit extérieur. Enfin, comme cela a été expliqué à propos de la machine de Siemens, les électro-aimants font partie du circuit total, c'est-à-dire qu'ils sont mis en activité par la machine elle-même.

D'après M. Niaudet-Bréguet, dont la théorie est généralement admise, le rôle de chacun de ces divers éléments dans la production du courant utilisable est le suivant.

Pour une position quelconque de l'anneau, chaque pôle de l'aimant agit sur le tore en fer doux pour y produire dans la partie la plus voisine de lui un pôle de nom contraire. La force coercitive de fer doux pouvant être considérée comme nulle, le pôle se déplacera dans le tore pour rester fixe dans l'espace, constamment en regard du pôle de nom contraire de l'aimant. Les bobines, entraînées dans le mouvement de rotation, sont donc constamment avec chacun de ces pôles en mouvement réciproque; il en résulte que toutes les bobines qui sont en même temps au-dessus de la ligne passant par le centre et perpendiculaire à la ligne des pôles seront parcourues par un courant de même sens, et que toutes celles qui sont au-dessous de la même ligne seront parcourues par un courant de sens contraire au précédent.

En plaçant les balais collecteurs l'un un peu au-dessus, l'autre un peu au-dessous de la ligne MM', et dans une position diamétralement opposée, chacun d'eux recueillera, chaque fois qu'une pièce R viendra le toucher, tout le courant produit dans les bobines qui sont du même côté que lui par rapport à la ligne MM'.

La flexibilité des balais étant suffisante pour que chacun d'eux commence à toucher une des lames du collecteur avant d'avoir abandonné la précédente, le courant recueilli ainsi sera continu. Il résulte de cela que la bobine de M. Gramme a sur celle de M. Siemens cet avantage, qu'à chaque instant on recueille tout le courant qu'il est possible de produire, tandis que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans la bobine de Siemens une grande partie des courants s'annule, et n'est pas recueillie.

Cet exposé sommaire n'explique pas d'une façon complète les actions et les réactions très complexes que les différents éléments de la machine de Gramme exercent les uns sur les autres, et qui ont pour effet d'augmenter l'intensité des courants produits à chaque instant; mais la théorie détaillée de la machine, qui est assez longue et délicate, ne saurait trouver place dans cette note. Nous nous bornerons donc à ces indications générales, en renvoyant, pour des renseignements plus complets, aux ouvrages de MM. Niaudet-Bréguet, Dumoncel et Fontaine, dans lesquels l'étude de cette machine a été faite avec le plus grand soin, tant au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

La première machine à lumière construite par M. Gramme pouvait donner une lumière de 900 becs Carcel. Elle possédait trois anneaux mobiles et six barres d'électro-aimants. Un des anneaux excitait l'électro-aimant, les deux autres produisaient le courant utilisable. Le cuivre enroulé sur les barres d'électro-aimants pesait 250 kilogrammes; celui des trois anneaux, 75 kilogrammes. L'emplacement nécessité pour son installation était de 80 centimètres de côté sur $1^{m},25$ de hauteur.

Cette machine, qui a servi longtemps à Londres pour des expériences exécutées sur la tour de Westminster, s'échauffait un peu en marchant, et donnait naissance à des étincelles entre les balais métalliques et le faisceau de conducteurs sur lequel se recueille le courant.

Depuis, M. Gramme a cherché à supprimer les étincelles et l'échauffement de la machine; et comme l'intensité de la lumière demandée pour les diverses applications ne dépassait pas 250 becs Carcel, il a été amené à réduire les dimensions de sa première machine.

Il construisit alors, vers 1872, une machine dans laquelle il employait six colonnes d'électro-aimants, disposées verticalement trois au-dessous de la bobine, trois au-dessus. Cette machine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

porte deux bobines séparées. Elle pèse 700 kilogrammes; sa hauteur est de 90 centimètres; sa largeur, de 65 centimètres. Le cuivre enroulé sur les barres d'électro-aimants est de 180 kilogrammes; celui des deux anneaux, de 40 kilogrammes. Elle produit une lumière normale de 500 becs, qui s'est élevée, dans des expériences à grande vitesse, jusqu'au double. Elle ne s'échauffe pas et ne donne lieu à aucune étincelle.

C'est cette machine qui a été expérimentée par la commission anglaise de Douvres.

Relativement à celles qui ont été construites plus tard, elle est lourde et encombrante, tout en ne produisant qu'une lumière d'intensité moyenne.

Elle n'a plus maintenant d'intérêt que celui qui s'attache à l'un des premiers types dont M. Gramme a fait dériver, par des perfectionnements constants, les machines de puissances diverses qui existent actuellement, et qui satisfont à toutes les exigences des différents services qu'on peut demander à la lumière électrique.

Nous laisserons de côté les machines qui sont spécialement destinées aux éclairages industriels, pour ne parler que de celles qui ont été créées en vue des services militaires; ces dernières ne diffèrent, du reste, des autres que par leurs dimensions et l'emploi de deux bobines sur le même anneau.

Toutes ces machines, destinées à l'éclairage du terrain en avant des places, et qui ont été créées sous l'inspiration de la Commission des communications aériennes, ont été exposées par MM. Sautter et Lemonnier, qui les ont construites avec le plus grand soin. La première (en les classant par l'ordre de date de leur création) est la machine dite à quatre colonnes (fig. 9 et 10).

Elle est formée par un bâti en fonte portant deux flasques verticaux sur lesquels sont fixés les électro-aimants et les paliers de l'arbre des bobines. Les électro-aimants se composent de quatre colonnes horizontales, placées deux en haut et deux en bas; ils portent deux pièces de fer recourbées, qui forment les pôles et embrassent l'anneau mobile. L'électricité est recueillie, comme cela a été dit précédemment, à l'aide des balais B, B'.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'enroulement des fils de la bobine sur l'anneau en fer doux est fait de telle façon que tout se passe comme si l'on avait sur le même arbre deux bobines complètes fonctionnant séparément, et envoyant leur électricité, l'une aux collecteurs de droite, l'autre aux collecteurs de gauche. Elles peuvent donc être couplées, soit en quantité, soit en tension, à l'aide d'un commutateur placé dans le circuit qui amène ces courants aux deux bornes où s'attachent les fils qui doivent les conduire dans le récepteur (lampe électrique).

Les électro-aimants sont placés dans le circuit et actionnés par la machine elle-même, comme cela a été précédemment indiqué.

La disposition qui permet de coupler les bobines, soit en quantité, soit en tension, a pour objet de donner le moyen de produire (quand cela est nécessaire) la lumière à de grandes distances de la machine. Ainsi, en couplant en quantité, la lumière qu'on obtient à l'extrémité d'un câble de 100 mètres atteint 2500 becs Carcel. Si l'on veut employer un câble de 1000 mètres, il faut coupler en tension, et dans ces conditions on obtient encore une lumière qui dépasse 1000 becs Carcel.

Les vitesses de rotation de la bobine doivent être de 1200 tours à la minute dans le premier cas, et de 700 dans le second.

Ces machines ont une incontestable supériorité sur toutes celles qui ont été précédemment décrites, non seulement par la grande intensité de la lumière qu'elles produisent, mais aussi par leur faible poids et leurs petites dimensions, qui sont les suivantes :

Longueur, 65 centimètres;

Hauteur, 58 centimètres;

Largeur, 55 centimètres;

Poids total, 400 kilogrammes.

Le diamètre extérieur de la bobine est de 23 centimètres, et le poids de fil enroulé qu'elle porte est de 14 kilogrammes.

Le moteur qui est nécessaire pour faire fonctionner cette machine doit être de la force de 8 chevaux.

La machine du deuxième type, dite à électro-aimants plats,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est un peu plus lourde que la machine à quatre colonnes. Elle a été créée dans le but de produire une lumière supérieure à celles qu'on obtenait avec cette machine, tout en n'imprimant à la bobine qu'une vitesse de rotation ne dépassant pas 600 tours à la minute. La vitesse de 1200 tours qu'on doit imprimer à la bobine de la machine à quatre colonnes exige en effet des moteurs construits avec beaucoup de soin, et peut entraîner pour eux une usure rapide.

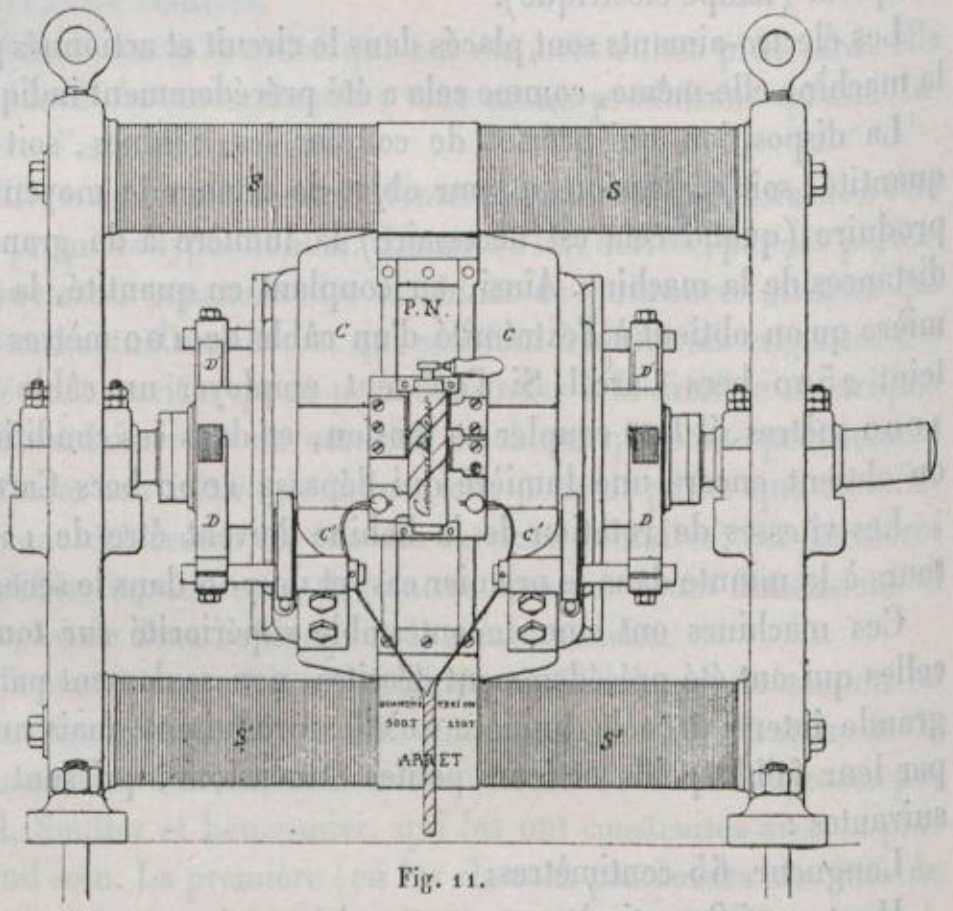


Fig. 11.

Ce double résultat a été obtenu en augmentant le poids des fils enroulés sur la bobine et en renforçant les électro-aimants. Ceux-ci sont simplement formés de deux forts plateaux S S, S′ S′, portés par les flasques du bâti et embrassant la bobine par des pièces de fer recourbées, servant de pôles. Tous les autres organes de la machine sont disposés comme les organes de même nature de la machine à quatre colonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine peut tenir dans un parallélépipède de 85 centimètres de hauteur, 70 centimètres de largeur et 80 centimètres de longueur. Elle pèse 1000 kilogrammes environ.

Couplée en quantité, elle donne 4500 becs Carcel au bout d'un câble de 100 mètres, en brûlant des charbons de deux centimètres de diamètre; couplée en tension, elle peut encore donner 2500 becs au bout d'un câble de 1000 mètres.

Le poids du fil enroulé sur la bobine est de 70 kilogrammes.

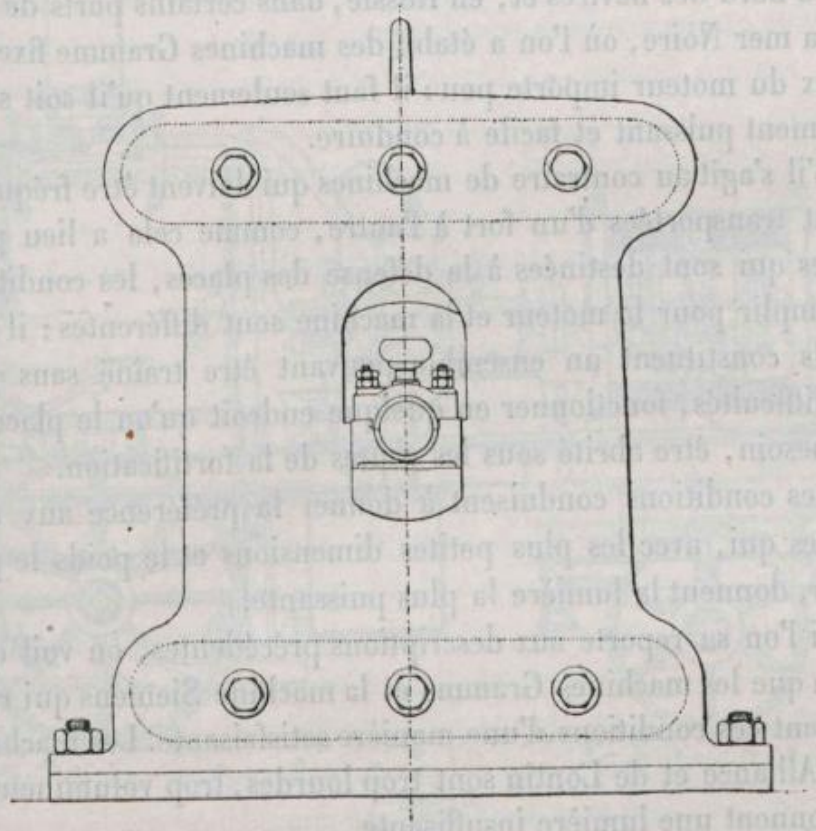


Fig. 12.

Cette machine, qui fonctionne avec une grande régularité, exige l'emploi d'un moteur de 12 chevaux. C'est la plus puissante de celles qui ont été créées, tant en France qu'à l'étranger, pour ce genre de service.

Le type n° 3 est une petite machine à électro-aimants plats, mais ne fonctionnant qu'avec une seule bobine; les autres dispositions sont les mêmes que celles de la machine grand modèle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Elle peut donner une lumière de 80 à 100 becs Carcel. Elle a été adoptée par la marine pour les canots à vapeur.

MACHINES AVEC MOTEUR.

Toutes les machines qui viennent d'être décrites ne peuvent être actionnées que par un moteur à vapeur.

Quand elles doivent fonctionner à demeure, comme cela a lieu à bord des navires et, en Russie, dans certains ports de mer de la mer Noire, où l'on a établi des machines Gramme fixes, le choix du moteur importe peu : il faut seulement qu'il soit suffisamment puissant et facile à conduire.

S'il s'agit au contraire de machines qui doivent être fréquemment transportées d'un fort à l'autre, comme cela a lieu pour celles qui sont destinées à la défense des places, les conditions à remplir pour le moteur et la machine sont différentes : il faut qu'ils constituent un ensemble pouvant être traîné sans trop de difficultés, fonctionner en quelque endroit qu'on le place et, au besoin, être abrité sous les voûtes de la fortification.

Ces conditions conduisent à donner la préférence aux machines qui, avec les plus petites dimensions et le poids le plus léger, donnent la lumière la plus puissante.

Si l'on se reporte aux descriptions précédentes, on voit qu'il n'y a que les machines Gramme et la machine Siemens qui remplissent ces conditions d'une manière satisfaisante. Les machines de l'Alliance et de Lontin sont trop lourdes, trop volumineuses, et donnent une lumière insuffisante.

Les machines Gramme et Siemens sont, du reste, les seules pour lesquelles on ait réalisé des ensembles complets d'une voiture portant à la fois la machine électrique et son moteur.

Le dispositif de M. Siemens n'a pas été exposé, mais il est bien connu. C'est simplement une locomobile à chaudière verticale, portant à une de ses extrémités la machine électrique, à laquelle le mouvement est donné par une transmission de courroies.

Cette disposition a des inconvénients qui l'ont fait rejeter en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

France par la Commission des communications aériennes, chargée de l'étude de cette question. C'est qu'en effet l'emploi d'une courroie de transmission ne convient pas pour des machines qui sont destinées à ne travailler qu'à de longs intervalles, souvent en plein air, par de mauvais temps, et dans des terrains qui ne

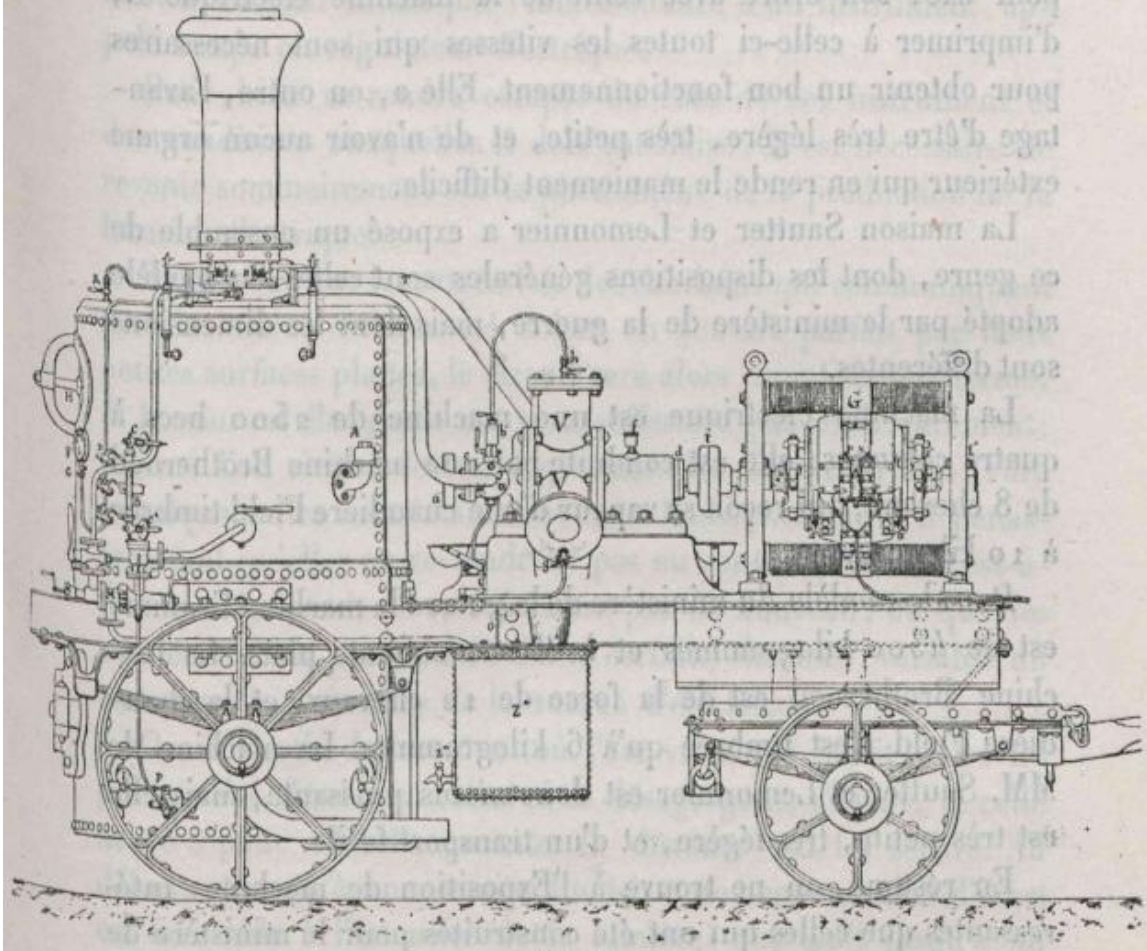


Fig. 13.

sont pas de niveau. On n'est jamais sûr, dans ces conditions, que la courroie tienne bien sur les poulies; on n'est jamais sûr non plus d'avoir la vitesse constante nécessaire au bon fonctionnement de la machine électrique.

M. Siemens en a, du reste, constaté lui-même les inconvénients, puisque, dans le nouveau type de machines qu'il construit pour la guerre, il adopte des dispositions identiques à celles du modèle français.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce modèle, la machine à vapeur V (fig. 13) est du système Brotherood, dit à 3 cylindres; elle présente cette particularité que son arbre peut être animé directement de vitesses variables, qui peuvent aller jusqu'à 1600 tours à la minute. Elle permet donc sans transmission aucune, et simplement en calant, axe pour axe, son arbre avec celui de la machine électrique G, d'imprimer à celle-ci toutes les vitesses qui sont nécessaires pour obtenir un bon fonctionnement. Elle a, en outre, l'avantage d'être très légère, très petite, et de n'avoir aucun organe extérieur qui en rende le maniement difficile.

La maison Sautter et Lemonnier a exposé un ensemble de ce genre, dont les dispositions générales sont celles du modèle adopté par le ministère de la guerre, mais dont les dimensions sont différentes.

La machine électrique est une machine de 2500 becs à quatre colonnes; elle est conduite par une machine Brotherood de 8 chevaux, qui reçoit sa vapeur d'une chaudière Field timbrée à 10 kilogrammes.

Dans le modèle du ministère de la guerre la machine Gramme est de 4500 kilogrammes et à électro-aimants plats. La machine Brotherood est de la force de 12 chevaux, et la chaudière Field n'est timbrée qu'à 6 kilogrammes. La machine de MM. Sautter et Lemonnier est donc moins puissante, mais elle est très petite, très légère, et d'un transport facile.

En résumé, on ne trouve à l'Exposition de machines intéressantes que celles qui ont été construites pour le ministère de la guerre, et qui, à tous les points de vue, dépassent beaucoup tout ce qui se fait à l'étranger, où cependant l'application de la lumière électrique à la guerre prend de grands développements.

RÉGULATEURS.

Quelle que soit la source du courant, la seule méthode actuellement en usage pour obtenir de la lumière électrique ayant une certaine intensité est basée sur l'emploi de deux baguettes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en charbon dur communiquant par des fils conducteurs avec les pôles de cette source, et entre les pointes desquelles on fait jaillir l'arc voltaïque.

Sauf dans quelques cas particuliers, qui seront indiqués plus loin, la communication entre les charbons et les fils qui amènent le courant se fait par l'intermédiaire d'un instrument appelé lampe ou régulateur électrique.

Pour bien se rendre compte du rôle de cet instrument et des conditions auxquelles il doit satisfaire, il est nécessaire de revenir sommairement sur le phénomène de la production de la lumière électrique.

Supposons que les extrémités des charbons qui communiquent avec la source d'électricité soient en contact parfait par deux petites surfaces planes, le circuit sera alors complètement fermé, et le courant électrique ne se manifestera pas extérieurement; mais si l'on vient à écarter légèrement les deux charbons, l'arc voltaïque naîtra immédiatement entre leurs pointes, et il persistera tant qu'elles ne reviendront pas au contact parfait, c'est-à-dire que le circuit ne se refermera pas de nouveau, ou qu'elles ne s'écarteront pas au delà d'une certaine distance, variable du reste avec la puissance de la source d'électricité.

Or, à partir du moment où l'arc voltaïque jaillit entre les pointes des charbons, celles-ci se désagrègent, s'usent, et cette usure a pour effet d'augmenter la distance qui les sépare. Au début, et jusqu'à une certaine limite, cette augmentation d'écart est favorable à l'intensité de la lumière, qui croît jusqu'à un maximum, mais si l'écart continue à augmenter, la lumière s'affaiblit rapidement, et elle s'éteint quand il est devenu trop grand.

Le régulateur, dont le rôle est de faire naître et persister la lumière électrique, doit donc au début écarter légèrement les pointes des charbons pour faire jaillir l'arc voltaïque, puis, à mesure qu'elles s'usent, les rapprocher légèrement, sans les laisser revenir au contact, et cela avant que la tension du courant ait varié sensiblement. Enfin, il doit, dans certains cas par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ticuliers, maintenir la lumière au foyer des appareils optiques destinés à l'utiliser.

Dans presque tous les régulateurs, les baguettes de charbon sont placées l'une au-dessus de l'autre, et maintenues dans cette position par deux porte-charbons électriquement isolés l'un de l'autre, et qui peuvent être mis en mouvement réciproque par l'intermédiaire d'un mécanisme que le courant de la machine doit lui-même désembrayer ou embrayer au moment opportun.

Depuis que la lumière électrique a brillé pour la première fois, on a construit un grand nombre de ces appareils, mais bien peu ont survécu, et parmi ceux qui sont actuellement les plus connus, il n'y en a que quelques-uns qui satisfont complètement à toutes les conditions du problème.

Ceux qui figuraient à l'Exposition sont ceux de :

MM. Foucault-Duboscq (France);
Serrin (France);
Carré (France);
Lontin (France);
Mersanne (France);
Suisse et Chertemps (France);
Jaspard (Belgique);
Bürgin (Suisse);
Sautter et Lemonnier (France);
Reynier (France);
Jablochkoff (France).

Parmi ces appareils, quelques-uns, comme ceux de MM. Foucault-Duboscq et Serrin, sont déjà anciens et employés depuis longtemps d'une façon courante, d'autres au contraire sont, sinon entièrement nouveaux, au moins peu connus.

Quant à la bougie Jablochkoff, quoiqu'elle ne soit point à proprement parler un régulateur, puisque l'allumage se fait par un artifice particulier indépendant de l'appareil, et que l'écart

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre les charbons est invariable, elle a cependant été ajoutée à la liste précédente, parce qu'elle peut être utilisée dans certains cas spéciaux qui seront indiqués plus loin.

On trouvait encore à l'Exposition quelques régulateurs anglais; mais ces appareils, qui n'existent qu'à l'état de modèles, sont tellement incomplets qu'il n'y a même pas lieu de les citer pour mémoire.

Régulateur Foucault-Duboscq. — Dans le régulateur Foucault-Duboscq, les porte-charbons A et B (fig. 14) sont manœuvrés par un mécanisme d'horlogerie pour produire l'écart, et par un autre mécanisme d'horlogerie pour produire le rapprochement.

Ces deux mécanismes, qui se remontent avec une clef, quand ils sont au bout de leur course, peuvent être: ou embrayés tous les deux à la fois, et alors les charbons restent immobiles, ou embrayés séparément, et alors les charbons se rapprochent ou s'écartent suivant que c'est l'un ou l'autre des mécanismes qui est resté libre.

Ces différents effets sont obtenus à l'aide d'une ancre oscillante L, qui peut venir buter contre les volants des mécanismes, et qui est manœuvrée de la manière suivante :

La tige I de l'ancre est portée par un levier MN tournant autour d'un axe O. Un électro-aimant E, actionné par le courant électrique qui le traverse avant de se rendre dans les charbons, tend à attirer à lui une armature de fer doux M, portée par la branche MO du levier. D'un autre côté, la branche ON du levier est également sollicitée de haut en bas par un ressort à boudin R.

Quand les deux forces antagonistes du ressort à boudin et de l'électro-aimant se font équilibre, la tige de l'ancre est verticale, les deux volants sont arrêtés, et les charbons restent immobiles. Si au contraire l'une de ces deux forces prédomine, la tige L s'incline de son côté, et le mécanisme qui lui correspond est arrêté, pendant que l'autre devient libre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'équilibre entre la force d'attraction de l'électro-aimant et celle du ressort à boudin s'obtient une première fois pour un courant déterminé, en tendant plus ou moins le ressort à boudin à l'aide d'une petite équerre oscillante G, à laquelle il est fixé, et qui se manœuvre par le bouton I.

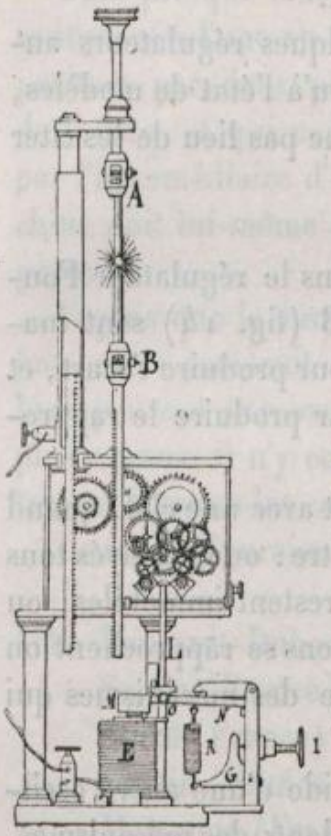


Fig. 14.

Considéré simplement comme régulateur de lumière électrique, l'appareil Foucault-Duboscq, qui est fort apprécié et fort employé, est un bon instrument. Il a cependant un léger défaut : lorsque les deux charbons viennent au contact, le mécanisme de rapprochement ne s'embraye pas automatiquement, il ne s'arrête qu'en comprimant l'une contre l'autre les extrémités des charbons. Il peut en résulter, surtout quand on emploie des baguettes de petit diamètre, l'écrasement de la pointe du charbon négatif.

Considéré au point de vue de son emploi pour les services militaires qui peuvent entraîner des déplacements et des transports fréquents, souvent dans de mauvaises conditions, cet appareil présente, tel qu'il est, l'inconvénient d'avoir, extérieurement à la boîte qui entoure les pièces d'horlogerie, trop d'organes délicats qui sont sans protection. Il faudrait donc, pour le rendre tout à fait apte à ce genre de services, augmenter les dimensions de la boîte de manière à lui faire envelopper tout le mécanisme [1].

Ainsi modifié, le régulateur Foucault-Duboscq se recommanderait particulièrement pour les services à bord des navires, qui exigent un appareil pouvant, comme lui, fonctionner sous toutes les inclinaisons.

[1] Cette modification a peut-être été faite pour le régulateur Foucault-Duboscq employé par la marine, mais nous n'avons point eu de renseignements précis sur ce sujet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Régulateur Serrin. — Dans le régulateur Serrin, le porte-charbon inférieur et le porte-charbon supérieur sont en relation par un mécanisme sur lequel le poids du charbon supérieur agit pour produire le rapprochement.

Un électro-aimant M (fig. 15), actionné par le courant qui se rend aux charbons, agit sur une pièce en fer doux C, qui est sollicitée d'autre part par un ressort antagoniste R, qu'on tend plus ou moins à l'aide du bouton I, pour obtenir :

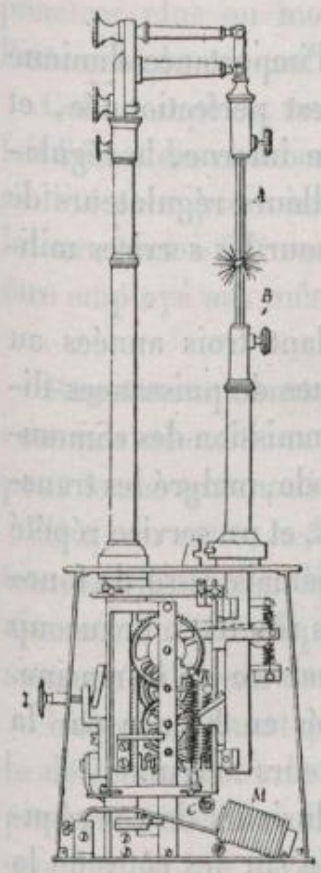


Fig. 15.

1° Au début, la production de l'arc voltaïque, par l'écart des charbons A et B;

2° Le rapprochement de ces charbons jusqu'à la distance convenable, avant que l'écart produit par l'usure soit devenu trop grand, et cela en produisant, en temps opportun, le désembrayage et l'embrayage du mécanisme d'horlogerie [1].

Bien que déjà relativement ancien et en apparence très compliqué, le régulateur Serrin est encore aujourd'hui un des meilleurs régulateurs connus. Il a sur le régulateur Foucault-Duboscq deux avantages :

1° Toutes les parties délicates de l'appareil sont entièrement à l'abri dans une boîte en métal qui en assure la conservation.

2° Lorsque les charbons viennent au contact, la plus légère pression du charbon supérieur sur le charbon inférieur fait descendre celui-ci; ce mouvement suffit pour embrayer le mécanisme et empêcher par suite l'écrasement des pointes de charbon en contact, sous l'action du poids du charbon supérieur.

En revanche, il a l'inconvénient d'exiger plus que tout autre

[1] Voir, pour la description détaillée des régulateurs Serrin, l'ouvrage de M. Leroux et, pour les régulateurs Dubosq et Carré, l'ouvrage de M. Fontaine sur la lumière électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'emploi de charbons purs et homogènes. Toute modification accidentelle dans les extrémités de ces charbons ayant pour effet de faire varier leur écart change l'intensité du courant, produit par suite l'action de l'électro-aimant sur son armature, dont les mouvements se transmettent au charbon inférieur. Il en résulte, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli, un flottement de la lumière qui est quelquefois gênant.

Malgré cet inconvénient léger et dont l'importance diminue depuis que la fabrication des charbons s'est perfectionnée, et malgré les complications de son mécanisme interne, le régulateur Serrin est jusqu'à présent un des meilleurs régulateurs de lumière électrique qu'on puisse employer pour les services militaires.

Des régulateurs Serrin ont servi pendant trois années au Mont-Valérien, avec les machines électriques de puissances diverses qui y étaient expérimentées par la Commission des communications aériennes, et dans toute cette période, malgré les transports fréquents dans des conditions difficiles, et un service répété par des temps souvent mauvais, ils n'ont jamais cessé de fonctionner régulièrement et de donner de bons résultats. Beaucoup de ces régulateurs sont employés pour le service de la marine. Enfin, tous les appareils électriques achetés en France par la Russie et la Suède ont été munis de régulateurs Serrin.

Pendant toute la guerre russo-turque, plusieurs de ces régulateurs ont fonctionné d'une manière suivie sur les côtes de la mer Noire, sans avoir donné lieu à une seule critique sérieuse.

Régulateur Carré. — La lampe Carré est, comme la lampe Serrin, à mouvement d'horlogerie ayant pour moteur le poids du charbon supérieur, mais elle en diffère par l'appareil qui sert à produire l'allumage, en écartant les charbons, et à permettre le rapprochement de ces charbons par le déclenchement du moulinet du mécanisme d'horlogerie qui produit ce mouvement.

Dans la lampe Serrin, ce résultat est obtenu par un électro-aimant actionné par le courant et agissant sur une pièce de fer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doux, qu'il attire ou qu'il laisse échapper quand l'intensité du courant devient trop faible. Dans l'appareil Carré, ces mouvements sont produits au moyen de deux bobines courbes, dans lesquelles circule le courant, et qui attirent, en la faisant osciller, une sorte d'ancre en fer doux suspendue par son milieu. Cette ancre est recourbée à ses deux extrémités, de manière à pénétrer plus ou moins à l'intérieur de deux bobines, suivant l'intensité du courant qui les traverse.

Cette lampe est remarquable par la franchise avec laquelle se fait l'écart des charbons, au moment de l'allumage, et par sa sensibilité pour produire le rapprochement. C'est un très bon régulateur, tout à fait comparable à celui de M. Serrin, et pouvant être employé aux mêmes usages.

Régulateur Lontin. — Le régulateur Lontin est fait pour des courants discontinus et alternatifs; il n'a donc point d'intérêt pour le cas qui nous occupe.

Il a, du reste, la forme et la disposition générale du régulateur Serrin; il n'en diffère que par le mode d'action de l'électro-aimant, qui est disposé de manière à permettre de placer plusieurs régulateurs dans le même circuit.

L'électro-aimant qui sert à produire l'écart pour l'allumage et le déclenchement du mécanisme de rapprochement est actionné par une dérivation dans un fil très fin du courant total, de sorte que les petites variations dans l'intensité de ce courant n'ont qu'une influence insensible sur l'activité de cet électro-aimant.

Régulateur Mersanne. — Le régulateur Mersanne dérive directement du régulateur Foucault-Duboscq. Comme dans cet appareil, le rapprochement des charbons se produit à l'aide d'un mouvement d'horlogerie, qu'on remonte quand il est au bout de sa course.

Le déclenchement de ce mouvement est obtenu avec une bobine Lontin actionnée seulement par une dérivation du courant total. Une seconde bobine de déviation est destinée spécialement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à produire l'allumage, en provoquant, au moment du passage du courant, un déplacement latéral du charbon négatif.

Cette disposition bizarre, non seulement ne paraît pas avoir d'avantages, mais il semble même qu'elle présenterait des inconvénients graves, si l'on alimentait le régulateur par une source d'électricité à courant continu.

Dans ce cas, en effet, l'un des charbons (le positif) se creusant pendant que l'autre se taille en pointe, il arriverait fréquemment, avec des charbons ayant déjà servi, que la séparation par mouvement latéral ne pourrait avoir lieu et, par suite, que l'allumage serait automatiquement impossible.

Cet appareil peut fonctionner dans une position quelconque, et a d'assez petites dimensions, mais il contient un si grand nombre de rouages et d'organes mécaniques, qu'on peut craindre qu'il n'ait pas une durée de service bien longue.

Régulateurs Suisse et Chertemps. — Ces régulateurs fonctionnent comme le régulateur Serrin. Seulement le charbon inférieur est immobile, et le rapprochement se fait simplement par le mouvement du charbon supérieur; il en résulte que le point lumineux s'abaisse constamment.

Ces instruments ne peuvent, par suite, être employés dans des appareils d'optique, et n'ont aucune valeur au point de vue militaire.

Régulateur Jaspard (fig. 16). — Le régulateur Jaspard, qui est d'invention nouvelle, est beaucoup plus simple que les précédents.

Les deux porte-charbons sont mis en relation, non plus par l'intermédiaire de mouvements d'horlogerie assez compliqués, qui demandent à être construits avec le plus grand soin et, par suite, élèvent beaucoup le prix de l'appareil, mais simplement à l'aide de poulies et de cordelettes.

Ce système est disposé de telle manière que chaque porte-charbon reçoit par son intermédiaire un mouvement inverse de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celui qui est imprimé à l'autre : ainsi, les charbons étant écartés, si le porte-charbon supérieur descend, le porte-charbon inférieur remonte; inversement, si le porte-charbon inférieur descend, c'est le porte-charbon supérieur qui remonte.

Dans le premier cas, les deux charbons se rapprochent; dans le second, ils s'écartent. Quand les charbons sont écartés, c'est, comme dans le régulateur Serrin, le poids du charbon supérieur qui agit pour produire le rapprochement.

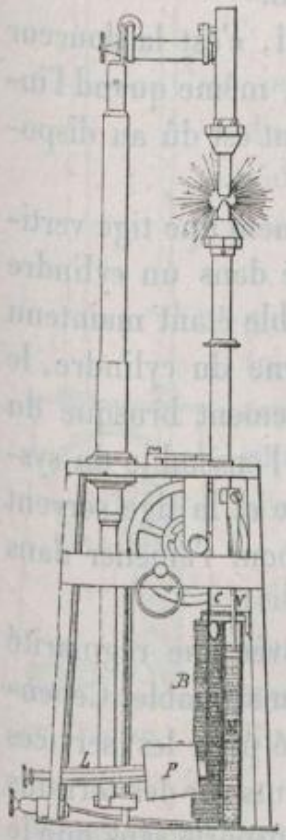


Fig. 16.

Le porte-charbon inférieur porte un petit cylindre en fer doux pénétrant dans une bobine B qui fait partie du circuit total; quand le courant passe, le cylindre de fer doux est attiré par la bobine, et tend à faire descendre le charbon inférieur, qui, d'autre part, est sollicité à remonter par l'action du poids du charbon supérieur, agissant par l'intermédiaire du système de poulies. Si les deux forces se font équilibre, les charbons restent immobiles; il y a au contraire rapprochement ou écart suivant que l'une des deux forces prédomine. Si l'appareil est convenablement réglé, les charbons étant au contact au moment où le courant passera, l'action de la bobine sera prédominante, il se produira un léger écart, et la lampe s'allumera; l'écart augmentant par l'usure des charbons, l'intensité du courant diminuera; l'action de la bobine devenant par suite plus faible, le cylindre en fer doux remontera, et les charbons se rapprocheront jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli.

Le réglage qui permet ce fonctionnement avec des courants d'intensité variable est obtenu par le déplacement d'un poids P le long d'un levier L, mobile autour d'une de ses extrémités, tandis que l'autre extrémité, par l'intermédiaire d'une cordelette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'une poulie, agit sur le porte-charbon inférieur pour l'abaisser et, par suite, pour produire l'écart.

L'action de ce levier est donc, dans chaque cas particulier, un appoint fixe, qui permet à la force variable de la bobine d'équilibrer l'action de rapprochement du charbon supérieur. Ce réglage est très simple et fonctionne très bien.

Ce qui est remarquable dans cet appareil, c'est la douceur avec laquelle se produisent ses mouvements, même quand l'intensité vient à varier brusquement. Ce résultat est dû au dispositif suivant.

Le porte-charbon inférieur porte latéralement une tige verticale V, terminée par un plateau qui plonge dans un cylindre en fer plein de mercure M; un jeu très faible étant maintenu entre les bords de ce disque et la paroi interne du cylindre, le mercure oppose une résistance à tout mouvement brusque du charbon inférieur et ne permet, par suite, à l'ensemble du système, que des mouvements lents; le mercure et la tige servent en même temps de conducteurs au courant pour l'amener dans le charbon inférieur.

Ainsi construit, cet appareil fonctionne avec une régularité parfaite, donnant une lumière d'une fixité remarquable. Cependant, tel qu'il est, il ne saurait être employé pour les services militaires qui exigent des déplacements fréquents sur des terrains souvent mauvais, parce qu'il ne peut être transporté sans que le mercure de son cylindre ait été préalablement enlevé, et qu'il a besoin d'un remontage toutes les fois qu'il a voyagé.

Mais, dans les grands appareils de télégraphie optique qui sont établis à demeure dans les forts, il pourrait, à cause de la fixité de sa lumière, être utilisé avec le plus grand succès.

Régulateur Bürgin (fig. 17). — Dans le régulateur Bürgin le charbon positif A est fixe, le charbon négatif B est constamment poussé vers le charbon positif par un ressort puissant R. Le mouvement de ce charbon est arrêté par une pièce F faisant frein sur la roue O, qui, par un système de poulies et de cordelettes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est en relation avec le porte-charbon inférieur, de manière à tourner quand celui-ci s'élève. Quand l'appareil fonctionne, cette roue est appuyée sur le frein à l'aide d'un petit électro-aimant M, actionné par le courant et agissant sur une tige de fer doux T portée par la roue.

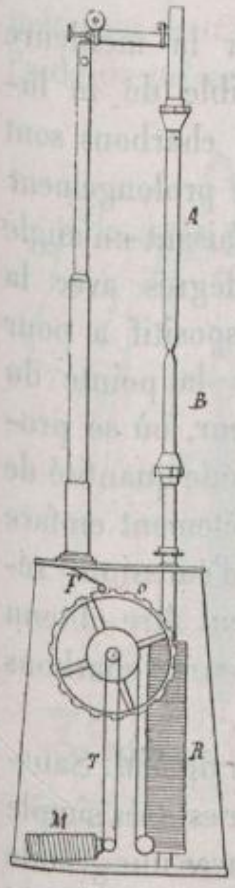


Fig. 17.

A mesure que l'écart entre les charbons devient plus grand par suite de l'usure, la tension du courant diminue, l'action de l'électro-aimant s'affaiblit, la roue peut alors s'écarter légèrement du frein, et le rapprochement se produit.

Cette lampe électrique fonctionne très irrégulièrement et n'a que des moyens de réglage très imparfaits pour être employée avec des courants d'intensité variable. En outre, le charbon supérieur étant immobile, le point lumineux s'élève constamment.

On ne peut donc s'en servir dans des appareils d'émission, dont le foyer doit être constamment occupé par le point lumineux. En somme, elle n'est apte à aucun des services militaires.

Régulateur Sautter et Lemonnier (fig. 18). — Ce régulateur a été construit spécialement pour être employé avec les machines qui ont été acquises par le ministère de la guerre pour l'éclairage en avant des places.

Ce qu'on a recherché dans cet instrument, c'est : 1° l'emploi possible par des gens inexpérimentés et presque sans instruction spéciale; 2° la meilleure utilisation de la lumière.

L'écart et le rapprochement des charbons ne se font pas automatiquement comme dans les régulateurs précédents; ils s'obtiennent en manœuvrant à l'aide du volant V une vis sans fin, qui engrène avec des crémaillères fixées aux porte-charbons.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette opération est faite de temps en temps par l'homme qui manœuvre les appareils de projection, et ne demande de sa part qu'un peu d'attention.

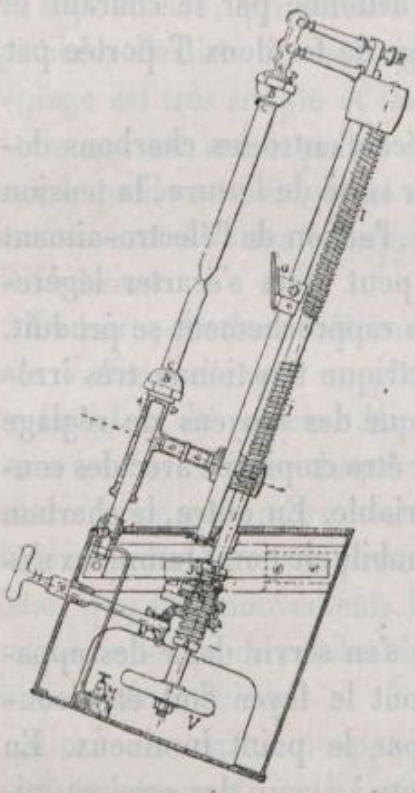


Fig. 18.

Pour obtenir la meilleure utilisation possible de la lumière, les deux charbons sont disposés dans le prolongement l'un de l'autre, faisant un angle d'environ 30 degrés avec la verticale. Ce dispositif a pour objet de placer la pointe du charbon supérieur, où se produit la plus grande quantité de lumière, complètement en face des appareils d'émission, résultat qui ne peut être obtenu avec des régulateurs à charbons verticaux.

Le régulateur de MM. Sautter et Lemonnier est très simple et se manœuvre avec une grande facilité; il a toujours donné d'excellents résultats. Il sera utilement employé toutes les fois qu'on n'aura pas de gens assez habiles pour régler les lampes automatiques.

Régulateur Reynier (fig. 19). — Cette lampe ne peut servir qu'à des éclairages d'atelier, mais elle contient des dispositions originales qui présentent quelque intérêt et lui font trouver place ici. Elle a été construite de manière à pouvoir fonctionner sans renouvellement des charbons pendant 24 heures de suite, tandis qu'avec toutes les autres lampes décrites, ce renouvellement des charbons doit être fait au maximum au moins après six heures de fonctionnement.

Elle se compose de deux disques de charbon DD′ ayant un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

point de tangence et dont les plans font ensemble un angle d'environ 30 degrés.

Ces disques, montés sur des axes métalliques AA′, sont animés, par leur intermédiaire, d'un mouvement de rotation, à l'aide de mécanismes d'horlogerie, contenus dans les boîtes BB′.

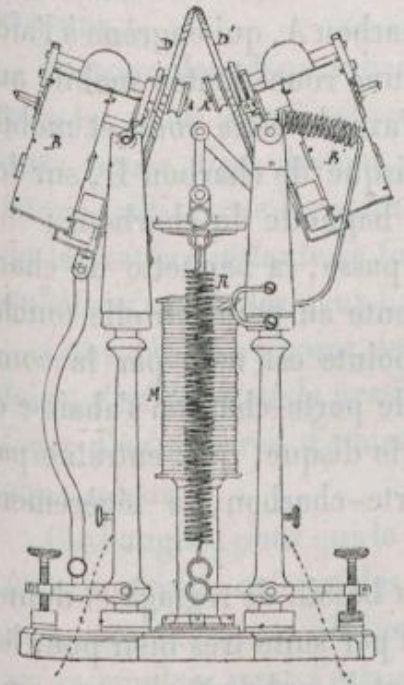


Fig. 19.

L'un de ces systèmes peut osciller autour d'un axe horizontal de manière à rapprocher ou à écarter le bord de son disque de charbon du bord de l'autre disque. Ces mouvements sont produits à l'aide d'un électro-aimant M, excité par le courant électrique, et d'un ressort R, qui agit en sens contraire.

L'appareil fonctionne de la manière suivante :

Les disques étant au contact, lorsque le courant passe, il excite l'électro-aimant, et le disque mobile s'écarte du disque fixe, l'arc voltaïque jaillit entre les deux points de la circonférence qui étaient tangents. Les deux disques en tournant renouvellent constamment les points entre lesquels jaillit l'arc voltaïque, et cela, jusqu'à ce que les deux disques soient usés.

Cet appareil est fort ingénieux, mais il a besoin d'être complété pour donner une lumière calme et régulière; dans son état actuel, la lumière est flottante et très inégale.

Si, comme il y a lieu de l'espérer, son inventeur parvient à corriger ces quelques défauts, qu'on rencontre presque toujours dans un instrument nouveau, ce régulateur trouverait son véritable emploi dans les phares électriques, qui doivent fonctionner quelquefois pendant douze ou quatorze heures.

Régulateur Reynier pour petites lumières (fig. 20). — Ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petit appareil, qui peut servir à produire des foyers de faible intensité, est d'invention toute récente : il date de quelques mois à peine. Il produit par incandescence des lumières depuis 1 bec jusqu'à 20 becs Carcel, suivant la dimension des charbons employés.

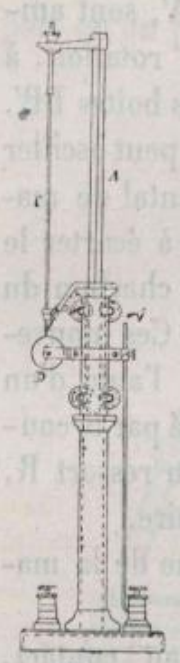


Fig. 20.

Le charbon *c*, qui doit donner la lumière, est soutenu par un porte-charbon A, qui engrène à l'aide d'une crémaillère avec une roue dentée mobile autour de son axe. Sur l'axe de cette roue et mobile avec ele, est fixé un disque de charbon D, sur lequel vient s'appuyer la baguette du charbon.

Lorsque le courant passe, la baguette de charbon devient incandescente au point où elle touche le disque; lorsque sa pointe est usée par la combustion, elle se casse, le porte-charbon s'abaisse et ramène le contact avec le disque, qui, entraîné par le mouvement du porte-charbon, a légèrement tourné.

Cette lampe, très simple, n'a pas besoin de réglage et donne une lumière assez fixe; elle convient par suite très bien pour les appareils de télégraphie optique dont l'emploi n'exige pas une lumière très forte, mais une grande fixité du point lumineux et cela avec des régulateurs simples et peu encombrants. La lampe Reynier paraît être la meilleure solution pour ce genre de service.

Cette lampe permet aussi d'obtenir plusieurs petits foyers lumineux avec une seule machine. M. Reynier a pu mettre jusqu'à 15 de ces lampes dans le circuit d'une machine Gramme, type d'atelier.

BOUGIES JABLOCHKOFF.

L'invention de M. Jablochkoff a pour objet :

1° La suppression du régulateur;

2° La production de plusieurs foyers lumineux à l'aide d'une seule machine.

La bougie se compose de deux charbons de dimensions égales

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placés parallèlement l'un à l'autre et séparés par une matière isolante fusible, soit de la porcelaine, soit simplement du plâtre. Ces crayons, qui ont 4 millimètres de diamètre sur 12 centimètres de longueur, sont montés sur deux tubes en cuivre isolés et reliés entre eux par de l'amiante.

Une petite tige en charbon réunit les pointes des deux crayons.

Lorsque les deux tubes de cuivre sont en communication avec les pôles d'une source électrique et que le courant passe, cette petite tige devient incandescente, et bientôt l'arc voltaïque jaillit entre les pointes des charbons. La partie supérieure de la matière isolante se fond, se volatilise et dégage, à mesure qu'elles s'usent, les deux baguettes de charbon.

Considérées au point de vue des applications au service militaire, c'est-à-dire à la production d'une seule lumière placée au foyer d'un appareil d'émission, les bougies Jablochkoff n'ont aucune valeur.

Ces bougies, pour que la combustion soit complète, ne peuvent être construites qu'avec des charbons de petites dimensions, elles ne sauraient donc utiliser les sources puissantes d'électricité qu'on emploie pour l'éclairage en avant des places, et qui brûlent des charbons de 2 centimètres de diamètre.

Elles ne peuvent être employées non plus dans la télégraphie optique, parce qu'il faudrait les compléter avec un système d'horlogerie ramenant à chaque instant la lumière au foyer des appareils d'émission. Ce serait revenir au régulateur, avec les inconvénients d'une lumière indécise, inégale, fumeuse, qui ne tarderait pas à ternir la surface des lentilles.

Mieux vaut tout de suite prendre un régulateur qui ne présente pas ces inconvénients.

Il faut remarquer en outre que, pour la production d'une lumière unique, les bougies Jablochkoff sont établies sur un principe faux. L'écart invariable des deux crayons suppose que la tension du courant électrique est constante. Or, dans toutes les machines, cette tension varie avec la vitesse de rotation, qui,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour être absolument régulière, demande de la part des chauffeurs une habileté très grande et une attention insoutenable pendant longtemps. Si la tension devient plus forte que celle qui correspond à l'écart des charbons, la bougie Jablochkoff n'utilisera pas toute la lumière qu'il serait possible d'avoir dans un régulateur avec cette tension. Si elle devient plus faible, il peut y avoir extinction, et le rallumage est automatiquement impossible.

Quant à l'emploi des bougies Jablochkoff pour la production de plusieurs foyers lumineux avec une même machine, c'est là une question industrielle que nous n'avons pas à juger; cependant il semble que les critiques qui viennent d'être faites pourraient s'appliquer de même à ce mode d'emploi, qui paraît être très inférieur à celui de la production de plusieurs foyers lumineux avec les bougies Jamin et les lampes Werdemann et Reynier, qui donnent une lumière fixe, régulière, nullement fumeuse et d'un prix moins élevé.

Elles pourraient cependant trouver leur emploi pour l'embarquement et le débarquement de nuit des troupes en chemin de fer: en les mettant au bout d'un bâton, avec des réflecteurs métalliques, on aurait des foyers lumineux puissants, qui ne demanderaient aucun soin et qu'on pourrait déplacer facilement.

CHARBONS.

Quelque parfait que soit un régulateur, il ne saurait donner une lumière calme et fixe qu'avec des charbons de bonne qualité.

Il y a quelques années encore, on n'employait pour la production de la lumière électrique que des charbons provenant des dépôts qui se forment sur les parois des cornues à gaz, et qu'on taillait sous forme de baguettes à sections carrées d'une longueur de 30 centimètres environ. Ces charbons, très durs et très denses, ont l'inconvénient grave :

1° De manquer d'homogénéité, par suite de s'user incomplètement et irrégulièrement et souvent de produire des éclats

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui rendent la lumière irrégulière, et peuvent même causer, au moins momentanément, son extinction;

2° De contenir des sels alcalins et de la silice qui se volatilisent et brûlent autour de l'arc voltaïque, en produisant des flammes de couleurs diverses, qui sont quelquefois une cause de perte de lumière, et toujours fort gênantes, quand on emploie la lumière électrique dans des appareils d'optique.

A mesure que les applications de la lumière électrique sont devenues plus nombreuses, les recherches pour obtenir des charbons n'ayant pas ces défauts se sont multipliées; aussi trouvait-on à l'Exposition un très grand choix de charbons artificiels.

Malheureusement, il est impossible de se prononcer sur ces produits, sans les avoir essayés; aussi nous n'indiquerons ici que ceux qui ont été soumis à des expériences suivies pendant ces dernières années. Ces charbons sont ceux de MM. Archereau, Gaudoin et Carré.

Les charbons Archereau sont formés d'un mélange de carbone pur et de magnésie, aggloméré, moulé par compression et recuit.

Les charbons Gaudoin ne contiennent que du carbone produit par un procédé particulier, réduit en poudre et aggloméré avec des carbures d'hydrogène; ils sont obtenus ensuite, comme les précédents, par un mélange avec compression suivie de cuisson.

Le détail de ces fabrications ne saurait trouver place ici; il a été donné, pour les crayons Carré et Gaudoin, avec beaucoup de détails dans l'ouvrage publié par M. Fontaine sur l'éclairage à l'électricité.

Il est regrettable que, dans ce même ouvrage, on ne trouve pas autant de détails sur les crayons Archereau, qui cependant en fabrication courante accusent une certaine supériorité sur les crayons Carré, et surtout sur les crayons Gaudoin.

Tous ces charbons sont, du reste, très supérieurs aux charbons de cornue et permettent d'obtenir une lumière très belle, très régulière et très calme,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

PROJECTEURS.

La lumière électrique étant produite entre les deux pointes de charbon du régulateur, si on veut l'employer à l'éclairage d'un atelier, on l'enferme dans des globes de verre dépoli, ou de porcelaine transparente ayant pour but de la diffuser, tout en éteignant la trop grande vivacité de son éclat, qui serait gênant pour la vue et pourrait même lui nuire.

Si l'on veut s'en servir pour éclairer un point éloigné, il faut la projeter sur ce point en réunissant ses rayons en un faisceau aussi concentré que possible, de manière à les utiliser tous. On se sert pour cela d'un appareil désigné sous le nom de projecteur. — Sa fonction est de transformer en un faisceau cylindrique les rayons émanés de la lampe électrique, et de permettre de diriger facilement ce faisceau sur un point quelconque de l'espace.

Jadis on employait dans ce but des miroirs paraboliques, au foyer desquels on plaçait la source lumineuse; mais, outre que les miroirs dits paraboliques ne le sont jamais, ces instruments ne renvoient parallèlement à leur axe que les rayons issus du point lumineux qui coïncide juste avec leur foyer. La source lumineuse ayant généralement une dimension appréciable, tous les rayons qui émanent des autres points sont lancés dans une direction différente; on a donc ainsi une diffusion nuisible à la portée de la lumière. Enfin, jusqu'à présent, on n'est point parvenu à construire d'une manière satisfaisante les projecteurs paraboliques métalliques de grand diamètre.

Les seuls appareils de projection qu'on rencontrait à l'Exposition sont des projecteurs Fresnel, exposés par la maison Sautter et Lemonnier et par la maison Barbier-Fenestre, et un projecteur parabolique métallique construit par cette dernière maison.

Le projecteur Fresnel construit par MM. Sautter et Lemonnier se compose d'une lentille Fresnel de 60 centimètres de diamètre, formée de neuf éléments, trois dioptriques et six catadioptriques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au foyer de cette lentille est placée la source lumineuse, l'arc qui jaillit entre les deux crayons de la lampe électrique, de sorte que les rayons lumineux déviés par les éléments lenticulaires sortent parallèles à l'axe optique de la lentille.

La figure 21 montre le régulateur placé au foyer de l'appareil optique et l'ensemble porté dans un tambour en tôle. Ce tambour et l'ensemble peuvent tourner autour de l'axe vertical et osciller autour d'un axe horizontal. Ces deux mouvements, qui peuvent à volonté être successifs ou simultanés, permettent de projeter dans toutes les directions et sous toutes les inclinaisons le faisceau lumineux.

L'appareil est disposé de manière à ce que, par le seul fait de son introduction dans son support, la lampe reçoive le courant électrique et ne cesse pas de le recevoir, quels que soient les mouvements que l'on donne au cylindre oscillant.

Une petite lunette placée sur un des tourillons du cylindre projette sur un écran de verre dépoli l'image des charbons, et permet de suivre la marche de la lampe sans ouvrir le cylindre, ce qui pourrait être dangereux pour la vue de l'opérateur.

Une vis, dont la tête est figurée en V, fait varier la position de la lampe, soit pour ramener au foyer le point lumineux, soit pour l'écarter et produire une divergence plus ou moins grande du faisceau.

Une vis de serrage et la manette M servent à maintenir le faisceau dans une direction déterminée, la première en arrêtant le mouvement tournant, et la seconde en empêchant le mouvement oscillant.

Cet ensemble mobile est posé sur un socle en fonte, qui se fixe sur le pont d'un navire, ou à l'intérieur d'une casemate, si l'appareil doit être fixe, ou sur un petit chariot, si on veut le déplacer aisément. Cet appareil est en outre muni d'un disperseur, qui a pour but d'étaler le faisceau en largeur sans rien changer à sa hauteur. Ce disperseur est une fenêtre circulaire ayant les mêmes dimensions que le projecteur, et qui se place en avant de la lentille. Cette fenêtre est formée d'une série de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lames en verre dont une des faces est plane et l'autre cylindrique. Les génératrices de ces surfaces cylindriques sont toutes perpendiculaires au plan horizontal qui passe par l'axe de l'appareil quand celui-ci est horizontal.

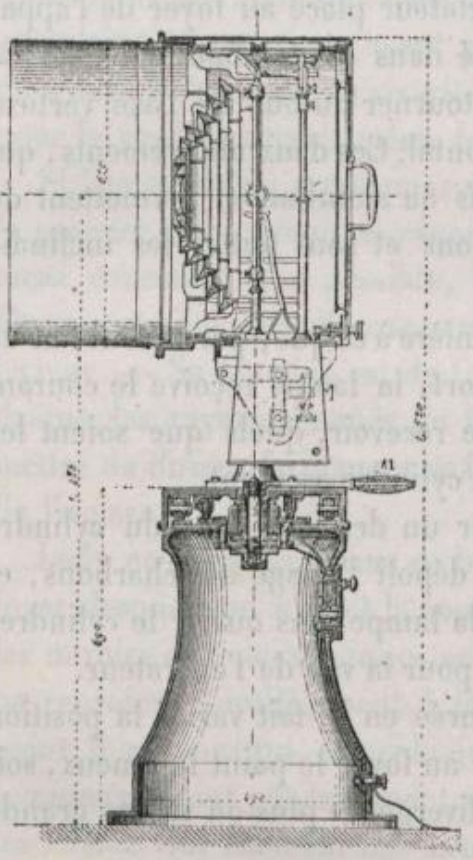


Fig. 21.

Chacune de ces lames dévie par réfraction, dans les plans perpendiculaires aux génératrices, les rayons qu'elle reçoit, mais ne les dévie pas dans le sens des génératrices : le faisceau conserve donc sa hauteur, mais s'étale en largeur.

Cet appareil est destiné à la marine, qui a souvent besoin d'éclairer des bandes très étendues, pour se mettre à l'abri des attaques des bateaux-torpilles. D'après les expériences qui ont été faites dernièrement à Toulon à bord du *Richelieu*, ce disperseur a donné d'excellents résultats. La lumière qu'il absorbe n'est pas assez considérable pour contre-balancer l'avantage d'étaler la lumière sur une zone très étendue.

Le projecteur Fresnel exposé par MM. Barbier et Fenestre a les mêmes dimensions et les mêmes formes que le précédent; il n'en diffère que par la construction, qui est plus massive et beaucoup moins soignée. Cet appareil n'a pas de disperseur.

Le projecteur parabolique exposé par la même maison a des dimensions considérables; son diamètre est de $1^{m},10$. C'est un énorme paraboloïde en métal dont la surface interne est argentée et dont le foyer doit être occupé par le point lumineux.

Ce paraboloïde utilise une très grande partie de la sphère de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rayons émise par le point lumineux; pour utiliser cette sphère tout entière on a placé en avant du foyer un projecteur Fresnel de 40 centimètres de diamètre, ayant même foyer que le réflecteur parabolique, et qui reçoit tous les rayons qui échappent à celui-ci.

L'ensemble de cet appareil a dû demander à son constructeur beaucoup de travail, de temps et de soins. Cependant il n'y a qu'à regarder les stries nombreuses qui couvrent la surface réfléchissante pour comprendre combien il est difficile, avec les moyens actuellement connus, de construire un réflecteur parabolique parfait, quand il a de grandes dimensions.

Il est impossible, sans l'avoir expérimenté, de dire ce que peut donner ce projecteur, mais cependant, en ne tenant pas compte des défauts de construction inhérents aux réflecteurs paraboliques et en admettant que toutes les sections passant par l'axe soient exactement des paraboles indéformables dans les transports, il est possible de se rendre compte de l'effet produit par l'addition du projecteur Fresnel.

Pour que les deux faisceaux émis, l'un par le projecteur Fresnel, l'autre par le réflecteur parabolique, ne soient pas divergents, il faut que les deux appareils aient toujours exactement le même foyer; c'est là une condition très difficile à remplir, surtout dans des appareils qui doivent être transportables. Mais admettons ce résultat obtenu, et voyons ce que produit le réflecteur Fresnel : pour cela reportons-nous à ce qui a été dit précédemment au sujet de la production de la lumière avec des machines Gramme. On a fait remarquer que la plus grande lumière produite était celle qui était donnée par la facette du charbon supérieur, facette qui doit, par suite, être toujours tournée du côté de l'appareil de projection; dans le cas particulier dont il s'agit, elle devra évidemment être tournée vers le réflecteur parabolique. Le projecteur Fresnel n'utilisera donc que la lumière, assez faible, émise par la pointe négative.

Si maintenant on considère le cylindre *achg* parallèle à l'axe, et ayant pour base la circonférence extérieure du Fresnel, on voit que tous les rayons réfléchis par la partie *abc* du réflec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur parabolique seront compris dans ce cylindre et viendront tomber sur la surface du Fresnel, qui, les déviant par réfraction, les transformera en un faisceau divergent par rapport aux deux autres : celui qui est donné par le reste du paraboloïde et celui qui est donné par les rayons de la source lumineuse tombent directement sur le Fresnel.

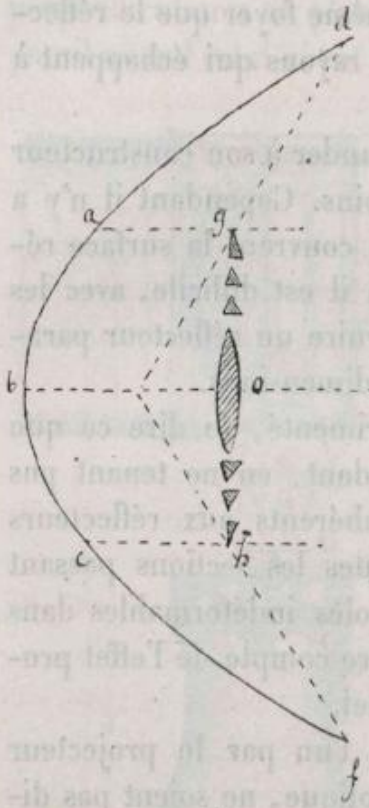


Fig. 22.

L'addition de cet appareil n'a donc que peu d'avantages et présente au contraire des inconvénients graves. Un projecteur de cette espèce a été construit, il y a quelques années, pour la Russie, qui ne paraît pas en avoir été satisfaite, puisque depuis cette époque elle n'a plus fait construire que des projecteurs Fresnel.

Les projecteurs qui sont destinés à remplacer, dans un avenir immédiat, ceux qui viennent d'être décrits, sont les projecteurs de M. le colonel Mangin. Ces appareils, construits par MM. Sautter et Lemonnier, ne figuraient pas à l'Exposition.

A. Leclère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

QUATRIÈME SECTION.

GÉOGRAPHIE ET CARTOGRAPHIE.

(CLASSE XVI.)

CHAPITRE PREMIER.

CARTOGRAPHIE.

---

§ 1^cr^. — COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF SUR LES PROGRÈS DE LA CARTOGRAPHIE DEPUIS LE COMMENCEMENT DU XIX^e^ SIÈCLE,

PAR E. ROUBY, CHEF D'ESCADRON D'ÉTAT-MAJOR.

Les Expositions universelles se succèdent depuis trente ans à des intervalles si rapprochés, qu'il est difficile de déterminer d'une manière précise les progrès réalisés de l'une à l'autre dans certaines branches de la science ou de l'industrie, qui marchent à pas lents, mais sûrs, et dont les perfectionnements successifs sont dus surtout aux leçons de l'expérience. La science cartographique est dans ce cas ; les œuvres qu'elle a apportées à l'Exposition de 1878 ne diffèrent pas sensiblement, quant aux méthodes et quant aux procédés, de celles qui figuraient à l'Exposition de 1867. La comparaison entre les deux époques n'offrirait donc qu'un intérêt médiocre. Mais, en prenant un point de départ un peu plus éloigné dans le passé, on voit les améliorations s'accentuer davantage; on en saisit mieux le mouvement progressif, mouvement qui ne s'est pas interrompu un seul instant depuis la rénovation complète à laquelle, vers la fin du siècle dernier, les ingénieurs-géographes français de la République et de l'Empire ont pris la plus grande part.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Considérée dans son acception la plus générale, la cartographie a pour but l'établissement et la confection des cartes de toute espèce : géographiques, topographiques, géologiques, minéralogiques, statistiques, etc., quelle que soit la nature des renseignements particuliers qu'elles fournissent, du moment qu'elles représentent, au fond, la configuration de l'ensemble ou d'une partie seulement de la surface terrestre. La cartographie touche aux sciences mathématiques par la géodésie, aux arts graphiques par le dessin et la gravure, aux arts industriels par l'impression, aux sciences physiques et chimiques par l'emploi de la photographie, de l'héliogravure, de la galvanoplastie. C'est sous ces divers points de vue que seront étudiés, dans la présente notice, les produits cartographiques exposés en 1878 au palais du Champ de Mars. Cependant, il ne faudra pas s'étonner que le point de vue militaire y prédomine, car la topographie, désormais base de la géographie et source première de la plupart des cartes à petite échelle, est devenue une science presque exclusivement militaire, depuis que les divers pays de l'Europe ont entrepris la représentation exacte et détaillée de leur territoire, depuis qu'ils ont institué dans ce but des établissements spéciaux chargés de l'exécution des travaux, et que ces travaux ont été confiés à peu près partout à des officiers de l'armée. D'ailleurs les cartes n'intéressent pas seulement le commerce, l'industrie, l'agriculture, l'enseignement, etc.; elles ont une importance de premier ordre pour la préparation de la guerre et pour la connaissance du terrain sur lequel s'accomplissent les opérations militaires.

Aux Expositions internationales de 1851 et 1862 à Londres, de 1853 à New-York et de 1855 à Paris, la cartographie a passé presque inaperçue. On ne saurait attribuer ce fait à l'indifférence du public à son égard. Il est certain, toutefois, que les œuvres cartographiques occupaient un espace étroitement resserré parmi les produits de l'art et de l'industrie. Si elles s'y trouvèrent en moins grand nombre qu'aux récentes Expositions, c'est que la cartographie traversait alors une époque de transi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, et que les procédés nouveaux n'avaient pas encore paru donner des résultats assez pratiques pour être présentés au jugement du public. Quelques cartes d'état-major, nom qu'on donnait déjà aux cartes officielles préparées par les gouvernements, étaient alors suffisamment avancées pour offrir un certain intérêt; mais leurs modes d'exécution, dérivés en général de ceux adoptés par les ingénieurs-géographes français, avaient été fixés dans chaque pays, dès l'origine, et ne pouvaient plus être modifiés jusqu'à leur entière terminaison, sous peine de manquer d'unité. De ce côté donc, aucune innovation n'était possible.

La lutte qui s'était élevée, de 1818 à 1822, au sujet du mode d'éclairer le terrain sur la nouvelle carte de France, se continuait entre les partisans de la lumière zénithale, système dérivé de Cassini, inauguré en Allemagne, vers 1799, par le major saxon Lehmann, et les partisans de la lumière oblique, pratiquée depuis la même époque par les ingénieurs-géographes. La France, malgré ses précédents, la Prusse et tous les États allemands, l'Angleterre, l'Autriche et la Hollande avaient adopté le premier système; la Suisse et le Piémont, seuls, employaient le second.

L'unique amélioration réalisée depuis 1850 par les établissements officiels, et notamment en France, consistait dans l'emploi de la galvanoplastie pour la reproduction et la correction des planches gravées, ainsi que dans l'aciérage des cuivres en vue de leur conservation.

Quant à l'industrie privée, elle n'avait eu, en général, aucun progrès sensible à enregistrer aux expositions qui précédèrent 1867. Elle ne pouvait lutter avec les établissements officiels pour l'exécution des cartes topographiques; elle se contenta de produire des cartes géographiques pour l'instruction générale et pour l'enseignement; et, si ce n'est en Allemagne, où depuis longtemps la géographie était en grand honneur et où l'on pouvait, dès 1850, constater des améliorations notables, elle conservait presque partout les errements du passé, copiait et recopiait les cartes anciennes, sans se soucier de la vérité, sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rectifier les fautes grossières qui s'y éternisaient; enfin elle continuait à représenter les chaînes de montagnes suivant les lignes de partage des eaux, d'après un système de convention, qui n'avait rien de commun avec la science.

Quelques essais timides avaient été tentés cependant, aussi bien dans les établissements créés par les gouvernements que dans ceux qui étaient dus à l'industrie privée, en vue d'appliquer à la confection des cartes les découvertes récentes de la lithographie d'abord, puis, plus tard, de la photographie et de l'héliogravure, et aussi dans le but de trouver des moyens d'exécution plus expéditifs et moins coûteux que la gravure sur cuivre. On avait déjà reconnu, antérieurement à la première Exposition universelle (1851), que les cartes polychromes avaient l'avantage d'être plus claires et plus lisibles que les cartes imprimées tout en noir, et que, les courbes horizontales suffisant pour définir les formes du terrain, il y avait avantage à les substituer, au moins pour les cartes à grande échelle, aux hachures, procédé plus expressif, il est vrai, et d'un effet plus plastique que les courbes, mais dont l'exécution exige beaucoup plus de temps et coûte, par conséquent, davantage. En résumé, on recherchait déjà les moyens de vulgariser les études géographiques en produisant et en vendant des cartes à bon marché; malheureusement, l'industrie privée, peu entreprenante à l'ordinaire quand elle craint de risquer ses intérêts, restait, dans cette voie, à la remorque des grands établissements officiels, seuls capables, par les moyens dont ils disposent, de donner à ces essais une impulsion vigoureuse, en consacrant, par leur initiative, l'emploi des nouveaux procédés, mais occupés alors activement à préparer ou à terminer les levés à grande échelle qui devaient servir, plus tard, de base à la cartographie moderne.

A l'origine de la cartographie officielle, que l'on peut faire dater à peu près du commencement du XIX^e^ siècle, les États de l'Europe qui les premiers entreprirent leur carte topographique : l'Angleterre (en 1809), l'Autriche (1810), la Bavière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(1812), la France (1818) et, plus tard, la Norwège (1826), la Suisse (1832), la Saxe (1837), la Russie (1839), le Danemark (1845), avaient adopté la gravure sur cuivre, substituée depuis le milieu du XVI^e^ siècle à la gravure en relief sur bois. Mais dès que la lithographie, inventée par Senefelder vers l'an 1800, devint d'un emploi plus pratique et fournit des résultats de plus en plus rapprochés de la gravure sur cuivre, elle fut employée par la plupart des petits États de l'Europe, comme plus expéditive et moins coûteuse. Le Wurtemberg commença, en 1829, et son exemple fut suivi successivement par la Hesse-Darmstadt, le grand-duché de Bade, la Hesse-Cassel, la Prusse (pour la Westphalie et les provinces rhénanes), le Piémont, les Pays-Bas et la Belgique.

Jusque vers 1850, on put croire que la gravure sur cuivre était seule capable de rendre avec finesse et élégance les détails multipliés qu'exigent les cartes, et que, seule, elle avait réellement un caractère artistique. Les premières cartes topographiques et géographiques exécutées au moyen de la gravure sur pierre, qui, tout en participant de la lithographie pour les préparations à faire subir à la pierre et pour les procédés d'impression, en diffère, cependant, par le mode d'exécution du dessin, sont en effet lourdes d'aspect; le trait y est épaté, les teintes produites par le figuré du terrain sont uniformes; les finesses ont disparu vite à l'impression. Mais la carte de Grèce à 1/200000^e^ publiée en 1852 par le Dépôt de la guerre français montra le parti qu'on pouvait tirer du nouveau procédé. La carte de la partie sud-ouest des États de l'Église à 1/80000^e^ (1856), les cartes de l'atlas de la guerre d'Orient (1858), de la guerre d'Italie (1861) à diverses échelles, la carte du Liban à 1/200000^e^ (1862), de l'Afrique sous la domination romaine à 1/2000000^e^ (1864), publiées successivement par le même établissement, forment une série continue de travaux qui affirment les progrès obtenus en France antérieurement à l'Exposition de 1867, et qui prouvent que la gravure sur pierre peut être employée avec succès pour toutes les œuvres cartographiques :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

géographie, chorographie, topographie. Elle se prête, en effet, à tous les détails de la planimétrie la plus compliquée, aussi bien qu'aux déliés des plus fines écritures et au modelé par les hachures des terrains les plus variés. Si, au point de vue artistique, elle n'atteint pas les résultats de la gravure sur cuivre, elle a sur cette dernière l'avantage immense de pouvoir servir à l'établissement des cartes polychromes, et cet avantage a été utilisé, dès l'origine, pour quelques-unes des cartes précédemment citées, celles du Liban, de l'Afrique romaine et de la guerre d'Italie.

Avant 1867, peu d'établissements officiels de l'Europe avaient employé la chromolithographie. La Hesse-Cassel, seule, avait publié suivant ce système un certain nombre de ses minutes originales à 1/25000e, et la Belgique venait seulement de commencer, en 1866, la reproduction en couleurs de ses planchettes à 1/20000e.

Une autre modification, non moins importante que la chromolithographie, la substitution des courbes de niveau équidistantes aux hachures suivant les lignes de plus grande pente, avait été introduite depuis peu dans le mode de figurer le terrain sur les cartes topographiques.

La plus ancienne carte où l'on ait eu l'idée d'employer, dans ce but, les courbes d'intersection de la surface du sol avec des plans horizontaux équidistants date de 1729; c'est la carte hollandaise de N. Cruquins, représentant le fond du lit de la Merwede, affluent du cours inférieur de la Meuse. En 1738, un Français, Philippe Buache, présentait à l'Académie des sciences de Paris une carte en courbes horizontales de dix en dix brasses exprimant le fond de la mer de la Manche. En 1771, Ducarla, de Genève, proposait d'appliquer les sections horizontales à la représentation des inégalités du sol terrestre. Ce fut d'après les principes établis par lui que l'ingénieur-géographe français Dupain-Triel construisit, en 1782, à très petite échelle, une carte de France exprimant, par des courbes de niveau, les points d'égale altitude de la surface. Mais le très

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petit nombre de cotes de nivellement qu'il put se procurer sur toute l'étendue du territoire ne lui permit d'exprimer les formes générales que d'une façon grossière. La première application sérieuse de ce procédé à la représentation exacte de petites portions de la surface du sol est due au général Haxo, alors chef de bataillon du génie, qui l'employa avec un plein succès aux levés des environs de la Rocca-d'Anfo (Lombardie), en 1801.

La commission réunie en 1802 à Paris dans le but de discuter les moyens de figurer le terrain sur les cartes réserva les courbes de niveau aux besoins spéciaux des divers services. Celle de 1826, chargée de préparer le mode d'exécution de la nouvelle carte de France, décida que les courbes sont suffisantes pour exprimer le relief sur les plans dont l'échelle est plus grande que le 1/10000e, mais que, sur les cartes à échelle plus petite, et en particulier sur la carte de France à 1/80000e, les sections horizontales seraient la base du figuré du terrain par les hachures, afin que la direction normale de ces hachures suivant les lignes de plus grande pente restât constamment assurée.

Les discussions fameuses qui eurent lieu à cette occasion, et auxquelles prirent part Arago et d'autres illustrations de la science, attirèrent l'attention de tous les États de l'Europe qui commençaient ou étaient sur le point d'entreprendre leur carte topographique. Plusieurs acceptèrent immédiatement les conclusions de la commission de 1826. Dès 1829 on commença les levés par courbes horizontales du Hanovre, ceux du grand-duché de Bade en 1833, de la Suisse en 1836, de la Hesse électorale en 1840, de la Prusse en 1847, du Portugal en 1858, de la Belgique en 1860. Mais les courbes construites sur les minutes originales ne figurèrent pas sur les cartes à plus petite échelle livrées à la publicité; elles servirent seulement de directrices aux hachures et disparurent sous ces dernières. La carte du Danemark à 1/80000e, dont la publication commença en 1845, fut la première carte officielle qui porta

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exclusivement des courbes de niveau. Les pays dont la topographie étaient déjà très avancée ne pouvaient appliquer le nouveau système à leurs cartes : ils persévérèrent dans l'emploi des hachures. Mais ceux qui en étaient seulement à un commencement d'exécution s'empressèrent de l'adopter, ainsi que d'autres qui, ayant terminé leurs travaux d'ensemble, songeaient déjà à publier leurs minutes originales à grande échelle. Ainsi le Portugal, qui avait publié en 1856 les deux premières feuilles de sa carte à 1/100000e avec des hachures, exécuta les suivantes avec des courbes de niveau. Les minutes à 1/25000e de la carte de la Hesse électorale parurent les premières, en 1859, avec des courbes horizontales. Depuis 1860 environ, les feuilles de la carte d'Irlande à 1/63360e («one inch map», un pouce pour un mille) se publient en deux éditions, l'une avec des courbes, l'autre avec des hachures. La plupart des cartes à 1/1056oe de l'Ordnance survey (Îles-Britanniques) portent des courbes horizontales. La Russie, l'Autriche et l'Italie ont tardé à adopter ce procédé; cependant, dès 1820, le feldzeugmeister Von Hauslab l'avait introduit à l'Académie autrichienne du génie à Vienne.

Le système inauguré par Dupain-Triel, d'après les idées du Hollandais Cruquins et du Français Buache et suivant les principes fondés par le Génevois Ducarla, faisait son chemin; peu à peu tous les établissements officiels de l'Europe l'employaient pour la topographie détaillée. Dès l'origine, les géographes s'étaient empressés de l'appliquer aux cartes à petite échelle. La géographie, en effet, peut se contenter de courbes approximatives et généraliser les formes du terrain en supprimant les détails qui ne peuvent être exprimés sur les cartes à petite échelle; elle n'a besoin, pour les construire, que d'un nombre restreint de cotes de nivellement. A la topographie, au contraire, il n'est permis de tracer des courbes qu'à la condition qu'elles soient très exactes, afin qu'on puisse conclure immédiatement la différence de niveau entre deux points de détail indiqués par la planimétrie sur laquelle elles s'appuient; il est donc indispensable que la direction et la situation de ces courbes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soient assurées par un grand nombre de cotes d'altitude. A la géographie des altitudes barométriques suffisent; la topographie exige un nivellement géométrique pour représenter par des courbes les formes du terrain. Il n'est donc pas nécessaire que la topographie d'un pays soit terminée pour qu'on en puisse exprimer le relief sur une carte géographique au moyen de sections horizontales.

Les cartes de ce genre ont reçu les noms d'hypsométriques, stratigraphiques ou hypsostratimétriques. Pour y indiquer les rapports de hauteur des zones successives, on emploie des séries de teintes d'intensité ou de couleurs différentes.

La première carte hypsométrique est celle qui fut construite en 1830, pour l'Europe entière, par deux géographes danois, Ohen et Bredstroff. Le Suédois Forsell exécuta de la même manière, en 1835, une carte générale de Suède et Norwège; le Prussien Wolff, en 1846, publia une carte stratimétrique des Alpes et de l'Allemagne. Mais c'est le Hanovrien Papen qui se distingua surtout dans ce genre : sa carte hypsométrique de l'Europe centrale en douze feuilles, commencée en 1853 et qu'il ne put achever avant sa mort, est un chef-d'œuvre.

Au moment où s'ouvrait à Paris l'Exposition universelle internationale de 1867, le brillant avenir de la cartographie était assuré. Les nécessités impérieuses amenées par les relations sans cesse croissantes de peuple à peuple, les besoins du commerce, de l'industrie, des opérations militaires, enfin l'espèce de lutte scientifique qui s'était établie dès l'origine entre les établissements officiels des diverses nations de l'Europe, n'avaient pas peu contribué à faire progresser les méthodes de levé, les moyens de représentation du terrain, les procédés graphiques d'exécution et les modes d'impression. On était bien loin du temps où le figuré en perspective des montagnes se superposait sur les cartes à une projection horizontale de la planimétrie plus ou moins approchée de la vérité, où Frédéric le Grand faisait indiquer par des couleurs foncées les parties du terrain les plus élevées, desquelles on avait des vues sur les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vallées et sur les plaines basses. Les lois les plus rigoureuses de la géométrie présidaient désormais à la représentation des formes du terrain.

En France, les levés à 1/40000e étaient terminés sur toute l'étendue du territoire; quelques feuilles seulement de la carte à 1/80000e restaient à publier. Les cartes topographiques de la Hollande à 1/40000e; de la Bavière, du grand-duché de Bade, du Wurtemberg, de la Hesse-Darmstadt, de la Hesse-Cassel et du Piémont à 1/50000e; du royaume de Saxe à 1/57600e; de la Prusse occidentale à 1/80000e; de la Suisse à 1/100000e; de la Lombardo-Vénétie, des duchés de Parme, Plaisance, Modène, des Marches, de la Toscane et des États de l'Église à 1/86400e, exécutées par l'état-major autrichien, étaient terminées et livrées au commerce. Tout l'empire d'Autriche, à l'exception de la Hongrie, était publié à l'échelle de 1/144000e. Les provinces orientales de la Prusse étaient exécutées à 1/100000e pour une bonne partie. Les cartes d'Angleterre et d'Irlande à 1/63360e étaient à peu près achevées; l'Écosse avançait rapidement vers sa fin, le Danemark un peu lentement. La Belgique à 1/40000e était en bonne voie. En Russie et dans la presqu'île Scandinave les levés étaient peu avancés encore, vu la grande étendue du territoire; cependant la carte de Pologne à 1/126000e était terminée. Le Portugal commençait à peine sa carte chorographique à 1/100000e; l'Espagne n'avait pas encore entrepris la sienne. Les ingénieurs-géographes français avaient levé, à la suite de la campagne de 1823-1824, la carte de Grèce à 1/200000e. Quant à la Turquie, on ne possédait sur son territoire aucun document officiel; les Russes et les Autrichiens, ses voisins, s'efforçaient de combler cette lacune par des reconnaissances rapides, qui permettaient l'établissement de cartes provisoires, dont les événements récents ont démontré la grande utilité.

Parallèlement aux établissements officiels, l'industrie privée avait fondé, depuis le commencement du siècle, sur divers points de l'Europe, d'importants établissements cartographiques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui avaient pris à cœur de tenir le public au courant des nouvelles découvertes géographiques accomplies sur les parties du globe encore inexplorées, qui utilisaient, au fur et à mesure de leur publication, les documents officiels et les renseignements rapportés par les voyageurs de leurs expéditions lointaines, rectifiaient les anciennes cartes, et les refondaient souvent en se conformant aux nouveaux procédés.

La maison Artaria, de Vienne, jouissait déjà, en 1800, d'une certaine réputation, brillamment acquise. L'établissement géographique de Bruxelles publiait, de 1837 à 1853, la carte de Belgique de Van der Maelen à 1/80000e, en 25 feuilles, premier exemple, depuis Cassini, d'un document topographique à grande échelle dû à l'initiative privée. L'Institut géographique de Müllhaupt, à Berne, présentait, dès 1860, un nouveau procédé de gravure sur cuivre en couleurs, avec les montagnes ombrées à l'effet. L'Institut géographique de Weimar publiait, en 1863, un remarquable atlas, établi par Kiepert, les frères Gräff et Bruhns. L'Institut de Justus Perthes, à Gotha, avait depuis longtemps une réputation européenne, que lui avait acquise la savante collaboration de Petermann, Vogel, Mayr, Berghaus, Sonklar; en 1842, il faisait paraître l'atlas de Sydow; en 1867, la dixième édition de l'atlas Stieler, dont la première datait de 1817. La maison Dietrich Reimer, de Berlin, éditait en 1865 l'atlas du professeur Kiepert, et, de proche en proche, ses cartes murales, si répandues et si utiles pour l'enseignement.

Enfin, pendant la première moitié du siècle, un grand nombre de travaux géographiques dus également à l'initiative privée avaient enrichi la cartographie. On peut citer parmi eux : ceux d'Arrowsmith, en Angleterre, ainsi que le grand atlas publié à Liverpool par la maison *Philip* et *son*, et le « royal atlas » de Keith Johnston; en Autriche, ceux du docteur Koristka, de Scheda (carte d'Europe à 1/576000e), du général Hauslab et du chevalier Streffleur, voués plus particulièrement aux études hypsométriques; en Allemagne, de Liebenow (Europe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

centrale à 1/300000e, 1864), de Reymann (Europe centrale à 1/200000e, carte dont la propriété a été récemment acquise par le Gouvernement allemand et qui est devenue officielle); en Espagne, de Coëllo (atlas d'Espagne à 1/200000e, 1848-1857, semi-officiel); en France, de Capitaine (France à 1/345600e, réduite de Cassini), de Raymond, capitaine ingénieur-géographe (carte des Alpes à 1/200000e publiée en 1822), de Lapie, colonel d'état-major (atlas universel, 1830), de Brué (atlas universel, 1820), etc.

Tel était, au commencement de 1867, l'état général de la cartographie en Europe. Durant la période de quinze ans qui s'était écoulée depuis la première Exposition universelle de Paris en 1851, les progrès avaient toujours été en croissant. On pouvait apprécier déjà les efforts persévérants faits par les établissements officiels et par ceux de l'industrie privée, dans le but de populariser les études géographiques par la diffusion des cartes. Les résultats acquis à la cartographie, à la suite de l'Exposition de 1867, sont exposés dans les comptes rendus du jury international, dans une série de rapports rédigés par les membres de la commission militaire constituée à cet effet, et dans quelques écrits de l'époque, publiés en France ou à l'étranger. On peut résumer ces résultats de la manière suivante :

La topographie officielle, monopole exclusif des Gouvernements, accuse des progrès réels; le figuré du terrain par le système classique des hachures suivant les lignes de plus grande pente est appuyé généralement sur les traces apparentes ou cachées des sections horizontales déterminées préalablement au moyen de cotes nombreuses. Les courbes ne sont pas encore tracées assez exactement, ni assez régulièrement, pour rendre le terrain avec toute la perfection désirable; cependant la publication récente des premières feuilles à 1/20000e de la Belgique indique une tendance marquée vers l'emploi exclusif des courbes de niveau pour les cartes à grande échelle, procédé qui a l'avantage de diminuer le prix de revient et, par conséquent, le prix de vente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la première fois, en 1867, la carte de la Suisse à 1/100000e, par le général Dufour, entièrement terminée depuis 1865, est offerte toute assemblée aux yeux du public. Son rapprochement des autres cartes d'état-major facilite la comparaison entre le système de la lumière oblique et celui de la lumière verticale, presque généralement employée en topographie. La Suisse, pays de hautes montagnes, se trouve dans un cas particulièrement favorable à l'emploi de la lumière oblique : la question de supériorité de ce système reste donc indécise.

Les cartes en couleur font leur première apparition officielle sous le patronage des Dépôts de la guerre de Belgique et de Hollande. Le procédé de gravure chromolithographique dit procédé Eckstein, du nom de son inventeur, actuellement directeur des travaux techniques au Dépôt de la guerre de la Haye, frappe surtout les yeux du public; il se distingue par la clarté du trait, l'élégance et l'harmonie des couleurs, ainsi que par la perfection avec laquelle sont imités les tons de la nature et leurs effets variés.

On peut constater déjà, en 1867, les avantages qu'offre la photographie pour l'application, à la réduction et à l'amplification des cartes, des procédés de la photolithographie et de l'héliogravure; mais les résultats obtenus dans ces deux genres ne sont pas encore de nature à faire craindre l'abandon prochain de la gravure artistique sur pierre ou sur métal.

Plusieurs établissements officiels s'occupaient déjà, en 1867, de la reproduction des minutes originales de leurs cartes d'état-major, afin de les livrer au commerce. Le Gouvernement britannique avait même commencé depuis longtemps et continuait la publication de ses plans cadastraux («parish maps», plans de paroisses) à l'échelle de 1/2500e; près de 15,000 feuilles avaient déjà paru en 1867, et l'on exprimait avec raison le désir de voir cette innovation se généraliser dans tous les pays où le cadastre était terminé.

D'un autre côté, la cartographie industrielle était en voie d'amélioration. Cependant on pouvait regretter, en 1867, à une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

époque où les travaux topographiques de l'Europe étaient déjà très avancés, l'exhibition de cartes d'enseignement anglaises et françaises où l'on voyait encore des montagnes dessinées en forme de peignes et d'arêtes de poisson. La Suisse inaugurait un nouveau procédé de représentation du relief par la combinaison de courbes horizontales et de teintes dégradées au crayon lithographique (cartes de Ziegler et de Müllhaupt). Les cartes hypsométriques de Hauslab, de Streffleur et de Papen, en Allemagne, se distinguaient par le figuré méthodique des zones de hauteurs différentes. La France elle-même ne restait pas en arrière, et le colonel Borson présentait des études manuscrites de l'hypsométrie française, où il appliquait, au moyen de teintes dégradées et de couleurs variées, le principe posé en Autriche par le général Hauslab : « plus haut, plus foncé » (*je höher, desto dunkler*).

On ne saurait rappeler les principaux travaux géographiques et topographiques qui figurèrent à l'Exposition de 1867, sans citer la remarquable collection des reliefs Bardin, représentant des spécimens des montagnes françaises de diverses élévations, depuis les dunes de Gascogne jusqu'au massif du mont Blanc. Ces reliefs, établis d'après une nouvelle méthode imaginée par Bardin lui-même, et qui consiste à superposer des cartons ou des planchettes de bois découpés suivant les courbes horizontales définissant les formes du terrain, sont l'expression la plus fidèle de la nature lorsqu'on a rempli les gradins avec une substance malléable, de manière à rendre la surface continue. Le procédé était si simple, tellement à la portée de tous, qu'il est passé immédiatement dans le domaine public. Faciliter, même aux plus ignorants, la lecture des cartes topographiques par la comparaison des plans-reliefs et des dessins, tel était le but élevé que visait Bardin. Malheureusement, ce but n'est pas encore atteint; il le serait peut-être, si la mort n'avait pas enlevé dix ans trop tôt le savant initiateur.

L'Exposition de 1873, à Vienne, était trop rapprochée de celle de 1867, pour qu'on pût constater des progrès bien sen-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sibles dans les résultats obtenus par la cartographie durant cette courte période de six années. Mais nous devons signaler ici l'espèce de rénovation des études géographiques qui s'est produite en France pendant la portion de cette période qui suivit immédiatement la guerre de 1870-1871. Ce n'est pas seulement au Dépôt de la guerre, au centre principal des productions cartographiques du pays, c'est partout, en province comme à Paris, chez les particuliers comme dans les établissements industriels spéciaux, dans le public comme dans l'armée, que le mouvement se prononce et s'accentue d'une manière indéfinissable dès 1872. Les méthodes d'enseignement se modifient; tout le monde achète et étudie les cartes; d'où nécessité, pour ceux qui les font, de chercher à les améliorer en les rendant plus exactes, plus claires et plus lisibles. Le Dépôt de la guerre, débarrassé des entraves qui, depuis cinquante ans, le tenaient étroitement lié à la confection de la grande carte de France, bien près alors d'être terminée, pouvait désormais employer à d'autres travaux son personnel technique. Il prend la tête du mouvement. Le mode de revision de la carte à 1/80000e qu'il avait employé déjà longtemps avant la guerre, en utilisant les documents fournis par le ministère des travaux publics et les agents voyers, était insuffisant; dès 1873, cette importante opération est confiée à des officiers, qui parcourent le terrain pas à pas et relèvent *de visu* les modifications à faire subir aux anciennes éditions. On se plaignait généralement du peu de clarté des feuilles montagneuses de la carte : le Dépôt les transforme par la gravure sur pierre, et les imprime en couleurs. La plupart des établissements officiels de l'Europe avaient adopté les courbes horizontales pour le figuré du terrain : le Dépôt, sur ses cartes nouvelles, substitue les courbes aux hachures. Les premières feuilles de la carte de la frontière des Alpes à 1/80000e et une feuille spécimen de la future carte de l'Algérie à même échelle (Médéah) sont exécutées suivant ce système et envoyées à l'Exposition universelle de Vienne (1873), en même temps qu'une carte du nivellement général de la France à 1/800000e, où

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les courbes de niveau, régulièrement tracées de 100 en 100 mètres, d'après les minutes à 1/40000e, donnent l'idée la plus précise de l'ensemble du relief du sol français. Cette carte est devenue l'origine d'une réforme sérieuse dans le mode de figurer les montagnes sur les cartes géographiques de France éditées depuis par le commerce.

C'est à cette même époque que le Dépôt de la guerre, après avoir abaissé déjà depuis quelques années de 7 francs à 4 francs le prix des feuilles du 1/80000e, gravure sur cuivre, adopte définitivement le report sur pierre, qui lui permet de livrer ces mêmes feuilles au public au prix de 1 franc.

En général, la cartographie des divers États de l'Europe tint, comme la cartographie française, une place brillante à l'Exposition de Vienne. A ce moment, la tendance déjà manifestée en 1867 vers l'emploi des procédés de l'héliogravure et de la chromolithographie s'accentue de plus en plus; la publication des minutes originales qui ont servi de base à l'établissement des cartes d'état-major, s'étend à plusieurs pays de l'Europe, notamment à la Suisse et à l'Allemagne. L'Institut géographique militaire de Vienne expose les premières feuilles d'une carte de l'Europe centrale à 1/300000e, amplification par l'héliogravure de la carte de Scheda à 1/576000e, et vient ainsi augmenter le nombre des cartes chorographiques, de ces cartes d'ensemble, qui, tenant le milieu entre la topographie et la géographie, sont si utiles au point de vue des grandes opérations militaires, et servent de base à la géographie, de fondement aux cartes murales. Enfin, l'Exposition de Vienne, en 1873, fournit l'occasion de constater l'impulsion remarquable donnée aux cartes géologiques, les améliorations notables apportées au matériel géographique en Allemagne, en Autriche, en Suisse, en Suède et en Russie, en même temps que le prix modique auquel l'industrie est parvenue, dans ces pays, à livrer les atlas et les cartes d'enseignement, et l'extension qu'a prise en Autriche, en France et en Suisse, la construction des reliefs de précision exécutés d'après la méthode Bardin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dix-huit mois à peine après la clôture de l'Exposition de Vienne, s'ouvrait à Paris, sous les auspices de la Société de géographie, qui avait pris une part active au mouvement dont nous avons parlé, le deuxième Congrès [1] international des sciences géographiques. Jamais la géographie et les sciences qui s'y rattachent ne réunirent un ensemble aussi complet, aussi varié, que celui qu'on admira, en 1875, au palais des Tuileries; et ce qui distingue surtout cette exposition spéciale, complément naturel du Congrès, dont elle rehaussa encore l'éclatante solennité, c'est que tous les pays de l'Europe, sans exception, y prirent part, qu'un grand nombre de nations des autres parties du monde y furent représentées, et que non seulement on y vit figurer les matériaux géographiques, cartes, livres, atlas, procédés d'exécution et méthodes d'enseignement alors en usage, mais encore les documents, ouvrages et instruments des époques antérieures, formant ainsi un véritable musée rétrospectif qui permettait de reconstituer en quelques instants l'histoire de la géographie, de la topographie et de la cartographie, et de constater les immenses progrès réalisés depuis un siècle.

Le Congrès, auquel avaient été conviées les plus hautes notabilités scientifiques de l'Europe, avait pour but principal la discussion d'un certain nombre de questions relatives aux diverses branches de la science géographique, et dont quelques-unes se rattachent directement aux sujets traités dans le présent rapport. Telles sont celles qui concernent [2] :

1° La substitution de la division centésimale du cercle à la division sexagésimale, pour l'établissement des cartes et pour la construction des instruments de précision servant à mesurer les angles;

2° Le choix d'un zéro initial pour le nivellement général de l'Europe;

[1] Le premier avait eu lieu à Anvers en 1871.

[2] Voir le compte rendu des séances du Congrès international des sciences géographiques tenu à Paris en 1875. Tome I.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le meilleur système de projection à adopter pour les cartes géographiques et topographiques;

4° Le choix d'un méridien de départ pour compter les longitudes terrestres;

5° L'unification des signes conventionnels employés en topographie;

6° Les applications de la photographie aux levés topographiques;

7° La mesure d'un arc de méridien dans l'hémisphère sud;

8° La mesure des différences de longitude par l'emploi du télégraphe électrique;

9° L'enseignement de la topographie comme base de la géographie, au point de vue de la lecture des cartes et de l'intelligence des formes du terrain.

Quelques-unes de ces questions n'ont pas été définitivement résolues par le Congrès; elles ont encore besoin d'être étudiées, et il faut espérer qu'au Congrès prochain elles recevront une solution.

Les produits cartographiques exposés en 1875 étaient, pour la plupart, connus par les expositions précédentes; mais le rapprochement dans des salles contiguës de travaux de même genre exécutés dans les divers pays de l'Europe en rendait la comparaison beaucoup plus facile.

La Suède s'y fit remarquer surtout par l'extension considérable donnée aux cartes géologiques et statistiques; la Russie, par le développement imprimé à l'enseignement géographique dans ses gymnases militaires, dont la création date seulement de 1863; l'Autriche-Hongrie, par la perfection artistique de ses cartes officielles; l'Allemagne et la Suisse, par la supériorité de leurs établissements industriels en ce qui concerne les atlas et les cartes murales.

On pouvait constater généralement, en 1875, une amélioration sensible dans la construction des instruments de géodésie et de topographie, ainsi que des progrès notables dans l'éta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blissement des cartes hypsométriques, météorologiques, ethnographiques et statistiques. L'exposition offrait en outre quelques procédés nouveaux, parmi lesquels il faut mentionner :

1° Les essais tentés par le colonel Goulier et le commandant de la Noë pour figurer le relief sur les cartes topographiques par des courbes de niveau combinées avec l'emploi méthodique des teintes dégradées, suivant le système de la lumière oblique;

2° Le procédé électro-chimique de M. Erhard, pour la reproduction en creux, sur une planche de cuivre, de toute espèce d'épreuves gravées, procédé qui permet la substitution d'un cuivre à une pierre, et éternise par conséquent le tirage d'une carte gravée primitivement sur pierre;

3° La construction de reliefs topographiques en plâtre, sur lesquels on a imprimé la planimétrie, les écritures et même les courbes de niveau. Ce procédé, créé en 1874 au Dépôt de la guerre, consiste à produire par la galvanoplastie, d'après une maquette originale, un moule en cuivre sur la surface intérieure duquel on grave en creux, comme sur une surface plane, toutes les indications que donnent ordinairement les cartes; on encre comme pour une épreuve en taille-douce, on remplit le moule de plâtre, et le relief en sort tout imprimé.

Nous signalerons encore parmi les œuvres exposées au Congrès international de 1875 :

Le système géographique de M. de Chancourtois, ingénieur en chef des mines, basé sur l'usage des mesures décimales et sur des projections gnomoniques;

Quelques cartes du commerce où le figuré du terrain est exprimé au moyen de teintes dégradées de couleur bistre, appliquées sur un fond d'ocre jaune pâle qui fait ressortir les plateaux et les sommets, ou de vert clair indiquant les fonds de vallées. Ce système, qui participe en même temps de la lumière zénithale et de la lumière oblique, a l'avantage de produire une certaine sensation de relief; mais les images bigarrées qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

offre aux yeux du vulgaire n'ont rien de la vérité et de la précision scientifiques;

La carte orohydrographique des Gaules du ministère de l'instruction publique, à 1/800000e, remarquable carte chorographique dont le relief, exprimé en hachures avec un sentiment prononcé de lumière oblique dans la haute montagne, a été généralisé avec le plus grand soin, d'après la carte de France à 1/320000e;

Quelques feuilles de l'atlas universel, à peine commencé, de M. Vivien de Saint-Martin, excellent travail de gravure où l'élégance s'allie à l'exécution artistique, œuvre scientifique de premier ordre, qui marque en France le point de départ d'une réforme géographique sérieuse en ce qui concerne les cartes destinées à l'enseignement.

On remarquait, d'ailleurs, à l'exposition de 1875, un certain nombre de cartes de France publiées par l'industrie privée, dont le relief, étudié soigneusement d'après la carte du nivellement général exécutée en 1872 par le Dépôt de la guerre, prouvait qu'on était disposé à abandonner les errements du passé et les figurés de convention, en puisant désormais la vérité aux sources officielles.

Un juste tribut d'éloges est dû encore aux diverses sociétés de France et de l'étranger connues en général sous le nom de *clubs Alpins*, pour le concours qu'elles ont prêté au Congrès en y apportant de précieux matériaux cartographiques, destinés à compléter la topographie détaillée des principales régions montagneuses de l'Europe.

Enfin, nous terminerons cette longue introduction, consacrée exclusivement aux progrès acquis à la science cartographique antérieurement à l'Exposition de 1878, en rappelant que c'est au Congrès géographique de Paris, en 1875, que, pour la première fois, on eut l'idée d'assembler les 264 feuilles de la grande carte à 1/80000e du Dépôt de la guerre, qui comprennent la France continentale. Cet immense assemblage, mesurant près de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

100 mètres carrés de surface gravée, représentait à ce moment et représente encore actuellement la carte topographique la plus grande dont on ait pu réunir les éléments bout à bout, d'un seul tenant, sans la moindre solution de continuité. Il eut alors un succès mérité, et l'on a pu en renouveler l'exhibition au palais du Champ de Mars, en 1878, sans crainte d'amoindrir le vif intérêt qu'il avait excité parmi les visiteurs, relativement peu nombreux, de l'exposition du palais des Tuileries en 1875.

§ 2. — LA CARTOGRAPHIE OFFICIELLE EN 1878 DANS LES DIVERS ÉTATS DE L'EUROPE,

PAR E. ROUBY, CHEF D'ESCADRON D'ÉTAT-MAJOR.

On entend par cartes officielles les cartes établies par les grandes administrations d'un pays pour être utilisées par les différents services publics. Elles ne portent généralement, outre les cours d'eau, les grandes lignes de la planimétrie, les centres importants de population et une indication plus ou moins complète de l'orographie, que les renseignements spéciaux à chacune de ces administrations; elles ont toutes pour origine et pour base les cartes dites d'état-major. C'est seulement de ces dernières qu'il sera question dans le cours du présent chapitre.

L'exécution des cartes d'état-major est décrétée par les Gouvernements; elles sont établies aux frais de l'État par un corps spécial d'ingénieurs, ou le plus souvent par des officiers d'état-major, d'où le nom sous lequel elles sont généralement connues. Elles font autorité dans toute l'étendue de la région qu'elles représentent. Dans les contrées dépourvues de cartes d'état-major, on choisit ordinairement pour en tenir lieu la carte de l'industrie privée qui, par son exactitude et la supériorité de son exécution, inspire le plus de confiance; on lui applique alors la qualification de semi-officielle. La carte de Belgique à 1/80000e de Van der Maelen a servi longtemps, dans ce pays, de carte officielle; l'atlas des provinces d'Espagne à 1/200000e du colonel

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Coëllo restera officiel, de l'autre côté des Pyrénées, jusqu'à l'entier achèvement de la carte à 1/50000e entreprise, depuis quelques années seulement, par le Gouvernement espagnol.

Basées sur les opérations astronomiques et géodésiques les plus rigoureuses, les cartes d'état-major sont conçues et préparées par les illustrations de la science; les levés sur le terrain sont confiés à des officiers qui ont reçu une instruction spéciale; l'exécution matérielle s'achève dans des établissements officiels, dont le nom varie suivant les pays, mais dont la constitution d'ensemble est, en général, peu différente de celle du Dépôt de la guerre français. Ces établissements entretiennent à cet effet un personnel plus ou moins nombreux de dessinateurs, graveurs, photographes, imprimeurs, etc.

Les cartes d'état-major sont essentiellement topographiques, c'est-à-dire que, levées et exécutées à une grande échelle, elles représentent un pays dans ses détails les plus minutieux, et qu'on y trouve jusqu'aux maisons isolées, jusqu'aux plus petits sentiers tracés sur le sol, jusqu'aux moindres aspérités de sa surface. Mais elles ne sont pas exclusivement militaires. En effet, les services publics les utilisent pour la délimitation exacte des circonscriptions administratives, pour l'aménagement des forêts, pour la conception et la préparation des grands travaux d'utilité générale relatifs aux voies de communication et au régime des cours d'eau. Elles sont la base des études géologiques ou agronomiques qui ont pour but la connaissance de la constitution du sol ou le développement de ses productions superficielles; elles servent à éclairer la justice dans les procès criminels, à élucider des questions d'histoire, de géographie ancienne ou d'archéologie; enfin, c'est avec leur aide que, dans les traités internationaux, on règle les cessions de territoire et que l'on fixe les rectifications de frontières.

L'époque n'est plus où les Gouvernements cachaient à leurs voisins les documents topographiques qu'ils avaient en leur possession et qui pouvaient être utilisés à la guerre. Au dernier siècle, on tenait sous clef, à Vienne, les cuivres de la carte de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'archiduché d'Autriche, dont le général Grenier, marchant sur Vienne en 1800, put surprendre deux exemplaires; antérieurement à l'année 1700, le Gouvernement de Suède gardait dans le plus profond secret la carte générale de ce pays résultant des grands travaux d'arpentage exécutés sous le règne de Gustave Wasa. Maintenant toutes les cartes d'état-major sont l'objet d'échanges réguliers entre les établissements cartographiques officiels; elles sont livrées à la publicité, et tout le monde peut les acquérir, aussi bien à l'étranger que dans le pays originaire lui-même, moyennant un prix qui varie en raison des frais qu'elles ont occasionnés. Elles sont vendues, soit directement par l'établissement où elles ont été exécutées, soit par des industriels qui servent d'intermédiaires entre l'État et les particuliers. Le premier système ne paraît être en usage qu'en Italie, en Autriche, en Russie et en Espagne; le second a été adopté par toutes les autres puissances de l'Europe. Cependant, il semble que la vente directe par l'établissement producteur constituerait un puissant moyen de vulgarisation, à cause de l'abaissement du prix qui résulterait de la suppression de l'intermédiaire.

Dans le second système, le produit de la vente rentrant dans les caisses de l'État, c'est-à-dire au Trésor, au lieu de venir grossir les ressources de l'établissement, celui-ci, resserré dans les limites d'un budget qu'il ne peut dépasser, s'obère d'autant plus qu'il produit davantage, et ne saurait, par conséquent, donner à ses productions toute l'extension qu'elles seraient susceptibles de recevoir en raison de l'écoulement qui leur est assuré.

Dans tous les pays de l'Europe, excepté en Espagne et en Portugal, les établissements chargés de l'exécution des cartes d'état-major sont sous la dépendance du ministère de la guerre, non pas que ces cartes aient été établies dans un but exclusivement militaire, ou qu'elles soient destinées seulement à l'usage de l'armée, mais parce qu'elles sont une puissante arme de guerre, et que l'autorité militaire doit toujours être à même d'en arrêter la vente quand elle croit cette mesure nécessaire aux intérêts de l'État. Le concours de toutes les administrations publi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques est acquis à ces établissements, et réciproquement ceux-ci sont tenus de satisfaire aux divers besoins des autres services. Les forces consacrées par les nations aux grandes œuvres topographiques d'un intérêt général se trouvent ainsi concentrées sur un seul point, au lieu d'être disséminées, et il résulte de cette concentration une unité de moyens et d'action qui ne peut qu'augmenter la valeur des résultats obtenus. C'est cette unité qui a permis à quelques petits États de l'Europe, n'ayant que des ressources restreintes, d'élever leurs productions cartographiques officielles au niveau de celles des plus puissantes nations.

Il paraît non seulement utile, mais nécessaire que l'exécution de la carte topographique d'un État, base de toutes les autres, soit confiée à des officiers ou à des ingénieurs appartenant à l'armée. Ces cartes, quoique appropriées, en général, aux besoins de tous les services publics, sont, en effet, destinées surtout à l'étude des combinaisons stratégiques et tactiques qui ont pour objet la défense du territoire; il faut donc que ceux qui les exécutent connaissent particulièrement l'importance du terrain au point de vue militaire, et qu'ils sachent le figurer dans un ordre d'idées spécial. Il faut, en outre, dans une armée bien organisée, qu'un certain nombre d'officiers possèdent la pratique des opérations topographiques, afin qu'on puisse utiliser cette aptitude en campagne. Or, on n'ignore pas que les levés réguliers qu'exige une carte d'état-major sont une excellente école pour former ces officiers. Enfin, il est incontestable qu'en utilisant un personnel déjà soldé par l'État, et dont on peut disposer à volonté dans toutes les circonstances, on réalise, sur les frais énormes qu'entraîne l'exécution de ces travaux, des économies considérables.

La plupart des établissements cartographiques de l'Europe ont été formés, sauf pour quelques modifications de détail amenées par l'expérience, sur le modèle du Dépôt de la guerre français, qui les a tous précédés; plusieurs d'entre eux, quoique soumis à l'autorité militaire, ont une administration indépendante de celle du ministère de la guerre et portent une dénomination particulière :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ordnance survey office, en Angleterre; *Institut,* en Autriche, en Italie, en Hollande; d'autres sont rattachés directement à l'état-major général, dont ils forment une division spéciale, comme en France, en Allemagne, en Russie, etc. L'un d'eux, celui du Portugal, soustrait à l'autorité militaire en 1869, est passé sous la dépendance du ministère des travaux publics, dont il forme une direction générale.

Seules de toutes les nations de l'Europe, la Turquie et la Grèce n'ont pas de service topographique organisé.

Tous ces établissements ont à peu près la même organisation; ils comprennent en général trois sections : géodésie, topographie, cartographie, auxquelles plusieurs États ont ajouté une section géographique-statistique.

Géodésie. — La section géodésique a pour mission spéciale de fixer astronomiquement la position absolue, en latitude et en longitude, des points principaux de la surface du pays; de mesurer, avec l'exactitude la plus rigoureuse, un certain nombre de bases de départ et de vérification, de les rattacher les unes aux autres par un réseau de triangles qui couvre toute l'étendue du territoire, et de calculer les coordonnées géographiques de tous les sommets de ces triangles, afin de déterminer leur position relative. Ces opérations, constituant la géodésie de 1er, 2^{e} et 3^{e} ordre, sont la base des levés topographiques qui forment le fond des cartes d'état-major. Elles furent, dans l'origine, exécutées séparément pour chaque État, sans liaison aucune; mais on reconnut bientôt l'importance que pourraient avoir de pareils travaux pour la détermination rigoureuse de la forme du sphéroïde terrestre et la mesure précise de ses dimensions, si l'on parvenait à les relier entre eux par-dessus les frontières qui séparent les peuples. Déjà, en 1862, la France et l'Angleterre avaient réuni leurs triangulations à travers le détroit du Pas-de-Calais; à une époque bien antérieure, la liaison géodésique de la Corse avec la France continentale et celle des îles Baléares avec l'Espagne étaient un fait accompli :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les larges bras de mer ne pouvaient donc plus être considérés par les géodésiens comme des obstacles infranchissables.

Depuis 1865, une association géodésique internationale de tous les États de l'Europe s'est organisée, sous l'inspiration du général prussien de Baeyer. L'entente s'établit rapidement entre les Gouvernements intéressés. Chacun se mit à l'œuvre; la plupart revisèrent leur ancienne triangulation, la relièrent géodésiquement avec celle des pays limitrophes et déterminèrent rigoureusement, au moyen de la télégraphie électrique, les différences de longitude entre leurs observatoires principaux. On préparait ainsi la mesure de grands arcs de méridiens et de parallèles d'une longueur bien supérieure à celle des arcs déterminés antérieurement en France, au Pérou, en Laponie, au Cap de Bonne-Espérance.

Ces travaux gigantesques, dont il résultera certainement des conséquences curieuses au point de vue des inégalités de la forme générale de la terre, ont éprouvé quelque ralentissement par suite des événements politiques qui ont signalé les quinze dernières années; mais on les a repris avec vigueur, et bientôt, sans doute, la science enregistrera le succès définitif des opérations relatives, d'une part, à la mesure de l'arc de méridien international qui s'étend sur 22 degrés d'amplitude, de Christiania à Palerme, d'autre part, à la mesure du grand arc de parallèle qui traverse l'Europe centrale, entre la ville d'Orsk, sur l'Oural, et Valentia, extrémité occidentale de l'Irlande. Enfin, dans un temps très rapproché, des triangles jetés par-dessus la Méditerranée entre les pics les plus élevés de la Sierra Nevada et la montagne d'Oran, relieront la géodésie française avec celle de l'Algérie, à travers la péninsule Hispanique, et fourniront les éléments nécessaires à la mesure de l'arc de méridien de 30 degrés qui sépare en latitude les îles Shetland, au nord de l'Écosse, de la ville de Laghouat, située aux confins du grand désert du Sahara.

Topographie. — Les sections topographiques, dans les établis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sements consacrés à la cartographie officielle, ont un rôle plus modeste que celui de la section géodésique, mais leurs travaux aboutissent directement à l'exécution des cartes, et les résultats qu'elles obtiennent, plus sensibles aux yeux du public, offrent à celui-ci un intérêt immédiat.

Sans s'élever jusqu'aux hautes conceptions de la science, la topographie utilise simplement les données qui lui sont fournies par la géodésie, en appuyant ses levés de détail sur des triangles dont les sommets ont été rigoureusement déterminés; elle fixe la direction de toutes les lignes tracées sur le sol, ainsi que l'emplacement des objets qui s'élèvent sur sa surface; enfin, elle étudie les formes du terrain et les représente suivant des procédés graphiques de convention qui s'éloignent le moins possible des règles de la géométrie.

La forme sphérique ou plutôt sphéroïdale de la terre s'opposant au développement de la surface, on a dû, pour représenter une certaine portion de cette surface sur une carte plane avec le moins de déformation possible, recourir à certains procédés graphiques, qui constituent ce que l'on appelle une projection : les méridiens et les parallèles sont tracés sur le plan d'après des règles déterminées, et l'on place par interpolation, entre ces lignes, les divers points de la surface terrestre dont la position est donnée en longitude et en latitude. Dans cette opération, on tient généralement compte de l'aplatissement de la terre.

Le système de projection employé varie suivant la latitude moyenne et les dimensions de la région que l'on veut représenter. De là, divers procédés appliqués à divers pays. La meilleure projection est celle qui donne les moindres altérations des surfaces et des longueurs. Celle de Flamsteed, modifiée par le Dépôt de la guerre, est dans ce cas; elle convient, en particulier, pour des régions comprises entre les 20° et 60° parallèles qui ne sont pas trop étendues en longitude. Aussi a-t-elle été adoptée pour les cartes d'état-major de France, d'Écosse, d'Irlande, de Belgique, de Danemark, de Suisse, de Portugal, de l'Italie mé-

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ridionale et de la Russie (carte à 1/126000e). La carte à 1/63360e de l'Ordnance survey d'Angleterre est établie, pour la partie Sud, d'après une projection conique et, pour la partie Nord, sur la projection du Dépôt de la guerre français; la grande carte de Russie à 1/420000e, sur la projection de Lambert, dite de Gauss; celle de Suède, sur la projection de Spens; celle d'Autriche à 1/75000e, sur la projection de Müffling.

La Prusse et tous les petits États de l'Allemagne ont adopté la projection basée sur le développement d'un cône tangent suivant le parallèle moyen de la région, sans altération des latitudes. Pour la carte d'Espagne à 1/50000e, on a projeté l'espace compris dans chaque feuille, limitée par des méridiens et des parallèles, sur le plan tangent au point central de la zone représentée. Cette dernière projection porte particulièrement le nom de polyédrique; elle paraît être en grande faveur actuellement, malgré la difficulté que présente l'assemblage des feuilles d'une carte projetée suivant ce système : ces feuilles, au lieu d'être rectangulaires, ont en effet la forme d'un trapèze dont deux côtés, représentant des méridiens, sont formés par des lignes droites, et les deux autres, représentant des parallèles, par des arcs d'ellipse, de parabole ou d'hyperbole, suivant l'inclinaison du plan tangent par rapport à l'axe de la terre. Le raccord est donc toujours possible suivant les méridiens; il ne saurait l'être suivant les parallèles.

Les feuilles des cartes allemandes, basées sur la projection conique, sont également limitées par des méridiens et des parallèles; mais le raccord entre deux feuilles voisines, ayant lieu dans le sens de la latitude, sur des cercles de même rayon, se fait toujours exactement. Les cartes dont la division en feuilles a été opérée de cette manière ont reçu des Allemands le nom de Grad-abtheilungs-Karte.

Les levés topographiques qui servent de fondement aux cartes d'état-major sont généralement basés, pour la planimétrie d'ensemble, sur les plans du cadastre de chaque pays; ils sont exécutés à des échelles qui varient du 1/10000e au 1/50000e,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le plus ordinairement à 1/20000e ou à 1/25000e. Les formes du terrain y sont étudiées de manière à pouvoir être représentées sur la carte définitive, soit au moyen de courbes régulières, soit au moyen de hachures, et l'altitude des points principaux y est indiquée par des cotes déterminées à l'aide d'un nivellement topographique dont la géodésie a fourni les éléments. Depuis quelques années, plusieurs Gouvernements de l'Europe, parmi lesquels nous citerons la Prusse, la Bavière, l'Autriche-Hongrie, la Suisse, l'Espagne et l'Italie, ont entrepris sur leur territoire, le long des principales voies de communication, des nivellements de précision, que l'on croit appelés à rendre de grands services en fournissant des points de repère certains pour l'exécution des grands travaux d'utilité publique, chemins de fer, canaux, etc. Cependant il ne faudrait pas s'exagérer l'importance que pourrait avoir un nivellement de ce genre au point de vue de l'établissement de cartes par courbes de niveau mathématiquement exactes. Les portions de ces courbes situées en dehors d'une ligne nivelée, et déterminées à vue par l'aspect des formes générales du terrain, seront toujours un peu arbitrairement tracées, et la construction du moindre canal d'irrigation n'en exigera pas moins une nouvelle opération de nivellement appuyée sur les repères fixes les plus voisins. En France, une commission mixte instituée par le ministre des travaux publics, et dont les membres ont été choisis dans les différentes administrations publiques, prépare, en ce moment, les bases d'un nivellement général de précision, qui doit compléter celui que l'on doit à l'initiative de l'ingénieur Bourdaloue, et dont les repères existent le long des routes nationales et de quelques canaux.

Cartographie. — C'est au moyen des documents fournis par la topographie, et qui constituent les minutes ou planchettes originales, que les sections cartographiques établissent les cartes d'état-major. Ces sections comprennent, à cet effet, un personnel plus ou moins nombreux d'employés, d'artistes et d'ouvriers, dirigés le plus souvent par des officiers et répartis dans divers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ateliers : dessin, gravure, lithographie, photographie, imprimerie, etc.

Les cartes d'état-major sont toujours publiées à des échelles plus petites que les levés originaux. La réduction de la planimétrie s'opère généralement au moyen du pantographe. On n'emploie la photographie que dans les cas spéciaux où l'on veut obtenir directement, pour la livrer immédiatement à l'impression, une reproduction du dessin-minute sur pierre, sur zinc ou sur cuivre, par un des procédés de la photolithographie, de la zincographie ou de l'héliogravure. Ces procédés, qui suppriment la gravure artistique, donnent une grande économie de temps et d'argent, mais ils fournissent des produits médiocres, quel que soit le talent avec lequel ont été dessinées les minutes originales et quoique les imperfections du trait disparaissent en partie par suite de la réduction. Cependant l'emploi de ces moyens de reproduction a donné d'assez bons résultats : en Autriche-Hongrie, pour la nouvelle carte topographique de l'Empire à 1/75000e; en Italie, pour les cartes des provinces méridionales à 1/50000e, 1/100000e et 1/250000e (procédé du général Avet).

Les échelles le plus ordinairement employées pour les cartes d'état-major sont des sous-multiples de 1/20000e ou de 1/25000e, et peuvent être représentées sous la forme générale $\frac{1}{2^m \times 5^n}$, qui offre un rapport simple avec le mètre et ses subdivisions, et qui constitue ce qu'on peut appeler une *échelle décimale*. On a donc tort de dire que l'échelle de 1/80000e, employée pour la carte de France, n'est pas décimale; elle l'est au même titre que le 1/100000e; mais les échelles à 1/30000e, 1/75000e ne le seraient pas, parce que le dénominateur contient le facteur premier 3.

Plusieurs pays, qui ne font pas usage du système métrique ou qui ne l'avaient pas encore adopté à l'époque où ils ont entrepris leur carte, ont dû créer des échelles en rapport avec l'unité de mesure qu'ils emploient. Ainsi les échelles 1/86400e, 1/144000e (Autriche-Hongrie) correspondent à un pouce pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1,200 ou 2,000 klafter; l'échelle de 1/63360e (Îles-Britanniques), à un pouce pour un mille anglais; l'échelle de 1/420000e (Russie), à un pouce pour 10 werst.

Outre leurs cartes topographiques, les Gouvernements publient, pour la plupart, des cartes chorographiques, dont l'échelle varie de 1/200000e à 1/600000e et qui sont des réductions des premières; quelques-uns même ont étendu ces cartes bien au delà de leurs frontières, et fournissent ainsi des documents précieux pour l'établissement des cartes géographiques.

C'est encore aux sections cartographiques qu'incombent les travaux de revision des cartes et la correction des cuivres par la galvanoplastie. Partout on a abandonné le procédé primitif de correction des planches au moyen du repoussage, et l'on n'emploie plus que l'un des deux procédés français ou américain. Le premier consiste à creuser le cuivre à l'échoppe dans les parties défectueuses, à faire déposer du cuivre dans les creux obtenus, à gratter l'excédent et à reprendre la gravure sur la nouvelle surface. Dans le second, on exécute un relief galvanoplastique de la planche; on enlève, au moyen du grattage, les parties qui doivent être corrigées, jusqu'au niveau de la surface générale; on fait un nouveau creux galvanoplastique d'après le relief ainsi préparé et l'on reprend la gravure des parties effacées.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, c'est aux établissements institués en vue de la confection des cartes d'état-major que l'on doit la plus grande partie des progrès réalisés en Europe, depuis le commencement de ce siècle, par les sciences géographiques. Les Gouvernements sont seuls capables, en effet, de poursuivre jusqu'au bout, sans défaillance, ces colossales entreprises, dont le but est la connaissance intégrale du sol. Les Expositions internationales sont pour eux une occasion dont ils profitent ordinairement afin de mettre en relief leurs cartes d'état-major, de faire apprécier leurs procédés et d'en tirer quelques satisfactions d'amour-propre national. Cependant,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour diverses causes, que nous ne rechercherons pas ici, plusieurs grands États de l'Europe, les Îles-Britanniques, la Russie, l'Autriche-Hongrie et tous les États qui composent l'Empire d'Allemagne, n'ont envoyé à l'Exposition universelle de 1878 aucune de leurs cartes officielles. On ne peut que regretter cette abstention, qui a extrêmement amoindri l'importance à laquelle pouvait prétendre l'exposition de la classe 16. Nous mentionnerons néanmoins les œuvres dont il s'agit, au même titre que celles qui figuraient au palais du Champ de Mars, dans un paragraphe spécial que nous consacrerons à chacun des États de l'Europe, et dans lequel nous ferons connaître, au moins pour les grandes puissances, l'organisation des services chargés de l'exécution des cartes d'état-major.

ALLEMAGNE.

Sur les vingt-six États qui composent actuellement l'Empire allemand, six seulement ont un service topographique organisé et possèdent des cartes d'état-major; ce sont : le royaume de Prusse, la Saxe Royale, la Bavière, le Wurtemberg, le grand-duché de Bade et la Hesse-Darmstadt. Quant aux vingt États secondaires, il n'en a pas été dressé de cartes spéciales; le levé topographique de leur territoire a été ou est exécuté par l'état-major prussien, et ils sont tous, excepté le Reichsland (Alsace-Lorraine), compris dans la carte générale à 1/100000e de la Prusse orientale.

Prusse. — Dans les États prussiens proprement dits, une division du ministère d'État, appelée : *Directoire central des travaux géodésiques et topographiques*, a pour mission spéciale d'examiner tous les projets de cartes à établir aux frais de l'État dans l'intérêt général du pays, d'en décider l'exécution et de déterminer les méthodes à employer. L'exécution des travaux appartient à la section de l'état-major général chargée du Landes-Aŭfnahme (levé du territoire). Cette section, dirigée par un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

général, membre lui-même du Directoire central, comprend trois divisions, dont le personnel, augmenté depuis quelques années, était réparti, en 1877, de la manière suivante [1] :

1° Triangulation : 1 chef de service, 7 chefs d'opérations, 8 officiers détachés, 18 triangulateurs, 8 aides triangulateurs, 3 secrétaires;

2° Topographie : 1 chef de service, 5 chefs d'opérations, 15 officiers détachés, 19 topographes, 55 aides topographes, 5 secrétaires;

3° Cartographie : 1 chef de service, 2 officiers, 1 inspecteur des levés, 3 inspecteurs techniques, 1 directeur de l'imprimerie, 10 cartographes, 34 aides topographes, 37 employés et aides techniques, 3 secrétaires.

Soit, pour les trois services, un total de 237 officiers d'état-major, officiers détachés et employés spécialistes.

Ce nombreux personnel explique la quantité considérable de travail produite par la section du Landes-Aufnahme, dans le cours de l'année 1877, et dont le Registrande de 1878 étale complaisamment la longue liste. Cependant il lui reste encore beaucoup à faire pour mettre fin à la carte à 1/100000e, qui, avec celle de la Westphalie et des provinces rhénanes à 1/80000e, publiée entièrement depuis plus de dix ans, complétera la topographie des États prussiens, tels qu'ils ont été constitués après les annexions de 1866. Les levés dans le Schleswig-Holstein et dans les deux Mecklembourgs ne sont pas encore terminés; on complète, en les transformant, pour les faire entrer dans le cadre général du 1/100000e, les cartes de l'ancien royaume du Hanovre par Papen, et du grand-duché d'Oldenbourg par Shrenk; il reste encore à publier une vingtaine de feuilles de la carte à 1/100000e, comprenant une partie des provinces de Posen et de la Prusse occidentale. Outre la carte générale, quelques cartes

[1] *Registrande der geographisch-statistischen Abtheilung des Grossen Generalstabes*, 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

spéciales sont en cours de publication, parmi lesquelles nous citerons celle des environs de Berlin et Postdam au 1/25000e, en trente-six feuilles; la carte provisoire de l'Alsace-Lorraine à 1/80000e, en vingt-huit feuiles, basée sur la carte de l'état-major français et revisée sur le terrain par l'état-major allemand; enfin des cartes de cercles extraites du 1/100000e par report sur pierre. Ces dernières, livrées au commerce depuis peu, étaient antérieurement réservées aux usages militaires. On a terminé en 1877 la publication de la carte à 1/50000e des environs de Berlin, en soixante feuilles, et l'on continue activement les reproductions au 1/25000e des levés originaux, revisés sur le terrain, qui doivent former un atlas de quatre cent soixante-cinq feuilles, dont trois cent cinquante environ sont actuellement publiées.

La section de géodésie mesure des bases et exécute une nouvelle triangulation de premier, deuxième et troisième ordre, destinée à unifier la géodésie dans le nouvel Empire d'Allemagne et à assurer l'achèvement des travaux topographiques.

Enfin des nivellements de précision se font sur un grand nombre de routes.

L'état-major allemand se préoccupe surtout, en ce moment, d'une question cartographique de première importance. Une commission, composée d'officiers d'état-major prussiens, bavarois, saxons et wurtembergeois, a été instituée, au commencement de 1878, dans le but de rechercher les moyens d'unifier la carte topographique de l'Empire, composée actuellement de huit ou dix documents de facture, de projections et d'échelles différentes. Cette question ne paraît pas encore avoir reçu une solution définitive. Pour remédier, autant que possible, dès maintenant, aux inconvénients qui résultent de l'emploi de cartes aussi hétérogènes, le Gouvernement allemand s'est rendu acquéreur de la carte de l'Europe centrale à 1/200000e par Reymann, qui comprend, non seulement tous les États de l'Empire, mais une partie notable des pays limitrophes. Cette acquisition met entre les mains de l'autorité militaire un document

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cartographique de grande valeur, qui peut, dans des circonstances de guerre, avoir pour elle une grande importance.

Les renseignements suivants complètent ce qu'il peut y avoir d'intéressant dans la cartographie officielle de l'Empire allemand.

Bavière. — La section topographique de l'état-major général bavarois refait à nouveau les anciennes feuilles de la carte à 1/50000e, dont la première date de 1812. Elle exécute un nivellement géométrique qui lui permettra de multiplier les cotes d'altitude sur cette carte et d'y construire les courbes de niveau de dix mètres en dix mètres; elle reproduit en photolithographie ses planchettes originales à 1/25000e, et tient au courant sa carte chorographique à 1/250000e de l'Allemagne du Sud-Ouest, terminée depuis 1867. Elle vient d'entreprendre une nouvelle carte de Bavière, à 1/75000e, dont aucune feuille n'a encore paru.

Hesse-Darmstadt. — L'état-major hessois refait, depuis 1867, sa carte à 1/50000e, dont les premières feuilles ont été publiées en 1832.

Wurtemberg. — Le Bureau topographique-statistique de Stuttgard n'a entrepris aucune œuvre nouvelle en dehors de sa carte d'état-major à 1/50000e, terminée depuis longtemps.

Bade. — Les travaux concernant la mise au courant de la carte de l'état-major badois à 1/50000e sont rattachés à ceux de l'état-major général allemand.

Saxe Royale. — L'état-major saxon a terminé et revisé sa carte à 1/100000e. Il met au courant des voies ferrées la carte à 1/57600e d'Oberrest, vieillie mais encore très demandée, et exécute un atlas à 1/25000e de son territoire, avec courbes de niveau basées sur un nivellement de précision. Les feuilles de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cet atlas sont publiées, aux frais de l'État, par un libraire de Leipzig, et servent de base à la carte géologique de Saxe.

AUTRICHE-HONGRIE.

L'Institut militaire géographique de Vienne est un des établissements de cartographie officielle les mieux organisés et les plus complets de l'Europe. Il relève du ministère de la guerre et forme, sous l'autorité d'un général, une direction qui, outre les archives, la comptabilité et le magasin de vente des cartes, comprend quatre groupes principaux, subdivisés en onze sections, dont deux constituent l'école des topographes, instituée en vue de former des officiers ainsi que des cadets à la pratique des levés, et des sous-officiers auxiliaires pour divers travaux spéciaux.

En dehors du deuxième groupe, composé des ateliers techniques, le personnel est presque exclusivement militaire. Il est réparti de la manière suivante :

1^er^ *groupe.* Section cartographique, chargée de l'établissement de la carte générale de l'Europe à 1/3000000^e^, des cartes de Turquie, Bosnie, Servie et autres cartes spéciales militaires : 33 officiers, 13 sous-officiers et auxiliaires. — Section de la carte spéciale de la monarchie à 1/75000^e^, exécutée d'après de nouveaux levés sur le terrain, 61 officiers.

2^e^ *groupe.* Ateliers techniques : gravure sur cuivre et sur pierre, 27 graveurs; photographie, photolithographie, héliogravure, 18 employés, 26 sous-officiers auxiliaires et élèves; galvanoplastie, 5 employés; imprimerie, 34 employés et 32 sous-officiers et élèves; travaux divers, 6 ouvriers.

3^e^ *groupe.* Levés sur le terrain et dessin : 12 brigades en moyenne, composées chacune de 9 officiers, 1 sous-officier et 18 soldats, soit en tout : 108 officiers, 12 sous-officiers, 216 soldats. — Section du pantographe, 1 officier, 12 sous-officiers.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4e *groupe*. Géodésie et calculs : 16 officiers, 3 sous-officiers.

Les archives des cartes emploient en outre 3 officiers; la comptabilité, 11 officiers comptables et sous-officiers élèves; le bureau de vente des cartes, 1 officier et 2 sous-officiers.

C'est grâce à une aussi puissante organisation que, dans l'espace d'une seule année, 1875, l'Institut a pu publier quarante et une feuilles de la carte générale de l'Europe à 1/300000e, amplification par la photolithographie de la carte de Scheda à 1/576000e, et soixante-treize feuilles de la nouvelle carte spéciale de la monarchie à 1/75000e, héliogravure d'après des minutes dessinées à 1/60000e. Sur les sept cents feuilles environ que doit comprendre cette dernière carte, entreprise seulement en 1870, deux cent quarante étaient terminées en 1878. Il était, au point de vue militaire, d'une importance extrême de réunir en un seul document cartographique les huit ou dix cartes spéciales exécutées d'abord séparément à 1/144000e, pour chaque province de l'Empire austro-hongrois. La carte à 1/75000e a été conçue dans ce but.

De ces cartes spéciales à 1/144000e celle de la Hongrie seule n'est pas terminée, mais elle ne tardera pas à l'être, et, dans un délai peu éloigné, si l'on en juge par la rapidité d'exécution que nous avons signalée, l'Autriche-Hongrie sera, parmi les puissances de l'Europe, la mieux dotée en cartes officielles : carte topographique d'ensemble à 1/75000e; cartes spéciales à 1/144000e; cartes générales de province à 1/288000e; carte routière générale à 1/432000e. L'Institut a exécuté, en outre, pour les besoins militaires, une excellente carte chorographique à 1/288000e en douze feuilles, qui comprend l'Allemagne du Sud-Ouest jusqu'à la France; sa carte à 1/300000e, restreinte provisoirement au territoire de la monarchie, s'étendra peu à peu sur toutes les autres parties de l'Europe.

Pour la géodésie, l'Autriche-Hongrie occupe un des premiers rangs parmi les grandes puissances européennes. Elle est en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trée, dès l'origine, dans l'association géodésique internationale, et la section géodésique de l'Institut de Vienne poursuit ses observations astronomiques, détermine la différence de longitude entre ses observatoires, exécute la géodésie de premier ordre, qui doit assurer la mesure du grand arc de parallèle européen, et continue la triangulation de deuxième et de troisième ordre, destinée à servir de base à sa carte à 1/75000e.

Le nivellement de précision, exécuté sur des lignes isolées simples ou doubles et sur des polygones fermés, comprend déjà une grande étendue de la monarchie.

BELGIQUE.

Le Dépôt de la guerre belge formait, sous l'autorité d'un général, une direction du ministère de la guerre, divisée en deux sous-directions, dont la seconde avait pour mission exclusive l'exécution des travaux officiels scientifiques et cartographiques. Depuis le 30 juillet 1878, un arrêté royal a transformé cette sous-direction en un Institut cartographique militaire spécial. Cependant nous lui conserverons ici le nom de Dépôt de la guerre, qu'il portait encore au moment de l'ouverture de l'Exposition, et sous lequel il est désigné dans le catalogue général.

L'établissement comprend le personnel civil et militaire indispensable à la direction des divers services, ainsi que des ateliers techniques où se font toutes les opérations relatives à la confection des cartes, depuis le dessin jusques et y compris l'impression; il se trouve de la sorte affranchi de tout tribut à payer à l'industrie privée.

Ce n'est qu'en 1847 que le Gouvernement belge décida l'exécution d'une carte topographique régulière du royaume, à l'échelle de 1/40000e. Des levés à 1/20000e, basés sur la réduction de l'ancien cadastre, établi à 1/2500e par le Gouvernement hollandais avant 1830, servent de fondement à la carte, qui est en outre appuyée sur une géodésie rigoureuse. Depuis 1856, des officiers d'infanterie, pris à tour de rôle, coopèrent aux levés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

confiés exclusivement, dans l'origine, à des officiers d'état-major; par ce moyen, on a introduit dans l'armée un grand nombre de topographes expérimentés, dont les services peuvent être utilisés avec avantage pour les reconnaissances en temps de guerre.

Sur les soixante-douze feuilles dont se composera la carte à 1/40000e, trente-cinq sont actuellement terminées, comprenant, sans lacune, toute la partie du royaume comprise entre la mer du Nord, la France, la Meuse et le méridien de Namur. Elle est gravée sur pierre et publiée en report; le figuré du terrain y est rendu par des courbes de niveau à cinq mètres d'équidistance.

Dans les parties accidentées des provinces du Hainaut et de Namur, et surtout sur les berges escarpées de la Sambre et de la Meuse, les courbes expriment assez convenablement les mouvements de la surface du sol; mais, dans les plaines ondulées des Flandres et du Brabant, où, très espacées l'une de l'autre, elles disparaissent au milieu des nombreux détails de la planimètrie et où l'œil les suit avec peine, elles sont entièrement insuffisantes pour produire l'effet plastique. On pouvait facilement constater cette insuffisance sur l'assemblage de huit feuilles de la carte à 1/40000e qui figurait à l'Exposition.

La cartographie officielle de Belgique était largement représentée à la classe 16 par les spécimens variés de toutes ses productions, qu'y avait envoyées la 2e sous-direction du Dépôt de la guerre.

On y remarquait principalement, outre la carte officielle à 1/40000e, quelques feuilles choisies des cartes suivantes, qui doivent comprendre également toute l'étendue du territoire :

1° Reproductions des minutes originales à 1/20000e, en chromolithographie, basées sur la photographie et dont le repérage ne laisse rien à désirer.

2° Mêmes reproductions par la photozincographie monochrome.

3° Amplifications des minutes à 1/10000e, par le même procédé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces deux dernières cartes, où le nivellement est figuré par des courbes à 1 mètre d'équidistance, sont établies surtout en vue des besoins de l'armée et sont destinées à l'étude de la topographie et à ses applications aux petites opérations de la guerre; c'est sur elles que l'on fait dans les régiments toutes les théories sur le service en campagne, dès que le figuré du terrain doit être pris en considération. On les livre aux officiers et aux sous-officiers, au prix modique de 15 centimes la feuille. Elles sont loin d'avoir la perfection de la carte chromolithographiée à 1/20000e.

4° Réduction à 1/160000e, avec courbes de 20 en 20 mètres, connue sous le nom de carte militaire ou carte réglementaire de l'armée belge, et distribuée gratuitement, avec l'étui qui la contient, à tous les officiers et à la plupart des sous-officiers.

5° Minutes manuscrites d'une carte à 1/80000e, destinée à remplacer la carte de Van der Maelen et à former un trait d'union entre les cartes de France et de Prusse rhénane à même échelle.

Dans aucun pays de l'Europe le nivellement n'a été fait avec plus de précision et d'une manière plus complète qu'en Belgique. On y compte, en moyenne, trois points de repère par commune, qui ont servi de base au nivellement de détail des planchettes à 1/20000e. Les courbes de niveau qui figurent de mètre en mètre sur les minutes originales ont été établies rigoureusement au moyen de 40 à 50 cotes par kilomètre carré. On se propose d'entreprendre bientôt la revision de ces minutes, dont la publication sera terminée d'ici à quelques années; 9 ou 10 officiers y seraient annuellement employés.

Tous les grands travaux de géodésie sont terminés sur le terrain depuis 1873; on les revise en ce moment, pour les relier avec les Pays-Bas, la France, la Prusse et l'Angleterre, afin de concourir à la mesure du grand arc de parallèle international. Un observatoire a été installé à Bruxelles pour exercer les officiers au maniement des instruments d'astronomie et les former aux opérations géodésiques, en vue d'expéditions scientifiques dans les contrées de l'Afrique encore inexplorées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que, depuis 1876, le roi des Belges s'est mis à la tête d'une vaste association civilisatrice et humanitaire, qui a pour but d'encourager les voyages d'exploration dans cette partie du monde et d'y faire cesser les horreurs de la traite. Afin d'indiquer aux voyageurs futurs l'état actuel de nos connaissances géographiques dans le vaste continent africain, et de leur montrer le champ d'explorations qui leur reste encore à parcourir, le Dépôt de la guerre a établi, sur les données les plus précises et les renseignements les plus récents, une remarquable carte d'Afrique à 1/3000000e, dont la minute manuscrite n'était pas un des moindres attraits de la classe 16 à la section belge. Cette carte doit être réduite à 1/10000000e pour la gravure.

Nous citerons encore, parmi les productions du Dépôt de la guerre de Belgique figurant à l'Exposition : une carte hypsométrique à 1/160000e, qui sera publiée prochainement et qui doit remplacer les reliefs dans les établissements d'instruction; un relief à gradins exécuté par le lieutenant Gaffart au moyen de feuilles superposées de la carte de Belgique à 1/160000e, et découpées suivant les courbes horizontales de 20 mètres en 20 mètres, œuvre de patience et d'adresse qui ne peut jamais être parfaite, à cause de la difficulté de faire raccorder d'une tranche à l'autre les noms coupés et les détails de planimétrie; enfin, un spécimen de la nouvelle carte géologique au 1/20000e, dressée par ordre du gouvernement et pour l'exécution de laquelle on vient d'organiser au Dépôt de la guerre une section géologique.

DANEMARK.

Les cartes officielles exécutées par l'état-major danois comprennent :

1° Les levés topographiques à 1/20000e basés sur des réductions au pantographe de la carte générale de l'arpentage à 1/4000e et soumis à une triangulation géodésique de 1er et de 2e ordre, reliée à celle de la Norwège par les îles de Fionie et de Seeland, ainsi qu'à celle de la Prusse par le Schleswig-Holstein et le Mecklem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bourg. Un nivellement de précision, commencé en 1874, fournit environ 150 à 200 points par mille carré danois (57 kil. carrés environ). Plusieurs minutes originales des levés à 1/20000e de la partie centrale du Jutland, reproduites par la photolithographie, figuraient à l'Exposition; le terrain y est exprimé par des courbes de 5 pieds en 5 pieds, ce qui équivaut à l'équidistance de $1^m,57$.

2° La carte topographique du Jutland à 1/40000e, dont quelques feuilles assemblées, partie méridionale, étaient également exposées à la classe 16. Ces feuilles, gravées sur cuivre et coloriées à la main, eaux en bleu, bois en vert, sont d'un fini achevé et d'une lecture facile; mais on chercherait en vain à y saisir les formes du terrain : les courbes, malgré leur faible équidistance $1^m,57$ (5 pieds), sont impuissantes à rendre ces ondulations, à peine sensibles à la vue lorsqu'on parcourt le terrain lui-même. Trop finement tracées, d'ailleurs, elles se perdent dans les détails de la planimétrie.

3° La carte topographique générale du royaume, commencée en 1845 et dont la moitié, à peine terminée, s'étend seulement sur les îles de la Baltique et sur une très faible portion du continent. La planimétrie y est admirablement traitée; c'est un vrai travail de maître pour la gravure; mais nous critiquerons le mode de figuré du terrain qu'on lui a adapté, et qui ne permet au lecteur de comparer les pentes qu'avec la plus grande difficulté. En effet, l'équidistance des courbes varie non seulement d'une feuille à l'autre, mais aussi dans les différentes parties d'une même feuille. Pour les pentes inférieures à 14 degrés, elle est de 5 pieds danois ($1^m,57$); entre 14 et 26 degrés d'inclinaison, elle est de 10 pieds, et enfin de 40 pieds pour les pentes comprises entre 27 et 45 degrés. Les courbes supprimées sont alors remplacées par des hachures normales, dont la grosseur et l'écartement varient suivant un diapason conventionnel, qu'il faut consulter à chaque instant pour juger de l'intensité des pentes, et que l'on a eu soin heureusement de faire figurer sur chaque feuille. Nous ajouterons que les écritures de cette carte offrent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un si grand nombre d'abréviations qu'elles sont souvent inintelligibles, même pour ceux qui connaissent parfaitement la langue danoise.

ESPAGNE.

Il existe en Espagne deux établissements producteurs de cartes officielles : l'un, le Dépôt de la guerre, dépendance du corps d'état-major, soumis à l'autorité du ministre de la guerre, entièrement consacré à la cartographie et aux reconnaissances militaires; l'autre, l'Institut géographique et statistique de Madrid, dépendant du ministère des travaux publics, et comprenant tous les services qui se rattachent à la géodésie, à la topographie régulière, au nivellement de précision, à l'établissement et à la conservation du cadastre, aux mesures métriques légales, enfin aux publications relatives à la statistique et à la météorologie. Chacun d'eux est dirigé par un officier général.

Le Dépôt de la guerre a ses ateliers de lithographie, d'imprimerie, de photographie, desservis exclusivement par des individus appartenant à l'armée, sous les ordres de 9 officiers d'état-major, ce qui lui permet d'exécuter avec une grande économie tous les travaux dont il est chargé. Son budget très modeste s'augmente des produits de la vente des cartes publiées par l'établissement. Il a exposé à la classe 68 (*Procédés de l'art militaire*) plusieurs portefeuilles contenant des plans de villes, des itinéraires, un grand nombre de plans de détail relatifs aux dernières guerres civiles; enfin, seize feuilles des campagnes de Jules César en Catalogne et en Andalousie, travail remarquable par le soin avec lequel le terrain a été rendu au moyen de courbes de niveau équidistantes. C'est au Dépôt de la guerre qu'a été exécutée et terminée en 1866 la carte itinéraire d'Espagne à 1/500000e, comprenant vingt feuilles, accompagnées de dix cahiers d'itinéraires descriptifs et militaires; ces cahiers suppléent en partie à l'absence de figuré du terrain sur la carte, qui est exclusivement planimétrique.

On trouvait encore à la classe 68, parmi les travaux exposés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par les officiers du génie de l'armée espagnole, l'atlas d'Espagne et de ses possessions d'outre-mer par le colonel Coëllo, à l'échelle de 1/200000e. Cette publication, commencée en 1848 et terminée depuis une dizaine d'années seulement, représente le seul document topographique auquel on puisse avoir recours aujourd'hui pour l'étude de l'Espagne, en attendant l'achèvement de la carte nouvelle de l'Institut de Madrid, dont il sera question ci-après. L'atlas de Coëllo a été acquis par le Gouvernement espagnol. Les feuilles dont il se compose sont publiées en reports sur pierre exécutés à l'imprimerie lithographique du Dépôt de la guerre; le terrain y est figuré par des hachures horizontales, ou fragments de courbes de niveau approximatives, dont la grosseur et l'écartement varient en raison du degré de la pente, système capable, non seulement de représenter d'une manière remarquable les formes caractéristiques du sol, mais qui a l'avantage de ne pas cacher les détails de la planimétrie, et qui rend, en outre, la lecture de la carte facile et claire.

L'Institut géographique de Madrid est chargé spécialement de l'exécution de tous les travaux relatifs à la grande carte officielle du royaume à l'échelle de 1/50000e.

Le personnel de cet établissement se recrute dans toutes les institutions scientifiques de l'État, dans les corps militaires spéciaux, parmi les professeurs de l'Université et dans un corps, nouvellement créé, de topographes et d'aides géodésiens. Il utilise en outre le concours des astronomes, des ingénieurs des mines et des ingénieurs des routes, canaux et ports.

Fondé seulement en 1870 et réorganisé en 1877, l'Institut n'a encore que quelques années d'existence, mais, par les travaux qu'il a déjà accomplis sous la savante direction du général Hanès, il est appelé à prendre bientôt un rang important parmi les établissements similaires de l'Europe. On peut regretter cependant la lenteur avec laquelle marchent les travaux de la carte topographique à 1/50000e; les deux premières feuilles avaient été exposées en 1875 au Congrès géographique de Paris; cinq feuilles seulement étaient terminées en 1878 et figuraient au palais du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Champ de Mars (classe 16). Comme la plupart des cartes d'état-major, elle est basée sur la réduction des cadastres et appuyée sur des opérations géodésiques de 1er, 2e et 3e ordre. Elle est exécutée au moyen des procédés rapides de la chromolithographie, en cinq couleurs repérées avec soin; le terrain y est figuré par des courbes de niveau à l'équidistance de 20 mètres. Le signe conventionnel des terres cultivées, formé de sillons tremblés tracés en divers sens, la rend un peu sombre d'aspect.

L'Institut géographique de Madrid, profitant de l'expérience acquise en géodésie par quelques autres nations de l'Europe, s'est empressé, dès l'origine, d'adopter les instruments perfectionnés et les nouvelles méthodes; il s'est élevé rapidement au niveau de celles de ces nations qui se sont le plus distinguées dans les hautes applications de cette science. Il participe à la mesure du grand arc de méridien compris entre les îles Shetland et la station de Laghouat, et doit prêter son concours aux géodésiens français pour la liaison géodésique de l'Espagne avec l'Algérie, dont les opérations vont être entreprises dans le courant de l'année 1879.

FRANCE.

Le Dépôt de la guerre français date de l'année 1688. Ce n'était, à l'origine, qu'un dépôt de documents recueillis dans les archives du ministère de la guerre et intéressant particulièrement l'histoire et les opérations militaires. Il ne devint établissement de production cartographique qu'en 1793, époque à laquelle on y créa un atelier de gravure topographique et une imprimerie en taille-douce. Il forma pendant longtemps une des directions principales du ministère de la guerre, sous l'autorité d'un officier général. Depuis 1871, cette direction a été supprimée, et les attributions du Dépôt de la guerre ont été confiées pour la plus grande partie au 5e bureau de l'état-major général du ministre.

Le 5e bureau est divisé en deux sections. La première comprend les services géodésique, topographique, cartographique; la seconde, la comptabilité, la bibliothèque, les archives his-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toriques, les archives des cartes et le magasin des cartes. Il est dirigé par un lieutenant-colonel d'état-major ayant sous ses ordres 5 chefs d'escadron, 10 capitaines du même corps et un personnel civil, composé d'employés, de dessinateurs, de graveurs, d'imprimeurs et d'ouvriers.

Les travaux topographiques sur le terrain, en France et en Algérie, sont exécutés, sous la direction du 5e bureau de l'état-major général, par des officiers appartenant, soit au service d'état-major, soit à des corps de troupes et dont la mission n'est que temporaire.

Les principaux travaux en cours d'exécution au Dépôt de la guerre comprennent :

1° *Géodésie.* Revision de la méridienne de France; opérations de 1er et de 2e ordre en Algérie; déterminations de longitudes par la télégraphie électrique; liaison du réseau géodésique français au réseau européen et à l'Algérie; enfin, coopération à la mesure d'un grand arc du méridien de Paris et du parallèle moyen.

2° *Topographie.* Revision sur le terrain de la carte officielle à 1/80000e; levés d'environs de garnisons à 1/20000e; levés à 1/40000e relatifs à la carte régulière de l'Algérie.

3° *Cartographie.* Achèvement de la gravure des feuilles composant les cartes fondamentales à 1/80000e et à 1/320000e; mise au courant des feuilles déjà publiées de ces mêmes cartes; continuation des cartes spéciales des Alpes à 1/80000e et à 1/320000e; carte de l'Europe occidentale à 1/600000e, etc. [1].

La carte de France à 1/80000e est entièrement terminée, à l'exception de trois feuilles de la Corse, qui seront publiées vers la fin de 1879 ou au commencement de l'année suivante. La feuille d'Avignon, dont la montagne s'achève actuellement, viendra bientôt compléter la carte à 1/320000e pour la partie continentale. Ces deux cartes sont imprimées soit en taille-douce, soit

[1] Consulter pour de plus amples détails *la Cartographie au Dépôt de la guerre*, 1876. Librairie Dumaine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en reports sur pierre. Elles figuraient à l'Exposition, accompagnées d'un grand nombre d'autres cartes exécutées dans les ateliers du Dépôt de la guerre.

Il ne nous appartient pas de donner ici notre appréciation personnelle sur ces travaux, dont le catalogue particulier de la classe 16 et une notice spéciale distribuée à tous les visiteurs de l'Exposition ont fourni la nomenclature détaillée. Nous y renvoyons le lecteur.

Nous ne quitterons pas cependant l'Exposition cartographique du ministère de la guerre, sous le nom duquel figuraient côte à côte les productions du 5e bureau de l'état-major général (Dépôt de la guerre) et celles du Dépôt des fortifications, sans mentionner d'une manière toute spéciale les levés de la brigade topographique du génie, exécutés sous la direction du commandant de la Noë, et la carte de France à 1/500000e, à laquelle le commandant Prudent a pris la plus grande part.

GRÈCE.

Il n'existe aucune autre carte topographique régulière de la Grèce que celle dont les levés ont été exécutés à 1/50000e, de 1827 à 1845, par les ingénieurs-géographes et les officiers du corps d'état-major français, et qui a été publiée à 1/200000e par le Dépôt de la guerre en 1852. Dans le pays, elle sert de carte officielle.

Par suite des nombreux tirages qu'elles ont subis, les pierres gravées de cette carte sont tellement usées qu'elles ne fournissent plus depuis longtemps d'épreuves satisfaisantes. Aussi, le Dépôt de la guerre s'est-il décidé à les faire transformer en cuivres par le procédé électro-chimique de M. Erhard. Ces cuivres, retouchés d'après les minutes originales, dans les parties où le trait et la montagne ont disparu, rendront désormais l'œuvre indestructible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

HONGRIE.

L'Autriche et la Hongrie, séparées quant au gouvernement et à l'administration, ont un établissement cartographique officiel commun aux deux pays, l'Institut impérial-royal topographique militaire de Vienne, dont il a été question au titre Autriche-Hongrie.

ÎLES-BRITANNIQUES.

La cartographie officielle n'était pas représentée à l'exposition du Royaume-Uni de la Grande-Bretagne et de l'Irlande; nous lui consacrerons néanmoins quelques lignes.

Le département topographique (*Topographical Department*), portion constituante du ministère de la guerre, se compose de deux parties distinctes : 1° l'*Ordnance survey office*, nom qui ne peut se traduire en français d'une manière intelligible que par Bureau de la carte officielle; 2° le *Topographical and Statistical Depot*.

L'Ordnance survey office, dont le siège principal est à Southampton, et qui a deux succursales, l'une à Édimbourg, l'autre à Dublin, s'occupe spécialement des levés qui concernent les Îles-Britanniques et dont l'ensemble forme la carte nationale (*national survey*). Il a dans ses attributions toutes les opérations relatives à l'exécution de cette carte par les divers procédés de lithographie, zincographie, gravure en taille-douce, ainsi que la reproduction des cuivres par la galvanoplastie. L'établissement comprend, en outre, un atelier de photographie, une imprimerie et deux observatoires, consacrés, l'un à l'astronomie, l'autre à la météorologie. Il est dirigé par un colonel du génie ayant rang de général et sous les ordres duquel se trouve un nombreux personnel civil et militaire, dont l'effectif varie annuellement suivant les nécessités du service. Ce personnel se compose en temps ordinaire de :

15 à 20 officiers du génie;

1,700 à 1,800 employés civils et ouvriers répartis, dans la proportion nécessaire, entre l'établissement principal et ses deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

succursales, soit pour les travaux de l'intérieur, soit pour les opérations sur le terrain ;

Enfin, quatre compagnies du génie, formant un effectif de 400 à 450 sous-officiers et hommes de troupes, attachés d'une manière permanente à la triangulation et à l'exécution des levés en Angleterre, en Écosse et en Irlande.

Le Dépôt topographique et statistique, établi à Londres, est chargé non seulement de la publication des cartes et plans formant le national survey, mais encore de la préparation et de la publication de tous les documents topographiques et géographiques concernant les nombreuses possessions de la Grande-Bretagne dans les différentes parties du monde. Trois ou quatre officiers de diverses armes, quelques sous-officiers du génie, plusieurs employés civils et une vingtaine de dessinateurs, lithographes et imprimeurs y sont employés, sous la direction d'un major du génie, chef de l'établissement.

L'ensemble des plans et cartes qui composent le national survey des Îles-Britanniques comprend :

1° Les plans de paroisses (*parish maps*) à l'échelle de 1/2500e, véritables cadastres formant la base de la topographie de la Grande-Bretagne, et qui se publient accompagnés de cahiers indiquant la surface de chaque propriété ;

2° Les cartes de comtés, à 6 pouces pour un mille ou 1/10560e (6 inches maps) ;

3° La carte d'ensemble à 1 pouce pour un mille ou 1/63360e (one inch map) ;

4° Enfin, des plans de villes à différentes échelles, de 1/500e à 1/10000e.

Les plans de paroisses, établis sur la triangulation géodésique de troisième ordre, ont été réduits par la photographie à l'échelle de 1/10560e, pour former les cartes de comtés, qui, réduites elles-mêmes, soit par la photographie, soit par le pantographe, ont servi de base à l'établissement de la carte d'ensemble, l'une des plus exactes, comme planimétrie, de toutes les cartes d'état-major de l'Europe. Le figuré du terrain est exprimé, sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les cartes de comtés, par des courbes horizontales à équidistance variable, sur la carte à 1/63360 par des hachures suivant les lignes de plus grande pente, d'après l'hypothèse de la lumière verticale.

La carte d'un pouce (one inch map), dont la publication a commencé en 1809, est terminée pour l'Angleterre seulement depuis quelques années; celles d'Écosse et d'Irlande à même échelle sont encore loin d'être achevées. Cependant la succursale de Dublin a publié provisoirement en planimétrie toutes les feuilles qui composent la carte d'Irlande.

L'Ordnance survey office ne s'est pas encore occupé, que nous sachions, d'une réduction chorographique de la carte d'ensemble à 1/63360e des Îles-Britanniques.

Le Gouvernement de l'Inde fait établir de son côté par l'office général de Calcutta, pour les vastes possessions anglaises de l'Asie, un levé trigonométrique et topographique à un pouce pour un mille, 1/63360e, espèce de cadastre qui sert de base au grand atlas indien à l'échelle de 1/253440e ($\frac{1}{4}$ de pouce pour un mille), dont 28 feuilles figuraient à l'exposition du Congrès géographique de Paris en 1875.

ITALIE.

Comme celle de l'Allemagne et pour des raisons identiques, la cartographie officielle du royaume d'Italie est composée d'un grand nombre de documents hétérogènes, provenant des divers États qui, antérieurement à l'unification, divisaient la péninsule. Ce sont : pour le Piémont, la carte à 1/50000e de l'état-major piémontais; pour l'ancien royaume Lombard-Vénitien, les duchés de Modène, de Parme et Guastalla, le grand-duché de Toscane et les anciens États de l'Église, des cartes à 1/86400e, dues à l'état-major autrichien et publiées par l'Institut géographique de Vienne. Quant au royaume de Naples, il n'était représenté, au moment de l'annexion en 1860, que par quelques feuilles d'une carte topographique à 1/80000e, commencée par l'état-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

major napolitain, et par une carte chorographique à 1/640000e en quatre feuilles gravées sur cuivre à l'ancien office topographique de Naples.

Le nouvel Institut topographique militaire italien, organisé à Florence immédiatement après la constitution définitive du royaume d'Italie, s'occupe avec la plus grande activité, depuis cette époque, d'utiliser tous les éléments épars de la topographie italienne, en les combinant avec de nouveaux levés, partout où cela est nécessaire, pour en faire une carte unique à 1/100000e, qui, commencée en 1862, doit être entièrement terminée dans l'espace de douze ans à partir de 1878. Pour atteindre ce résultat, on a dû évidemment choisir les moyens d'exécution les plus rapides, donner un développement considérable à l'Institut et lui fournir en personnel et en matériel les éléments indispensables. Aussi cet établissement officiel, qui compte à peine seize ans d'existence, est-il devenu dans ce court espace de temps un des mieux organisés de toute l'Europe.

Placé sous l'autorité d'un officier général, il dépend du chef d'état-major de l'armée et compte quatre divisions principales : géodésique, topographique, artistique et mécanique. Son personnel se compose de 14 officiers, dont 10 employés spécialement aux opérations trigonométriques, et de 104 topographes; il comprend en outre un nombreux personnel technique, attaché aux deux dernières divisions. Une école de dessin et de topographie est annexée à l'Institut. Chaque année un certain nombre d'officiers de l'École de guerre sont désignés pour participer aux levés sur le terrain et, par ce moyen, se forment à la pratique de la topographie.

Pour faire comprendre la rapidité avec laquelle l'Institut compte exécuter la grande carte générale à 1/100000e, le plus important des travaux qui lui incombent, nous donnerons ici quelques explications sur les procédés qu'il emploie, explications dont les éléments nous sont fournis par les nombreux spécimens exposés à la classe 68 de la section italienne; car, comme plusieurs autres nations de l'Europe, c'est à la classe 68 (*Procédés*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'art militaire), et non à la classe 16, que l'Italie a placé ses documents cartographiques officiels.

Les levés sont exécutés en général à la planchette, à l'échelle de 1/50000e, avec courbes de niveau à l'équidistance de 10 mètres. Dans quelques régions, dont la planimétrie est très détaillée, on emploie l'échelle de 1/25000e et des courbes de 5 en 5 mètres. A mesure qu'elles sont terminées, les planchettes originales sont reproduites par la photolithographie et immédiatement publiées. On en exécute en outre une réduction photographique renversée, à 1/75000e, que l'on transporte sur pierre par les moyens ordinaires; on obtient ainsi sur cette pierre une image directe de la minute. La pierre étant préparée, on tire épreuve avec du blanc d'argent sur papier à décalquer; on saupoudre cette épreuve avec du charbon pulvérisé, on la place sur une feuille de papier à dessin, on fait passer légèrement l'ensemble sous le rouleau d'une presse lithographique, et l'on obtient ainsi un décalque léger, sur lequel le dessinateur repasse à la plume la planimétrie et les courbes de 50 en 50 mètres, fait les écritures et trace les hachures en se servant des courbes comme directrices. Le dessin à 1/75000e est ensuite livré à l'héliogravure, qui le reproduit à l'échelle de 1/100000e.

Comme on le voit, ce procédé est loin d'être artistique; cependant il exige de la part des dessinateurs un soin et une habileté de main extrêmes, une uniformité complète dans l'application des signes conventionnels et dans le tracé des écritures. Quant aux épreuves définitives, elles ont les défauts inhérents à l'héliogravure, c'est-à-dire qu'elles sont un peu uniformes de ton, à cause de l'égalité de profondeur des sillons creusés dans le cuivre par les agents chimiques.

Le procédé décrit ci-dessus est dû au général Avet; on lui donne en Italie le nom de photo-incision.

48 feuilles de la carte officielle d'Italie à 1/100000e exécutées par le procédé Avet, et comprenant la Sicile ainsi qu'une partie du continent, figuraient assemblées à l'Exposition. On y voyait également l'assemblage général des feuilles à 1/50000e, repro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duction des minutes originales, représentant la même partie du territoire italien.

En dehors des travaux concernant la carte à 1/100000e, l'Institut de Florence revise les cartes autrichiennes à 1/86400e de la Vénétie, de la Toscane, des anciens Duchés et des Marches, et les publie à 1/75000e par la réduction photolithographique. Il a reproduit également par la photolithographie les levés originaux des environs de Rome et de Naples à 1/25000e et les environs du Vésuve à 1/10000e. Enfin, il a exécuté, de 1870 à 1874, par le procédé Avet, une bonne carte chorographique à 1/250000e des provinces napolitaines, d'après un document manuscrit à 1/103680e, qui se trouvait aux archives de l'ancien office topographique de Naples. Cette carte, continuée à travers l'Italie centrale, formerait avec la carte de l'Italie septentrionale, publiée également à 1/250000e, une représentation complète du royaume depuis les Alpes jusqu'au cap Passaro.

La section géodésique de l'Institut revise en ce moment l'ancienne triangulation piémontaise et la relie avec la géodésie française; elle exécute des opérations de premier et de deuxième ordre dans le reste de la péninsule, pour servir de base aux levés de la grande carte au 1/100000e; enfin, elle coopère à la mesure du grand arc de méridien entre Christiania et Palerme.

L'Institut a commencé un nivellement de précision, qu'il relie actuellement avec le nivellement suisse.

LUXEMBOURG.

Le Luxembourg ne possède pas de carte officielle. Le seul document qui peut y suppléer est une carte à 1/40000e, de Liesch, mais il est exclusivement planimétrique. Les feuilles de la carte de Reymann à 1/200000e qui comprennent le grand-duché sont assez bien traitées au point de vue de la montagne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NORWÈGE.

L'Institut géographique de Christiania, dirigé par un lieutenant-colonel d'état-major sous l'autorité du ministre de la guerre, utilise le concours des officiers d'état-major et des officiers de marine pour tous les travaux topographiques et hydrographiques officiels qui concernent le territoire et les côtes de Norwège. Il a encore dans ses attributions la statistique générale du royaume et l'établissement de la carte géologique.

Au commencement du XIX^e^ siècle, on ne possédait encore que des documents très incomplets sur la géographie de la Norwège. Le Bureau d'arpentage commença seulement en 1826 la publication de cartes provinciales à 1/200000^e^, dont 14 sur 17 étaient terminées en 1878. Ces cartes, gravées sur cuivre, sont un peu chargées de détails pour une échelle placée à la limite de la topographie; aussi manquent-elles de clarté et sont-elles d'une lecture assez difficile. Le terrain y est exprimé par des hachures dans le sens des lignes de plus grande pente pour les parties cultivées, dans le sens des horizontales pour les parties rocheuses. Depuis 1864, le Bureau topographique royal a entrepris une carte du royaume à 1/100000^e^, gravure sur cuivre, appuyée sur une géodésie rigoureuse et basée sur des levés à 1/20000^e^ et à 1/50000^e^. Elle comprendra 54 feuilles, publiées par quarts, dont les premières, parues en 1869, portent la montagne figurée en courbes de niveau relevées par une teinte au crayon lithographique.

Aujourd'hui, le Bureau d'arpentage et le Bureau topographique royal paraissent confondus dans un même établissement, l'Institut géographique de Christiania, qui continue les travaux qu'ils ont commencés, et qui a exposé sous ce nom au palais du Champ de Mars :

1° Un canevas de la triangulation générale du royaume, qui décèle le soin avec lequel ont été conduites les opérations géodésiques;

2° Un fragment de la carte générale en 18 feuilles, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1/400000e, chromolithographie en cinq couleurs, figuré du terrain à l'estompe, d'un effet médiocre;

3° Une carte géologique très remarquable, exécutée à 1/100000e par le Bureau géologique de la Norwège méridionale.

PAYS-BAS.

Pour l'harmonie des couleurs, l'élégance des tons et l'exécution artistique, les cartes chromolithographiées de l'Institut topographique de la Haye, par le procédé Eckstein, ont été un des principaux attraits de la classe 68 de la section hollandaise. En examinant de près la remarquable carte des possessions néerlandaises de l'île de Java, on ne sait ce qu'il faut le plus admirer, ou de la hardiesse du procédé, ou de l'habileté de main incomparable des ouvriers qui travaillent sous la direction de M. Eckstein, ou de l'outillage perfectionné qu'ils emploient; il est certain toutefois que le résultat obtenu dépasse toute expression. La carte de Java, tirée en cinq impressions, offre vingt teintes différentes, obtenues par la combinaison des trois couleurs primitives, bleu, jaune, rose. Les écritures sont typographiées.

Outre les divers spécimens de chromolithographie connus déjà par l'Exposition de 1867 et par celle du Congrès géographique de 1875, l'Institut topographique de la Haye avait apporté au Champ de Mars des spécimens de toutes ses productions cartographiques. Nous mentionnerons seulement les plus importantes :

1° Carte topographique et militaire des Pays-Bas, gravure sur pierre, monochrome, en 65 feuilles, à 1/5000e, publiée entièrement depuis 1865; elle figurait toute assemblée à l'Exposition;

2° Carte militaire à 1/25000e de la Hollande méridionale, reproduction des minutes originales par le procédé Eckstein;

3° Carte orographique des Pays-Bas à 1/600000e, même procédé;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

4° Atlas topographique du royaume, en quatre feuilles, à 1/200000e, gravure sur pierre;

5° Carte des ponts et chaussées à 1/50000e, dite du Waterstaat, basée sur la carte topographique et militaire à même échelle, gravée par le procédé Eckstein, et publiée par quarts de feuille.

L'Institut topographique de la Haye, dépendance du ministère de la guerre, est dirigé par un colonel d'état-major. M. Eckstein en est depuis quelques années l'inspecteur technique.

Les cartes officielles relatives aux Indes néerlandaises sont préparées par le Bureau topographique de Batavia. Cet établissement, auquel sont dues les minutes des cartes des résidences de Java, Madoera, et du cratère de l'empire d'Atzeh, transformées par le procédé Eckstein à l'Institut de la Haye, exposait pour son compte personnel quelques cartes d'environs de garnisons des colonies néerlandaises, reproduites en photolithographie avec courbes de niveau et hachures largement espacées, d'un effet médiocre.

PORTUGAL.

La Direction générale des travaux géodésiques, chorographiques et hydrographiques du royaume de Portugal, créée en 1856 au ministère des travaux publics, a porté, de 1864 à 1868, la dénomination d'Institut géographique. Passé en 1868 sous les ordres du ministre de la guerre, avec le nom de Dépôt général de la guerre, cet établissement fut réorganisé en 1869, et replacé sous la dépendance des travaux publics. Il reprit alors à peu près son titre d'origine : Direction générale des travaux géodésiques, topographiques, hydrographiques et géologiques du royaume. Cette direction se subdivise en huit sections, dont les attributions sont indiquées ci-après :

1° *Haute géodésie.* Mesure des bases, opérations de premier ordre, collaboration à l'association internationale pour la mesure

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des degrés en Europe, observations astronomiques, nivellement de précision.

2° *Géodésie secondaire.* Reconnaissances, construction de signaux, opérations de deuxième ordre, établissement des projections.

3° *Travaux géographiques, chorographiques, topographiques.* Contrairement au principe généralement adopté à notre époque, et qui consiste à faire le levé topographique d'un pays avant d'en dresser la carte géographique, c'est par la géographie que l'établissement officiel de Lisbonne a commencé la représentation du territoire portugais. Dans le but de fournir immédiatement aux services publics une carte générale, que réclamaient leurs besoins incessants, et qui pût en même temps servir de base aux travaux géologiques, on dressa, au moyen de reconnaissances rapides, appuyées sur un certain nombre de points déterminés au théodolite, une carte à 1/500000e, avec courbes de niveau équidistantes de 125 mètres; cette carte a été depuis réduite à 1/1000000e.

La carte chorographique du Portugal à l'échelle de 1/100000e est réduite d'après les levés exécutés à 1/50000e. Les deux premières feuilles, terminées en 1856, portaient des hachures; depuis, on s'est décidé à figurer le terrain par des courbes horizontales. Sur les 37 feuilles dont se compose la carte, 19 sont publiées, comprenant la partie centrale du royaume, au nord, à l'est et au sud de Lisbonne.

Les travaux topographiques consistent en levés à très grandes échelles, 1/500e, 1/1000e, exécutés dans des buts spéciaux. Le grand plan de Lisbonne, dressé à 1/1000e, constitue à lui seul un atlas de 63 feuilles.

4° *Hydrographie.* Levé et exécution des cartes générales et particulières des côtes, estuaires des fleuves, îles et ports; sondages, météorologie.

5° *Géologie.* Reconnaissances, explorations, étude et classe-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment des collections minéralogiques, préparation d'une carte géologique à 1/200000e.

6° *Comptabilité, archives, ateliers.* Dessin, gravure, lithographie, impression.

7° *Astronomie.* Observatoire créé en 1860 à Tapada-d'Ajuda, près Lisbonne. Cette section provisoire pourra être, d'un jour à l'autre, détachée de la direction générale.

8° *Photographie.* Section également provisoire, dont la mission n'est pas encore exactement déterminée, mais qui doit devenir partie intégrante d'une section artistique projetée. Pour le moment elle contribue aux travaux des autres sections, en reproduisant les cartes au moyen des procédés spéciaux de la photolithographie, de la zincographie, de l'héliogravure et de la phototypie ou gravure chimique en relief. La section photographique compte à elle seule 23 employés.

Le Gouvernement portugais avait exposé à la classe 16 des spécimens de tous les travaux cartographiques exécutés dans les ateliers de la Direction générale, ainsi que des essais en tous genres relatifs aux procédés employés par la section artistique photographique. Nous y avons remarqué surtout des minutes originales à 1/50000e et leurs réductions manuscrites à 1/100000e, exécutées avec un soin minutieux par les officiers topographes de la 3e section, pour la gravure de la carte chorographique. Le terrain y est figuré par des courbes de niveau de couleur rouge, appuyées sur de nombreuses cotes d'altitude.

RUSSIE.

A la fin du XVIIIe siècle, on ne possédait sur l'immense empire de Russie aucun document topographique sérieux. Le Gouvernement paraissait, à cette époque, se préoccuper beaucoup plus, au point de vue cartographique, des pays limitrophes que du territoire national lui-même.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'état-major russe avait levé, en 1772, une carte de la Moldavie; en 1776, il publiait une carte de Crimée; en 1800, il s'occupait du levé de la Finlande. On possédait en outre une bonne carte de Pologne, en 25 feuilles, de Rizzi-Zannoni, gravée en 1772 à l'échelle de 1/700000e. Il faut croire cependant qu'il existait, au commencement du XIXe siècle, une carte générale de l'empire; car le Dépôt de la guerre français avait établi, vers 1810, d'après ce document, une carte des routes de poste de la Russie européenne à 1/2500000e, et une carte chorographique à 1/500000e, en 79 feuilles, dont il possède encore les cuivres. Quoi qu'il en soit, la Russie est actuellement un des pays de l'Europe où la topographie est le plus en honneur. Si ses cartes officielles ne sont pas encore très avancées, cela tient seulement à la superficie considérable de son territoire et à la nécessité dans laquelle elle se trouve d'étendre ses travaux géographiques jusqu'aux parties centrales de l'Asie, jusqu'aux possessions anglaises de l'Inde, afin de faire face aux éventualités de guerre qui peuvent se produire d'un moment à l'autre dans ces lointaines régions.

En Russie, c'est une division du grand état-major général qui est chargée de tous les travaux scientifiques, artistiques et techniques concernant la topographie militaire. Cette division se partage en plusieurs sections, de la manière suivante :

1° Section astronomique et géodésique, avec un cabinet d'instruments.

2° Établissement cartographique, comprenant les ateliers de dessin, de peinture, de gravure, de lithographie et de photographie.

3° Chancellerie, administration, comptabilité.

4° Dépôt des archives de la topographie militaire.

5° Magasin de vente des cartes.

Le personnel militaire affecté à ces différents services forme, sous l'autorité du chef du grand état-major, assisté de deux adjoints, un corps particulier, dit des topographes militaires,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui comprend, d'après la dernière réorganisation, 399 officiers et sous-officiers, savoir :

57 géodésiens, soit $\frac{1}{7}$ de l'effectif;
114 officiers topographes, soit $\frac{2}{7}$ de l'effectif;
228 sous-officiers topographes brevetés, soit $\frac{4}{7}$ de l'effectif.

On doit compter en dehors de cet effectif un nombre considérable d'officiers de divers grades employés dans les cinq sections topographiques spéciales établies : à Orenbourg, pour le Turkestan russe; à Tiflis, pour le Caucase; à Omsk, pour la Sibérie occidentale; à Irkoutsk, pour la Sibérie orientale; à Taschkend, pour l'Asie centrale.

Ces cinq succursales dépendent de la section centrale de topographie de l'état-major, qui a son siège à Saint-Pétersbourg, et qui centralise tous les travaux exécutés sur le territoire de l'empire. Chacune d'elles est sous la direction d'un général. Il existe en outre en Pologne un bureau militaire topographique particulier.

En somme, le personnel attaché, en Russie, aux opérations géodésiques, topographiques et cartographiques, se compose de : 6 généraux, 18 colonels, 16 lieutenants-colonels, 31 capitaines en premier, 31 capitaines en second, 31 lieutenants, 31 sous-lieutenants, 32 enseignes, 170 topographes de différentes classes, 240 sous-officiers et 40 élèves topographes.

Le corps des topographes se recrute annuellement : de 5 officiers ayant suivi les cours de l'académie géodésique, de 10 officiers sortant de l'école des topographes, de 20 sous-officiers de l'école pratique des sous-officiers ayant fait un stage dans les détachements d'instruction.

Quarante jeunes gens remplissant les conditions d'aptitude nécessaires, et ayant dix-sept ans au moins, sont admis chaque année à l'école militaire des topographes. La durée des cours est de trois ans.

La cartographie officielle de l'empire russe comprend un grand nombre de documents, pour la plupart en cours d'exécu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion, qui figuraient presque tous à l'exposition du Congrès international des sciences géographiques en 1875, mais dont on ne pouvait que regretter l'absence au palais du Champ de Mars en 1878. Nous citerons les plus importants :

1° Carte militaire et topographique de la Russie d'Europe à 1/126000e, établie sur la projection du Dépôt de la guerre français, et publiée par le Gouvernement. Les levés de cette carte ont été entrepris en 1820; la gravure, commencée seulement en 1846. Environ 450 feuilles sont publiées, comprenant toute la partie de l'empire située à l'ouest de la route de Pétersbourg à Moscou et du cours du Don. Réduction de levés topographiques exécutés à 1/21000e et à 1/42000e, et basés sur des points astronomiques et géodésiques. Gravure sur cuivre. Terrain figuré par des hachures à la lumière verticale. Écritures en caractères russes. — Cotes de niveau et chiffres de population.

2° Carte du royaume de Pologne à même échelle, en 54 feuilles. Levés exécutés de 1860 à 1870. Gravure en cours d'exécution. Cette carte est destinée à remplacer celle qui a été dressée précédemment par le général Richter (gravure sur cuivre, 57 feuilles, en langue polonaise), d'après des croquis à 1/42000e, et publiée en 1839 à Varsovie.

3° Carte spéciale de la partie occidentale de l'empire russe à 1/420000e, 65 feuilles, gravure sur cuivre, entreprise en 1840, sous la direction du général Von Schubert, par l'ancien Dépôt topographique russe. Le figuré du terrain en hachures, lumière verticale, est détaillé pour la Crimée seulement; ailleurs il n'est indiqué que par places, d'une manière vague et approximative. Cette carte, en langue russe, est constamment tenue à jour par la section topographiqne de l'état-major général.

4° Nouvelle carte spéciale de la Russie d'Europe, basée sur la projection de Gauss, commencée en 1865 et dressée à 1/420000e, sous la direction du général Strelbitzky. Elle comprendra 144 feuilles, dont 100 sont actuellement terminées. On la publie en deux éditions, l'une en tirage sur cuivre, l'autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en chromolithographie; figuré du terrain en hachures au bistre, lumière verticale; pas de cotes d'altitude. Les travaux de la carte de Strelbitzky se concentrent actuellement sur le figuré du terrain dans les feuilles du Caucase et de la frontière occidentale.

5° Carte du Caucase en 22 feuilles à 1/420000e, dressée à Tiflis en 1869, d'après les levés de la section topographique du Caucase, et gravée à Gotha. Chromolithographie en trois couleurs; hachures en bistre.

6° Carte routière du Caucase à 1/840000e, en 9 feuilles, réduction de la précédente en chromolithographie; figuré du terrain en hachures horizontales de couleur de bistre; entièrement publiée.

La section topographique de l'état-major russe a publié, en outre, plusieurs cartes de gouvernements à l'échelle de 1/210000e, dites semi-topographiques, c'est-à-dire tenant le milieu entre les cartes topographiques à 1/126000e et les cartes spéciales à 1/420000e. Les cartes semi-topographiques ne portent pas le figuré du terrain.

Nous mentionnerons encore : la carte topographique du gouvernement de Moscou, en 40 feuilles, à 1/84000e; la carte des environs de Saint-Pétersbourg à 1/42000e, gravure sur pierre en couleurs; celle des environs de Moscou à même échelle, gravure sur cuivre, 6 feuilles. L'échelle de 1/42000e est la plus grande admise, à l'état-major russe, pour la publication des cartes.

En dehors des travaux relatifs à la Russie d'Europe, dont s'occupe exclusivement la section centrale de Pétersbourg, les sections annexes de Tiflis, d'Omsk, de Taschkend et d'Orenbourg ont poussé leurs investigations : au delà de la mer Caspienne, jusqu'à Khiva; au delà du Caucase, dans certaines régions encore peu connues de l'Asie Mineure, de l'Arménie et du Kurdistan; en Asie, jusqu'à la frontière chinoise et au plateau central. Une carte spéciale de la Sibérie occidentale en 125 feuilles à 1/420000e a été dressée et lithographiée à Omsk;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à Taschkend, une carte militaire du Turkestan à 1/68000e, etc., Dans le cours de l'année 1877, la section topographique de l'état-major russe a établi une carte semi-topographique de la Turquie d'Asie, à 1/210000e, pour les besoins de l'armée du Caucase, et une carte de Bulgarie à 1/714000e, destinée à l'armée du Danube.

Jusqu'à présent la Russie n'a publié aucune carte en courbes de niveau. Depuis 1857, elle s'occupe cependant avec activité de son nivellement général, et les nouvelles cartes-minutes à 1/21000e portent des sections horizontales à l'équidistance de 2 sagènes (4m,25), basées sur de nombreuses cotes d'altitude.

On vient d'exécuter, dans le cours des deux dernières années, un nivellement géodésique rigoureux de la ligne Moscou, Witebsk, Dunabourg, Riga, Saint-Pétersbourg.

Les travaux astronomiques et géodésiques se continuent en Finlande, en Courlande, en Bessarabie, pour servir de base aux levés à 1/21000e, que l'on commence dès que l'on a déterminé en nombre suffisant des points de triangulation de 3e ordre.

Nous ne quitterons pas la Russie sans rappeler que c'est à l'initiative d'un astronome russe, W. de Struve, que la science doit la mesure du grand arc de parallèle qui s'étend, sous le 52e degré de latitude nord, entre Valentia et Orsk. Sur les 69 degrés environ qui forment l'amplitude de cet arc, 40 appartiennent à la Russie; le reste, à l'Allemagne, à la Belgique et à l'Angleterre. Ces opérations, auxquelles les géodésiens russes auront pris la plus grande part, approchent de leur fin.

SUÈDE.

La section topographique de l'état-major suédois, commandée par un colonel, sous l'autorité du chef de l'état-major général, est chargée spécialement des levés relatifs à la carte topographique de Suède et des autres travaux concernant cette publication. Son personnel, qui se recrute dans tous les corps de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'armée, et principalement dans l'état-major, comprend, outre l'élément militaire, un professeur, des employés civils, des ouvriers graveurs et imprimeurs, ainsi qu'un nombre restreint de femmes, employées au coloriage à la main des cartes.

Le colonel chef de la section topographique dirige, en outre, le service du *lever économique* de la Suède, qui a pour mission d'établir, sur des bases exactes, la connaissance du sol, de ses diverses catégories et de ses divisions, au point de vue économique et statistique. Les contrées où les cartes d'arpentage, qui forment la base du lever économique, font défaut, ou n'ont pas l'exactitude suffisante, sont soumises à un nouvel arpentage. Ce service a son personnel particulier indépendant de la section topographique.

Le Dépôt de la guerre suédois est également distinct de la section topographique; il est seulement chargé de la conservation des documents cartographiques.

La section topographique publie :

1° Une carte du royaume à 1/100000^{e};

2° Des cartes de gouvernements à 1/200000^{e};

3° Une carte générale à 1/1000000^{e}.

La carte de Suède à 1/100000^{e}, gravée sur cuivre, compte 102 feuilles, dont 61, comprenant la Gothie et la région des lacs, jusqu'au delà de Stockholm, ont été publiées depuis 1860, date à laquelle a paru la première livraison. Elle est basée sur des opérations géodésiques, non encore terminées actuellement, et sur des levés de détail exécutés généralement à 1/20000^{e} dans les plaines du sud, à 1/50000^{e} et même à 1/100000^{e} dans les contrées montagneuses et en Laponie. Les réductions s'opèrent au pantographe.

Quinze feuilles de la carte topographique au 1/100000^{e} figuraient assemblées à l'Exposition. La gravure en est extrêmement soignée, les écritures excellentes; le figuré du terrain, exprimé en hachures, suivant les lignes de plus grande pente pour les parties cultivées du sol, en hachures horizontales pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les parties rocheuses, est établi presque entièrement d'après des courbes équidistantes construites sur les minutes des levés.

Les cartes par gouvernements à 1/200000e, gravure sur cuivre, portent tous les détails topographiques et sont accompagnées de notices très intéressantes sur la topographie et la statistique de chaque région. Le terrain y est figuré en hachures à la lumière verticale.

La carte générale à 1/1000000e, également gravée sur cuivre, comprend trois feuilles, dont une seule a été publiée jusqu'ici. Les eaux y sont, comme dans les cartes précédentes, coloriées à la main; le figuré du terrain, en hachures d'après la lumière zénithale, est appuyé sur un grand nombre de cotes de niveau.

SUISSE.

La carte de la Suisse en 25 feuilles, gravure sur cuivre, à 1/100000e, porte le nom du général Dufour, qui en a dirigé entièrement l'exécution. Elle est publiée par le Bureau topographique fédéral de Berne. Elle figurait entièrement assemblée à l'Exposition du Champ de Mars. La réputation de cette carte est faite depuis longtemps : pour l'exactitude des détails, l'élégance artistique de la gravure et le modelé des formes du terrain, c'est certainement une des cartes d'état-major les plus remarquables. Elle est appuyée sur les travaux géodésiques les plus rigoureux, sur des levés à 1/25000e et à 1/50000e, et sur un nivellement soigneusement exécuté par courbes horizontales à 10 ou à 30 mètres d'équidistance, suivant l'échelle des minutes originales.

Le terrain y est représenté par des hachures suivant le système de la lumière oblique, pour la partie montagneuse, et d'après l'hypothèse de la lumière verticale, pour les faibles ondulations de la partie occidentale.

La réduction à 1/250000e, en 4 feuilles, de la carte topographique à 1/100000e est établie d'après le même système.

Depuis 1870, le Bureau fédéral, en exécution de la loi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fédérale du 18 décembre 1868, publie, soit en gravure sur cuivre, soit en chromolithographie, les minutes originales de ses levés à 1/25000e et à 1/50000e, qui formeront un atlas de 546 feuilles, dont 132 étaient terminées en 1878. Actuellement, il s'occupe de la revision de son ancienne triangulation, des observations géodésiques relatives à la mesure de l'arc de méridien de Christiania à Palerme; il relie sa géodésie avec celles de France et d'Italie, et continue le nivellement de précision entrepris depuis quelques années sur le territoire de la confédération.

TURQUIE.

Le Gouvernement turc avait exposé, en 1875, au Congrès géographique de Paris, quelques œuvres cartographiques, entre autres un plan cadastral de Constantinople, levé par les officiers de l'état-major, ainsi qu'une carte de Péra et de ses environs, exécutée par les élèves de l'École militaire, ce qui prouve que la topographie n'est pas une science complètement abandonnée en Turquie. En 1878, il s'est abstenu.

Les Turcs n'ont entrepris sur leur territoire aucun grand travail cartographique qui puisse faire juger leurs aptitudes à cet égard. C'est à leurs voisins de Russie et d'Autriche qu'on doit les seules cartes qui aient été publiées jusqu'à ce jour sur cette région importante de l'Europe, dont quelques parties sont encore à peu près inconnues.

Au moment de la guerre de Crimée, on ne connaissait la Turquie européenne que par les cartes générales de Kiepert, à 1/3000000e et à 1/1000000e, et par celles que le Dépôt topographique de Saint-Pétersbourg avait publiées en 1832, à l'échelle de 1/420000e, sur la Bessarabie, la Moldavie, la Valachie, la Serbie, la Bulgarie, et, au delà, jusqu'à Salonique et Constantinople. D'un autre côté, les officiers de l'état-major autrichien avaient fait un grand nombre d'itinéraires et quelques levés partiels en Bosnie, en Herzégovine et en Roumanie. Depuis quelques années, de nouveaux documents géographiques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et topographiques sont venus s'ajouter à ceux qui précèdent, et, à l'exception de l'Albanie, de la Thessalie et de la partie occidentale de la Roumélie, qui sont encore peu connues, on possède des renseignements suffisants pour l'établissement d'une carte chorographique à peu près complète de tout le territoire situé au nord des Balkans et arrosé par les affluents de droite de la Save et du Danube, entre l'Adriatique et la mer Noire.

L'Institut militaire géographique de Vienne s'est empressé, depuis 1877, de publier les feuilles de sa carte générale d'Europe à 1/300000e qui représentent cette contrée, et qui ont été d'une grande utilité pour suivre les opérations de la guerre russo-turque.

§ 3. — LA CARTOGRAPHIE INDUSTRIELLE À L'EXPOSITION DE 1878,

PAR E. ROUBY, CHEF D'ESCADRON D'ÉTAT-MAJOR.

Les difficultés de toute nature qui résulteraient, pour une industrie privée, du premier établissement d'une carte topographique appuyée sur des levés à grande échelle, sont telles, que peu de particuliers osent s'aventurer dans une pareille entreprise; les moyens d'action leur feraient certainement défaut. Au siècle dernier, Cassini de Thury, quoique soutenu par les finances de l'État, dut accepter encore le produit d'une souscription publique pour subvenir aux frais d'établissement de la carte de France à 1/86400e, due à son initiative personnelle. De nos jours, le colonel Coëllo n'est parvenu qu'au prix d'énormes difficultés à terminer entièrement son atlas des provinces d'Espagne à l'échelle de 1/200000e, limite supérieure des cartes topographiques. La carte de la Belgique à 1/80000e par Van der Maelen, quoique d'une bien moindre étendue que l'Espagne, n'a pas coûté moins d'efforts à son auteur pour réaliser une œuvre comparable, sur beaucoup de points, à nombre de cartes d'état-major.

Maintenant que presque tous les Gouvernements de l'Europe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ont terminé, achèvent ou entreprennent leur carte topographique officielle, l'industrie privée ne fait plus de tentatives de ce genre. Elle peut encore exécuter sur le fond des cadastres quelques plans spéciaux, établir la carte d'un territoire limité, par la réduction ou l'amplification de la carte d'état-major, reproduire même celle-ci en en changeant l'aspect, en la copiant avec plus ou moins de fidélité, en donnant à cette copie un caractère particulier à l'aide de couleurs variées et de nouveaux signes conventionnels, en supprimant ou en ajoutant des détails de diverse nature; mais, en général, la cartographie industrielle s'occupe principalement de la confection des cartes géographiques.

Elle a, pour servir de base à ses travaux, les cartes topographiques et chorographiques d'état-major, les cartes marines officielles, et, en ce qui concerne les contrées du globe encore imparfaitement connues, les itinéraires et les renseignements des voyageurs. Malheureusement, elle ne sait pas toujours interpréter fidèlement ces précieux documents, surtout au point de vue de la représentation des formes du terrain. On pouvait constater, par l'examen des produits exposés à la classe 16, que beaucoup de cartes géographiques françaises destinées au commerce et à l'enseignement ont encore ce grave défaut, qui leur donne une infériorité marquée sur les productions de quelques pays étrangers. Les aspérités de la surface terrestre n'y sont pas toujours représentées avec cette vérité d'expression qui doit distinguer les œuvres sérieuses, et l'on a conservé trop souvent, pour les figurer, une espèce de signe conventionnel consacré depuis longtemps par l'usage, mais qui n'a rien de commun avec la réalité.

Tant qu'on représente les formes du terrain à de grandes échelles, les procédés employés sont soumis aux règles précises de la représentation des corps par la géométrie, et, sans s'en douter, presque malgré lui, le topographe expérimenté sait donner à ces formes leur cachet caractéristique. Il a dû, il est vrai, se soumettre à certaines conventions généralement ad-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mises, mais la connaissance de ces conventions suffit au lecteur pour rétablir dans sa pensée l'image rendue par le dessin. En géographie, la convention, en ce qui concerne le figuré du terrain, joue un rôle encore plus considérable qu'en topographie. Ici, la petitesse extrême de l'échelle s'oppose entièrement à la représentation géométrique des formes; il faut supprimer de nombreux détails, qui nuiraient à la clarté de l'ensemble, et en condenser d'autres, tout en conservant au terrain son caractère particulier. La réduction des formes au strict nécessaire pour assurer la prédominance des traits caractéristiques du terrain, voilà l'écueil devant lequel viennent échouer beaucoup de géographes, et, pour échapper à cet écueil, il n'y a ni règles fixes, ni principes absolus.

Cependant, ces difficultés ne sont pas insurmontables : nous en avons la preuve dans quelques cartes chorographiques de certaines régions de l'Europe, réduites d'après les cartes d'état-major, et où le figuré du terrain a été généralisé de la manière la plus habile. Telles sont : la carte de France à 1/320000e du Dépôt de la guerre; la carte du sud-ouest de l'Allemagne à 1/250000e par le Bureau topographique de Munich; la Suisse, à même échelle; les cartes générales à 1/288000e des provinces de l'Autriche-Hongrie; l'Italie supérieure et centrale à 1/600000e par l'état-major italien, etc. De la chorographie à la géographie, il n'y a qu'un pas : il appartient à l'industrie privée de le franchir. Les modèles ne lui manquent pas; qu'elle se mette courageusement à l'œuvre, en puisant largement aux bonnes sources, et bientôt, il faut l'espérer, on verra disparaître de la circulation, et surtout de l'enseignement, au moins pour la géographie de l'Europe, ces produits informes qui faussent le jugement du public et des élèves par une interprétation imaginaire des aspérités de la surface terrestre.

L'Exposition du palais du Champ de Mars a montré des essais en tous genres, tentés dans le but de représenter, de la manière la plus exacte possible et la plus intelligible en même temps, les formes générales du terrain sur les cartes géographiques. Mais,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'il est un procédé qui rende le mieux ces traits caractéristiques dont nous avons parlé, ce n'est ni l'emploi des courbes et des teintes hypsométriques, ni le lavis, ni l'estompe : c'est la hachure dirigée dans le sens de la ligne de plus grande pente avec l'éclairage par la lumière verticale, la lumière oblique n'étant admise qu'exceptionnellement, pour marquer les arêtes vives des crêtes rocheuses.

En dehors des cartes géographiques proprement dites, l'industrie privée produit encore des cartes spéciales, établies sur un fond de géographie plus ou moins détaillé et consacrées à faire connaître les diverses régions du globe sous des points de vue différents : histoire, politique, ethnographie, géologie, climatologie, météorologie, statistique, etc. Un grand nombre de ces cartes spéciales, dont quelques-unes, surtout les cartes géologiques, sont préparées souvent par de grandes administrations publiques, figuraient à l'Exposition réparties dans les divers groupes. Avant de procéder à l'examen de celles de ces cartes qui nous ont paru mériter une mention particulière, nous nous permettrons une courte digression, relative à la géologie, à la statistique et à la météorologie, sciences d'origine encore récente, mais dont les progrès se sont affirmés d'une manière remarquable à l'Exposition et qui ont, d'ailleurs, avec la science militaire, des rapports qu'il est important de signaler.

La connaissance de la structure intérieure des formations géologiques est d'une importance de premier ordre pour le topographe qui représente les formes extérieures du sol. Comme il est impossible à celui-ci de saisir d'un seul coup d'œil l'ensemble de ces formes, cette connaissance redresse les erreurs d'appréciation qu'il peut commettre dans le figuré des montagnes ou dans la direction de leurs axes principaux, et c'est par elle qu'il arrive à rendre exactement l'orographie d'une région. Elle n'est pas moins nécessaire au géographe pour la détermination de ces traits généraux qui caractérisent un terrain, et qui doivent être vigoureusement accentués sur les cartes à petite échelle. Aussi a-t-on dit avec raison que la géologie est la base

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

essentielle de la connaissance du terrain. Il paraîtrait donc nécessaire d'étudier la géologie d'une région avant d'en lever la carte topographique. C'est ce qui n'a pas eu lieu généralement en Europe, mais il est facile de le faire pour les pays dont les levés de détail ne sont pas encore exécutés.

A l'origine, on s'est peu préoccupé des relations intimes de la guerre avec les sciences physiques ; maintenant l'opinion leur est favorable en Allemagne et dans quelques autres pays de l'Europe; elles sont admises également en France, et les cours de topographie et de géographie de nos écoles militaires sont toujours précédés de notions géologiques.

Au point de vue cartographique, il est à remarquer que, depuis 1867, les efforts non seulement de tous les États de l'Europe, mais des nations civilisées du monde entier, semblent s'être portés sur les cartes géologiques ; quelques pays même n'en possèdent pas d'autres. En Russie, en Hongrie, en Danemark, les cartes géologiques exécutées par de grands établissements publics ont une supériorité marquée sur toutes les autres productions cartographiques ; en Suède et en Norwège, la géologie est beaucoup plus avancée que la topographie ; en Belgique, le Dépôt de la guerre a depuis 1877 une section exclusivement consacrée à l'exécution d'une carte géologique à 1/20000e. En France, la carte géologique, basée sur la carte de l'état-major à 1/80000e et établie par les soins des ingénieurs des mines, avance rapidement ver sa fin. Dans les Indes anglaises et les pays de la rive droite de l'Indus, vers lesquels l'attention générale est appelée par les événements récents, ce sont les cartes géologiques qui, par leur exactitude et leur perfection, permettent de suivre avec le plus de facilité la marche des opérations des armées belligérantes.

Personne ne conteste l'influence de la nature du sous-sol sur le climat, sur les productions d'une région et, par conséquent, sur l'industrie, les mœurs et même la constitution physique des individus qui l'habitent. Cependant on ne saurait attribuer aux formations géologiques une importance extrême

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au point de vue des opérations militaires. Il est certain que les formes extérieures qu'affectent les terrains sont liées intimement avec leur structure géologique, que ces formes ont une influence irrécusable sur la marche des troupes, sur le choix des positions et l'emplacement des champs de bataille, qu'il y a des voies naturelles que suivent fatalement les armées, des points où elles se rencontrent fatalement, l'histoire le démontre ; mais tenter d'expliquer par la géologie, comme on l'a fait dans un ouvrage récent [1], tous les événements de guerre anciens ou modernes, subordonner les conceptions stratégiques des grands capitaines à la constitution du sous-sol, c'est traduire dans le langage géologique des faits qui s'expliquent tout simplement par une description topographique, c'est substituer la cause à l'effet.

Les cartes statistiques représentent, au moyen de teintes diverses et de signes conventionnels particuliers, les termes numériques qui expriment les faits physiques, sociaux et politiques d'une région déterminée. Elles ont l'immense avantage de faire voir d'un seul regard un ensemble de faits de même nature qui donnent immédiatement l'idée des forces productives ou de la richesse d'un pays, au point de vue de l'industrie, du commerce, de l'agriculture, de la densité de la population, de l'instruction générale, de la répartition des forces militaires, du recrutement, etc. Elles intéressent donc à plus d'un titre la science militaire.

Nous devons constater ici les progrès accomplis dans les productions cartographiques de ce genre par quelques États de l'Europe, et notamment par l'Autriche, la Russie et la Norwège. Les cartes statistiques officielles y ont reçu une extension considérable, et l'on paraît généralement y attacher une importance plus grande qu'aux cartes topographiques. C'est que, dans ces pays, où l'état social n'est pas encore fixé d'une manière définitive, où les populations ne sont pas encore réparties sur la surface du sol dans une proportion qui soit en rapport exact

[1] *La guerre et la géologie*, traduction de l'espagnol en français par A. Joly, capitaine du génie. 1876.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec les productions naturelles, la statistique joue un rôle de premier ordre, en recherchant ces faits de détail, qu'elle a mission de coordonner et de comparer, afin d'en déduire des conséquences pour l'avenir. Au contraire, chez les nations dont l'assiette est assurée depuis longtemps, comme la France, l'Angleterre, l'Allemagne, le besoin d'une topographie régulière domine, et la statistique est reléguée au second plan.

Si la statistique est en faveur dans les États du nord et de l'est de l'Europe, c'est chez les puissances occidentales que s'est développée la météorologie, et les travaux considérables, cartes, ouvrages, instruments d'observation que nous a révélés l'Exposition constatent les progrès immenses réalisés par cette science dans le cours des dernières années.

Depuis longtemps déjà la détermination des lois qui président à la formation des ouragans dans la mer des Indes préoccupait les marins de l'Angleterre et des États-Unis. Vers 1850, des observations multipliées avaient déjà permis de reconnaître les mouvements généraux de l'atmosphère et la marche régulière des tempêtes qui, prenant naissance dans l'océan Atlantique, viennent fondre sur l'Europe occidentale. Mais c'est à Leverrier que l'on doit la création d'un système rationnel de la prévision du temps, qui a donné naissance à l'établissement d'un service international de météorologie scientifique universelle.

Les efforts persistants du célèbre astronome dans le sens de la centralisation des observations météorologiques ont fini par être couronnés de succès. De tous côtés, à l'étranger comme en France, depuis vingt ans, des fonds considérables ont été consacrés, soit par les Gouvernements, soit même par des particuliers, à la construction d'observatoires spéciaux, où des instruments enregistreurs, qui se perfectionnent de jour en jour, permettent de recueillir, à des intervalles aussi petits que possible, tous les renseignements relatifs à la pression barométrique, à la direction et à l'intensité des vents. Le télégraphe électrique transmet ces renseignements à des observatoires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

principaux, qui les recueillent, les comparent, les combinent, les commentent, en tirent des conclusions et adressent aux points intéressés des avis motivés sur les probabilités du temps.

Le service international de météorologie, réduit dans l'origine aux observatoires de France et d'Angleterre, a peu à peu obtenu le concours de la plupart des puissances européennes. Il s'étend actuellement sur presque toute la surface de l'Europe, sur la côte septentrionale de l'Afrique, Algérie, Tunisie, et jusque dans la Turquie d'Asie, d'où, probablement, il se reliera bientôt avec l'Inde anglaise. Il comptait, en 1878, 80 stations étrangères, transmettant deux fois par jour leurs observations à l'office principal de chaque pays, et autant de stations françaises, dont 20 seulement font parvenir leurs renseignements aux offices étrangers. En France, on a organisé en outre, depuis 1873, un service agricole de météorologie, qui comprend 1,600 stations, réparties sur toute la surface du territoire, 20 en moyenne dans chaque département. Ces stations recueillent de nombreuses observations barométriques et reçoivent en échange, par les soins du bureau central de Paris, à qui elles en font part, des renseignements sur la prévision du temps et des avertissements sur les chances de pluie, d'orage, de grêle ou de gelées tardives.

Tous les jours le bulletin météorologique de Paris publie un tableau présentant le résultat des observations faites le matin dans les diverses stations de France, des Îles-Britanniques, de la Suède et de la Russie. Ce tableau est accompagné de deux cartes, indiquant, l'une, les hauteurs barométriques, l'autre, les températures recueillies sur divers points de l'Europe. Sur la dernière de ces cartes, les courbes noires ne sont qu'un signe conventionnel destiné à marquer la suite des points d'égale température; mais, sur la première, elles figurent assez exactement la forme de sondes ou vagues de la surface supérieure de l'atmosphère, et sont analogues aux courbes équidistantes qui servent à représenter les formes du terrain en topographie. Comme ces dernières, elles forment des élévations, des dépres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sions; et la comparaison des cartes barométriques du bulletin, à 24 heures d'intervalle, permet de saisir immédiatement la direction et l'intensité des basses pressions sur la connaissance desquelles est basée la prévision du temps.

Cette science nouvelle, à laquelle beaucoup de personnes ne croient pas encore, quoiqu'elle repose sur des faits authentiques et bien observés, a acquis depuis quelques années une importance qu'on ne saurait dénier, et nous pensons qu'elle est appelée à rendre de grands services au point de vue militaire. Le général d'armée familiarisé avec les observations météorologiques, par l'étude suivie des cartes qui les représentent, habitué aux déductions probables qu'il est possible d'en tirer, aura, dans un très grand nombre de cas, un avantage immense sur celui qui les négligera.

On a souvent parlé avec dédain de la règle empirique qu'avait adoptée le maréchal Bugeaud pour conclure la probabilité du temps à quelques jours d'intervalle, et l'on a pu attribuer au hasard les succès qu'il a dus peut-être aux applications qu'il savait en faire. Mais cette règle n'avait pas de fondement sérieux, tandis que la science météorologique, sur laquelle nous appelons l'attention des officiers de l'armée, est arrivée aujourd'hui à un tel degré de précision, qu'il n'est plus permis à un homme sérieux de négliger ses indications. Les services qu'elle rend à la marine sont incontestables, et il paraît certain qu'avec l'étude et l'expérience on arriverait à l'appliquer avec avantage aux mouvements des armées en campagne.

Le service météorologique organisé en Algérie, depuis 1874, par le regretté Sainte-Claire Deville, sous la direction du gouvernement général, a déjà montré plus d'une fois de quelle utilité il pouvait être pour les agriculteurs de la colonie; à l'occasion, on appliquera certainement ses indications à la marche des colonnes expéditionnaires. Dans tous les cas, il fournira des résultats intéressants sur les conditions climatériques de l'Afrique septentrionale.

Revenons à notre sujet, auquel la météorologie ne se rattache,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en réalité, que par les cartes qui lui servent à inscrire les observations.

Parmi les productions cartographiques dues, soit aux grands établissements publics autres que ceux qui établissent les cartes d'état-major, soit à l'industrie privée, soit à l'initiative des particuliers, l'Exposition internationale de 1878 a offert au jugement du public quelques œuvres remarquables, d'autres seulement satisfaisantes, un grand nombre médiocres... Il nous serait impossible de les analyser toutes. Nous ne citerons que celles qui nous ont paru intéressantes à divers points de vue, et nous les rangerons suivant l'ordre alphabétique des nations, en commençant par l'Europe, dont l'apport a été naturellement le plus considérable.

ALLEMAGNE.

Nous l'avons déjà dit, la cartographie industrielle a acquis en Allemagne un haut degré de perfection, surtout en ce qui concerne les cartes d'étude et d'enseignement géographique. On doit donc regretter sincèrement que le manque absolu d'œuvres cartographiques allemandes à l'Exposition n'ait pas permis de constater une fois de plus, par comparaison, l'immense supériorité de ces œuvres sur celles de la plupart des autres nations de l'Europe.

AUTRICHE.

Nous mentionnerons d'une manière particulière les cartes indiquées ci-après :

Albach (Jules), capitaine du génie attaché à l'Institut militaire de Vienne. — Cartes des environs de Vienne à 1/25000e et 1/200000e, travail remarquable par les procédés employés. Le dessin est exécuté à très grande échelle, puis réduit par la photographie ; on tire d'après le cliché une épreuve en bleu pâle, sur laquelle on repasse en noir tous les traits à conserver ; on livre cette épreuve en noir à la photographie, qui reproduit enfin à l'échelle définitive, et l'on tire, soit en photolithographie, soit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en héliogravure, par les moyens ordinaires. Le figuré du terrain indiqué par des courbes de niveau relevées à l'estompe se distingue par son expression plastique.

Artaria et Cie. — Nombreuses cartes scolaires murales, cartes d'étude et d'enseignement ; une excellente carte des Alpes pour les touristes, exécutée avec tout le soin que met cette maison dans toutes ses œuvres.

Cte Vladimir Dzieduszycki. — Carte forestière et agricole manuscrite de la Galicie et de la Bukowine, à 2 pouces $\frac{1}{2}$ de Vienne pour un mille (1/115200e), coloriée, sans figuré de terrain : œuvre considérable due à l'initiative privée.

Harlacher, de Prague. — Cartes pluviales ou tableaux hydrométriques, où les quantités égales de pluie, de 20 en 20 millimètres, sont indiquées par des courbes d'une grande clarté.

Peez et Péchard. — Cartes statistiques des transports par chemins de fer, très détaillées et très complètes.

Capitaine **Schlacher.** — Carte à 1/1200000e de l'Europe centrale, chromolithographie ; terrain à l'estompe, bien rendu. Carte d'étude un peu trop détaillée et manquant peut-être de clarté, à cause de la profusion des écritures.

Streffleur. — Carte hypsométrique de l'Empire austro-hongrois. L'auteur a obtenu une médaille d'argent pour son ouvrage sur la connaissance du terrain (*Terrain-Lehre*), dont une traduction française serait accueillie avec empressement par les officiers de notre armée.

Nous citerons encore : les cartes statistiques, accompagnées de textes, de la commission impériale-royale de statistique, les cartes de l'Institut géologique de Vienne et celles du ministère de l'agriculture, basées sur les levés originaux à 1/25000e et publiées en couleurs sur le fond de la nouvelle carte à 1/75000e de l'Institut militaire de Vienne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BELGIQUE.

L'industrie privée a exposé un grand nombre de cartes, pour la plupart géologiques, statistiques ou économiques. On peut citer exceptionnellement :

1° Les cartes géologiques à 1/20000e du Musée d'histoire naturelle ;

2° Une carte de l'affaissement du sol sur les côtes, exécutée par **Von Rysselberghe** et publiée par les Travaux publics ;

3° Une carte manuscrite de l'Afrique centrale par **Demot**, résumant d'une manière claire et précise tous les voyages d'exploration entrepris dans cette région depuis le commencement du siècle ;

4° Un relief à gradins de la Belgique par M. **Dumoulin**, employé au ministère des travaux publics ; travail bien exécuté et produisant un effet assez satisfaisant, quoique l'échelle des hauteurs, huit fois plus grande que celle des horizontales, soit un peu trop exagérée, par suite de la nécessité où l'auteur se trouvait de faire ressortir les ondulations légères de la plaine.

DANEMARK.

En dehors des cartes remarquables publiées par l'Institut météorologique danois, dont la création date seulement de 1872, nous citerons seulement une carte géologique de **Johnstrup**, exécutée avec le plus grand soin.

ESPAGNE.

Les cartes figuraient en nombre restreint dans la section espagnole ; on pouvait y remarquer : une carte générale manuscrite de la péninsule à 1/300000e, exposée dans la grande galerie par le corps des ingénieurs, canaux et ports, et indiquant les grands travaux publics en cours d'exécution ou en projet ; une carte itinéraire de MM. **Areba** et **Solsona**, pour les transports

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

militaires sur les voies ferrées en Espagne; les cartes géologiques et agronomiques de M. **Moulle**, ingénieur civil des mines; enfin les cartes publiées dans le Bulletin de la Société géographique de Madrid, qui s'occupe beaucoup de géologie.

FRANCE.

La France était chez elle : aussi son industrie cartographique tenait une large place à l'Exposition. Il fallait, en effet, encourager les efforts déployés, les résultats déjà obtenus, et si la classe 16 avait admis des produits médiocres, elle en présentait aussi de comparables à ceux qu'on obtient en Suisse et en Allemagne. Il est incontestable que la cartographie industrielle a fait, en France, depuis huit ans, des progrès très sensibles. On peut lui reprocher encore, en général, un peu de laisser-aller dans l'exactitude, pas assez de sévérité dans le choix des documents utilisés; on peut critiquer l'emploi abusif qu'elle fait de méthodes surannées pour rendre le figuré du terrain; mais, en ce qui concerne les procédés d'exécution, elle est à la hauteur des industries similaires de l'étranger.

Dans la nomenclature qui suit des cartes les plus remarquables de l'exposition française, nous ferons rentrer tous les produits exposés par des établissements officiels autres que le Dépôt de la guerre, parce que ces produits ne sont, en somme, que des réductions ou des amplifications de la carte d'état-major, parce qu'ils ne sont basés sur aucune méthode scientifique nouvelle, parce qu'enfin on n'a fait que leur appliquer les procédés d'exécution ordinaire de l'industrie privée. L'ordre alphabétique seulement nous guidera dans l'exposé de nos appréciations.

Andriveau-Goujon. — Parmi les nombreuses productions de cette maison importante, dont les publications cartographiques concernent le monde entier, nous citerons principalement : une carte spéciale des chemins de fer et voies navigables de la France à 1/1400000^{e}, gravée sur acier; une carte d'Alle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magne et une carte d'Algérie, qui font partie de l'atlas universel de géographie moderne; enfin une France orohydrographique et routière, à 1/1000000e, d'après la carte d'état-major, et dont le dessin soigné est dû à un dessinateur du Dépôt de la guerre, feu Picard. Les formes du terrain, convenablement généralisées, sont exprimées sur ces cartes par des hachures.

Baudry. — Carte du mont Blanc à 1/40000e, dressée par M. Viollet-le-Duc, d'après ses observations personnelles et sur le fond des cartes *Mieulet, Fabre* et *O'Reilly;* œuvre d'artiste, frappante de vérité pour les glaciers et les rochers, mais laissant beaucoup à désirer au point de vue du figuré du terrain, dont les formes restent indécises.

Belin (Eugène). — Collection de cartes en relief de toutes les parties du monde, remarquables par le procédé d'exécution employé : la carte est imprimée en sept couleurs sur un carton plan, puis estampée sur une matrice; le repérage des formes du terrain avec la planimétrie, sans être absolument parfait, est assez satisfaisant. L'échelle des hauteurs est environ quinze fois plus grande que celle des horizontales; cette proportion paraît indispensable pour un relief géographique. La maison Belin a exécuté, d'après le même procédé, une France physique ou politique à 1/800000e, avec courbes de niveau et teintes hypsométriques, échelle des hauteurs quintuplée; cette carte-relief est destinée à rendre de grands services à l'enseignement. Les reliefs coloriés, en plâtre, de la même maison, établis d'après le système Bardin, n'offrent que peu d'intérêt.

Blaesère (De) et Larochette. — Carte de France à 1/800000e. Le terrain, figuré au crayon lithographique, lumière oblique, aurait encore besoin d'être étudié pour offrir un effet plastique tout à fait satisfaisant.

Chancourtois (Béguyer de), ingénieur des mines. — Au moyen d'une série d'esquisses, de cartes et d'objets divers, M. de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chancourtois expose un système de géographie mathématique, dont il est le promoteur, et qui a pour but l'unification des travaux géographiques, fondée sur l'emploi de la division décimale du cercle, sur le choix d'un méridien zéro international pour la supputation des longitudes, et l'adoption de projections polyédriques qui auraient l'avantage de représenter les grands cercles de la sphère par des lignes droites, ce qui serait d'une grande importance pour l'étude des alignements géologiques. Ces travaux sont très intéressants, à cause de l'ordre d'idées spécial dans lequel ils ont été conçus.

Collin. — Ce graveur émérite, qui a signé, comme employé aux Dépôts de la guerre et de la marine, des œuvres remarquables, exposait quelques travaux de gravure d'une admirable exécution, entre autres une petite carte de la Suisse, destinée à l'atlas de M. Vivien de Saint-Martin, que publie la maison Hachette. Dans cette œuvre, l'artiste s'est inspiré de la carte du général Dufour, avec une rare intelligence du terrain et un talent hors ligne. Espérons que la mort récente de M. Collin n'entravera pas la marche de l'atlas entrepris par la maison Hachette, et que le public attend avec impatience.

Delagrave. — Parmi les nombreuses publications cartographiques que la maison Delagrave a envoyées au Champ de Mars, et dont la plupart sont dues à la collaboration de M. Levasseur, nous citerons principalement la grande carte murale de France à 1/600000e, où l'on a combiné les hachures avec les teintes hypsométriques, et qui est destinée à l'enseignement primaire supérieur et à l'enseignement secondaire. La maison Delagrave s'est rendue acquéreur de la collection remarquable des reliefs Bardin, qu'elle reproduit en grand nombre, pour l'étude de la topographie des montagnes françaises. Elle exposait, en outre, des reliefs géographiques et géologiques très estimés, portant les noms de Levasseur, de Caroline Kleinhans, etc., et un grand nombre d'instruments scientifiques, dont quelques-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

uns, comme l'alidade autoréductrice et la boussole-alidade Peigné, ainsi que le pendulographe Grandjean, méritent une mention particulière.

Delalain. — Exposition de grande importance, au point de vue des atlas scolaires et des cartes d'enseignement. On pourrait peut-être reprocher aux produits cartographiques de cette maison de rester un peu trop conformes aux types anciens et de n'avoir pas été mis à hauteur des progrès de la science. C'est, il est vrai, tout un matériel à renouveler, de grandes dépenses à faire : nous n'attendons pas moins des grands éditeurs français.

École spéciale militaire. — Le plan-relief à gradins de Saint-Cyr et de ses environs, par les professeurs et professeurs adjoints de topographie à l'École militaire, est une œuvre remarquable par l'habileté, la conscience et le soin méticuleux qui ont présidé à son exécution. Il est destiné à l'instruction des élèves au point de vue de la topographie, de l'étude du terrain et de ses applications aux petites opérations de la guerre. Pour ce motif, on s'est bien gardé d'employer une échelle de hauteurs différente de celle des horizontales. Cependant l'inconvénient des reliefs à double échelle est beaucoup moins grave quand on a conservé, comme dans les reliefs à gradins, la trace des courbes horizontales à équidistance connue.

Erhard. — Les œuvres chromolithographiques exposées par M. Erhard attirent surtout les regards par la multiplicité et la variété des couleurs. Sa carte d'Europe au 1/4000000e est assez douce de tons ; sa carte de France à 1/800000e est très expressive pour le relief de la montagne, mais bien inférieure au type original, peint à l'huile, que nous avons eu l'occasion de voir ailleurs qu'à l'Exposition. Son procédé de représentation du terrain peut convenir aux cartes géographiques ; en topographie, il paraît inadmissible : le Pelvoux exécuté à 1/40000e pour le club Alpin français nous en fournit la preuve. Les petites cartes gravées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les ateliers d'Erhard pour les *Guides Joanne* et pour les ouvrages géographiques d'Élisée Reclus sont d'une bonne exécution.

Eynaud de Fay. — Relief à gradins, à l'échelle de 1/320000e, du quart nord-est de la France, hauteurs doublées, courbes construites sur la carte de France à même échelle du Dépôt de la guerre; travail d'un grand intérêt, à cause de son exactitude.

Hachette et Cie. — Cette maison, si honorablement connue déjà par ses nombreuses publications géographiques, au nombre desquelles il suffit de citer les ouvrages d'Élisée Reclus, *le Tour du Monde*, les *Guides Joanne*, *la Gaule d'après les Itinéraires de Peutinger*, a entrepris, sous la direction de M. Vivien de Saint-Martin, un atlas universel de géographie, dont l'exécution, confiée aux dessinateurs et aux graveurs les plus habiles, doit, si l'on en juge par les spécimens exposés, dépasser tout ce qui a été produit jusqu'à présent dans ce genre en France, et placer cet établissement au même niveau que ceux de l'Allemagne qui ont acquis le plus d'importance. Les sacrifices que s'impose la maison Hachette pour arriver à ce résultat seront certainement récompensés par la faveur du public consciencieux. Ce qui distingue surtout l'atlas de M. Vivien de Saint-Martin, auquel les cartes d'état-major et les documents les plus dignes de foi servent de base, c'est l'abandon complet des anciens systèmes de figuré géographique des montagnes.

Hansen. — Manuscrit d'une carte de France en 4 feuilles à 1/500000e, dessiné en vue d'une reproduction en douze couleurs par l'impression sur rouleau, à l'instar des papiers peints. Cette carte, dont le prix sera très modique, est destinée aux écoles.

Mlle **Kleinhans (Caroline)** se distingue par son habileté ar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tistique dans l'exécution des reliefs topographiques et géographiques taillés en plein plâtre. Nous citerons surtout sa France en relief à 1/1000000e, à hauteurs quadruples, établie sous la direction de M. Levasseur, et ses petites cartes-reliefs réduites par le procédé Colas.

Malègue. — Reliefs à gradins de la Haute-Loire à 1/40000e et de la Loire à 1/50000 (hauteurs doublées), d'après les courbes des minutes de la carte de l'état-major. Travail habilement exécuté.

Ministères. — Le ministère de l'intérieur a exposé un spécimen de carte de France à 1/100000e, dont la gravure sur pierre en couleurs est exécutée dans les ateliers d'Erhard, et un grand nombre de cartes départementales, dont quelques-unes portent des courbes de niveau établies d'après les minutes à 1/40000e de la carte du Dépôt de la guerre. Toutes ces cartes ne sont, en réalité, que des réductions, des copies ou des amplifications de ce document officiel; elles ont été simplement complétées pour les voies de communication par les agents du service vicinal. Leur exécution n'offre rien de remarquable : il ne paraît donc pas nécessaire de s'y arrêter.

L'exposition des missions scientifiques organisée à la classe 8 par le ministère de l'instruction publique nous offre, au contraire, une nombreuse série de documents géographiques nouveaux, pour la plupart manuscrits, parmi lesquels nous nous faisons un devoir de citer :

Les cartes établies par M. Wiener pendant ses voyages au Pérou et en Bolivie; les itinéraires de M. André à travers la Cordillière des Andes; les voyages de M. Crevaux en Guyane; les cartes ethnographiques de l'Amérique du Nord, par M. Pinard; la première carte dressée de l'île d'Amsterdam, par M. Velin; les cartes de voyage de M. Ujfalvy dans le Turkestan; celles du docteur Armand dans les royaumes d'Annam et de Siam; les cartes ethnographiques de l'archipel Indien, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Hamy; enfin, les remarquables cartes archéologiques de la commission de topographie des Gaules, dont le fond a été réduit et la montagne généralisée avec une grande habileté, d'après la carte à 1/320000e du Dépôt de la guerre.

Nous mentionnerons encore d'une manière particulière le relief à 1/100000e de la région des Chotts tunisiens, exécuté par M. Roudaire, chef d'escadron d'état-major, pour l'étude d'un projet de mer intérieure. Sans préjuger les résultats définitifs que l'avenir réserve à cette intéressante question, il faut reconnaître que ce travail, scrupuleusement exact, en ce qui concerne la planimétrie et le nivellement de l'immense territoire qui s'étend au sud de l'Aurès, entre Biskra et le golfe de Gabès, sur une longueur de près de 400 kilomètres et sur une largeur de 120 à 150, a une importance de premier ordre au point de vue géographique et topographique de cette région, jusqu'alors à peu près inconnue.

Quant au ministère des travaux publics, il avait exposé dans son pavillon spécial un assemblage général de toutes les feuilles terminées de sa magnifique carte géologique établie par le service des mines sur le fond de la carte de l'état-major à 1/80000e. Cette œuvre gigantesque est au-dessus de tout éloge.

Nous devons encore une mention particulière aux cartes et reliefs à grande échelle exposés au Trocadéro dans le chalet élevé par l'Administration des eaux et forêts, et qui montraient de la manière la plus sensible aux yeux du public, au moyen de la comparaison entre l'état ancien et l'état actuel des lieux, ce que peut faire le génie de l'homme dans le but de maintenir entre des bornes limitées par la science les eaux torrentueuses des montagnes et de rendre à la culture des terrains annuellement ravagés par elles.

Le ministère de la marine (Dépôt des cartes et plans) exposait enfin à la classe 16 des spécimens les plus intéressants de ses cartes officielles, si utiles aux navigateurs, et un travail remarquable de M. Brault, lieutenant de vaisseau, consistant en une carte de l'intensité et de la direction des vents domi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nants de l'océan Atlantique septentrional durant la période estivale.

Schrader. — Carte du mont Perdu (versant espagnol des Pyrénées centrales), dont une partie établie d'après le 1/80000e français, l'autre basée sur de nombreuses reconnaissances exécutées par l'auteur, au moyen d'un instrument de son invention, auquel il a donné le nom d'orographe : œuvre consciencieuse, où les faits géologiques et topographiques se contrôlent réciproquement.

Statistique. — Parmi les nombreux documents statistiques admis à la classe 16, nous citerons principalement les suivants, savoir : au ministère de l'agriculture et du commerce, 16 cartes chromolithographiques faisant connaître la proportion de la production industrielle dans les divers départements français; au ministère des travaux publics, des cartes figuratives du tonnage des chemins de fer, des routes nationales, des rivières, canaux et ports.

Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées. — Cartes démographiques (classe 8) remarquables par la clarté avec laquelle elles indiquent les renseignements statistiques qu'elles mettent en lumière. Le moyen figuratif employé par M. Vauthier ne consiste pas, comme d'ordinaire, dans l'usage de teintes plates de diverses nuances recouvrant des régions déterminées par leurs limites administratives, si peu en rapport souvent avec les faits signalés par la statistique. Tous les points où le fait statistique de même nature présente un terme numérique de même valeur sont réunis, dans les cartes de M. Vauthier, par des courbes analogues à celles qui relient les points d'égale altitude sur les cartes topographiques, et l'on conserve seulement celles de ces courbes qui expriment des nombres différents d'une même quantité arbitraire, espèce d'équidistance qui varie suivant le but qu'on se propose. On peut, en outre, teinter de couleurs diverses chaque zone comprise entre deux courbes voisines, à la façon des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cartes hypsométriques, afin de signaler au regard les parties où les faits de même nature ont une égale intensité.

Ville de Paris. — Le pavillon élevé dans la partie centrale du Champ de Mars par l'administration municipale contenait aussi quelques cartes intéressantes, parmi lesquelles il faut mentionner : le plan de Paris à 1/5000e, basé sur une récente triangulation ; une carte manuscrite à 1/25000e présentant l'état du réseau vicinal du département de la Seine à la date du 1er janvier 1878 ; enfin les cartes indiquant le tracé des aqueducs de la Vanne et de la Dhuis sur le fond des feuilles correspondantes de la carte d'état-major à 1/80000e, où l'on avait relevé les formes du terrain exprimées par des hachures, au moyen d'un lavis au pinceau, couleur sépia, qui en rendait l'aspect saisissant.

GRÈCE.

L'industrie cartographique en Grèce est complètement nulle. Une seule carte figurait à la section hellénique : la Grèce à 1/700000e de Kiepert, éditée en Allemagne ; montagne figurée au crayon lithographique.

HONGRIE.

Les cartes et atlas publiés en Hongrie sont presque exclusivement destinés aux écoles. L'État, toutefois, a fait dresser quelques cartes spéciales, parmi lesquelles on pouvait remarquer, à la section hongroise, celle de la commission géologique. On y trouvait encore des documents topographiques exposés par quelques administrations de mines, et des tracés de chemin de fer, sans aucun intérêt au point de vue cartographique.

ÎLES-BRITANNIQUES.

Parmi les productions envoyées au palais du Champ de Mars par l'industrie cartographique anglaise, le *Royal Atlas* de John-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ston tient encore le premier rang, quoique sa publication ne soit pas d'une date bien récente. Viennent ensuite les atlas pour l'enseignement, de la maison *Philip* et *son*, de Londres. Ce dernier établissement avait exposé une espèce de globe terrestre portatif, s'ouvrant à la façon d'un parapluie et dont les fuseaux, limités par des baleines flexibles retenues à l'extrémité supérieure d'une tige rigide formant l'axe, sont fixés, à l'autre extrémité, à un anneau mobile le long de cet axe : idée originale réalisée avec succès et qui peut rendre des services à l'enseignement.

Signalons encore les produits de la maison Stanford, à laquelle on doit d'excellentes cartes publiées sur le théâtre de la guerre en Orient, et qui figuraient à l'Exposition à côté d'une carte stéréographique des Îles-Britanniques à 1/730432e, où le terrain, traité en courbes de niveau avec l'hypothèse de la lumière oblique, offre l'aspect saisissant d'un relief photographié.

A peine les opérations de l'armée coloniale des Indes contre l'Afghanistan étaient-elles commencées, que la maison Stanford faisait afficher (1er octobre 1878), dans l'espace qui lui était réservé au Champ de Mars, la première carte du théâtre probable de la guerre, s'étendant de la rive droite de l'Indus à Kandahar et comprenant toutes les passes autour de Caboul.

Enfin, nous devons un juste tribut d'éloges aux cartes hypsométriques de l'Europe à 1/400000e et des Îles-Britanniques à 1/633600 par A. C. Ramsay, dont les couleurs parfaitement choisies forment une gamme de tons harmonieux, ainsi qu'à la carte de Suisse à 1/250000e par Nichols, destinée à l'Alpine Club de Londres, et qui donne des détails intéressants pour les touristes.

ITALIE.

La cartographie industrielle était principalement représentée, dans la section italienne, par des cartes géologiques, dont les plus remarquables sont dues au comité géologique du royaume, et d'autres, non moins intéressantes, à MM. Gastaldi, Mayer, Ste-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phani et Lotti, Toromelli, Scarabelli et Curioni. Nous ne parlerons que pour mémoire d'un relief à hauteurs exagérées de M. Bonazzi, de Milan, représentant la chaîne des Alpes, de Suse aux glaciers de la Savoie, relief dont quatre microscopes, fixés aux côtés pour l'usage du public, faisaient étrangement ressortir le grossière exécution. Mais nous citerons avec plaisir une bonne carte en relief de l'Italie à l'échelle du 1/750000e, hauteurs sextuplées, par le capitaine d'artillerie Claudio Cherubini. La montagne n'y paraît pas sensiblement déformée. Excellent document pour l'étude élémentaire de l'orographie de la péninsule.

LUXEMBOURG.

Signalons, en traversant rapidement la très petite surface consacrée à l'exposition du grand-duché, une carte géologique à 1/40000e, de Wies et Siegen, qui paraît établie sur le fond de la carte planimétrique de Liesch, et deux plans manuscrits de la ville de Luxembourg par Biermann, représentant cette ancienne place forte, aujourd'hui démantelée, dans ses deux états, en 1867 et en 1877, avant et après la démolition de ses fortifications.

NORWÈGE.

Une remarquable carte géologique de la partie septentrionale du royaume, par Dahl; une carte statistique médicale très intéressante, du même auteur; d'excellentes cartes de statistique générale, par Smith; une carte botanique, de Schübeler, complétée par un nivellement général en courbes de niveau qui en rend la lecture attrayante; enfin, les belles cartes du bureau privé d'arpentage de Mülsch: tel est l'apport de l'industrie cartographique norwégienne à l'Exposition.

PAYS-BAS.

Grand nombre de cartes scolaires très bien traitées. En outre, deux cartes de la Hollande, l'une par Kemper, l'autre par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Zimmermann, destinées au commerce, et d'un médiocre intérêt; enfin, un essai de carte orohydrographique à 1/100000e des environs d'Interlaken (Suisse), où le terrain, figuré par des courbes de niveau avec intervalles couverts de teintes plates dont l'intensité diminue avec l'altitude, présente un effet de relief entièrement insuffisant. Ce procédé a l'inconvénient de cacher les détails de planimètrie dans les plaines basses et dans les fonds de vallées, où ils sont ordinairement le plus nombreux.

PORTUGAL.

Rien d'intéressant au point de vue de la cartographie industrielle dans la section portugaise.

RUSSIE.

Nous trouvons dans la classe 16 de la section russe un grand nombre de cartes dressées par des établissements officiels autres que ceux de l'état-major, et qui méritent d'être particulièrement citées. Telles sont les cartes du comité central de statistique au ministère de l'intérieur, documents du plus haut intérêt sur la statistique des terres concédées aux serfs, sur le mode de remboursement, etc.; la carte géologique du département des mines (ministère des finances), qui a obtenu une médaille d'or.

Nous regrettons de n'avoir pas trouvé à la section russe l'atlas classique pour l'enseignement de la géographie, d'après la méthode cartographique descriptive, dont le projet figurait à l'exposition du Congrès de 1875, sous le nom du colonel Poulikowsky, professeur de géographie dans les établissements militaires de l'Empire. Ce projet, quand il sera réalisé, s'il ne l'est déjà, est destiné à porter au plus haut degré de perfection l'enseignement de la géographie dans l'empire russe.

Parmi les travaux de l'industrie privée, il nous reste encore à signaler: les cartes statistiques de l'Empire, par Bloch, œuvre considérable et pleine d'intérêt; celles de Vessélovsky, également très complètes; la carte en relief de la Polésie à 1/250000e,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par Jilensky, indiquant les nouveaux travaux de canalisation (médaille d'or); enfin, les excellentes cartes d'enseignement de l'établissement cartographique d'Illine, à Saint-Pétersbourg, honoré également d'une médaille d'or.

RÉPUBLIQUE DE SAINT-MARIN.

Ce petit État, englobé dans la grande Italie, compte à peine 60 kilomètres carrés de superficie, et une population de 7,000 habitants. Dans l'ordre d'importance des États de l'Europe, il se trouve à l'avant-dernier rang, le dernier étant occupé par la principauté de Monaco. Il l'emporte cependant au point de vue cartographique sur la Turquie, car il possède une carte topographique, exécutée, sous les auspices du gouvernement, par une commission spéciale. Cette carte figurait au palais du Champ de Mars.

SUÈDE.

Nous citerons dans la section suédoise : une carte routière et forestière de la Suède, par Torell, œuvre récompensée par une médaille d'or, comme la plus importante des cartes de Suède après celles de l'état-major; la carte géologique d'Erdmann; les cartes très remarquables de la Société royale agricole de Gothland, exécutées pour les travaux de desséchement de l'île; enfin celles de l'Administration royale des forêts, celles du levé économique et les travaux statistiques du bureau central, consistant en cartes accompagnées de textes.

SUISSE.

L'Institut géographique de Müllhaupt et fils, à Berne, est un des principaux établissements cartographiques industriels de l'Europe. Ses productions sont remarquables, non seulement par leur exécution artistique, mais encore par les nouveaux procédés qu'il emploie. M. Müllhaupt a exposé au Champ de Mars quelques cartes où le terrain est représenté par des courbes hori-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

zontales, combinées avec des teintes dégradées, dites teintes en relief. Ce procédé, qui date de 1860, avait déjà figuré à l'Exposition de 1867, sous le nom de la maison Müllhaupt; il n'a, d'ailleurs, rien d'extraordinaire. Mais, depuis quelques années, cette maison est arrivée à des résultats surprenants quant à l'impression en couleur sur cuivre : les spécimens de ce genre qu'elle avait exposés ne laissaient rien à désirer. MM. Müllhaupt offrent de céder leur procédé au prix de 100,000 francs. Nous ne contesterons pas leur droit à cette prétention, mais elle paraît exagérée.

Nous mentionnerons encore dans la section suisse : la très belle carte géologique à 1/25000e du canton de Genève, d'Alphonse Fabre, publiée sous les auspices de la classe d'agriculture de la Société des arts; une carte à 1/20000e, du même savant, présentant le phénomène erratique et les anciens glaciers du versant nord des Alpes suisses; une carte orohydrographique des Alpes à 1/50000e, par Randegger; la carte du lac de Genève, par Pictet, avec courbes horizontales du fond obtenues par des sondages multipliés. Quelques cartes gravées par MM. Würster et Leuzinger ont particulièrement attiré notre attention par leur touche habile. Enfin, le relief des hautes montagnes de Zermatt, construit à une seule échelle, par Imfeld, d'après les levés topographiques fédéraux à 1/25000e, colorié et sculpté avec une habileté d'artiste, se distinguait de la plupart de ceux qui figuraient à l'Exposition par une imitation exacte des formes et des tons de la nature.

TURQUIE.

Industrie cartographique entièrement nulle.

Quelques-unes des colonies européennes d'Asie, d'Afrique et d'Océanie, ainsi que la plupart des nations de l'Amérique avaient envoyé des cartes à l'Exposition. Nous indiquons ci-après ceux de ces documents qui nous ont paru les plus intéressants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AFRIQUE.

Algérie — Carte géologique générale de l'Algérie, par M. Pouyane, et cartes géologiques par provinces, de MM. Tissot, Rocar et Ville, ingénieurs des mines.

Grande carte murale coloniale et industrielle du gouvernement général de l'Algérie, à 1/200000e, avec tableaux statistiques, sans figuré du terrain.

Carte forestière remarquable, par l'administration des forêts.

Grand relief en plâtre de l'Algérie à 1/200000e, par M. Moliner Violle, instituteur. Ce travail, établi avec des documents encore incomplets, témoigne d'un grand effort et d'une certaine intelligence du terrain.

Carte des terrains concédés à la Société algérienne dans la province d'Oran. Exécution soignée quant au relief du terrain, artistiquement exprimé par du lavis à teintes dégradées.

Le Cap. — La colonie du Cap a exposé deux cartes de son territoire : l'une anglaise, publiée à Londres par Dünn; l'autre, assez complète, dressée par le géomètre en chef de la colonie, et basée probablement sur la triangulation exécutée, en 1864, par des ingénieurs de l'armée anglaise.

Nous avons cherché en vain dans la section égyptienne des spécimens de la carte d'Égypte à 1/100000e dressée par le bureau topographique de l'état-major général égyptien, carte dont 10 feuilles cependant étaient déjà publiées au commencement de 1878.

AMÉRIQUE.

De toutes les productions cartographiques exposées par les divers pays de l'Amérique, les plus remarquées ont été, sans contredit, celles du Dominion ou gouvernement du Canada.

On sait que le Dominion comprend deux États: le bas Canada, Québec, et le haut Canada, Toronto. Dans le premier, l'élément

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

français domine; dans le second, c'est l'élément anglais; d'où une différence très sensible dans les produits de l'une et de l'autre région, différence que l'on pouvait même observer facilement dans ceux de la classe 16. Nous citerons plus particulièrement les cartes d'enseignement publiées par le département de l'éducation, les cartes géologiques et minéralogiques exécutées par la Commission géologique, sous la présidence du docteur Selwijn; les *Fishery maps*, belles cartes manuscrites des pêcheries du Canada, établies par Henry Hind, pour accompagner le traité de pêche entre le Dominion et les États-Unis; la carte du cours du Saint-Laurent, exposée par la Commission de canalisation de ce fleuve et du port de Montréal; enfin, une gigantesque carte manuscrite de la partie Sud du Dominion, s'étendant de l'un à l'autre Océan et préparée par le département de l'intérieur en vue de l'Exposition.

En dehors des cartes et des reliefs du docteur Hayden, productions qui, sans être parfaites, ont encore une supériorité marquée sur les autres du même pays, il n'y avait réellement à voir dans la section des États-Unis que les cartes publiées par l'éditeur Bien, qui comprennent une grande partie du territoire de l'Union; celles de la maison Asher et Adams, de New-York, établies d'après les levés officiels; enfin une carte du Colorado, par Krauss.

Avant de passer dans l'Amérique du Sud, mentionnons, en traversant le Mexique et les Républiques de l'Amérique centrale, l'atlas très remarquable d'Antonio Garcia Cubas et une carte géographique assez médiocre du territoire du Guatémala, par Enrique Bourgeois.

Quatre pays seulement de l'Amérique du Sud avaient pris part à l'Exposition. La république de Vénézuéla offrait trois cartes médiocres; l'une, physique et politique, publiée par le gouvernement; l'autre, minéralogique, due à M. Marcano; la troisième, géologique, par le docteur Karsten. La Bolivie était représentée par une carte d'ensemble, sans intérêt, de MM. Artola frères. La Commission centrale de la république de l'Uruguay exposait une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assez bonne carte agricole. Quant à la république Argentine, elle se faisait remarquer par quelques productions cartographiques que plus d'un État de l'Europe n'aurait pas désavouées, savoir : carte de la province de Buenos-Ayres par le département des ingénieurs; carte spéciale de la province Entre-Rios, publiée par la municipalité de Gualguaychu, avec de nombreux renseignements statistiques; et la carte des nouvelles frontières du Brésil, par Vyrocki.

ASIE.

L'Asie n'était représentée à la section 16 de l'Exposition que par le Japon. Le bureau hydrographique du ministère de la marine y avait envoyé quelques cartes marines, qui n'ont obtenu qu'un succès de curiosité. La carte des phares de l'archipel du Japon, la plus intéressante de ces cartes, est anglaise d'origine et simplement traduite en japonais.

OCÉANIE.

Les colonies anglaises de l'Australie offraient dans leur exposition de nombreux documents cartographiques. Nous citerons en première ligne : les cartes géologiques remarquables du Queensland et une très belle carte du Sud-Australia, exécutée par Goyder et publiée par le Survey general office; en seconde ligne seulement, quelques cartes géologiques et autres, plans de villes, etc., exposés par le département des mines et le département des terres de Victoria; des cartes géologiques du South-Wales et du Western-Australia; quelques cartes agricoles médiocres par le surveyor général de Sydney.

Enfin, pour terminer par une colonie française, nous mentionnerons une carte géologique assez remarquable de la Nouvelle-Calédonie, par M. Garnier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 4. — DIVERSES MÉTHODES APPLIQUÉES AU FIGURÉ DU TERRAIN SUR LES CARTES TOPOGRAPHIQUES,

PAR M. MOESSARD, CAPITAINE D'ÉTAT-MAJOR.

Toute carte se compose de deux parties distinctes : la planimétrie et le figuré du terrain.

La planimétrie est la projection horizontale, réduite à l'échelle, de tous les points, de toutes les lignes naturelles et artificielles situées à la surface du sol. Ce principe est universellement appliqué dans toutes les cartes topographiques; les procédés d'exécution diffèrent peu, et les signes conventionnels affectés à un même objet se ressemblent assez pour qu'il n'y ait pas lieu d'en faire une étude comparative spéciale.

Il en est tout autrement du figuré du terrain. Nous nous trouvons ici en présence d'un problème des plus intéressants et des plus controversés, qu'on a résolu de cent manières, mais dont, il faut bien le reconnaître, la solution complète est encore à trouver.

Pour figurer le terrain, c'est-à-dire pour représenter sur un plan ce groupement capricieux de surfaces irrégulières qui constitue le sol naturel, l'art et la science ne mettent que de bien faibles ressources à notre disposition; et la difficulté de l'entreprise s'accuse avec plus d'évidence encore, si l'on examine les conditions multiples et presque contradictoires auxquelles on est tenu de satisfaire.

Il faut d'abord que le procédé employé soit assez mathématique pour permettre la reconstitution exacte du terrain dans toutes ses parties, le calcul précis des cotes d'altitude de chaque point, celui des pentes de chaque élément superficiel, le tracé rigoureux des profils dans toutes les directions, etc.

Mais une carte n'est pas seulement faite pour les savants et pour le travail de cabinet; aussi, faut-il compléter le figuré

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

géométrique abstrait par des effets de modelé, permettant au premier venu de voir d'un coup d'œil, sans réflexion et même sans études préalables, les formes du terrain dans l'ensemble et dans les détails.

En troisième lieu, la méthode doit pouvoir s'appliquer avec le même succès à la montagne et à la plaine, rendre avec la même vérité les escarpements à pic et les ondulations les moins sensibles; il faut encore qu'elle convienne également bien aux dessins manuscrits et aux cartes gravées, qu'elle soit basée sur des règles tellement précises que dessinateurs et graveurs produisent des œuvres rigoureusement comparables, que la planimétrie ne perde rien de sa netteté, et qu'il n'y ait pas de confusion possible entre le trait et le rendu du terrain.

Enfin, le procédé doit, comme exécution manuelle, être à la portée d'un dessinateur ordinaire, et le travail sur pierre ou sur cuivre doit pouvoir être mené assez rapidement pour que la publication d'une carte suive de près les levés sur le terrain, et que le prix de revient soit aussi réduit que possible.

Ces considérations nous fourniront une base pour l'étude comparative des méthodes employées jusqu'à ce jour au figuré du terrain.

La topographie, telle que nous la comprenons aujourd'hui, est une science toute neuve, science essentiellement militaire, du reste, dont l'origine et les progrès peuvent être attribués à l'importance toujours croissante du rôle du terrain à la guerre, surtout au point de vue tactique.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, les cartes dites topographiques ne portaient que l'indication de la planimétrie; quant au figuré du terrain, on se bornait à signaler, d'une façon purement conventionnelle, la position approximative des lignes de partage des eaux ou des grandes chaînes de montagnes.

En 1868, le nombre des méthodes appliquées au figuré du terrain s'élevait à 77, au témoignage d'un écrivain autrichien, Streffleur, qui avait déduit ce chiffre de l'étude des spécimens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cartographiques ayant figuré à l'Exposition universelle de Paris en 1867 [1].

Cette classification, basée parfois sur de minimes différences de détail, peut paraître exagérée. Nous partagerons les cartes exposées en 1878 en cinq groupes principaux :

1° Cartes où les *formes* du terrain sont *dénaturées;*

2° Cartes où le terrain est figuré par des *hachures* dirigées suivant *des lignes de plus grande pente;* éclairement par la lumière zénithale ou oblique;

3° Cartes en *courbes horizontales,* équidistantes ou non;

4° Cartes où le figuré du terrain est obtenu par des *hachures horizontales;*

5° Cartes où le terrain est rendu par des *teintes au lavis* ou à l'estompe, avec ou sans courbes, à la lumière zénithale ou oblique.

1° FORMES DÉNATURÉES.

Ce premier groupe comprend toutes les anciennes cartes dans lequelles un certain signe conventionnel, mis à une certaine place, signifie seulement que là il y a des montagnes, mais ne comporte pas d'indications, même approchées, sur la forme, les dimensions ou l'orientation des montagnes dont il s'agit.

Ainsi, dans la carte des *monts Pyrénées* à l'échelle de 1/43200e, dressée en 1730 par Roussel et la Blottière, dans celle du *haut Dauphiné* et du *Comté de Nice,* à l'échelle de 1/86400e, dressée en 1760 par De Bourcet, collines et montagnes sont figurées en perspective cavalière, soit en lignes, soit en groupes. Plus tard, Cassini employait de longues hachures arquées, descendant des crêtes vers le fond des vallées, suivant les lignes de plus grande pente. Sur certaines cartes de géographie, dites *cartes physiques,* une double rangée de traits courts et parallèles, séparés par un mince ruban blanc, limite de tous côtés de vastes espaces assignés comme bassin à tel ou tel fleuve.

[1] *77 gegenwärtig noch in Anwendung stehende Mittel zur Ausführung der Bergzeichnung,* von Valentin Ritter von Streffleur. Vienne, 1868.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On est en droit de s'étonner qu'après toutes les critiques qu'on a dirigées contre un système aussi absurde, il se trouve des éditeurs pour publier et répandre dans nos écoles des productions semblables. Nous devons constater à regret que c'est en France que ces méthodes surannées ont, de nos jours encore, conservé le plus d'adhérents; il est d'autant plus surprenant qu'il en soit ainsi, qu'en notre pays abondent les exemples de cartes géographiques établies d'une manière rationnelle et judicieusement déduites des cartes topographiques et chorographiques du Dépôt de la guerre. Ces produits d'une autre époque, qui inondent encore nos écoles, sous forme de cartes murales et d'atlas classiques, ne peuvent que fausser l'esprit des enfants et leur inculquer les notions les plus ridicules sur le caractère des protubérances du sol. La même critique s'applique à ces extravagantes cartes en relief, destinées aussi à l'enseignement, et qui, en dépit de leurs colorations prétentieuses, ne peuvent être prises que pour de mauvais pastiches de la nature.

Citons pour mémoire, dans ce premier groupe, les cartes d'ensemble où de grandes étendues de pays sont représentées en perspective à vol d'oiseau; ces dessins pittoresques offrent souvent de curieux effets du rendu du terrain, mais les procédés d'exécution présentent peu d'intérêt au point de vue scientifique.

La *carte du mont Blanc* dressée à l'échelle de 1/40000^{e} par M. Viollet-le-Duc appartient aussi au premier groupe. Le terrain, éclairé par des rayons lumineux tombant obliquement du Sud-Est, est modelé d'une façon très artistique, mais non par l'application de règles précises. Les hachures ont des directions quelconques; les renforcements sont obtenus par des touches au crayon lithographique.

2° HACHURES SUIVANT LES LIGNES DE PLUS GRANDE PENTE.

I. Lumière zénithale. — C'est à ce groupe qu'appartiennent les plus belles cartes topographiques, et spécialement les cartes d'état-major des principaux États de l'Europe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le système du figuré du terrain par des hachures dans l'hypothèse de la lumière zénithale est encore, à l'heure qu'il est, le plus complet de ceux en usage. On peut lui reprocher avec raison de ne parler aux yeux que sous la réserve d'une certaine initiation, d'un apprentissage parfois pénible, auquel trop de gens, même instruits, restent encore étrangers. Mais que d'avantages présente cette méthode! Elle s'applique à tous les terrains, permet d'atteindre une uniformité absolue, puisque, à toute échelle, le diapason donne la grosseur et l'écartement des traits à employer pour chaque pente. Elle est précise à l'excès et ne peut jamais nuire à la planimétrie; car le dessinateur dispose à son gré de l'emplacement de sa hachure, de façon à marquer les plus petits ressauts du sol, tout en laissant aux détails déjà mis en place leur netteté absolue; si, de plus, comme l'indique la théorie, la hachure s'arrête à deux courbes de niveau consécutives, elle permet le calcul des cotes et des pentes mieux que les courbes elles-mêmes, puisqu'elle donne les variations de forme, même dans l'intervalle compris entre deux courbes. Ajoutons encore que la meilleure méthode de lever consiste à étudier beaucoup de silhouettes dirigées suivant des lignes de plus grande pente et à mesurer beaucoup de cotes d'altitude. De ces données, recueillies sur place, on déduit à loisir dans le cabinet le tracé approximatif des courbes. Si, sur ces courbes, on appuie des hachures, les relevés de lignes de plus grande pente faits sur le terrain serviront de guide au dessinateur, et la mise au net sera plus précise que si l'on s'arrêtait aux courbes, dont le tracé est toujours plus ou moins hypothétique. Enfin, la carte en hachures est au suprême degré la carte militaire; elle facilite les vues d'ensemble et la comparaison rapide des diverses pentes.

La critique la plus fondée que mérite cette méthode, critique tellement sérieuse qu'elle permet, dès à présent, de conclure que la hachure est appelée tôt ou tard à disparaître, c'est qu'elle est d'une exécution lente et difficile. Le meilleur dessinateur n'arrive à s'en rendre maître qu'au prix d'exercices longs et pénibles, et la hachure mal faite produit le plus désastreux effet. Il en est de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même pour les cartes gravées; la planche en hachures constitue une véritable œuvre d'art, mais cette planche représente plusieurs années de travail pour trois graveurs, employés successivement, chacun suivant sa spécialité, l'un au trait, l'autre aux écritures, le troisième à la montagne. Aujourd'hui, la gravure est en décadence, et les procédés héliographiques rapides qui tendent à la remplacer ne permettent guère d'obtenir ni la finesse, ni la pureté, ni la profondeur de trait que le burin seul pouvait donner, et sans lesquelles la hachure est impossible, ou du moins ne fournit que des résultats hors de proportion avec la peine qu'ils ont coûtée.

La *carte de France de l'état-major* à l'échelle de 1/80000e est la plus brillante manifestation de l'état actuel de la science topographique. L'éloge de cette œuvre monumentale n'est plus à faire. Nous nous bornerons à insister sur l'impression produite par cet immense rectangle de $13^m,20$ de base sur $12^m,30$ de hauteur, qui figurait dans la *galerie du travail*, et était formé de l'assemblage de 264 feuilles, comprenant le territoire continental de la France. « Ce qu'il y a de plus frappant dans cet ensemble, dit avec raison l'auteur d'une notice sur l'exposition du Dépôt de la guerre, c'est l'homogénéité, l'harmonie qui en caractérisent l'exécution. La gravure, qui couvre une surface de 100 mètres carrés et qui représente le travail de 65 artistes différents pendant 53 années consécutives, paraît exécutée par la même main, tant l'unité de méthode a été intégralement conservée depuis le principe, tant les traditions ont été religieusement respectées. Les règles établies, dès l'origine, par les savants chargés de préparer l'exécution de cette carte étaient tellement mathématiques qu'elles retenaient le dessinateur, aussi bien que le topographe, dans un système de représentation logique du terrain, dont il ne pouvait s'écarter; elles ont eu pour effet de supprimer la fantaisie et d'enrayer les tendances personnelles. On doit certainement les qualités remarquables qui distinguent cette œuvre à l'emploi rigoureux et exclusif de la lumière zénithale. »

La carte d'état-major a soulevé cependant bien des critiques

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui ne tombent pas toujours à faux, mais que l'on s'explique aisément quand on songe à l'époque où le travail fut entrepris et aux progrès qui ont été réalisés depuis dans les travaux de ce genre. Ainsi, l'échelle est petite; il en résulte que, lorsque les détails se pressent, dans les villages notamment, la lecture et l'orientation deviennent très difficiles, en raison des suppressions auxquelles on a dû se résoudre. Les dimensions de chaque feuille, 8 décimètres sur 5 décimètres, sont un peu grandes, ce qui en rend le maniement pénible; de plus, la carte, excellente au point de vue militaire, satisfait moins l'ingénieur qui veut des renseignements précis pour le tracé d'une route, d'un chemin de fer. A cette objection il a été répondu que l'on n'a pas eu en vue une représentation géométrique du terrain. Les cotes qui proviennent de mesures et de calculs de précision sont les seules données rigoureuses du figuré du sol. Hors de là, on s'est efforcé simplement de rendre l'aspect et la disposition relative des croupes et des vallées, et même, pour bien marquer que les courbes qui ont servi de guide pour le dessin des hachures n'avaient aucune valeur mathématique, on s'est bien gardé d'en conserver trace à la gravure; on peut comparer les pentes, mais la mesure exacte des altitudes est impossible partout où les cotes font défaut.

Près de la carte d'état-major, citons tout de suite sa *réduction* à 1/320000e, gravée sur cuivre, en 33 feuilles, dont l'assemblage, exposé aussi au Champ de Mars, forme un carré de 3m,20 de côté environ, belle carte chorographique, où les formes du terrain ont été généralisées avec art, et rendues en hachures d'une façon fort expressive.

Dans toutes les cartes étrangères appartenant à ce groupe, le figuré du terrain a été rendu par l'application simple ou par des combinaisons diverses des méthodes allemandes de Lehmann et de Müffling.

Dans ces deux systèmes, les hachures sont, comme dans le système français, dirigées suivant des lignes de plus grande pente, et l'intensité de la teinte qu'elles donnent augmente avec

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'inclinaison de la surface; mais les diapasons réglant la valeur de la teinte selon la pente ne sont plus les mêmes, comme nous le verrons plus loin.

Les hachures Lehmann et Müffling ont leur écartement constant d'axe en axe, quelle que soit la pente; leur épaisseur varie seule; de plus, dans le système du général de Müffling, la hachure change de forme avec l'inclinaison du terrain et devient un véritable signe conventionnel. Aux neuf intervalles égaux à 5° compris entre 0° et 45° correspondent neuf combinaisons diverses de hachures fines, fortes, pointillées, sinueuses ou renforcées de traits normaux à leur direction.

Comparaison des diapasons. — Si l'on s'en tenait aux conséquences mathématiques de l'hypothèse de la lumière zénithale, il est évident que l'éclairement d'une surface, c'est-à-dire le rapport du blanc à la surface totale serait proportionnel au sinus de l'angle d'incidence des rayons ou au cosinus de l'angle de pente. En appelant B le blanc, N le noir et α l'angle de pente, on aurait : $\frac{B}{N+B} = \cos \alpha$.

Mais pour les pentes qui se présentent le plus fréquemment, c'est-à-dire entre 0° et 30°, cos α varie très peu; les teintes resteraient donc faibles et le modelé insensible.

En 1828, le colonel Bonne, des ingénieurs-géographes, avait proposé de proportionner la quantité de noir contenue dans chaque teinte au sinus de l'angle de pente; le noir absolu, pour la pente de 90°, était représenté par l'unité, ce qui donnait la formule $\frac{N}{N+B} = \sin \alpha$.

Après de nombreux essais, on préféra s'arrêter à la formule $\frac{N}{B} = \frac{3}{2} \operatorname{tg} \alpha$, d'après laquelle furent construits les diapasons qui servirent à l'exécution de la carte de France, et qui sont encore en usage au Dépôt de la guerre.

Le diapason Lehmann avait été basé d'abord sur la formule $\frac{N}{N+B} = \frac{\alpha}{45°}$, d'où $\frac{N}{B} = \frac{\alpha}{45° - \alpha}$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A l'angle de pente de 45° correspondait le noir absolu ; aussi, quand on voulut établir, d'après ce diapason, la carte de pays accidentés, les montagnes se trouvèrent couvertes d'épaisses plaques noires sous lesquelles les détails disparaissaient. On dut alors modifier la formule originale, et l'on remplaça le dénominateur 45° par un nombre tel que 50, 60, 70 ou 90, d'autant plus fort que, le pays à représenter étant plus montagneux, il y avait à se garder de noirs trop intenses.

Quant au diapason Müffling, il a pour point de départ la formule $\frac{N}{N+B} = \frac{\alpha}{50^\circ}$, où l'on fait varier α de 5° en 5°.

En comparant, au point de vue de la graduation des teintes, ces différents diapasons au diapason français, on voit aisément que, soit pour la formule du colonel Bonne, soit pour la formule générale de Lehmann $\frac{N}{N+B} = \frac{\alpha}{n}$, n étant supérieur à 40°, les pentes faibles seront moins teintées et les pentes fortes plus noires que par la formule $\frac{N}{B} = \frac{3}{2} \operatorname{tg} \alpha$. Pour une certaine pente, la teinte est la même. Cette égalité de teinte s'observe : avec le diapason Bonne, pour la pente de $\frac{5}{12}$, soit 23° environ ; avec le diapason Lehmann, pour des pentes variant avec n : ainsi, les surfaces dont l'angle d'inclinaison est de 7° environ pour $n = 45°$, de 12° pour $n = 50$, enfin de 89° pour $n = 90$, seront couvertes de la même teinte dans les systèmes français et Lehmann. Au-dessus de cette limite, le noir, dans les cartes Lehmann, s'accumule avec une rapidité toujours croissante, et couvre enfin tout le papier pour l'angle de pente égale à n. Le diapason français, non plus que le diapason Bonne, ne donne le noir absolu que pour les surfaces verticales.

Il résulte de ces comparaisons que le système français présente sur les autres plusieurs avantages marqués : les variations de la teinte suivent mieux les variations de la pente ; elles sont plus accentuées dans les pentes faibles, où leur rapport est plus difficile à saisir, et suffisamment indiquées dans les pentes fortes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans jamais produire ces taches noires, opaques, que rien ne justifie. L'échelle des tons est plus fondue, plus rationnelle; le dessin est plus harmonieux et d'un effet plus agréable. Il est à remarquer, du reste, que, dans les cartes allemandes dressées d'après le diapason Lehmann, et surtout dans les cartes autrichiennes, on s'est plu à exagérer encore la dureté d'expression provenant du fait seul de la méthode. En cherchant une assimilation géométrique à toutes les formes de terrain, en supprimant les raccordements de surface, en recherchant le squelette même du sol, indépendamment des couches superficielles qui en recouvrent les aspérités, on est arrivé à des cassures brusques, à des effets heurtés, très vigoureux, mais peu conformes aux lois de la nature, et d'une apparence désagréable à l'œil. Il se peut qu'en France, on arrondisse peut-être un peu trop, mais la vérité du modelé n'y perd presque rien, et l'aspect général y gagne beaucoup. Ces brisures de tons sont plus sensibles encore avec le système Müffling, où les neuf tons fondamentaux n'ont rien pour les relier et adoucir la transition de l'un à l'autre.

Ajoutons enfin que la méthode Lehmann, simple en théorie, est d'une application difficile pour les dessinateurs et les graveurs, en raison de la règle fondamentale qui leur est imposée, de mettre à une échelle donnée tant de hachures sur une longueur déterminée. La méthode Müffling est plus pratique pour les cartes manuscrites, mais les hachures sinueuses présentent quelques difficultés de gravure.

De toutes les cartes générales exécutées d'après ces différentes méthodes, nous ne citerons que les suivantes :

Saxe. Carte à 1/57600e (Lehmann, $n = 45$). Cette carte n'a pas de cotes d'altitude.

La carte à 1/100000e (Lehmann, $n = 60$) présente quelques cotes sur les sommets et dans les bas-fonds.

Bavière. Carte à 1/50000e (Lehmann, $n = 60$). Très lisible; pas de cotes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prusse. Carte de la Prusse rhénane à 1/80000e (Lehmann, $n = 45$). Sans cotes.

Carte générale à 1/100000e (Müffling de 0° à 15°, Lehmann de 15° à 45°, $n = 50$). Pas de cotes.

Grand-duché de Hesse. (Müffling, ?).

Wurtemberg. Carte à 1/50000e (Lehmann, $n = 45$).

Hanovre. Carte à 1/100000e (Lehmann et Müffling, $n = 50$).

Autriche. Cartes spéciales à 1/144000e par l'Institut géographique de Vienne. Système Lehmann en partant de la formule $\frac{N}{N+B} = \frac{\alpha+3}{80}$. Le diapason est donc celui de Lehmann pour $n = 80$, avec cette différence que la teinte de Lehmann correspondant à un certain angle de pente est appliquée à une pente de 3° plus faible.

La méthode dite *blasse manier* (« manière pâle ») employée pour certaines cartes de l'état-major autrichien n'est qu'une modification de la théorie de Lehmann pour $n = 50$.

Russie. Carte d'état-major à 1/126000e. Les hachures sont fortes et un peu raides. Elles ont toutes les apparences de celles du diapason Lehmann.

Angleterre. La carte générale à 1/63360e a été traitée en hachures verticales (*vertical style*). Les graveurs ne se sont pas réglés sur un diapason uniforme; aussi les différentes feuilles sont peu comparables.

Hollande. Carte d'état-major à 1/50000e, gravée sur pierre. Le figuré du terrain, traité par des hachures à la lumière verticale, présente peu d'importance. Les cotes sont données en aunes de 69 centimètres.

II. Lumière oblique. — L'hypothèse de la lumière oblique permet de donner aux terrains fortement accidentés un carac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tère plus saisissant que celle de la lumière verticale, qui fournit, dans ce cas, des tons trop uniformément noirs; en revanche, la mesure ou seulement la comparaison des pentes devient presque impossible; car la teinte correspondant à une certaine pente varie avec l'orientation par rapport aux rayons lumineux. De plus, on n'a pas réussi encore à construire un diapason réglant d'une manière pratique la grosseur et l'écartement des hachures. Enfin, il est impossible de tenir compte des ombres portées, des reflets et des pénombres. Ce procédé ne peut donc permettre d'uniformiser une carte de grande surface, et même d'en rendre le relief au point de vue artistique. Dans les pays de plateaux qui présentent de vastes espaces presque horizontaux, il faut, ou bien, comme le veut l'hypothèse, affecter une certaine teinte à ces espaces; et alors quelle direction donner aux hachures? ou bien les laisser en blanc; mais alors on aura grand'peine à indiquer les faibles ondulations du sol et à fixer le point précis à partir duquel on reprendra l'application de l'éclairement oblique avec toutes ses conséquences.

La *carte de la Suisse* à 1/100000e dressée par le général Dufour, en 25 feuilles, qu'on avait assemblées en un seul panneau dans une des salles de l'Exposition, est une des plus remarquables de l'Europe. Très exacte, très consciencieusement étudiée, portant un grand nombre de cotes, elle emprunte à l'emploi judicieux de la lumière oblique une clarté surprenante. Nous ferons cependant nos réserves sur deux particularités, qui sont de nature à prouver qu'on a cru presque impossible de conserver à l'hypothèse de la lumière oblique toute sa rigueur théorique. Ainsi, les surfaces horizontales sont laissées en blanc, et les pentes ayant même orientation sont d'autant plus foncées que ces pentes sont plus raides, tandis que le blanc ne devrait correspondre qu'aux éléments normaux aux rayons lumineux, et que la teinte d'un plan quelconque ne devrait dépendre que de l'angle d'incidence des rayons sur ce plan; de plus, dans la région du Nord-Ouest, beaucoup moins accidentée, on a repris simplement l'hypothèse de la lumière zénithale,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sans que le passage d'un système à l'autre soit choquant, grâce aux précautions que nous venons d'indiquer.

La nature du sol de la Suisse se prête admirablement à ce mode de figuré du terrain, et d'autant mieux que l'échelle est plus petite. Citons, pour les avoir admirées à l'Exposition, la belle carte de ce pays à 1/250000e de l'Alpine Club de Londres, par Nichols, et une autre à l'échelle de 1/673565e, parfaitement gravée sur acier, et destinée à l'Atlas universel de Vivien de Saint-Martin.

Ces deux cartes sont traitées à la lumière oblique, comme le 1/100000e, dont elles dérivent.

3° COURBES HORIZONTALES.

On suppose le terrain coupé par une série de plans horizontaux, et l'on dessine sur la carte la projection des courbes d'intersection de l'espace.

Ces plans sécants sont généralement équidistants.

Connaissant l'équidistance réelle, c'est-à-dire l'écartement vertical de deux de ces plans consécutifs, et la cote d'une des courbes, on a aisément la cote d'un point quelconque, et la comparaison des pentes se fait sans peine, la pente étant en raison inverse de l'écartement des courbes.

Indispensables à l'ingénieur, pour la construction des profils, pour le calcul approximatif des remblais et des déblais, les courbes suffisent au savant dont l'esprit, habitué aux conceptions de la géométrie dans l'espace, reconstitue sans effort la surface représentée ; elles plaisent aussi à ces ignorants, dont le nombre est si grand encore, qui trouvent que la hachure salit inutilement le papier et nuit à la clarté de la carte, et s'accommodent mieux de ces traits fins et espacés, dont ils font aisément abstraction, pour ne voir que les signes de la planimétrie, qui seuls présentent, à leurs yeux, une signification et un intérêt véritables.

La raison principale de la vogue croissante dont jouit ac-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tuellement le système des courbes de niveau, c'est qu'il est d'une exécution rapide et facile, qu'il se prête à tous les modes d'impression en usage, et que, étant donnés les derniers progrès de la chromolithographie, il permet de produire à bon marché des cartes en couleurs, très claires et très lisibles.

Au point de vue technique, on peut reprocher à ce système son principe trop géométrique; d'où il suit que, dans la plupart des cas, la précision que semble promettre la carte en courbes n'est qu'une trompeuse apparence, si la carte n'a pas pour base des levés exécutés avec une précision de même ordre. Les courbes n'ont toute leur valeur geométrique que dans les plans à grande échelle, quand elles ont toutes été tracées et relevées directement par points sur le terrain par la méthode du nivellement restreint. Hors de là, le figuré qu'elles donnent n'est qu'approximatif, et alors ne trouve-t-on pas un avantage dans l'emploi de la hachure, qui, sans afficher plus d'exactitude que n'en comportent les méthodes de levé, laisse au dessinateur toute liberté de rendre le terrain comme on le voit, en insistant sur certains accidents, et en en négligeant d'autres pour obtenir un effet d'ensemble plus caractérisé? La courbe se prête peu à ces interprétations; elle s'impose, elle commande, et de ces exigences incommodes résultent souvent des figurés de terrain qui ne reproduisent guère les apparences de la nature, sans être plus conformes à la réalité.

Du reste, quelque exact que soit le levé, la carte en courbes ne peut jamais être complète, et les accidents du sol dont la hauteur est moindre que l'équidistance réelle ne laisseront aucune trace sur le dessin, s'ils sont justement situés entre deux courbes; autrement dit, on n'a aucune indication sur la forme du terrrain dans l'intervalle de deux courbes. Pour restreindre cet espace non figuré, sans pourtant que les courbes arrivent à se confondre, on est conduit à faire varier l'équidistance avec la nature du terrain, mais alors la recherche des cotes et la comparaison des pentes ne se feront plus sans difficulté, et entraîneront de nombreuses erreurs; en outre, si les courbes se rap-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prochent trop, la carte sera très chargée et peu claire. Notons, en passant, qu'il n'est mouvement de terrain, si petit qu'il soit, dont la hachure ne permette de signaler l'existence et la nature.

Mais le plus grave inconvénient qu'entraîne l'emploi exclusif de la courbe, c'est de ne rien donner comme modelé ; on a une esquisse sans ombre ; l'effet plastique fait défaut. Dans les parties accidentées encore, l'ensemble des courbes donnant en masse une sorte de teinte d'intensité croissant avec le degré de rapprochement des courbes, on arrive à un certain effet de lumière zénithale ; mais ailleurs, les courbes s'écartent, l'œil perd le sentiment de leurs relations, et c'est à grand'peine qu'il parvient à retrouver les ondulations du terrain qui ont motivé les sinuosités des sections horizontales.

On peut donc dire que c'est en pays de montagnes que la courbe donne les meilleurs résultats. Pour faciliter la comparaison, le Dépôt de la guerre avait fait exécuter et avait exposé, l'un près de l'autre, au Champ de Mars, deux mêmes fragments de la carte de France à 1/80000e des environs de Chamounix, traités, l'un en courbes, l'autre en hachures par la méthode française. L'avantage comme modelé restait incontestablement à la hachure.

Nous verrons plus loin les divers moyens qui ont été mis en œuvre pour donner aux courbes la puissance de modelé qui leur manque.

Un certain nombre de cartes d'état-major sont en courbes ; de plus, dans presque tous les pays où la carte est faite en hachures, on a commencé la publication des levés-minutes en courbes.

Ces cartes sont tirées en noir ou en couleur ; le plus ordinairement, on marque d'un trait plus gros les courbes *maîtresses*, c'est-à-dire celles dont les cotes sont multiples d'un nombre rond, comme 20, 100, etc. ; on facilite ainsi la comparaison des altitudes aux divers endroits de la carte. Dans les cartes en couleurs, on se contente parfois de dessiner les courbes en rouge, toute la planimétrie restant en noir ; si l'on emploie un plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand nombre de couleurs, le bistre est, en général, réservé au figuré du terrain.

Danemark. Carte d'état-major à l'échelle de 1/80000e. L'équidistance réelle est de 5 pieds (1m,57), soit à l'échelle 1/51e de millimètre environ; dans les régions accidentées on supprime une courbe sur deux, pour les pentes supérieures à 14°; trois sur quatre, au delà de 27°, et on les remplace par quelques hachures.

Îles-Britanniques. Carte de l'Irlande à 1/63360e. Courbes en noir à l'équidistance de 50 pieds ou 15m,24. Bien supérieure à la même carte en hachures.

Prusse. Minutes originales à l'échelle de 1/25000e. Équidistance de 25 pieds ou 9m,25; courbes maîtresses de 100 en 100 pieds; tirage en noir.

Belgique. * (1) Carte d'état-major à l'échelle de 1/40000e. Équidistance de 20 mètres. Carte fort bien faite, mais trop chargée parfois de planimétrie, ce qui cache les courbes. Du reste, sur des terrains aussi plats, le figuré en courbes laisse bien à désirer.

* Reproductions par la photolithographie des minutes à 1/20000e. Équidistance de 1 mètre pour les pays situés sur la rive gauche de la Meuse, de 5 mètres pour ceux de la rive droite. Tirage en couleurs.

* Cartes à 1/20000e et à 1/10000e, reproductions photozincographiques des minutes. Figuré du terrain en courbes, comme la carte qui précède.

* Carte militaire à 1/160000e en 4 feuilles. Équidistance de 20 mètres, courbes en bistre, courbes maîtresses de 100 en 100 mètres, lignes de partage des bassins indiquées en bistre;

(1) L'astérisque signale les cartes qui figuraient à l'Exposition de 1878.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les parties mamelonnées des versants offrant quelque importance militaire sont teintées en rose pâle.

Portugal. * Carte d'état-major à l'échelle de 1/100000e. Équidistance de 25 mètres; tirage en noir. Cotes nombreuses. Le trait des courbes est un peu fin.

Italie. * *Carte de l'Italie méridionale et de la Sicile,* dressée par l'état-major italien à l'échelle de 1/50000e. Équidistance de 10 mètres; tirage en noir.

Carte des mêmes pays à 1/100000e, réduction photographique de la précédente. Illisible, les écritures ayant subi la même réduction.

Suisse. * Reproductions des minutes originales. Les courbes équidistantes, de 30 mètres sur les feuilles à 1/50000e, de 10 mètres sur les feuilles à 1/25000e, sont de trois couleurs différentes : en rouge, partout où il y a de la végétation; en noir, pour les parties incultes et rocheuses; en bleu, pour les glaciers.

France. * *Carte du massif des Alpes* à 1/80000e, transformation de la carte d'état-major; les courbes, à l'équidistance de 20 mètres, sont régulières pour la partie française, approximatives seulement pour la partie italienne, où l cotes sont en très petite quantité.

* *Cartes d'environs de garnisons,* à l'échelle de 1/20000e. Reproduction à même échelle des travaux faits sur le terrain par des officiers de toutes armes; les premières de ces cartes ont été photolithographiées et tirées en deux couleurs : rouge, pour les courbes; noir, pour le reste. Maintenant on emploie l'autographie et l'on tire en cinq couleurs, courbes en bistre.

* *Nivellement général de la France à* 1/800000e. Gravure en trois couleurs, courbes en carmin à l'équidistance de 100 mètres; courbes maîtresses de 400 en 400 mètres. Cette carte donne l'idée la plus vraie du système orographique de la France.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Beaucoup d'autres cartes en courbes, publiées par l'industrie ou par différents services publics, figuraient aussi à l'Exposition. Les courbes sont, en général, déduites de la carte d'état-major ou de calques des minutes originales.

Citons les cartes * du *département de la Marne,* à l'échelle de 1/50000e, et * du *département de la Corrèze,* à 1/40000e, dressées par le service vicinal.

Il est regrettable que ces travaux d'accommodation ne soient pas toujours exécutés avec une parfaite intelligence du terrain. Trop souvent les matériaux libéralement fournis par le Dépôt de la guerre sont mis en œuvre avec une maladresse extrême, qui prouve que les gens qui se sont chargés de cette besogne ignorent les lois topographiques les plus élémentaires. Il est à peine croyable que l'on puisse, sous le couvert du ministère de l'intérieur, publier une carte pareille à celle dont une feuille, correspondant au n° 208 de la carte d'état-major, *Séverac*, était exposée au pavillon spécial élevé par les soins de cette Administration dans l'enceinte du Champ de Mars. Le dessinateur qui l'a exécutée semble s'être fait un jeu de méconnaître les rapports simples et constants qui existent entre la planimétrie et le figuré du terrain. On peut voir, par exemple, sur le spécimen dont il s'agit, une route tracer de capricieux lacets sur un plateau, tandis que d'autres routes abordent et franchissent en ligne droite les plus fortes pentes.

Depuis quelques années, on a cherché à perfectionner l'emploi des courbes de niveau, dans le but de permettre de juger, à première vue: sur une carte d'ensemble, des altitudes diverses des plateaux ou des vallées dont se compose un pays; sur une carte de détails, des commandements que des points à grande distance exercent l'un sur l'autre. Ces problèmes sont implicitement résolus par les courbes elles-mêmes, mais au prix de quelque travail de la part du lecteur, lorsque les cotes sont rares, ou qu'il ne s'en trouve pas au voisinage des points considérés.

On a pensé alors, soit à augmenter avec l'altitude l'épaisseur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du trait affecté à chaque courbe, cette épaisseur restant constante pour une même cote, soit à couvrir la carte de teintes plates, limitées à de certaines courbes de niveau, et superposées de manière à donner une intensité de tons variable avec l'altitude de la zone de terrain correspondante.

L'essai du grossissement du trait des courbes avec la cote a été fait par Petermann dans une carte d'Allemagne à 1/1000000e. Les résultats ont été peu satisfaisants, et l'on n'a pas persisté.

Les cartes traitées d'après le deuxième procédé portent le nom générique de *cartes hypsométriques*.

D'ordinaire le ton augmente d'intensité avec l'altitude, parce que, en général, les détails de planimétrie les plus intéressants étant au fond des vallées, c'est-à-dire dans les parties basses du terrain, il vaut mieux affecter à ces parties les tons les plus clairs. Si l'on avait à faire la carte d'un pays où les hauts plateaux fussent seuls habités, il y aurait lieu de renverser l'échelle des tons et d'augmenter l'intensité en descendant.

La différence de cote des courbes limitant les zones de même teinte varie dans une même carte; on la prend d'autant plus grande qu'on s'élève davantage.

Belgique. * La carte altimétrique à l'échelle de 1/160000e exposée par le Dépôt de la guerre est traitée ainsi : les limites des zones d'égale teinte sont les courbes 5,20, 100 mètres, 200 mètres, 300 mètres, etc. De plus, une teinte bleue recouvre toutes les parties du pays qui seraient envahies par la mer à marée haute si les digues venaient à se rompre.

France. Cartes murales à 1/1000000e et à 1/600000e, dressées par Levasseur et publiées par Delagrave. Le terrain y est figuré par une combinaison de courbes, de hachures et de teintes hypsométriques en bistre.

Dans les cartes scolaires autrichiennes et dans la *carte à 1/500000e du Dépôt des fortifications français, on a cherché à faciliter la comparaison des altitudes sur de vastes espaces, en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

employant plusieurs colorations différentes d'intensité variable. Le jaune est affecté aux parties les plus basses, le vert aux parties moyennes, le bistre aux parties élevées.

Les cartes hypsométriques ne sont pas en général d'un aspect fort agréable et ne parlent pas aux yeux. Cette convention en vertu de laquelle les sommets sont plus teintés que les bas-fonds ne satisfait pas l'esprit, car elle ne repose sur aucun fondement physique. L'emploi de plusieurs couleurs rend les comparaisons plus faciles; mais il ne semble pas mieux fondé en théorie, et l'effet produit est moins satisfaisant encore; il y aurait lieu, en tous cas, d'adoucir les oppositions trop violentes que présentent entre elles les nuances un peu criardes qu'on a adoptées tout d'abord, et de s'efforcer d'obtenir plus d'harmonie dans l'ensemble. En admettant que l'on arrive à composer une gamme de tons plus réussie et mieux adaptée au but qu'on se propose, restera encore la difficulté de dessiner, sous ce voile coloré, les détails de planimétrie avec une netteté suffisante, et il sera toujours inutile de demander aux cartes hypsométriques autre chose que la comparaison des altitudes. Le procédé n'est pas complet.

D'autre part, il est des cartes où l'on a employé concurremment les courbes et les hachures, les premières donnant le squelette géométrique du terrain, les autres rendant l'effet plastique du modelé. Telle est la suivante.

France. * Carte du Dépôt des fortifications à l'échelle de 1/500000e, en 15 feuilles. Gravure sur pierre, tirage en couleurs. Le figuré du terrain comprend des courbes de niveau en rouge à l'équidistance de 100 mètres, renforcées de 500 en 500 mètres et appuyées de cotes nombreuses, et des hachures en bistre, à la lumière oblique pour les régions montagneuses, à la lumière zénithale pour les ondulations ordinaires. En variant les tirages, on a obtenu trois types différents : l'un complet; le deuxième sans hachures; le troisième, orographique, ne donnant que le figuré du terrain, les eaux, ainsi que les écritures se rapportant à l'orographie et aux dénominations anciennes. C'est sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce dernier type qu'a été coloriée la carte hypsométrique dont il a été parlé plus haut.

4° HACHURES HORIZONTALES.

Le terrain est supposé éclairé par la lumière verticale ou oblique. Les hachures, dont l'ensemble doit former teinte, sont dirigées suivant les horizontales du terrain, au lieu de l'être suivant les lignes de plus grande pente. L'application de cette méthode a donné naissance à plusieurs procédés.

Tantôt, comme dans la carte de la frontière française des Alpes, à l'échelle de 1/320000e, on trace de véritables courbes, que l'on rapproche d'autant plus que la pente est plus forte, mais qui ne sont régulières et suivies que dans les terrains légèrement accidentés. Ces courbes, de couleur bistre, sont d'épaisseur uniforme.

Tantôt, pour augmenter l'effet d'éclairement par la lumière verticale, on augmente l'épaisseur du trait avec la pente, c'est-à-dire avec le rapprochement des courbes. Ce procédé est excellent pour les cartes manuscrites, à condition que les courbes soient assez serrées.

Exemples : Atlas russe de la défense de Sébastopol par Totleben, à l'échelle de 1/42000e. *Atlas des provinces d'Espagne du colonel Coëllo, à l'échelle de 1/200000e. Carte de Norwège à 1/100000e. Dans ces trois œuvres, les courbes sont tracées de sentiment, sans qu'on se soit préoccupé d'affecter une cote à chacune d'elles, ni de relier entre eux d'une façon continue les points de même altitude.

Dans le système du colonel Scott (*horizontal style*), adopté dans les écoles militaires de la Grande-Bretagne, le terrain est rendu par des traits interrompus, parallèles aux courbes, plus ou moins serrés et plus ou moins épais, selon la pente. Les courbes de niveau équidistantes sont marquées par une suite de points ronds. L'équidistance variant à la fois avec l'échelle et avec la nature du pays, la comparaison des cotes et des pentes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

devient délicate et sujette à de graves erreurs. Le diapason ne présente que huit teintes différentes. Cette méthode a servi à l'exécution des cartes de comtés (*county maps*) à l'échelle de 1/10560e. Équidistance moyenne, 25 pieds (7m,60).

On arrive de cette façon à produire de beaux effets de reliefs, mais la planimétrie reste bien peu lisible.

Ailleurs, dans la *carte de Suède à 1/100000e, par exemple, les hachures horizontales servent exclusivement pour les rochers et les pentes raides; les hachures verticales, pour les surfaces cultivées et habitées. Cette combinaison convient on ne peut mieux à la carte des pays riverains de la Baltique, où le sol se compose de vastes plaines, que dominent, par place, des mamelons granitiques dont la forme arrondie se trouve bien rendue par les hachures horizontales.

On a aussi cherché à obtenir avec les courbes des effets de lumière oblique, en forçant le trait du côté opposé à la direction présumée des rayons lumineux. Ce procédé, bien appliqué, donne de remarquables résultats, obtenus bien simplement.

Exemples: *France.* *Carte générale hypsométrique à l'échelle de 1/800000e, exécutée par Guillemin, d'après la carte du nivellement général de la France. Les courbes ont leur trait de force vers le Sud-Est.

Espagne. *Plan de Madrid à grande échelle, courbes rapprochées, sans équidistance précise, renforcées du côté de l'ombre.

Angleterre. *Carte générale à 1/730432e, par Stanford, de Londres; les courbes sont à peine indiquées du côté du Nord, d'où est censée venir la lumière. L'épaisseur du trait croît en marchant vers l'ombre, d'après une loi mathématique simple. Cette carte fort réussie produit l'effet d'une photographie de relief à gradins.

5° COURBES ET TEINTES AU LAVIS.

Les courbes de niveau équidistantes, suffisamment serrées, déterminent complètement les formes du terrain; mais le dessin au trait, le croquis coté ainsi obtenu, ne prendra corps, ne re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cevra la vie que si, par une imitation raisonnée des jeux de la lumière, on arrive à modeler l'objet représenté de façon à produire l'illusion du relief, et à remplacer le calcul et le travail d'esprit par la sensation simple.

Dès le début, cette idée toute naturelle d'appliquer au dessin topographique les méthodes du dessin d'architecture ou de machines a donné lieu à des tentatives intéressantes. C'est ainsi que, dans les premières années du siècle, les ingénieurs-géographes couvraient leurs levés de teintes d'encre de Chine, d'après les règles du lavis d'architecture, en supposant le terrain éclairé à la lumière oblique. Plus tard, on n'admit plus que la lumière zénithale. De nos jours, on semble disposé à revenir à la lumière oblique.

La lumière zénithale a pour elle la simplicité extrême des règles et des procédés d'exécution. Aux pentes égales correspondent des teintes égales; le problème revient donc à partager le terrain en zones d'égale pente, et à passer sur chacune de ces zones une même teinte d'encre de Chine, de sépia ou de bistre, dont la valeur est fournie par un diapason de tons convenablement gradués.

Ce partage en zones se fait vite, en promenant entre les courbes et normalement à leur direction une *cherche* en papier de longueur égale à l'écartement de courbes qui correspond à la pente donnée. Les teintes diverses sont fondues les unes dans les autres.

Mais il faut reconnaître que cette sorte de lavis ne donne le modelé que sur la foi d'une convention à laquelle l'esprit n'est pas habitué, et que l'effet produit est à la fois laid et peu intelligible; il n'a ni la vigueur ni la vérité d'expression des hachures; toute tache, toute variation accidentelle du ton fausse les résultats. Les faibles ondulations disparaissent, la teinte pâle qui correspond aux pentes douces se distinguant peu du blanc du papier; enfin, et ce reproche s'applique à tous les procédés au lavis, le figuré du terrain exprimé de cette manière ne permet pas l'usage des teintes conventionnelles de cultures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'emploi de la lumière oblique, appliquée au lavis, semble préférable. Quand on songe que ce genre d'éclairement est exclusivement usité dans tous les arts du dessin, qu'il produit avec tant de vérité l'expression et l'illusion du relief, on ne peut croire que le même principe soit en défaut quand il s'agit de l'appliquer à cette surface irrégulière qui constitue le sol naturel. De fait, il n'est pas de cartes où les formes générales, où les moindres rides du terrain s'accusent avec une clarté plus saisissante que dans les photographies de plans-reliefs éclairés obliquement. C'est donc dans l'imitation de ces effets naturels ou dans l'application de certaines règles géométriques qu'on a dû chercher une méthode de figurer le terrain par le lavis qui puisse s'appliquer facilement à tous les cas possibles.

Dans tous les systèmes de lumière oblique qui ont été proposés jusqu'ici, et dont nous ferons un compte rendu sommaire, on suppose toujours les rayons lumineux venant de l'angle supérieur gauche du cadre, et l'on ne tient pas compte des ombres portées, quel que soit l'angle d'inclinaison de ces rayons sur l'horizon.

Les *procédés artistiques* n'ont de valeur que par l'habileté de celui qui les met en œuvre, et ne peuvent être traduits en formules. Dans les cartes ainsi traitées, le terrain est ordinairement divisé en deux parties, l'une éclairée, l'autre sombre, par l'ensemble des points de contact des tangentes menées aux courbes de niveau parallèlement aux rayons lumineux; on fait ensuite varier la teinte d'après l'inclinaison de chaque élément de surface sur ces mêmes rayons.

Exemple : **Carte des positions entre la Vésubie et la Roya* à 1/20000e, par le capitaine du génie français Wagner.

On ajoute parfois des effets dégradés de perspective aérienne, en forçant les tons de haut en bas dans les parties claires et en les diminuant au contraire dans le même sens pour les parties sombres.

Exemple : **Carte du golfe de la Spezzia* à 1/5000e, par le capi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taine du génie français Clerc (1811). (Exposition du Dépôt des fortifications.)

Citons aussi les cartes de Müllhaupt, de Berne, en courbes et teintes à la lumière oblique, dites teintes en relief.

La méthode des ingénieurs-géographes était aussi une méthode artistique.

Les *procédés géométriques* sont plus intéressants à étudier. Nous nous bornerons à exposer aussi nettement que possible les principes sur lesquels ils reposent, et nous réserverons dans une certaine mesure notre appréciation jusqu'à ce que des essais comparatifs plus nombreux aient fait nettement ressortir les mérites de chacun d'eux.

Lumière oblique géométrique de M. de la Noë, chef de bataillon du génie.

On coupe le terrain par une série de plans équidistants perpendiculaires à la direction des rayons lumineux, et l'on traite les courbes d'intersection ainsi obtenues, que M. de la Noë appelle *courbes d'ombre*, comme on ferait des courbes de niveau dans l'hypothèse de la lumière zénithale. Autrement dit, on fait varier la teinte comme varie l'écartement de ces courbes d'ombre.

La seule difficulté que semble présenter ce procédé consiste justement dans la construction de ces courbes d'ombre; cette opération, très simple en théorie, ne laisse pas que de demander du temps et une attention soutenue dans la pratique.

Une fois les courbes tracées, le reste va tout seul; si l'on se sert de hachures, un diapason convenablement construit donne, en fonction de l'écartement des courbes d'ombre, la nature des hachures à tracer en un point, normalement aux courbes de niveau. Pour le lavis, on détermine les zones d'égale teinte, comme il a été dit plus haut, en promenant une *cherche* entre les courbes d'ombre. Un diapason de teintes garantit l'uniformité des résultats. On démontre par le calcul que l'effet obtenu diffère très peu de l'effet théorique vrai.

La **carte à 1/80000e des environs de Toulon* offrait un exemple très satisfaisant de l'application de cette méthode.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lumière oblique topographique de M. le colonel du génie Goulier. Cette méthode est un compromis entre la lumière zénithale et la lumière oblique; elle se rapproche de celle que le général Dufour a appliquée à la carte de Suisse. On pose en principe que les surfaces horizontales restent en blanc, contrairement aux conséquences théoriques de l'éclairement oblique. On commence par laver le dessin dans l'hypothèse de la lumière zénithale par la superposition méthodique de tons de sépia ou de terre de Sienne, d'intensité réglée par un diapason; on ombre ensuite, en passant sur les versants autres que ceux exposés au Nord-Ouest, quatre ou cinq teintes d'encre de Chine, d'intensité réglée aussi d'après la pente par un second diapason. Cette méthode, assez éloignée de la vérité théorique, a l'avantage d'être d'un emploi facile et de donner des modelés énergiques, uniformes et très lisibles.

Dans la *carte du Saint-Gothard* à 1/50000^e, quatre couleurs différentes ont servi au premier lavis en lumière verticale : sépia, pour les surfaces cultivées; bleu de Prusse, pour les neiges et les glaciers; teinte neutre, pour les surfaces rocheuses dénudées; mélange de teinte neutre et de sépia, pour les rochers.

Lumière oblique géométrique de l'ingénieur saxon Wiechel. Les rayons lumineux venant du Nord-Ouest font l'angle de 45° avec l'horizon.

S'appuyant exclusivement sur des déductions théoriques, Wiechel donne d'abord une solution élégante du problème consistant à tracer sur une carte toutes les *courbes d'égale teinte*, c'est-à-dire les lieux géométriques des points où le plan tangent au terrain fait un angle constant avec la direction des rayons lumineux. De la solution exacte il déduit, par des transformations simples, des solutions très suffisamment approchées, et il ramène, en fin de compte, la recherche des courbes d'égale teinte au problème suivant : Trouver sur une carte en courbes le lieu des points pour lesquels la portion d'une parallèle à la projection des rayons lumineux comprise entre deux courbes de niveau consécutives est égale à une longueur donnée; problème

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui se résout aisément en promenant entre les courbes, parallèlement aux rayons, une *cherche* en papier. Une échelle facile à construire, et variable avec l'équidistance graphique des courbes sur lesquelles on opère, donne l'intensité de ton correspondant à une longueur donnée de la *cherche*.

Les courbes d'égale teinte ainsi obtenues décomposent la carte en zones sur chacune desquelles on applique le même ton d'encre de Chine, en se guidant sur un diapason convenable.

Si l'on voulait faire des hachures, il suffirait de construire un diapason dans lequel la forme des hachures dépendrait de l'écartement des courbes de niveau, compté parallèlement aux rayons lumineux.

Ce procédé offre, au point de vue pratique, l'avantage, sur le procédé de la Noë, de dispenser du tracé préalable des courbes d'ombre. Il est simple, d'un usage commode, s'applique à tous les terrains et donne un modelé très expressif, quelle que soit l'échelle.

Dans toute méthode géométrique, la surface horizontale est teintée. C'est un grave inconvénient quand on emploie des hachures, puisqu'on ne sait plus, dans ce cas, quelle direction et quelle longueur leur donner. Au lavis ou à l'estompe, on prend pour ton initial celui qu'on applique sur ces parties horizontales, et ce ton est en général assez faible pour ne pas cacher les détails de planimétrie; il sera même, dans ce cas, plus facile de distinguer les petits replis du sol qu'avec la lumière zénithale, car les variations de ton sont plus sensibles en partant d'une teinte un peu accentuée qu'en partant du blanc absolu.

Souvent, enfin, le figuré du terrain est obtenu par des teintes dégradées sans courbes de niveau. Le plus souvent on ne cherche, dans ce cas, qu'un modelé de convention d'un effet plus ou moins satisfaisant. Un grand nombre de cartes murales et de cartes géographiques sont traitées de cette façon; nous citerons la *carte de France à* 1/800000e* et celle d'*Europe à* 1/4000000e*, gravées par Erhard en plusieurs teintes, et la *carte de l'Europe centrale* du capitaine autrichien Schlacher.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, cette étude nous amène aux conclusions suivantes :

De toutes les méthodes suivies jusqu'à ce jour pour figurer le terrain, la plus essentiellement topographique, la plus complète, la meilleure au point de vue technique, au point de vue militaire et au point de vue de l'attrait de la gravure, repose sur l'emploi de la hachure avec lumière zénithale. Mais elle est d'exécution longue, difficile, et exige le concours de dessinateurs et de graveurs émérites.

La méthode la plus commode, la plus expéditive, la plus simple et en même temps la plus mathématique, est celle où l'on se sert de la courbe horizontale de niveau; mais elle ne donne aucun effet plastique.

Enfin, la méthode de l'avenir, celle qui remplacera la hachure, quand on reculera devant les longueurs et la difficulté de la gravure, et qui donnera à la courbe ce qui lui manque, consiste dans l'apposition de teintes dégradées avec lumière oblique.

Les autres procédés dont il a été question présentent quelques avantages dans des cas particuliers. La préférence à donner à l'un d'eux, pour l'exécution d'une carte, dépend de la nature du pays à représenter, de l'échelle adoptée et du but spécial qu'on se propose d'atteindre.

§ 5. — ÉTUDE GÉNÉRALE SUR LA CARTOGRAPHIE EXPOSÉE EN 1878, PAR M. PRUDENT, CAPITAINE DU GÉNIE.

FRANCE.

Dépôt de la guerre. — La carte au 1/80000e du Dépôt de la guerre était, sans contredit, l'œuvre capitale de la classe 16, à l'Exposition de 1878.

Placé dans la *galerie du travail*, l'immense panneau de 12m,30 de hauteur sur 13m,20 de largeur, sur lequel on l'avait assem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blée, frappait à juste titre l'attention des visiteurs. Déjà, en 1875, au Congrès de géographie, elle avait été présentée sous les mêmes formes; mais quelques feuilles étaient encore incomplètes. En 1878, les 264 feuilles qui comprennent la partie continentale du territoire français paraissaient, pour la première fois, dans leur état complet d'achèvement, et l'on pouvait contempler dans son ensemble cette grande œuvre, véritable monument national, entreprise par les ingénieurs-géographes, continuée et menée à bonne fin par les officiers d'état-major.

Les opérations sur le terrain, commencées en 1818, ont été achevées en 1866. La gravure, commencée en 1825, est entièrement terminée aujourd'hui, sauf sur quelques feuilles de la Corse.

Tel qu'il est, le 1/80000e français constitue maintenant, à de très rares exceptions près, la carte topographique la mieux conçue et la plus complète qui existe, car les publications analogues faites par les grands États de l'Europe sont encore inachevées, ou ne donnent que des renseignements incomplets, surtout pour le relief du sol. Au surplus, voici ce qu'en dit un témoin qui ne peut être suspecté de complaisance [1] : « Quoique préparé à l'aspect de la carte, l'auteur a été surpris de son effet majestueux, et il lui a fallu quelques instants pour se soustraire à cette impression et pour passer à un examen détaillé. Bien qu'il y ait à critiquer certains détails qui ne répondent plus aux idées actuelles, l'effet d'ensemble ne laisse rien à désirer, et témoigne de l'unité qui a présidé à la confection de la carte. C'est surtout la représentation du relief du sol qui, par ses teintes bien graduées, s'impose à l'esprit du lecteur, même le moins compétent... Les grandes plaines et les vallées ressortent en blanc avec une telle clarté, que cet effet semble tout naturel, et qu'on n'a plus alors conscience des difficultés qui ont accompagné la rédaction et l'exécution de cette œuvre grandiose,

(1) *Mittheilungen : Die Kartographie auf der pariser Weltausstellung 1878*, von C. Vogel (traduction libre).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi *génialement conçue* (*so genial gedachten*) que vigoureusement et intelligemment exécutée. Enfin, c'est de toutes les cartes des grands pays de l'Europe la première qui soit entièrement achevée, ce qui pèse d'un grand poids dans la balance... »

Parmi les autres travaux exposés par le Dépôt de la guerre, on peut citer en première ligne la *réduction* au 1/320000e, en gravure sur cuivre, de la grande carte au 1/80000e : elle constitue une véritable carte communale de la France; on n'y fait figurer, en effet, que les principales voies de communication et les centres administratifs jusqu'aux chefs-lieux de communes inclusivement. Les formes du terrain y ont été habilement généralisées, de manière à rester en rapport avec l'échelle. Cette excellente carte est presque achevée : il reste seulement à exécuter la gravure de la montagne pour les feuilles 32 (*Avignon*) et 33 (*Corse*). Nous nous permettrons de formuler un vœu à son sujet : c'est que l'on se départisse de la règle, trop stricte selon nous, de n'indiquer que les chefs-lieux des communes, et que l'on y fasse figurer certaines annexes notables : telle était naguère *Bellegarde*, sur le chemin de fer de Lyon à Genève, simple annexe, tout récemment érigée en commune, et qui est en voie de devenir une petite ville industrielle; tels seraient encore : *les Laumes*, station importante et point de bifurcation de chemin de fer dans la Côte-d'Or; *Pornichet*, station de bains de mer dans la commune de Saint-Nazaire-sur-Loire, etc. Il est aussi à souhaiter que l'on inscrive sur toute la carte les dénominations orographiques importantes, comme on l'a fait, notamment, sur les feuilles de *Bayonne*, *Toulouse*, etc.

La *carte du massif des Alpes au 1/80000e* est une tranformation de la carte de l'état-major à la même échelle, appliquée aux feuilles de montagnes qu'une orographie trop compliquée rend difficiles à lire. La gravure est exécutée sur pierre, en trois couleurs, et le figuré du terrain est exprimé par des courbes de niveau à l'équidistance de 20 mètres, exactes pour la partie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

française, mais construites approximativement pour la partie étrangère, d'après la carte au 1/50000e du Piémont, qui ne donne qu'un très petit nombre d'altitudes. La carte du massif des Alpes s'étend du mont Blanc à la Méditerranée, entre les méridiens de Toulon et de Turin. Elle comprend 72 feuilles, dont 35 feuilles sont actuellement terminées.

La *carte de la frontière des Alpes au 1/320000e*, gravée sur pierre, en trois couleurs, comme la précédente, est un essai de transformation, à même échelle, des portions montagneuses de la carte de France : elle s'étend du lac Léman à la Méditerranée, et du Rhône à la plaine du Pô supérieur. Le figuré du terrain y est exprimé par des courbes horizontales équidistantes, imprimées en brun et très serrées, qui, en formant des teintes dont l'intensité est parfaitement en rapport avec la pente réelle, donnent une représentation du relief des montagnes analogue à celle que l'on obtient avec des hachures dans l'hypothèse d'un éclairement vertical. Grâce à l'emploi de plusieurs couleurs, on y distingue très aisément les détails de la planimétrie et les écritures de toute sorte.

Citons ensuite une carte au 1/20000e des environs de *Nemours* (Algérie), gravée sur pierre, en six couleurs, avec figuré du terrain par courbes; une épreuve de la feuille de *Médéah*, gravée sur pierre, en quatre couleurs, type de la carte future au 1/80000e de l'Algérie; enfin, un charmant essai de *réduction* au 1/200000e gravé sur pierre, en quatre couleurs, d'une feuille (*Besançon*) de la carte au 1/80000e, sans montagnes : ce dernier essai est très remarquable, et il serait bien désirable que l'application en fût faite pour toute la France; car l'échelle du 1/200000e, la plus grande que l'on puisse appliquer aux cartes chorographiques, permet de donner, sans peine, tous les détails nécessaires, et, en même temps, de bien faire voir l'ensemble du relief du sol. On peut en juger par les nombreuses cartes, à même échelle ou à échelles voisines, que l'on a dressées à l'étranger.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Telles sont, notamment : la carte au 1/200000e de l'Europe centrale, par Reymann; la carte générale de la Hollande au 1/200000e; celle au 1/250000e de l'Europe sud-occidentale, par l'état-major bavarois; celles des deux Hesses et du duché de Bade au 1/200000e; celles de la Suisse et des États Sardes au 1/250000e, par les états-majors de ces différents pays; celle des Îles-Britanniques au 1/253440e, entreprise par l'Ordnance survey, etc. Toutes ces cartes chorographiques sont excellentes par la quantité d'informations qu'elles renferment.

Le Dépôt de la guerre exposait encore : une carte du *département de la Seine* au 1/80000e, admirablement gravée sur pierre, en quatre couleurs, et très exactement repérée, parfaitement à jour d'après les dernières reconnaissances faites sur le terrain, « carte qui fera la joie des promeneurs parisiens; » des cartes au 1/20000e des *environs de Rouen* et de *la Valbonne*, reproduites d'après les levers exécutés sur le terrain par des officiers des corps de troupe de la garnison, la première par le calque autographique, en cinq couleurs, de la minute de l'officier, et la seconde par la photographie, en deux couleurs, de cette même minute; une carte au 1/600000e, gravée sur cuivre et toujours tenue au courant, du réseau *des chemins de fer français;* une *carte routière de l'Algérie*, gravée sur pierre, en deux couleurs, avec l'indication de toutes les voies de communication et de tous les nouveaux centres d'agglomération; et, enfin, une carte du *nivellement général de la France*, figurée par courbes de niveau équidistantes de 100 mètres, à l'échelle de 1/600000e et gravée sur pierre, en trois couleurs, carte que le Dépôt de la guerre destine à l'enseignement de l'orographie, et sur laquelle on saisit, en effet, très bien l'ensemble des contrées montagneuses.

En dehors de ses travaux cartographiques, le Dépôt de la guerre expose divers procédés en usage dans ses ateliers.

1° *Planche de cuivre gravée en cours de correction par le procédé Georges.* — Dans la pratique ordinaire, lorsqu'un graveur sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre doit faire subir une correction à une planche, soit en addition soit en effaçure, il commence par gratter sur sa planche la partie à modifier : il produit ainsi un creux, qu'il fait disparaître en repoussant au marteau l'envers de la planche au point correspondant à la dépression. Cette opération affaiblit le cuivre.

Dans le procédé Georges, on évite cet inconvénient en déposant du métal par la galvanoplastie dans la partie déprimée de la planche, puis on gratte les bourrelets en excédent pour aplanir la surface et la rendre propre à une nouvelle gravure.

2° *Réunion par la galvanoplastie de fractions contiguës de planches de la carte au 1/80000e* — Il arrive parfois qu'une ville importante, comme Orléans, Dijon, etc. se trouve sur le bord du cadre ou dans l'angle d'une feuille, de sorte que, pour former l'ensemble des environs de cette ville, on se trouve obligé de juxtaposer deux et quelquefois même quatre feuilles du 1/80000e. Pour parer à cet inconvénient, le Dépôt de la guerre a eu l'idée excellente de créer des feuilles *bis*, chevauchant sur les feuilles actuelles. Ainsi, pour la ville d'Orléans, il a constitué une feuille spéciale, qu'il a appelée *Orléans bis*, en réunissant les moitiés contiguës des feuilles 94 (*Beaugency*) et 95 (*Orléans*).

Le procédé d'exécution de ces feuilles spéciales consiste à reproduire en relief, au moyen de la galvanoplastie, chacune des fractions de planches qui doivent constituer la planche définitive, à souder ensemble ces fragments, puis à exécuter un creux de la nouvelle planche ainsi obtenue.

3° *Reproduction de cartes par l'impression typographique.* — On sait que le procédé Gillot permet de transformer en cliché typographique toute planche de gravure ou de lithographie : cette transformation permet de faire très rapidement, à peu de frais et avec une perfection suffisante, des tirages d'un nombre illimité d'épreuves. De plus, ce procédé est applicable aussi bien aux cartes polychromes qu'aux cartes monochromes. Le Dépôt de la guerre expose une feuille du 1/80000e imprimée en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

noir et en rouge, cette dernière couleur étant destinée à faire ressortir les voies carrossables et à donner la population des chefs-lieux de communes : le repérage est d'ailleurs excellent. Dans ces conditions économiques d'impression par la typographie, il devient possible de livrer au public, à un prix très minime, les feuilles du 1/80000e et du 1/320000e, et de faire ainsi un grand pas en avant dans la voie très libérale où le Dépôt de la guerre est déjà entré lorsqu'il a décidé la vente à un franc la feuille de ces mêmes cartes imprimées en report sur pierre.

4° Le même procédé Gillot, combiné avec les procédés lithographiques, permet d'obtenir des *amplifications de cartes*. C'est ainsi que MM. Yves et Barret ont constitué, pour le Dépôt de la guerre, des planches qui donnent une amplification au 1/40000e d'une feuille du 1/80000e.

Enfin, le Dépôt de la guerre a exposé un *relief* en plâtre d'un fragment *des environs de Paris* au 1/40000e, dont la planimétrie et les écritures sont imprimées au moment même du moulage. A cet effet, le moule en creux, exécuté en cuivre par la galvanoplastie d'après un modèle en plâtre, a été gravé et encré par les procédés ordinaires de la taille-douce. C'est là un très bon résultat, mais qui, malheureusement, exige que les surfaces soient peu mouvementées, et qui serait d'une application difficile en pays de montagnes.

Dépôt des fortifications. — I. *Travaux de la brigade topographique du génie militaire.* — En 1813, le commandant du génie Clerc organisa la brigade topographique du génie militaire, qui, depuis lors, a exécuté un grand nombre de plans de précision spéciaux au service du génie, et conservés dans ses archives. Précédemment, comme simple capitaine, il avait eu l'honneur de vulgariser la définition géométrique du terrain par les courbes de niveau et d'indiquer les méthodes qui ont permis de vulgariser pratiquement les levers nivelés de précision. Ces méthodes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

analogues à celles dont on fait usage dans certains arts industriels, peuvent se résumer comme il suit : pour empêcher l'accumulation des inexactitudes, procéder du grand au petit, de l'ensemble aux détails; pour éviter les fautes, cette pierre d'achoppement des travaux topographiques, décomposer l'opération complexe en une succession d'opérations élémentaires, aussi simples que possible et d'ailleurs fréquemment vérifiées.

Le capitaine du génie Clerc fit la première grande application de ses méthodes, de 1809 à 1811, pour le lever nivelé au 1/1000e du golfe de la Spezzia, lever dont une réduction au 1/5000e, dessinée en forme de carte murale, figurait dans la classe 16, à l'exposition du Dépôt des fortifications.

Ce sont encore ces mêmes principes qui dirigent les travaux de la brigade, notamment en ce qui concerne les levers au 1/1000e exécutés sous sa direction, autour de nos places fortes, soit par des officiers du génie et de l'artillerie, soit par des officiers d'infanterie.

Les travaux de la brigade comportent des levers à grande échelle, au 1/1000e et parfois au 1/2000e, et des levers au 1/10000e. Ceux des deux premières échelles donnent la représentation exacte du terrain sur lequel on doit construire des ouvrages de fortification. Ils sont exécutés par les adjoints du génie attachés à la brigade. Un canevas général assure l'exactitude de l'ensemble; des sommets de ce canevas on détermine ensuite les détails, en opérant par rayonnement. En même temps, on file les courbes de niveau de mètre en mètre.

Les levers au 1/10000e sont exécutés soit par des officiers de toutes armes, détachés momentanément à la brigade topographique, soit par les adjoints du génie de cette brigade. Leur ensemble constitue le *plan directeur* de chaque position fortifiée. Pour une place telle que Dijon, par exemple, ce plan comprend environ 100,000 hectares, et dans un avenir peu éloigné, on aura ainsi levé un total d'au moins deux millions d'hectares.

Ces levers sont rattachés, pour la planimétrie, aux points de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la triangulation du Dépôt de la guerre, et ils sont reliés, d'autre part, au nivellement de précision de la France (nivellement Bourdaloue). La planimétrie est obtenue par la réduction photographique des plans parcellaires du cadastre, qui sont encastrés dans des polygones levés à la boussole; de sorte qu'il ne reste plus au topographe qu'à compléter la planimétrie par une revision faite sur le terrain, et à définir le relief du sol à l'aide de courbes de niveau équidistantes de cinq mètres et filées partiellement.

Les minutes des levers au 1/10000e sont, d'une part, rédigées en manuscrit en deux expéditions, et, d'autre part, reproduites au moyen de la photozincographie et tirées à 50 exemplaires pour le service.

Enfin, on en fait aussi par la photozincographie des réductions au 1/20000e et au 1/50000e, qui sont imprimées en plusieurs couleurs.

La brigade a exposé des minutes de ses levers au 1/1000e, au 1/2000e et au 1/10000e, puis des rédactions manuscrites et des reproductions par la photozincographie de ses levers au 1/10000e.

II. *Carte de la France* du Dépôt des fortifications *à l'échelle du* 1/500000e. — Cette carte est destinée à remplacer la « carte de France au 1/864000e pour le service du génie militaire, » éditée en 1825 par le Dépôt des fortifications, et sur laquelle le figuré du terrain n'est plus à la hauteur des connaissances actuelles. Elle a été commencée en 1871.

Elle s'étend d'Ouessant à Francfort et de la Haye à l'embouchure de l'Elbe; les pays étrangers y sont traités avec les mêmes détails que la France. Elle est divisée en quinze feuilles.

L'impression polychrome a permis de multiplier les détails et de publier, en variant les tirages, trois types : n° 1, carte complète; n° 2, carte routière (sans hachures, mais avec des courbes de niveau de 100 en 100 mètres); n° 3, carte orographique, qui ne donne que le figuré du terrain, les eaux et les noms se rapportant soit à l'orographie, soit aux anciens pays de France

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(*pagi*), dont un grand nombre spécifient des régions ayant des caractères particuliers.

La planimétrie a pour base la carte de France au 1/80000e, corrigée et complétée à l'aide de renseignements divers, fournis principalement par les administrations publiques. Pour la partie étrangère, on a pris les atlas topographiques les plus récents, et d'autres documents de valeur, tels que la carte de Suisse de l'Alpine Club, les travaux des alpinistes français dans les Pyrénées, etc.

On n'a admis à figurer sur la carte que les localités, chefs-lieux de communes ou annexes, qui présentent un intérêt spécial, soit par leur population, soit par leur position sur des voies de communication, soit par leur notoriété au point de vue commercial, agricole, industriel ou historique. On y a mentionné, comme sur la carte orographique, les noms des anciens pays de France.

Le figuré du terrain, dont les minutes ont été dessinées soit en lumière oblique pour les surfaces anguleuses, soit en lumière zénithale pour les pays de plateaux, a été fait, pour la France, d'après la carte au 1/80000e, contrôlée par la recherche de courbes de niveau de 100 en 100 mètres et par les cartes géologiques les plus récentes, et, pour les régions étrangères, d'après les meilleurs documents topographiques, géologiques et hypsométriques, ainsi que par la discussion d'ouvrages spéciaux et de panoramas de montagnes.

Jusqu'ici le figuré du terrain a été interprété au moyen de hachures gravées sur pierre. On espère arriver à une interprétation plus fidèle par la reproduction, en gravure héliographique, d'un dessin à la plume fait au Dépôt même, d'après la minute originale.

L'exposition de cette carte comprenait la carte assemblée dans son état actuel d'avancement, des albums, des feuilles publiées dans les trois types dont on a parlé plus haut, et, comme spécimen de la nouvelle méthode d'exécution des planches d'orographie, une minute au crayon, sa transcription en ha-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chures à la plume et des épreuves de sa reproduction héliographique.

Les sections horizontales de 100 en 100 mètres, que l'on a déterminées pour la carte au 1/500000e, ont permis d'établir à la même échelle, et par des teintes mises au pinceau, un *essai de carte hypsométrique*, qui figurait également dans l'exposition du Dépôt des fortifications. En vue de la simplification des tirages d'une impression polychrome, on a adopté : le jaune pour les zones au-dessous de 500 mètres, le vert pour les zones de 500 à 1000 mètres, et le brun pour les altitudes plus grandes. Chacune de ces nuances a d'ailleurs été divisée en zones, les intensités croissant avec les altitudes, et l'on a fait correspondre les limites de ces subdivisions aux altitudes qui caractérisent le mieux les reliefs des diverses régions de la France. Ainsi l'on a choisi l'altitude de 300 mètres, qui caractérise la Bretagne, l'altitude de 500 mètres, qui caractérise la côte d'Or, celle de 700 mètres, qui convient pour le Morvan, etc.

L'augmentation progressive des intensités avec les hauteurs met bien en évidence l'élévation au-dessus de la mer, en même temps qu'elle accuse toutes les vallées principales et les points de passage, soit dans les montagnes, soit même dans les pays de hautes collines.

III. *Travaux divers de topographie et de dessin topographique.* — Outre la carte au 1/5000e de la Spezzia, exécutée par le capitaine du génie Clerc, d'après les minutes au 1/1000e levées de 1809 à 1811, carte dont nous avons parlé plus haut, et une belle carte au 1/20000e des positions entre la Vésubie et la Roya, levée et dessinée en 1865 par le capitaine du génie Wagner, le Dépôt exposait deux spécimens de dessins topographiques exécutés dans l'hypothèse dite *de la lumière oblique*, l'un suivant la méthode imaginée par le lieutenant-colonel Goulier, l'autre suivant celle du capitaine de la Noë.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que, dans la magnifique carte au 1/100000e de la Suisse dressée sous la direction du général Dufour, les pentes qui ont la même orientation sont modelées, comme dans l'hypothèse dite *de la lumière zénithale*, par des teintes d'autant plus foncées que ces pentes sont plus raides. Mais la gamme des tons employés varie d'intensité avec l'orientation des pentes : faible pour les pentes exposées au Nord-Ouest, elle est plus forte pour celles qui regardent le Sud-Ouest ou le Nord-Est, et plus forte encore pour celles qui descendent vers le Sud-Est. Une conséquence de ces conventions, c'est que les surfaces horizontales doivent rester blanches. Cela rend les effets qui en résultent peu satisfaisants quand on les applique aux pays de plateaux : aussi a-t-on adopté en Suisse, pour ces derniers terrains, l'hypothèse de la lumière zénithale. Il en résulte, il est vrai, un défaut d'unité; mais ce défaut est *inappréciable* dans la carte de Suisse, car on y passe sans effort aucun, et sans qu'on s'en aperçoive, de la lumière oblique, admise dans les parties montagneuses à arêtes vives, à la lumière zénithale, appliquée dans les pays de collines.

Les conventions dont il vient d'être question n'ont été appliquées qu'au sentiment dans la carte suisse. Dans sa méthode, le lieutenant-colonel du génie Goulier étend à cette lumière oblique conventionnelle la méthode géométrique de lavis qu'il avait créée, dès 1844, pour le lavis à la lumière zénithale. Il fait d'abord, dans l'hypothèse de la lumière zénithale, un modelé, qu'il obtient par la superposition *méthodique* de trois ou quatre teintes, dont les intensités sont réglées par un diapason. Puis, pour arriver à l'effet de lumière oblique, il superpose à ce premier lavis, sur les versants autres que ceux qui sont exposés au Nord-Ouest, et méthodiquement, quatre ou cinq teintes d'encre de Chine, dont les intensités sont aussi réglées par le diapason.

Pour passer ensuite de ce genre de modelé à celui de la lumière zénithale, qui convient aux pays de collines, il suffit, dans ceux-ci, de se guider sur un diapason d'une intensité double de celui qui a servi pour le modelé des pays de montagnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Avec cette méthode, *pas d'hésitation, pas de retouches, pas de repentirs, identité des effets obtenus par différents dessinateurs.*

Comme spécimen, le lieutenant-colonel Goulier avait fait mettre à l'effet une carte des *environs du Saint-Gothard,* constituée par la réunion de quatre minutes au 1/50000e de la carte de la Suisse [1].

Dans la méthode du capitaine de la Noë, on imagine une série de tranches faites dans le terrain, par des plans inclinés équidistants et perpendiculaires à la direction admise pour les rayons lumineux. Les projections des sections produites par ces plans sont plus écartées pour les surfaces exposées à la lumière, et plus serrées pour les surfaces opposées. Ces projections servent de guide au modelé, que l'on produit en posant, sur chaque élément de la surface, des teintes d'autant plus foncées que ces courbes auxiliaires sont plus rapprochées les unes des autres. Cette méthode se prête surtout à l'exécution du modelé en lumière oblique, au moyen de hachures, même par des dessinateurs peu doués du sens artistique. L'effet obtenu est analogue à celui que produit la machine Collas, dans la gravure mécanique des médailles, en rabattant, autour de leurs traces comme charnières, des profils équidistants.

On pouvait juger des résultats ainsi obtenus sur une carte au 1/80000e des *environs de Toulon,* dessinée par le capitaine de la Noë.

IV. *Reliefs de diverses sortes.* — La *galerie des plans-reliefs* est une annexe du Dépôt des fortifications. Autrefois on y exécutait les reliefs entièrement à la main. On se sert aujourd'hui d'une petite raboteuse mécanique mue par une machine à gaz de la force d'un cheval. Grâce à ce procédé, les modèles se font cinq ou six fois plus vite et avec une précision beaucoup plus grande.

[1] Voir plus bas : *Suisse, bureau de l'état-major fédéral.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On établit ainsi non seulement des plans en relief des places fortes ou d'ouvrages de fortification, mais encore des reliefs de terrain, soit à gradins, soit à surface continue. Pour ce genre de travail, la machine-outil dont il a été parlé ci-dessus donne du premier coup et sans retouches un relief en plâtre parfait. Le procédé est donc supérieur au système Bardin, dans lequel on arrive à un résultat à peu près semblable en superposant un certain nombre de feuilles de carton découpées suivant les courbes de niveau. Avec ce dernier système, l'équidistance est rarement correcte. Son emploi exige, d'ailleurs, des moulages délicats et des ragréements.

Le procédé employé à l'atelier de la galerie des plans-reliefs pour la première fois, à ce que nous croyons, constitue une véritable innovation, et il permettra de faire rapidement, si l'on veut, des plans directeurs en relief de nos principales places fortes et de leurs environs.

Enfin, pour obtenir des reproductions des reliefs ainsi obtenus, après avoir exécuté le modèle à la galerie des plans-reliefs par le procédé décrit ci-dessus, on le livre à un mouleur, qui en tire un creux en gélatine, au moyen duquel il reproduit ensuite en *staff* (couches minces alternatives de plâtre encollé et de toile claire) le nombre voulu d'exemplaires; on revêt ensuite ces exemplaires des teintes conventionnelles adoptées dans le lavis de la fortification.

L'emploi, d'une part, de la machine-outil pour la confection des modèles et, d'autre part, du procédé de reproduction qui vient d'être décrit, va permettre de doter, rapidement et relativement à bon marché, d'une collection de plans-reliefs d'ouvrages de fortification toutes les écoles militaires et les bibliothèques de garnison. Déjà les plans-reliefs de six ouvrages ont été livrés à ces établissements.

Comme spécimen de ces divers travaux, on avait envoyé à l'Exposition :

1° Deux plans-reliefs, à gradins et à surface continue, représentant une même portion du plan directeur de la place de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dijon, à l'échelle du 1/10000e, tant pour la planimétrie que pour les altitudes, avec des courbes à l'équidistance de 5 mètres;

2° Le relief de l'un des forts du camp retranché d'Anvers;

3° La reproduction par le moulage de quatre autres ouvrages de fortification.

Dépôt de la marine. — Nous ne parlerons que pour mémoire du Dépôt de la marine. En effet, son exposition, qui prouve combien cet établissement continue les bonnes traditions qu'il a toujours suivies pour la construction et l'exécution de ses excellentes cartes, n'offrait rien de nouveau à signaler, si ce n'est toutefois la mesure louable que l'on a prise de transformer les brasses en mètres dans l'inscription des sondages, et de définir le sol sous-marin au moyen de courbes d'égale profondeur, par analogie avec ce que l'on tend à faire aujourd'hui pour le sol émergé.

Il serait d'ailleurs désirable, en vue de la prompte compréhension du relief, que l'on adjoignît à ces courbes quelques teintes hypsométriques d'intensité croissant avec la profondeur.

Ministère de l'intérieur. — L'extension considérable qu'a prise dans ces dernières années[1] le réseau des chemins vicinaux a conduit un grand nombre de conseils généraux à faire établir des cartes départementales, dressées d'après les cartes du Dépôt de la guerre, et spécialement destinées à faire ressortir la classification des diverses voies de communication, et à indiquer les voies en construction, en lacune ou en projet. Plusieurs de ces cartes ont figuré à l'Exposition. Il en est de fort bien exécutées; mais, aucune vue d'ensemble n'ayant présidé à leur exécution, on en trouve de toutes les échelles et de toutes les formes: les unes cantonales ou d'arrondissement, au 1/30000e, au 1/40000e, au 1/50000e, au 1/60000e, au 1/80000e ou au

[1] Au 31 décembre 1877, la longueur des chemins à l'état d'entretien et de viabilité était de 385,000 kilomètres, et celle des chemins en construction de 30,000 kilomètres. On en construit annuellement plus de 12,000 kilomètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1/100000e; les autres, départementales, dressées également à des échelles diverses, qui vont du 1/40000e au 1/80000e. Sous le rapport de l'exécution, les unes sont imprimées en noir, le plus grand nombre en couleurs; quelques-unes n'indiquent pas le relief du terrain; sur d'autres, ce relief est figuré tantôt en hachures, tantôt en courbes de niveau.

Préoccupé d'un tel état de choses, qui rendait impossible le raccord de ces diverses cartes, le Ministre de l'intérieur à ordonné l'exécution pour la France entière d'une carte, à l'échelle du 1/100000e, conçue en vue des besoins du service vicinal, et, à cet effet, il a constitué, en octobre 1876, une commission chargée d'en préparer le programme.

Après plusieurs tâtonnements, on a définitivement adopté les dispositions suivantes :

La carte se composera d'environ 600 feuilles de petit format, limitées chacune entre deux méridiens et deux parallèles, de sorte que toutes seront orientées; chaque feuille comprendra 0° 30′ en longitude et 0° 15′ en latitude, soit, en moyenne, 38 centimètres de largeur sur 28 centimètres de hauteur, dimensions très favorables pour l'impression en couleurs. Le fond de la planimétrie en est obtenu par réduction photographique du 1/80000e du Dépôt de la guerre, procédé de réduction qui permet, comme on l'expliquera plus bas, de passer très simplement de la projection de Flamsteed modifiée, qui est celle du 1/80000e, à la projection plus simple dite *projection polycentrique*, qui consiste à projeter la surface de terrain correspondante à chaque feuille sur le plan tangent en son centre. On n'a ainsi nulle part de déformation appréciable, puisque les feuilles sont très petites.

D'autre part, bien que, rigoureusement, l'assemblage de plusieurs feuilles contiguës ne puisse se faire que sur une surface courbe, en pratique il arrive que, grâce à l'élasticité du papier, on peut sans aucune difficulté réunir seize et même vingt-cinq feuilles du 1/100000e, ce qui répond à tous les besoins probables. L'assemblage de la carte complète, si jamais il était né-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cessaire, se ferait aisément sur un bâti constituant le cintre d'une calotte sphérique.

Cette projection, des plus commodes pour l'ingénieur-géographe, et aussi pour le dessinateur, qui aura plus tard à se servir de la carte pour d'autres travaux de géographie, a été adoptée par la plupart des grands États qui ont entrepris depuis peu leur atlas topographique, notamment par l'Italie, l'Autriche, l'Espagne, etc.

La carte au 1/100000e est gravée sur pierre, en quatre couleurs, savoir : le bleu, pour les cours d'eau et voies navigables; le vert, pour les bois et forêts; le rouge, pour les routes et chemins et pour les chiffres de population; le noir, pour toutes les autres indications. De la sorte, on pourra aisément faire plus tard la revision séparée de chacun de ces éléments de la carte, notamment celle des voies de communication et du dénombrement, sans altérer la planche correspondant aux trois autres.

Pour faciliter les corrections annuelles qu'il serait difficile d'exécuter sur pierre, et aussi pour se débarrasser d'un matériel encombrant et fragile, on fera successivement clicher la gravure sur pierre en plaques de cuivre par les procédés électro-chimiques dont on dispose aujourd'hui, et les tirages se feront par reports de ces clichés.

Voici comment se construisent les minutes. Après une revision très attentive de la planimétrie, faite en province par le nombreux personnel des agents voyers, qui, de plus, fournit toutes les indications relatives à la classification de la voirie existante, en construction ou en projet, la carte au 1/80000e du Dépôt de la guerre est réduite au 1/100000e par la photographie. Puis, les projections, tracées très exactement sur des planchettes rigides et invariables, reçoivent les épreuves photographiques découpées en carreaux suffisamment petits pour rendre négligeable la différence entre le système de projection du 1/80000e et la projection polycentrique adoptée pour le 1/100000e. Chaque fragment ainsi obtenu est collé dans le carreau correspondant de la projection, et la pratique a montré que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette opération se fait sans difficulté et donne toute la précision désirable.

Le travail, entrepris en 1877, avance rapidement, et aujourd'hui l'on a remis au graveur près de cent cinquante feuilles de cette nouvelle carte.

Le ministère de l'intérieur avait exposé, à titre de spécimen de sa nouvelle carte, deux panneaux, dont l'un portait l'assemblage des feuilles comprenant le département de la Lozère, et l'autre, l'assemblage des feuilles comprenant une partie du département de la Vendée.

Ministère des travaux publics. — L'exposition très intéressante du ministère des travaux publics était installée dans un élégant pavillon, dont l'ossature mécanique avait déjà figuré, il y a deux ans, à Philadelphie. Parmi les nombreux documents qui y figuraient, quelques-uns présentaient un intérêt géographique réel, notamment les cartes publiées par le service de la *Carte géologique détaillée de la France*, et l'*Atlas statistique des cours d'eau.*

I. *Carte géologique détaillée de la France.* — L'exécution par l'État de cette carte a été prescrite par décret du 1^er^ octobre 1868; le service spécial organisé en vue de ce grand travail a été d'abord placé sous la haute direction de l'illustre Élie de Beaumont, l'une de nos gloires nationales; les premières opérations ont été conduites par M. Béguyer de Chancourtois, qui a tracé le programme d'exécution de la carte.

Réorganisé en 1874, à la mort de son premier directeur, ce service comprend aujourd'hui vingt-neuf membres, pris en général parmi les professeurs de faculté et les ingénieurs des mines. Le but de l'œuvre est de reprendre le travail inauguré en 1835 par l'institution des cartes géologiques départementales, et de le terminer en y apportant les vues d'ensemble qui seules peuvent en assurer l'homogénéité. Les relevés géologiques sont effectués et reportés sur la carte au 1/80000^e^ du Dépôt de la guerre. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couleurs conventionnelles sont obtenues par impression, et le tirage se fait à 500 exemplaires, dans des conditions telles que le prix de vente est inférieur à celui des exemplaires en taille-douce du 1/80000e. Grâce au chiffre actuel des collaborateurs, la publication a reçu une impulsion rapide, et l'on espère l'achever dans un délai de 18 ans, soit en 1893, avec une production annuelle de quatorze feuilles. Actuellement, trente feuilles sont livrées à la publicité, et quinze sont sous presse.

Les différentes pièces exposées en 1878 par le service géologique représentent la valeur de 70 feuilles du 1/80000e. Elles se rapportent aux régions de la France les plus diverses, de sorte que, en dehors des Pyrénées, de la Bretagne et du Jura, toutes les régions naturelles entre lesquelles la France peut être actuellement divisée se trouvaient géologiquement représentées à l'Exposition. En regard du bassin tertiaire de Paris, qui formait un panneau central, composé de trente-neuf feuilles du 1/80000e, ce qui correspond au sixième de la superficie totale du territoire français, on avait placé un fragment important du bassin de l'Aquitaine (onze feuilles); avec la série des feuilles d'Orléans, Gien et Bourges, la carte géologique pénètre au cœur de la France, et avec la feuille de Nancy, elle inaugure l'exploration des contrées industrielles de l'Est; la feuille de Chalon-sur-Saône met en évidence les terrains stratifiés qui bordent le massif central; celle du Mans renferme un échantillon des terrains tertiaires et crétacés du Maine; celles de Grenoble, Saint-Jean-de-Maurienne, Vizille et Briançon donnent un fragment des Alpes du Dauphiné et de la Savoie, d'après les longs et consciencieux travaux de M. Lory, professeur de faculté; et enfin sur la feuille d'Antibes, à l'extrême sud-est de la France, se trouve figuré le massif de l'Esterel.

Outre ces fragments au 1/80000e, il y en avait d'autres aux échelles plus grandes du 1/40000e et du 1/20000e, dessinés sur des amplifications photographiques du 1/80000e, et représentant certaines contrées dont la constitution géologique très compliquée n'aurait pu être dessinée avec assez de détail au 1/80000e;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tels étaient : un fragment au 1/40000e des environs de Givet, donnant un spécimen de l'Ardenne; des études, au 1/20000e pour le Gévaudan, et au 1/40000e pour le Morvan, le Cantal et le mont Dore, qui se rapportent au massif central et aux terrains volcaniques de l'Auvergne; une partie du Maine au 1/40000e, et enfin un fragment, au 1/50000e, des Alpes maritimes, sur lequel se dessinent avec netteté les accidents de la contrée comprise entre Nice et la frontière italienne.

Le choix des couleurs conventionnelles adoptées est d'un très heureux effet, et la carte offre, comme particularité remarquable, la mise en évidence des failles de divers ordres qui la sillonnent parfois sur de longs alignements, très intéressants au point de vue de l'orographie. La production de cette excellente carte place la France au niveau des nations qui l'ont déjà précédée dans cette voie.

II. *Atlas statistique des cours d'eau.* — L'entreprise de cette œuvre importante a été décidée, en 1861, à la suite d'un décret de la même année qui plaçait exclusivement dans les attributions du Ministre des travaux publics la police, le curage et l'amélioration des cours d'eau non navigables ni flottables. Elle se compose de tableaux statistiques, dressés par département, et d'un atlas d'une exécution très soignée à l'échelle du 1/200000e, qui forme la partie essentielle de la publication. Cet atlas comprend quatre-vingt-cinq cartes départementales (Seine et Seine-et-Oise étant réunis en une seule feuille). Les ingénieurs du service hydraulique et des services spéciaux de la navigation fournissent, sous forme d'états statistiques et de cartes, tous les renseignements nécessaires pour la préparation des minutes, de sorte que le corps tout entier des ponts et chaussées collabore à cette œuvre importante.

Lorsque ces documents parviennent à la Commission centrale, on dresse les cartes départementales au 1/200000e, en réunissant des réductions photographiques de la carte au 1/80000e

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du Dépôt de la guerre. On complète le réseau hydrographique en y traçant les lignes de faîte des divers bassins, et en inscrivant le long de chaque cours d'eau un numéro d'ordre déterminé d'après un classement méthodique; en outre, on indique les usines hydrauliques, les prises d'eau et les canaux d'irrigation, ainsi que les surfaces arrosées; des signes conventionnels répondent aux principales cultures.

La carte est gravée sur cuivre, en vue d'une impression en trois couleurs, savoir : bleu pour l'hydrographie, rouge pour les mines, les lignes de faîte et les lisérés des limites administratives, et noir pour le surplus; quant aux surfaces irriguées, elles sont coloriées en vert « au patron ». La gravure terminée, une revision très minutieuse est faite par les employés de la Commission centrale, puis par les ingénieurs des départements.

Les tableaux statistiques donnent le classement méthodique des cours d'eau avec le même numérotage que dans l'atlas; ils comprennent des colonnes indiquant le nom et la situation des cours d'eau par rapport aux localités et aux divisions du territoire, leur régime, les irrigations qu'ils fournissent et des renseignements complets sur les usines qui utilisent leur force motrice.

A l'heure actuelle, la gravure est achevée pour cinquante départements, et le travail de préparation est fait pour le surplus. Les tableaux statistiques sont en voie d'impression et formeront, quand ils seront complets, un manuscrit d'environ 18,000 pages in-4°.

Le tirage est assez important pour satisfaire aux besoins de différents services et pour être, en outre, mis en vente à la disposition du public dans des conditions modérées.

La Commission exposait, à titre de spécimen, les cartes et les tableaux des départements de la Haute-Garonne, de l'Ariège et de la Nièvre.

L'Atlas statistique des cours d'eau constitue, « suivant la pensée qui lui a donné naissance, un véritable inventaire de nos ressources hydrauliques, et permettra de mieux en étudier la mise

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en valeur. » Sa publication correspond avec la création, décrétée en 1877, de la grande Commission d'enquête sur l'aménagement des eaux; il arrive donc à son heure et secondera un mouvement qui ne peut manquer d'être fécond pour le développement de la richesse publique dans notre pays. Nous ajouterons qu'il sera d'une haute utilité pour les recherches et les travaux des géographes.

Toutefois, nous ferons observer que la production d'une carte unique de la France au 1/200000e, divisée en sections, serait bien préférable pour tous à celle d'un atlas départemental, lequel présente le sérieux inconvénient que l'on ne peut assembler les départements contigus.

Exposants particuliers. — On sait combien l'enseignement de la géographie avait décliné en France depuis le siècle dernier. Après les belles œuvres de nos illustres géographes de cette époque, tels que les Sanson, Delisle, Robert de Vaugondy, etc., dans lesquelles on trouve des renseignements aussi complets que le permettait alors l'état des connaissances topographiques, on en était venu, dans un esprit trop systématique de simplification, à retrancher des livres et des atlas une foule de faits de la première utilité; c'est ainsi, notamment, que l'on avait tellement abrégé l'orographie, qu'on se bornait à la simple indication des lignes de partage des eaux, en réduisant, par exemple, à un axe grêle en forme de « chenille » la large nappe du système alpestre; par contre, ce même signe conventionnel (cette chenille), maladroitement employé, laissait supposer des chaînes de montagnes là où ne se trouvent que des plaines unies, comme le Médoc, la Beauce, et même là où, au lieu d'une saillie, il existe réellement une dépression transversale à la ligne de faîte, comme cela se présente dans le pays de Bray. En outre, comme la plupart des cimes les plus élevées se trouvent en dehors des lignes de partage des eaux (tels sont : le mont Perdu, le pic d'Aneto et le Puigmal, dans les Pyrénées; le Grand-Paradis, le Rutor et le massif important du Pelvoux, dans les Alpes), on les passait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous silence. On avait de même délaissé les noms des régions naturelles si connues de tous et si utiles à connaître : la Brie, la Beauce, le pays de Caux, le Morvan, la Limagne, le Forez, etc. Enfin, on apportait une extrême négligence dans les contours des objets, dans l'orthographe des noms étrangers, etc. La géographie en était ainsi venue, il y a une vingtaine d'années, à n'être qu'une aride et fastidieuse nomenclature, sans que l'on cherchât jamais à lui donner de l'intérêt, en faisant ressortir les raisons d'être des faits géographiques, tels que la naissance des centres de population et leur développement d'après les circonstances industrielles ou commerciales, la création des voies historiques, la liaison de l'orographie avec la géologie, l'aménagement naturel des eaux résultant de l'ossature orographique du sol, etc. A l'étranger, depuis plusieurs années déjà, on avait réformé cet enseignement appauvri, pour revenir à des méthodes plus en harmonie avec les réalités : l'illustre Carl Ritter avait tracé la voie nouvelle; des atlas excellents avaient été conçus dans cet ordre d'idées; tels sont : l'atlas de Stieler, publié à Gotha chez Justus Perthes et continué par feu l'éminent docteur Petermann; l'atlas de Kiepert; celui de Hughes, en Angleterre; celui, beaucoup plus récent, d'Artaria, à Vienne.

En France, de bons esprits avaient été frappés de cet état de choses, et déjà, même avant la guerre de 1870, des efforts avaient été tentés pour le modifier, notamment, comme nous le dirons plus loin, par la maison Hachette. Après 1870, l'attention publique ayant été fortement attirée de ce côté, l'esprit de réforme grandit d'une manière remarquable. Entre tous, M. Levasseur, membre de l'Institut et professeur au Collège de France, se fit l'avocat des idées nouvelles, qu'il a propagées depuis dans ses inspections générales, dans ses conférences et dans ses livres. L'Exposition de 1878 nous a permis de constater le chemin que ces idées ont fait aujourd'hui et les résultats notables qu'elles ont produits.

Le jury de la classe 16, après examen des expositions parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culières, a attribué la plus haute récompense à la maison *Hachette et C^ie^*. Nous ne pouvons que ratifier ce jugement; car cette très honorable maison a fait, dans ces dernières années, des efforts considérables pour doter la France d'ouvrages géographiques et d'atlas sérieux. Tels sont, parmi les ouvrages que chacun connaît aujourd'hui, l'excellente publication du *Tour du Monde*, les précieux *Guides* de Joanne, le *Dictionnaire des communes*, du même auteur, la *Table de Peutinger*, document ancien et très important sur la géographie du monde romain, publié sous la direction de M. Ernest Desjardins; et une foule de belles éditions de voyages modernes; tels sont encore : l'admirable *Géographie universelle* de M. Élisée Reclus, ouvrage en cours de publication et dont quatre volumes ont déjà paru; l'*Histoire de la géographie* et le *Dictionnaire de géographie universelle* de M. Vivien de Saint-Martin. Parmi les atlas, il faut citer celui que la maison Hachette entreprend à grands frais, sous le nom d'*Atlas universel*, dans des conditions telles qu'il puisse entrer en lutte avec les atlas étrangers. C'est M. **Vivien de Saint-Martin** qui préside à l'élaboration de cette œuvre importante; les travaux de gravure de l'Atlas universel ont été confiés au plus éminent de nos graveurs de géographie, feu Étienne Collin, auquel a succédé M. Delaune, son meilleur élève.

L'Atlas universel de Vivien de Saint-Martin comprendra environ 113 cartes, savoir : 7 pour la cosmographie et les généralités, 35 pour l'Europe, 14 pour l'Asie, 6 pour l'Afrique, 18 pour les deux Amériques, 3 pour l'Océanie, et 30 cartes historiques.

MM. Hachette et C^ie^ avaient exposé plusieurs de ces cartes en cours d'exécution; la plus remarquable était celle au 1/675560^e^ de la Suisse; c'est, surtout au point de vue de l'orographie, une merveille de gravure. L'atlas paraît par livraisons; jusqu'à ce jour, deux livraisons seulement ont été mises en vente : elles comprennent six feuilles, savoir : deux cartes du ciel, habilement gravées en camaïeu, une carte de la région Arctique, une carte d'ensemble au 1/1500000^e^ de la Grèce, la Turquie d'Eu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rope au 1/3000000e, et enfin la belle carte de Suisse dont nous venons de parler.

On peut donc espérer que nous aurons ainsi un excellent atlas français, et que nous regagnerons la bonne renommée que la France s'était autrefois acquise par ses publications géographiques.

On pourrait toutefois, comme l'ont déjà fait des critiques étrangers, reprocher à ce travail une trop grande abondance de détails et surtout une trop grande diversité dans les échelles, qui, d'ailleurs, ne sont pas décimales.

La même maison fait faire une réduction de l'Atlas universel de Vivien de Saint-Martin, destinée à l'enseignement secondaire, et qu'elle intitule *Atlas manuel*.

En terminant cette rapide revue de l'exposition Hachette, nous signalerons un louable progrès fait par nos éditeurs, celui de vendre séparément leurs cartes d'atlas, ainsi qu'on le fait déjà à l'étranger, notamment à Gotha.

Une autre honorable maison a également entrepris d'importants travaux pour doter de bons livres et de bons atlas l'enseignement de la géographie dans notre pays : c'est la maison *Delagrave*. Elle publie, sous l'habile et consciencieuse direction de M. **Levasseur**, une série de volumes remarquables (nous citerons notamment *la France et ses colonies*), dans lesquels ce savant professeur s'est efforcé d'appliquer les réformes qu'il avait été chargé officiellement d'apporter dans l'enseignement de la géographie. Outre les nombreux atlas scolaires et les cartes murales qui accompagnent ses œuvres écrites, M. Levasseur a entrepris la publication d'un grand atlas destiné spécialement à l'enseignement. Les premières planches de cet atlas figuraient à l'Exposition et permettaient d'apprécier l'esprit de conscience et d'exactitude qui préside à l'œuvre entière. Imprimé en plusieurs couleurs, il se composera d'une cinquantaine de cartes, dont une vingtaine environ sont en préparation. Il en a paru neuf, qui concernent spécialement la France, envisagée au point de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue météorologique et économique; l'une d'elles, au 1/3000000e, donne l'Algérie. Ces premières seront suivies de huit autres, relatives à notre pays et dressées à l'échelle uniforme de 1/3500000e, cartes géologique, hypsométrique, orohydrographique, historique, administrative et économique, et deux planches se rapportant aux colonies.

On sait combien l'estimable et regretté Bardin s'était attaché à l'idée d'enseigner la topographie au moyen de plans en relief; il avait consacré la plupart de son temps et une partie de sa fortune à constituer une collection de reliefs de terrains ondulés et montagneux très divers; aujourd'hui, cette idée s'est fait jour, et la maison Delagrave a édité une partie de l'œuvre de Bardin.

M. Levasseur a repris cette même méthode pour l'appliquer à l'enseignement de la géographie, et, dans ce but, il s'est assuré la collaboration intelligente de Mlle **Kleinhans**. Leur exposition commune comprend : une série de cartes départementales en relief d'un aspect saisissant, et généralement à l'échelle chorographique de 1/500000e (hauteurs quintuplées); deux exemplaires d'une carte-relief au 1/8000000e de la France (hauteurs quadruplées), dont l'une porte des teintes conventionnelles qui en font en même temps une carte géologique; enfin une carte-relief au 1/4000000e de l'Europe (hauteurs quadruplées). Nous n'avons pas besoin de dire combien de pareilles cartes sont utiles pour faire comprendre l'orographie d'une contrée, but qu'une carte orographique plate ne peut atteindre que bien difficilement, même si on lui annexe une carte hypsométrique.

Un autre établissement, la maison *Belin*, exposait les œuvres de M. **Drivet**. Cet auteur habile s'est spécialement voué à la production de cartes en relief et de cartes hypsométriques. Nous citerons de lui : une bonne carte hypsométrique au 1/800000e de la France, dont le diapason, bien que très clair, a pourtant l'inconvénient de présenter des teintes trop disparates, qui lui donnent l'apparence d'une carte géologique; une carte physique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la France à même échelle, construite en carton estampé, de manière à donner la sensation du relief; enfin, deux reliefs des environs de Paris et du massif du mont Blanc.

D'autres maisons anciennes et recommandables font des efforts pour renouveler ou rajeunir leurs ouvrages de géographie; telles sont : la maison *Andriveau-Goujon*, dont les cartes, d'un excellent aspect, sont gravées avec beaucoup de soin et de bon goût; la maison des *frères Delalain*, qui fait dresser par M. **Vuillemin** un atlas physique des bassins des grands fleuves de France et d'Europe, véritable compromis, au point de vue de l'enseignement, entre les méthodes anciennes et les nouvelles; la maison *Bertaux*, qui édite spécialement des globes terrestres et célestes; la maison *Gaultier*; et enfin la maison *Colin et Cie*, qui publie un nouvel atlas scolaire, l'*Atlas Foncin*, rédigé d'après les idées nouvelles et susceptible de rendre de bons services pour l'enseignement.

L'exposition de **M. Erhard**, graveur géographe, était doublement intéressante, en ce qu'il exposait à la fois comme auteur de cartes et comme graveur. Les deux cartes, imprimées en chromolithographie avec quatorze couleurs, qui représentent l'Europe au 1/4000000e et la France au 1/800000e sont conçues avec le dessein de représenter le relief d'une manière *pittoresque*, en imitant le plus possible les effets de la peinture à l'huile; le modèle de la seconde de ces deux cartes a été effectivement peint à l'huile sur une toile et copié ensuite par les procédés de la chromolithographie. Avec de telles cartes, on pourra facilement mettre en pratique l'enseignement par *l'aspect*, comme on le préconise depuis quelques années.

Au point de vue de la gravure, M. Erhard donnait des spécimens de sa transformation en planches de cuivre, par un procédé électro-chimique, de planches gravées par d'autres procédés. C'est ainsi qu'à l'heure actuelle il transforme en planches de cuivre les planches gravées sur pierre de la carte de France au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1/500000e du Dépôt des fortifications, et qu'il transformera de la même manière les planches sur pierre de la carte de France au 1/100000e du ministère de l'intérieur. Cette opération permet de remplacer un matériel encombrant et fragile par un matériel bien plus restreint et plus résistant; les corrections en effaçure, difficiles sur la pierre, se font aisément sur le cuivre; par un artifice très simple, on peut aussi faire des suppressions en passant de la carte mère à sa reproduction, et éclaircir ainsi une carte trop chargée; enfin, on peut rajeunir des planches usées par de nombreux tirages. C'est donc là un procédé précieux et qui est appelé à rendre de très grands services.

Un inventeur avait eu, il y a quelques années, l'idée ingénieuse de faire imprimer des cartes en papier peint, et il en avait fait l'essai sur une carte de France que nous avons eu occasion de voir naguère, et qui était d'un effet très brillant, analogue à celui des cartes de M. Erhard. La mise en œuvre de ce procédé permettait de donner à bas prix des cartes faciles à appliquer sur les murs, par exemple dans les écoles primaires. Cette idée a en effet été reprise dernièrement, et l'on pouvait voir à l'Exposition un fragment d'une carte de France au 1/500000e dessiné par M. **Hansen**, en vue d'une reproduction sur papier peint.

En dehors des expositions officielles relatives à la géologie et à la topographie, nous avons à signaler d'excellents travaux présentés par des particuliers. Ce sont, pour la géologie, la *carte du Gard* par **Lombard-Dumas**, un fragment de la *carte de la Haute-Garonne* par M. **Leymerie**, qui est un des doyens du professorat dans cette science, et une *carte de la Somme* par M. **de Mercey**.

Comme topographie, nous signalerons tout particulièrement les remarquables travaux de MM. Viollet-le-Duc, Schrader et Baysselance.

M. **Viollet-le-Duc**, qui n'est pas seulement un architecte émi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nent, mais aussi un alpiniste convaincu, est allé huit années de suite étudier sous toutes les faces le curieux massif du mont Blanc, au moyen d'un téléiconographe; il en a fait une foule de vues perspectives très exactes, remarquablement lavées à l'aquarelle, et que nous avons eu la bonne fortune de feuilleter; à l'aide de ces fragments, il a pu dresser, avec son remarquable talent de dessinateur, une carte au 1/40000e, qu'il a ensuite fait reproduire en fac-similé par la gravure sur pierre, en l'accompagnant d'une monographie qui est tout un exposé de ses idées sur le *modelé* des montagnes par les forces et les causes naturelles. Nous signalerons une particularité de cette carte, c'est que le modelé du relief y est traité dans l'hypothèse d'un éclairement oblique, venant non pas de l'angle supérieur gauche de la carte, comme on le fait ordinairement, mais du Sud, comme cela a lieu dans la réalité.

Une autre bien notable personnalité est celle de M. **Schrader**, qui s'est voué à l'étude des régions pyrénéennes, et particulièrement de celles qui vont du mont Perdu à la Maladetta sur le versant espagnol, et dont on n'avait encore aucune carte exacte. Dessinateur émérite, doublé d'un géologue et d'un topographe perspicace, la lecture des œuvres de Ramond avait éveillé en lui le désir d'étudier de près le beau massif calcaire du mont Perdu et d'en exécuter un lever détaillé. A cet effet, il se fit d'abord un outillage approprié à ses talents spéciaux, en créant un instrument de lever qu'il appelle *orographe*. Cet instrument comporte une lunette mobile à la fois dans le sens vertical et dans le sens horizontal, de manière à permettre de viser tous les points dont on veut déterminer les coordonnées, et qui, par une transformation de mouvement très simple, fait exécuter par un crayon, sur une planchette légère, une silhouette plane, qui est une anamorphose circulaire d'un panorama cylindrique, la ligne d'horizon devenant un cercle par le centre duquel passe l'axe de l'instrument. Les panoramas ainsi obtenus de deux stations différentes permettent de déterminer l'azimut et la dis-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tance zénithale des points visés et, par conséquent, leurs trois coordonnées.

Muni de cet instrument, M. Schrader a pu lever tout le massif du mont Perdu, et il en a dessiné lui-même une carte au 1/80000e, parfaite à tous les points de vue, dont il a exposé une réduction au 1/100000e, obtenue par l'héliogravure.

A l'heure actuelle, M. Schrader étend ses travaux du côté de la Maladetta, ce qui, en l'absence de documents topographiques officiels sur le versant espagnol des Pyrénées, est d'un haut intérêt pour l'établissement des cartes chorographiques de cette intéressante région.

Nous signalerons aussi comme étude très consciencieuse et très bien faite un fragment en relief à l'échelle du 1/40000e de la vallée d'Ossau, dans les Pyrénées françaises, par M. **Bayselance** [1].

Nous devons une mention toute spéciale à M. **Béguyer de Chancourtois**, professeur de géologie à l'École des mines et créateur, sous le patronage d'Élie de Beaumont, de la Carte géologique détaillée de la France.

M. de Chancourtois a repris en 1878 la croisade qu'il avait entreprise en 1875, au Congrès de géographie de Paris, en faveur de l'*unification des travaux géographiques*. Il y a été conduit par ses études spéciales de géologue ; car, ainsi que l'a fort bien dit M. le colonel Laussedat, en ouvrant, comme président, la conférence faite à ce sujet au Trocadéro par M. de Chancourtois : « La géologie est en quelque sorte le soubassement de la géographie ; les géologues ne s'occupent pas seulement d'étudier la surface du globe : ils en scrutent les profondeurs ; ils suivent, à travers les continents et les mers, les couches de l'écorce et ce qu'ils appellent les horizons géologiques ; ils ont donc besoin, pour souder entre elles les observations faites dans tous les pays.

[1] Exposé dans les vitrines du club Alpin français (classe 41).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de prouver qu'il existe un ensemble bien net de notations et de conventions figuratives. »

Le cadre restreint de la présente note ne nous permet que de résumer une partie des importantes réformes proposées par M. de Chancourtois [1].

L'une d'elles se rapporte à la substitution, déjà mise en pratique au Dépôt de la guerre, de la division centésimale des angles à la division sexagésimale. On sait en effet combien cette substitution facilite les calculs, en supprimant les parties aliquotes. Certains savants voudraient partager la circonférence en cent parties; M. de Chancourtois préfère la division du quadrant en cent parties, comme l'a proposé Lagrange.

Une autre réforme porterait sur l'origine des méridiens. Chaque nation tient à honneur d'avoir son propre méridien zéro : nous avons celui de Paris; les Anglais, celui de Greenwich; les Espagnols, celui de Madrid, etc.

Outre l'inconvénient qui en résulte pour le raccordement des cartes topographiques des divers pays, on est conduit, par ce système, à avoir des longitudes positives et négatives. Seuls, les Allemands et les Autrichiens ont conservé celui, déjà plus raisonnable, de l'île de Fer, que nous avions proposé nous-mêmes sous le règne de Louis XVI, et qui, passant à 20 degrés exactement à l'ouest de Paris, laissait à son orient tout le continent européen.

M. de Chancourtois voudrait que l'on choisît de préférence, comme unique méridien zéro, celui qui passe au milieu de l'Atlantique, à 28° 30′ de Paris, en laissant l'Islande à l'est, et qui a l'avantage d'être entièrement marin. Ce méridien, qui se trouve être à très peu près celui de Ptolémée, qui passait à 60 degrés d'Alexandrie, pourrait prendre le nom de la petite île de Saint-Michel, qui s'en trouve très voisine.

Une troisième proposition porte sur la préférence qu'il y a

[1] On pourra trouver plus de détails dans la conférence même de M. de Chancourtois, qui sera publiée par l'Administration avec les autres conférences faites au Trocadéro.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lieu de donner, parmi les différentes projections en usage, à la projection stéréographique et à la projection gnomonique. On sait que la première est une perspective faite sur le plan d'un grand cercle de la sphère, ou sur un plan qui lui soit parallèle, en prenant pour point de vue le pôle de ce cercle; elle a la propriété de conserver les angles et convient pour les mappemondes.

La projection gnomonique, qui est une perspective plane dont le point de vue est au centre du globe, est préférable pour les surfaces moindres; elle offre, pour le géologue, ce très grand avantage que tout grand cercle y devient une ligne droite; elle permet ainsi de suivre les alignements orographiques généralement accusés par des failles, lesquels, suivant la théorie admise aujourd'hui, sont précisément dirigés suivant des grands cercles de la sphère terrestre; elle est également utile pour le météorologiste, qui peut, à première vue, y constater si les mouvements de l'atmosphère sont giratoires ou de translation. Enfin, pour les marins, elle donne le chemin le plus court, au lieu de la ligne loxodromique.

Cette projection était connue dans l'antiquité, au temps de Thalès; elle avait été abandonnée jusqu'à Élie de Beaumont, qui l'a remise en lumière en s'en servant pour figurer son *réseau pentagonal*.

Dans l'application, M. de Chancourtois suppose la sphère terrestre enveloppée d'un polyèdre régulier, d'un nombre de facettes qui croît avec l'échelle (d'ailleurs, il suppose toujours que les figures géographiques correspondent à des séries de globes réduits à des échelles décimales). Ainsi pour les petites échelles, comme le cent-millionième, il choisit un octaèdre régulier, comprenant huit triangles qui, développés ensuite sur un plan, donnent un octoplanisphère, ou encore, pour avoir moins de déformation aux sommets du polyèdre, un dodécaèdre rhomboïdal, etc. Comme les planisphères obtenus par le développement de ces polyèdres offrent des disjonctions entre leurs différentes faces, il leur adjoint toujours un planisphère con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

struit sur la projection stéréographique ou sur celle de Mercator, planisphère sur lequel sont indiquées les lignes de la sphère correspondantes aux arêtes du polyèdre.

Pour les grandes échelles, destinées aux études des premiers détails, on prend des polyèdres à faces beaucoup plus nombreuses. Ainsi, pour l'échelle du millionième, le globe sera divisé par des parallèles et des méridiens tracés de 10 en 10 grades, et on fera la projection gnomonique de chacun des trapèzes sphériques ainsi obtenus sur le plan tangent à son centre. On voit que, pour les très grandes échelles, on a ainsi la projection polyédrique (ou polycentrique), dont nous avons parlé plus haut à propos de la carte de France à 1/100000e du ministère de l'intérieur.

Pour les échelles géographiques, comme il serait quelquefois incommode de réunir les quatre feuilles contiguës à un même sommet du polyèdre, on pourrait faire deux séries de cartes, dont les centres des unes correspondraient aux angles des autres.

Enfin, M. de Chancourtois a fait plusieurs propositions concernant l'unification du temps, et, entre autres, il voudrait que le jour fût partagé en quatre quadrants de dix heures chacun.

Son exposition à la classe 16 présentait comme spécimens de ses diverses projections : 1° les esquisses des trente-deux cartes d'un atlas d'ensemble correspondant au globe réduit au 1/100000000e, précédé d'un tableau-répertoire des quatre séries hémisphérique, octaédrique, hexaédrique et dodécaédrique ; 2° la minute de la carte d'une partie de l'Europe occidentale, spécimen de l'atlas de détail trapézoédrique correspondant au globe réduit au 1/1000000e ; 3° un octoplanisphère gnomonique, carte muette du globe, établie pour l'étude des alignements géologiques, correspondant au globe réduit à 1/100000000e.

M. **J. V. Barbier fils** est l'inventeur d'un atlas uniprojectionnel dont le principe touche de bien près à ceux posés par M. de Chancourtois. M. Barbier s'est donné pour but de constituer un atlas composé de cartes à une échelle unique, dressées d'après

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la projection conique et de telle sorte que, convenablement juxtaposées, elles puissent reconstituer le globe tout entier. A cet effet, il divise la sphère en zones par des parallèles espacés de 20 degrés les uns des autres : il projette chacune de ces zones sur le cône tangent en son parallèle moyen, et, développant ensuite sur un plan ces segments annulaires, il les divise en parties de dimensions convenables pour constituer des feuilles d'atlas. Dans la pratique, il donne à chacune de ces feuilles un empiétement sur ses voisines. Ce système présente l'inconvénient que les zones, une fois développées sur un plan, ne peuvent se rapprocher les unes des autres que sur une petite longueur; mais, quoi qu'il en soit, il y a là une idée excellente.

Nous citerons enfin un *atlas sphéroïdal* dans lequel l'auteur, M. **Haincque de Saint-Senoch**, donne en projection orthographique une série de vues de la sphère terrestre combinées de manière à montrer successivement, au centre de la carte, les contrées les plus importantes. Cet atlas, tiré en plusieurs couleurs, offre aussi cette particularité intéressante, qu'il est imprimé en typographie : c'est là un premier pas dans une voie pleine d'avenir.

ANGLETERRE ET COLONIES ANGLAISES.

Les établissements officiels de l'Angleterre n'ayant pas exposé, nous n'avons à parler ici que des exposants particuliers. A leur tête se place l'importante maison *Stanford*, qui est dépositaire des cartes de l'Ordnance survey, et qui édite en même temps, de nombreuses publications géographiques. Nous signalerons d'abord la *nouvelle série de cartes physiques* pour les écoles et collèges par **Ed. Ramsay**, directeur général des levers géologiques (*geological surveys*) du Royaume-Uni; on y remarque une carte hypsométrique des Îles-Britanniques, carte très utile pour les parties de l'Angleterre dont le nivellement n'est pas encore connu : malheureusement, les teintes d'hypsométrie, qui sont indiquées par masses, concordent peu avec le détail de l'oro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

graphie, qui, sur le fond de la carte, est indiqué en hachures. Nous avons également remarqué une charmante carte orohydrographique, intitulée : *Stanford's stereographical Map of the British Isles*, et dessinée de manière à donner la sensation d'un relief. Le sol émergé, recouvert d'une teinte café-au-lait, se détache très harmonieusement sur la teinte plate, d'un bleu très doux, qui couvre la mer. La montagne, habilement dessinée au crayon lithographique, est relevée du côté de la lumière par des réserves en blanc qui font ressortir les crêtes et les hauts sommets.

Cette carte, très claire d'ailleurs, et d'une échelle bien appropriée à sa destination (1/730432e), est exécutée avec beaucoup de goût et fait le plus grand honneur à la maison Stanford. Il est désirable qu'elle soit imitée en France.

Nous devons aussi mentionner avec éloge la carte de Suisse de l'Alpine Club, éditée par la même maison : cette carte à l'échelle du 1/250000e, gravée en quatre feuilles sur acier et imprimée tout en noir, représente avec le même détail non seulement la Suisse, mais encore tous les pays limitrophes jusqu'aux limites du cadre. Dressée sous la direction de l'éminent alpiniste Nichols, au moyen de reconnaissances faites par les membres de l'Alpine Club, elle constitue un document vraiment original et très précieux pour les portions jusqu'ici mal connues des Hautes Alpes, notamment pour tout le massif du Grand-Paradis (entre la vallée d'Aoste et la vallée de l'Orco), pour le versant sud de la chaîne du mont Rose, le massif de l'Ortler, celui de l'Adamello, etc. C'est même aujourd'hui, pour le Grand-Paradis, le seul document que l'on puisse consulter avec certitude. Cette excellente carte a le défaut d'être fort coûteuse.

Enfin, nous avons remarqué une bonne carte géologique en relief du sud-est de l'Angleterre et d'une partie de la France.

L'exposition de la maison Stanford était d'ailleurs agencée avec beaucoup de goût, et une partie des cartes, montées sur des rouleaux à ressort, étaient très ingénieusement superposées sur un meuble spécial.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les autres exposants anglais, nous mentionnerons **Al. Keith Johnston et Co.** d'Édimbourg, géographes, graveurs et imprimeurs, qui publient des atlas manuels et scolaires d'une très grande clarté, d'une exécution pleine de goût; et **Philip**, qui édite des atlas publiés sous son nom et dressés par **Hughes** et **Bartholomew**.

Les plus remarquables de ces atlas sont : l'*Atlas royal* de Keith Johnston, imprimé en bleu pour les eaux et en noir pour le surplus, et comprenant 44 cartes, et *The Philip's Family atlas*, plus connu sous le nom d'*Atlas de Hughes*, et qui renferme 48 cartes.

Ces œuvres, bien tenues au courant des découvertes récentes et pleines d'utiles renseignements, pèchent le plus souvent, surtout l'atlas de Philip, par la représentation du relief du sol, qui est informe et trop rudimentaire. Dans ces conditions, les cartes anglaises sont plutôt une nomenclature graphique qu'une expression du sol destinée à parler aux yeux. On y trouve pourtant une disposition à imiter : chaque carte est accompagnée d'un index qui donne le nom de toutes les localités représentées, avec l'indication du carreau où elles se trouvent sur la carte.

Dans l'exposition de la *Puissance du Canada*, figurait une grande carte de ce pays, manuscrite, de 9 mètres de large sur 4 mètres de hauteur. Cette carte, très bien faite et très intéressante, spécialement dressée par le ministère de l'intérieur pour l'Exposition de 1878, était destinée à montrer les régions occupées par les terrains cultivés, les forêts, les pêcheries, les chemins de fer, etc.

Dans cette même section canadienne, un exposant particulier, M. **Th. Hector**, présentait une curieuse carte elliptopolaire du monde, c'est-à-dire un planisphère présentant toute la surface du globe développée sur le plan tangent à l'un de ses pôles et établi de manière à pouvoir pivoter autour de son centre. Dans cette projection originale, les méridiens sont des lignes droites et les parallèles des cercles concentriques, dont l'écarte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment diminue de plus en plus rapidement à mesure que l'on s'éloigne du centre de la carte, de telle sorte que la déformation obligée qui existe sur le pourtour est atténuée par cette apparence de fuite perspective qui rappelle la convexité du globe. La carte manuscrite exposée par M. Hector avait pour centre le pôle nord, et répondait parfaitement aux besoins de l'enseignement dans un pays septentrional comme le Canada.

AUTRICHE-HONGRIE.

Il n'y avait pas non plus d'exposition officielle en Autriche, tout au moins pour l'*Institut I. R. de géographie militaire*, et cela est regrettable, parce que cet établissement met aujourd'hui en œuvre, pour la reproduction des minutes de levers, les procédés rapides que fournit l'héliographie. Toutefois, un capitaine du génie autrichien, M. **Julius Albach**, avait présenté des études intéressantes, qu'il a faites par ordre du Comité militaire technico-administratif, en vue de l'application plus rapide encore de ces mêmes procédés aux cartes polychromes.

Depuis 1869, la nouvelle carte publiée par l'Institut I. R. à l'échelle du 1/75000e est héliogravée sur cuivre par réduction d'un manuscrit entièrement rédigé au 1/60000e, d'après les minutes de levers; celles-ci sont d'ailleurs au 1/25000e et quelquefois même au 1/12500e. Le relief du sol est exprimé par une combinaison de hachures et de courbes de niveau équidistantes de 100 mètres : cette méthode s'appelle, à Vienne, *combinirte manier*. La carte est imprimée tout en noir. La publication marche rapidement : depuis 1869, date du commencement de ce travail, l'Institut a fait paraître 270 feuilles de cette nouvelle carte, et l'on présume que l'œuvre sera achevée en 1884.

Le capitaine Albach voudrait arriver à une publication plus rapide encore, et, de plus, il voudrait que l'impression fût polychrome : à cet effet, il propose d'abord de supprimer le dessin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en hachures, qui est très pénible, qui charge trop la carte, et qui augmente les difficultés de l'héliogravure, et de garder seulement les courbes de niveau, mais avec l'équidistance de 20 mètres, comme sur les minutes.

Dans son système, on prépare d'abord la publication des minutes et, à cet effet, on en fait la rédaction avec les couleurs différentes que l'on veut adopter pour leur publication; puis, le dessinateur calque séparément et en noir chaque couleur; ces différents calques sont transportés sur pierre ou sur zinc par la photozincographie, à échelle égale, et la carte est alors imprimée avec les mêmes couleurs que la minute.

Pour obtenir ensuite le 1/75000e, on tire des épreuves complètes bien repérées du 1/25000e, en ayant soin d'encrer uniformément toutes les planches avec un bleu très pâle qui ne puisse pas être reproduit par la photographie; puis, ayant fait le choix des couleurs avec lesquelles on devra imprimer les différents éléments de la carte au 1/75000e, on fait le dessin correspondant à chacune de ces couleurs, en repassant en noir avec une épaisseur de trait convenable les parties correspondantes du trait bleu pâle d'une épreuve au 1/25000e. Chacun de ces dessins est ensuite réduit par la photographie à l'échelle désirée et cliché en héliogravure.

Enfin, on obtient de même par réduction du 1/75000e une carte d'ensemble au 1/300000e.

Les planches ainsi obtenues, ne renfermant que des écritures et du trait, se prêteraient fort bien à une impression rapide et économique par la typographie.

Le capitaine Albach a fait, comme application de ses procédés, une carte au 1/25000e, en quatre couleurs, des environs de Vienne; il a choisi le noir pour les localités et les courbes de niveau (équidistance, 10 mètres), le rouge pour les routes, le bleu pour les eaux, le vert en teinte plate pour les bois et en teinte coupée pour les prés; enfin le relief du terrain est accentué par une retouche à l'estompe. La carte comprend trente feuilles de moyenne dimension, qui se vendent chacune

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

30 kreuzer (75 centimes) : elle a été exécutée en six mois par trois sous-officiers et deux lithographes.

Sans être aussi parfaite, comme exécution, que la carte au 1/12500e des environs de Vienne publiée par l'Institut géographique, et bien que faite à titre d'essai seulement, cette carte était d'un aspect très satisfaisant, et son examen permet de conclure que l'on arriverait aisément à des résultats meilleurs, sous le rapport de la netteté du trait et de la lisibilité des écritures, avec des dessinateurs rompus par une plus longue pratique du procédé.

Le capitaine Albach exposait aussi une réduction polychrome de la même carte à l'échelle du 1/200000e, obtenue par les mêmes moyens.

Parmi les travaux des établissements officiels autres que l'Institut militaire géographique, nous avons remarqué de bonnes cartes exposées par l'*Institut géologique I. R.*, savoir : une carte géologique au 1/75000e de la Galicie orientale et de la Bukowine, établie sur le fond de la nouvelle carte publiée par l'Institut militaire géographique; une carte géologique au 1/144000e de la Bohême, et une carte géologique de la monarchie austro-hongroise à l'échelle de 1/596000e, établie par le directeur de l'Institut, M. **Fr. von Hauer.**

Le *ministère de l'agriculture* exposait de nombreuses cartes et atlas de météorologie et de statistique, remarquables par leur clarté; des spécimens de levers cadastraux au 1/5000e, avec courbes de niveau, et un très beau relief à gradins de la forêt domaniale de Ternowa (équidistance, 10 mètres).

Parmi les exposants privés, nous citerons en première ligne la maison *Artaria et Cie*, qui est dépositaire des productions de l'Institut militaire géographique et qui, en outre, édite les œuvres éminentes du général Von Hauslab, du général Von Scheda, du colonel Streffleur et des géographes A. Steinhauser,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fried, etc. Elle exposait une œuvre déjà ancienne, mais entretenue avec le plus grand soin, la carte générale de l'Europe de **Scheda** à l'échelle du 1/2592000e en 25 feuilles, carte merveilleusement gravée sur pierre et tirée en quatre couleurs. Sa première édition remonte à 1843 : à notre connaissance, c'est donc, avec la carte de l'Allemagne méridionale et de la Suisse par Wœrl, une des premières cartes publiées avec l'aide de la gravure sur pierre et de la chromolithographie. Citons aussi une carte hypsométrique de l'Europe centrale, établie par **Steinhauser** avec le diapason du général **Hauslab** (c'est à très peu près celui dont on s'est servi pour la carte hypsométrique manuscrite de la France dressée au Dépôt des fortifications, et dont il a été parlé plus haut), et une carte de touriste du lac Chiem à Baaden et au nord de l'Enns, à l'échelle du 1/129600e.

La même maison fait des efforts considérables pour fournir à l'Autriche des atlas scolaires susceptibles de lutter avec les atlas de Gotha : ces atlas, rédigés par Scheda, Steinhauser, etc. et obtenus par la lithographie, ont moins bon aspect que leurs rivaux d'Allemagne, mais sont aussi beaucoup moins coûteux. Le plus complet de ces atlas, l'*Atlas manuel*, comprend 48 cartes très judicieusement choisies, et accompagnées d'un texte. Une particularité remarquable et ingénieuse de cet atlas, c'est que l'on y trouve toujours pour chaque pays une carte orographique (ou hypsométrique) et une carte politique placées en regard l'une de l'autre, ce qui fait ressortir d'une manière saisissante la corrélation qui existe entre la contexture du sol et l'organisation politique de ses habitants.

Parmi les autres exposants, nous signalerons le capitaine **Jos. Schlacher**, qui exposait une bonne carte murale de l'Europe centrale au 1/1200000e, en quatre couleurs; le comte **Wladimir Dzieduszycki**, qui avait dressé une remarquable carte forestière et agricole de la Galicie et de la Bukowine, obtenue au moyen de teintes au pinceau posées sur une carte administrative; M. **Harlacher**, professeur à l'Institut polytechnique allemand de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prague, qui exposait une belle carte des pluies en Bohême, avec courbes de 10 en 10 millimètres, rehaussée par des teintes graduées.

Dans la section de *Hongrie*, riche surtout en documents et en cartes statistiques, nous avons noté une belle carte en relief des Tatra (1/57600e); une bonne carte hypsométrique de la Hongrie par **Charles Keleti**, construite avec un diapason gradué allant du bleu au noir en passant par le jaune et le brun; une belle *carte géologique de la Hongrie* au 1/144000e, et enfin un *plan* colorié *de Buda-Pesth*, au 1/2500e, d'une clarté remarquable.

BELGIQUE.

La section belge avait consacré à la cartographie officielle tout un salon d'honneur, arrangé avec beaucoup de goût et de confort, où l'on avait réuni les documents exposés par le Dépôt de la guerre, qui y tenait la plus large place, par le Ministère de l'intérieur et par le Ministère des travaux publics.

C'est à l'établissement de la Cambre, fondé à Bruxelles en 1833, que sont centralisés tous les services topographiques du **Dépôt de la guerre**. Le *lever* du territoire s'exécute à l'échelle du 1/20000e; les plans du cadastre, réduits à cette échelle et encastrés dans le canevas d'une triangulation géodésique, servent de base pour l'établissement des planchettes. La planimétrie est vérifiée et complétée sur le terrain par des officiers, qui font en même temps le nivellement avec un soin extrême. Le terrain y est défini par des courbes de niveau, équidistantes de 1 mètre et interpolées dans un semis de cotes nivelées à raison de 65 environ par kilomètre carré. Ces courbes sont assez serrées pour faire teinte lorsque les pentes sont prononcées sur une certaine hauteur, de telle sorte que la carte présente le même aspect que celles qui sont ombrées dans l'hypothèse d'un éclairement vertical. Les minutes ainsi obtenues sont reproduites

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à échelle égale par la photolithographie et imprimées en couleurs : noir pour les courbes de niveau et pour les écritures, carmin pour les jardins, bleu pour les eaux, vert clair pour les prés, vert foncé pour les surfaces boisées, vermillon pour les lieux habités et les routes; enfin, pour harmoniser l'ensemble, on applique sur le tout une teinte de fond couleur de papier de Chine.

Actuellement, les deux tiers environ de cette carte sont publiés. Bien que d'une exécution un peu lourde, le 1/20000e belge est, en somme, d'une grande clarté et d'un aspect satisfaisant, et doit rendre de grands services pour l'étude des travaux publics et particuliers.

Le Dépôt de la guerre publie une *réduction* au 1/40000e de ces minutes, sur laquelle le relief du sol est également exprimé par des courbes de niveau, mais l'équidistance n'est plus que de 5 mètres. La gravure en est exécutée sur pierre, et le tirage est fait tout en noir. La publication comprend aujourd'hui la moitié de la Belgique. On peut reprocher à cette carte un peu de lourdeur et surtout une certaine confusion, provenant de la juxtaposition des courbes avec les routes et les cours d'eau; et il est regrettable que l'on n'ait pas, comme pour le 1/20000e, employé la chromolithographie.

Enfin, le Dépôt de la guerre a dressé une *carte chorographique* au 1/160000e de la Belgique : grâce à la combinaison d'une planche de fond, imprimée tout en noir, et qui porte les rivières, les localités et les voies de communication, avec une série d'autres planches imprimées en couleur, on a pu faire de cette carte plusieurs éditions, dont chacune répond à un besoin différent. C'est ainsi qu'on en a fait une carte militaire, une carte routière et des chemins de fer, une carte altimétrique ou des cartes géologiques; ces dernières, au nombre de deux, rédigées d'après les travaux de l'éminent géologue belge Dumont, représentent: l'une, le *sol*, et l'autre, le *sous-sol* de la Belgique. La carte altimétrique, qui porte des courbes de niveau à l'équidistance de 20 mètres, est à deux fins. En y superposant des teintes qui vont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du bistre clair au ton de teinte neutre foncé, et qui correspondent aux différentes zones d'altitude (5 mètres, 20 mètres, 100 mètres, puis de 100 en 100 mètres), on en a fait une carte hypsométrique; et en y imprimant, au contraire, les courbes sans teinte, on en fait une autre carte destinée à la construction de reliefs à gradins.

Une mesure très louable qui est adoptée en Belgique, c'est de donner, à titre d'objet d'équipement, cette carte collée sur toile et renfermée dans un étui à tous les officiers et même à un certain nombre de sous-officiers de l'armée belge.

Le Dépôt de la guerre avait exposé, soit dans des atlas, soit sur les murs, des épreuves et des spécimens de ces différents travaux.

Le 1/20000e était représenté par un assemblage de 36 feuilles correspondant à une superficie de 288,000 hectares de terrain: il était d'un excellent effet. Une carte en relief à gradins au 1/160000e démontrait à merveille que la Belgique n'est pas complètement un pays plat et qu'elle présente même dans le sud-ouest des régions très accidentées et profondément découpées, comme dans la région des Hautes-Fanges, où la vallée de l'Amblève est encaissée d'environ 500 mètres.

Outre les productions courantes, le Dépôt exposait divers essais: une très jolie réduction manuscrite à l'échelle du 1/80000e de minutes au 1/20000e; une réduction héliographique du 1/40000e au 1/100000e, peu satisfaisante; un curieux essai de reproduction d'une gravure sur pierre par la galvanoplastie, reproduction qui nous a paru plus fine que la planche originale, etc.

Dans un petit salon spécial, le même établissement exposait une belle carte manuscrite de l'Afrique à l'échelle du 1/3000000e, donnant les itinéraires de tous les explorateurs jusqu'au moment présent, avec l'état actuel des connaissances que l'on possède sur cette intéressante partie du monde. Ce travail a été fait à l'instigation du roi Léopold II, qui, comme chacun sait, cherche à grouper en un faisceau tous les efforts des explorateurs euro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

péens en Afrique. Cette belle carte sera reproduite par la gravure à l'échelle du 1/10000000e.

Le **ministère des travaux publics** exposait, comme documents intéressant la cartographie, un beau plan au 1/2500e de la ville d'Anvers et une intéressante carte de l'affaissement du littoral belge.

Parmi les exposants privés, nous signalerons M. **Gochet**, auteur d'une carte en relief hypsométrique et géologique de la province de Namur, et M. **Popp**, ingénieur-géographe, qui exposait des spécimens d'un atlas cadastral parcellaire au 1/2500e et au 1/5000e de toutes les communes de la Belgique, publié sous les auspices du ministre des travaux publics.

DANEMARK.

La méthode suivie par la section topographique de l'état-major général danois pour exécuter les levers de ce pays consiste, comme en Belgique, à assembler sur des planchettes les plans cadastraux réduits à l'échelle du 1/20000e, en encastrant ces réductions dans le canevas d'une triangulation géodésique, puis à compléter et reviser sur le terrain la planimétrie.

Pour définir le relief du sol, on a d'abord exécuté des nivellements géométriques de premier et de second ordre, de manière à obtenir de nombreux points nivelés avec exactitude, environ 260 par myriamètre carré. Puis, en stationnant en chacun de ces points, on a obtenu, par rayonnement, des cotes assez multipliées pour pouvoir tracer avec certitude des courbes de niveau à l'équidistance de 5 pieds danois (1m,57), dont on détermine en outre, avec un niveau à main, les points de passage entre les divers points nivelés. Ces levers sont exécutés par des sous-officiers, sous la surveillance des officiers; ceux-ci exécutent la triangulation, le nivellement de précision et les autres travaux scientifiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *minutes* au 1/20000e sont reproduites et publiées à même échelle par la photolithographie. On en publie également des *réductions*, dont l'échelle est du 1/40000e pour le Jutland et du 1/80000e pour la Seeland et la Fionie. Ces cartes, gravées très finement sur cuivre, ont été d'abord exécutées exclusivement au burin, puis, plus tard, avec le secours d'un instrument spécial, que l'on nomme, en Danemark, un *chalcographe*.

Inventé en 1860 par un graveur de Copenhague, M. Sórensen, cet instrument a pour organe principal un pantographe, dont la pointe à tracer est armée d'un diamant aiguisé avec une telle exactitude, qu'il peut graver directement sur le cuivre tous les détails de la planimétrie et les courbes de niveau; les traits ainsi obtenus sont ensuite repris au burin. Le figuré du terrain est représenté par des courbes de niveau à l'équidistance de 10 pieds (3m,14); l'écriture est très nette et très élégante. Les cultures principales et les mers sont distinguées par un coloriage conventionnel. En somme, cette carte est d'un aspect très satisfaisant. La publication, qui comprendra en totalité 29 feuilles au 1/80000e et 131 au 1/40000e, a été commencée en 1870; 35 feuilles sont terminées actuellement.

Enfin, l'état-major publie une carte générale du Danemark au 1/160000e, gravée dans les mêmes conditions; l'équidistance des courbes de niveau y est de 30 mètres.

Des spécimens de ces différentes cartes figuraient à l'Exposition.

ESPAGNE.

Depuis quelques années, l'Espagne, jusqu'alors privée d'atlas topographique, a entrepris le lever à grande échelle de son territoire. Les travaux préliminaires de géodésie, mesures des bases, etc. et le réseau de premier ordre du nivellement géométrique ont été faits avec un soin extrême, et font honneur à l'Institut géographique et statistique de Madrid et à ses habiles directeurs, qui ont su mettre à profit tous les progrès réalisés jusqu'aujourd'hui.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le principe, on devait exécuter du même coup les levers cadastraux, les nivellements de détail et la carte géologique; mais, par suite de difficultés budgétaires, on se borne maintenant à des levers à l'échelle du 1/25000e, qui, toutefois, comportent la rédaction de procès-verbaux de délimitation des communes (*ayuntamientos*). Ces levers embrassent tous les détails de l'hydrographie, des voies de communication de tous ordres, des lieux habités, des cultures, etc. La définition du relief est obtenue au moyen de nivellements géométriques de précision, complétés par des nivellements de second ordre et par un lacis de traverses espacées entre elles d'environ 600 mètres; un semis rationnel d'altitudes, rattaché à ce réseau, permet de dessiner par interpolation, en présence même du terrain, des courbes de niveau exactes, équidistantes de 10 mètres.

La planimétrie, terminée pour les provinces de Cadix, Cordoue et Séville, est très avancée pour celles d'Albacète et de Madrid, et en cours d'exécution pour celles de Jaën et de Malaga.

La publication de la *carte générale d'Espagne* se fait à l'échelle du 1/50000e; la gravure est exécutée sur pierre et en vue d'une impression en cinq couleurs : bleu pour les eaux, rouge pour les localités, les routes d'un ordre supérieur, etc.; noir pour les limites, les chemins de fer, les escarpements, une partie des cultures, etc.; vert pour les bois, prés, jardins, etc.; brun pour les courbes de niveau. La gravure et l'impression sont très soignées et le repérage parfait.

Chaque feuille comprend exactement 0° 20′ en longitude et 0° 10′ en latitude, coupure très commode, analogue à celle adoptée par un grand nombre d'États (Allemagne, Autriche, Italie) et qui dispense de faire un tableau d'assemblage, puisque toute carte à petite échelle peut en tenir lieu. D'autre part, on a adopté la projection polycentrique, également employée par les mêmes États. Nous avons déjà dit ci-dessus quelques mots de cette projection, à propos de la carte au 1/100000e de la France dressée par le ministère de l'intérieur.

L'apparition des deux premières feuilles de la carte d'Espagne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en 1877, a été une sorte d'événement pour les cartographes. Malheureusement, la publication marche lentement : en 1878, il n'avait encore paru que 9 feuilles. Il est à souhaiter que l'Institut de Madrid ait recours à ces procédés si rapides, et en même temps si économiques, auxquels l'avenir semble réservé et qui sont aujourd'hui, non sans succès, mis en pratique à Vienne et à Florence.

L'Institut de Madrid exposait des spécimens de tous ses travaux, registres d'opérations, instructions et mémoires sur la géodésie et la topographie, catalogues des nivellements, esquisses et minutes de levers, épreuves de la carte au 1/50000e. Il exposait aussi un fort beau *plan parcellaire au 1/2000e de Madrid*, en 16 feuilles, gravé sur pierre et imprimé tout en noir, avec courbes de niveau de mètre en mètre, et une *réduction au 1/5000e* en 2 feuilles de ce même plan.

Le terme probablement encore éloigné de la publication de la carte au 1/50000e de l'Espagne donne un haut intérêt à l'*Atlas de l'Espagne et de ses possessions d'outre-mer* par don **Francisco Coëllo**, colonel du génie espagnol. Cet atlas, dont un exemplaire figurait à l'Exposition, donne pour chaque province : une carte générale au 1/200000e, dressée avec tous les documents existants jusqu'à ce jour, et parfois avec des documents originaux; les plans des villes principales et de leurs environs, et une monographie historique et statistique de la province. C'est un document des plus précieux et très consciencieusement élaboré par son éminent auteur, qui a été l'un des premiers directeurs de l'Institut géographique et statistique. Commencé en 1848, mais non terminé encore, cet atlas comprend aujourd'hui la moitié des provinces de l'Espagne.

Nous mentionnerons aussi : d'une part, l'*Itinéraire descriptif militaire de l'Espagne*, rédigé par l'état-major général, ouvrage en huit volumes, accompagné d'une carte itinéraire au 1/500000e et qui est très utile à consulter pour la cartographie de l'Es-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagne, et, d'autre part, les levers au 1/1000e, au 1/5000e et au 1/10000e de la place de *Cadix* et de ses environs par la brigade topographique du génie, dont la mission est analogue à celle de notre brigade.

ÉTATS-UNIS.

Il n'y avait pas d'exposition des établissements officiels des États-Unis; dans ce pays, dont il faut, du reste, attendre beaucoup pour l'avenir, il n'y a pas encore d'institution chargée de levers réguliers : tandis que le ministère de l'intérieur fait faire des explorations géologiques et géographiques dans le Far West, au nord du 41e parallèle, par une brigade placée sous la direction de l'illustre docteur Hayden, de son côté le secrétaire d'État de la guerre fait exécuter, sous la direction du général Humphreys, chef des ingénieurs, des reconnaissances topographiques et géologiques entre les 40e et 41e parallèles; ces reconnaissances sont conduites par l'ingénieur Clarence King, pour la partie géologique, et par le lieutenant G. M. Wheeler, pour la topographie. Enfin une troisième brigade, chargée des levers méridionaux, au sud de la précédente, est dirigée par le professeur A. H. Thompson, assisté d'O. D. Wheeler, frère du précédent.

C'est dans l'exposition particulière de M. **Julius Bien**, lithographe émérite, que nous avons pu voir les résultats des reconnaissances publiées jusqu'à ce jour par la deuxième de ces brigades. Ces résultats sont présentés d'une manière très intelligente et avec beaucoup de perfection et de goût dans l'exécution. Ils consistent en une carte générale au 1/3801600e, qui va du 29e au 50e degré en latitude et du 103e au 125e degré en longitude, et en deux cartes de détail au 1/253440e, portant, l'une, les teintes géologiques avec des courbes de niveau pour exprimer le relief du sol, ce qui est une excellente combinaison, et l'autre, l'orographie, très artistement exprimée par des teintes d'estompe, rehaussées sur les crêtes par des blancs réservés sur une teinte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fond. Les levers s'étendront : à l'Ouest, jusqu'au Pacifique; à l'Est, jusqu'au 150e degré.

Il est à remarquer qu'aux États-Unis, on ne sépare pas les études géologiques des levers topographiques. On y donnerait même plutôt le pas à la géologie, au rebours de ce qui se fait sur le continent, et cela est très logique : on ne peut, en effet, bien comprendre l'orographie que si l'on connaît la constitution du sol, parce que le plus souvent les formes extérieures sont en étroite relation avec la nature des roches subjacentes et avec leurs failles ou leurs fissures préexistantes; il est donc très certain que le topographe, voyageant de concert avec un géologue, saisira et rendra bien plus fidèlement le modelé du terrain qu'il doit représenter.

M. Julius Bien exposait aussi différents atlas gravés pour le ministère de l'intérieur, un *atlas of mining industry,* un *state atlas,* etc.; toutes publications d'une grande valeur, à cause des renseignements nouveaux qu'elles offrent au géographe, au géologue et au statisticien, mais d'une exécution matérielle très inégale.

Parmi les autres exposants, nous signalerons les éditeurs *Asher et Adams,* qui avaient présenté des atlas dont la partie orographique laisse beaucoup à désirer et qui sont plutôt faits au point de vue administratif et statistique : *New commercial and statistical atlas and gazetteer new railroad atlas,* etc.

ITALIE.

Lors de son unification, l'Italie n'avait, en fait de cartes topographiques, que celle au 1/50000e des anciens États Sardes, qui n'est que la réduction de simples levers de reconnaissance, et les cartes au 1/86400e ou au 1/144000e levées par les Autrichiens, pour la Lombardie et la Vénétie, pour la Toscane, les États Romains, etc.; mais, pour l'ancien royaume de Naples, il n'y avait que des documents anciens et très imparfaits. L'**Institut militaire**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

topographique créé à Florence ayant été chargé d'établir une carte au 1/100000e de toute l'Italie, il fut décidé, pour aller au plus pressé, qu'on ferait d'abord les levers des provinces méridionales, puis ceux de Piémont, et qu'on réserverait pour la fin les parties plus exactement levées par les Autrichiens.

Les levers exécutés dans l'Italie méridionale et leur reproduction ont été conduits avec une énergie et une rapidité qui ont été très remarquées au Congrès de géographie de 1875. En effet, il a suffi d'un laps de temps de quatorze ans (1862 à 1876) pour les terminer; et aujourd'hui les travaux sont entrepris en Piémont et fort avancés en Toscane et dans le Latium. L'échelle adoptée pour les levers (pour ce qu'on appelle à Florence les *minutes de campagne*) est le 1/50000e. Toutefois, les environs des grandes villes et les positions militaires sont levés, soit au 1/25000e, soit au 1/10000e. Le travail sur le terrain est fait par des brigades de *mappatori* (mappeurs), qui sont, soit des officiers[1] ou des sous-officiers, soit de simples soldats. Ces mappeurs reçoivent des planchettes sur lesquelles on a déjà marqué tous les points de triangulation des deux premiers ordres, avec les altitudes fondamentales; ils y rattachent tous les détails de la planimétrie et déterminent un nombre d'altitudes assez grand pour pouvoir représenter le relief du sol au moyen de courbes de niveau, dont l'équidistance est de 10 mètres pour le 1/50000e et de 5 mètres pour les échelles supérieures; ces courbes, pour plus d'exactitude, sont dessinées sur le terrain même. La mise au net du trait est faite au fur et à mesure par le mappeur, lequel est tenu de conserver sa minute dans un état parfait de propreté, afin de faciliter les reproductions photographiques ultérieures. On emploie, comme à l'ordinaire, trois ou quatre couleurs conventionnelles pour cette mise au net, mais ces couleurs sont choi-

[1] Par une mesure qu'il est intéressant de signaler, les officiers de l'École de guerre d'Alexandrie viennent annuellement à l'Institut pour concourir, à titre de stagiaires, pendant trois mois environ, à l'exécution des minutes de campagne, spécialement pour les levers de positions; ce sont eux qui ont opéré dans la vallée de Suse, dans celle de Vinadio, dans le Montferrat, etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sies de manière à donner le même ton en photographie. C'est ainsi que l'on prend l'indigo pour la couleur bleue, etc. La minute, une fois terminée, est sans retard photolithographiée à échelle égale, et livrée à la publicité pour un prix modique. Sans doute, les cartes obtenues de cette manière sont d'un aspect un peu lourd; mais ce qui fait leur mérite, c'est la parfaite fidélité de la reproduction, puisque c'est le travail même du mappeur qui est livré au public, et que, par conséquent, on évite les erreurs d'interprétation inséparables de la mise au net par un autre dessinateur et de la transcription par la gravure; de plus, et pour les mêmes motifs, on fait un bénéfice de temps considérable. C'est donc avec juste raison que l'Institut, en traçant ce programme d'exécution, a pensé rendre service aux hommes spéciaux, comme les ingénieurs, les naturalistes, les administrateurs, etc.

Toutefois, il ne se considère pas pour cela comme dispensé d'une publication régulière, et il travaille activement à la publication de la carte générale au 1/100000e, dont l'exécution se fait par les mêmes procédés et sous la même forme (*combinirte manier*) qu'à l'Institut de Vienne; l'échelle du dessin destiné à la réduction est du 1/75000e, soit d'un tiers plus grand que l'échelle définitive.

La projection adoptée est également la projection polyédrique (que l'on appelle à Florence *polycentrique*), et les feuilles, limitées par des méridiens et des parallèles, embrassent 0° 30′ en longitude et 0° 20′ en latitude. Pour arriver plus rapidement à la production de cette carte, on avait, dans le principe, essayé d'obtenir directement le 1/100000e par une réduction héliographiée des minutes de campagne. On a ainsi exécuté une carte de la Sicile où les courbes de niveau, naturellement très serrées, donnent à distance l'impression d'un dessin exécuté dans l'hypothèse de la lumière directe. Mais, bien que l'héliogravure en soit excellente, cette carte ne laisse pas que d'être un peu confuse, à cause de l'emploi de la seule couleur noire pour l'impression.

C'est sans doute pour cette raison qu'on en est venu au sys-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tème autrichien des hachures combinées avec les courbes de niveau, en ne gardant plus que les courbes de 50 en 50 mètres. Une vingtaine de feuilles sont publiées en ce moment dans ce système. L'héliogravure en est très réussie; les procédés d'héliographie sont, en effet, pratiqués avec succès à l'Institut de Florence. On y utilise une invention ingénieuse du général italien Avet, perfectionnée récemment par le major Pistoja; elle consiste essentiellement dans la sensibilisation à travers un cliché négatif d'une plaque recouverte d'une couche suffisamment épaisse de gélatine bichromatée; les parties insolées, qui, précisément, correspondent au trait de dessin, deviennent insolubles et demeurent en relief sur la plaque, si l'on soumet celle-ci à un lavage convenable. On fait alors de cette plaque une galvanoplastie sur laquelle les traits du dessin sont en creux, ce qui donne, par conséquent, une planche propre à l'impression en taille-douce. Ce procédé est susceptible d'une grande finesse.

L'Institut de Florence avait réuni, dans une exposition spéciale, des spécimens de ses travaux et des divers essais par lesquels il a fallu passer pour arriver au résultat définitif. Nous y avons remarqué un curieux fragment de topographie représentant le Gran Sasso d'Italia (Apennins). Il a été levé en grande partie avec l'aide de la photographie par le lieutenant Manzi (aujourd'hui capitaine et professeur à l'École de guerre d'Alexandrie), et il a été dessiné, suivant les indications de cet officier, en vue d'une reproduction héliographique. On a adopté, pour l'expression des formes du terrain, des teintes d'ombre obtenues par des superpositions de grisés très fins, tracés au tire-ligne et recroisés dans tous les sens, travail qui, au dire de l'auteur, se fait avec facilité. La réduction donne un résultat satisfaisant et très artistique. Nous pensons toutefois que les hachures dessinées suivant la méthode ordinaire sont préférables, en ce qu'elles indiquent, non seulement la raideur des pentes, mais encore leur direction; tandis qu'on ne peut saisir cette dernière que par intuition, lorsque la forme du terrain est seulement exprimée par une teinte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le **Comité royal géologique** exposait une carte géologique de l'Italie au 1/600000e et diverses cartes de détail : carte au 1/50000e de la zone des solfatares en Sicile ; carte minière au 1/10000e des environs d'Iglésias, et reliefs au 1/50000e, avec teintes géologiques, de l'Etna et du Vésuve.

Parmi les particuliers, nous signalerons : le major **Pistoja**, qui exposait une épreuve galvanoplastique de son beau relief de l'Etna ; le professeur **Gastaldi**, auteur d'une bonne carte géologique des Alpes du Piémont ; le professeur **Ponzi** (carte géologique manuscrite de la province de Rome) ; les professeurs **Mayer** et **de Stefani** (carte géologique de la Ligurie centrale), etc., dont les travaux ont été presque tous faits à l'instigation du Comité de géologie.

LUXEMBOURG.

On est très pauvre de cartes pour le duché de Luxembourg. Aussi devons-nous signaler comme très utile une bonne *carte géologique* exposée par MM. **Wies** et **Siegen**. Cette carte (9 feuilles, échelle de 1/40000e) donne une planimétrie exacte de ce pays, mais malheureusement pas d'altitudes, ni d'orographie.

PAYS-BAS.

L'exposition de l'**Institut topographique du ministère de la guerre** présentait un haut intérêt : outre la belle *carte topographique* au 1/50000e *des Pays-Bas*, qui figurait toute assemblée, et sa *réduction* au 1/200000e, si finement gravée, on y voyait une *carte topographique* au 1/100000e *de l'île de Java*, publiée dans un nouveau système de chromolithographie, sur lequel il convient de donner quelques détails.

Inventé par M. Eckstein, naguère inspecteur technique, et aujourd'hui directeur de l'Institut, ce procédé permet de colorier une carte par l'impression successive sur trois pierres, qui correspondent respectivement aux couleurs bleue, jaune et rouge.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chacune de ces pierres porte un grisé très fin, dont on fait varier l'intensité de manière à obtenir une vingtaine de tons; il est facile, dès lors, de concevoir que la superposition de ces trois pierres donnera une infinité de nuances par la juxtaposition des trois couleurs pures dans leurs différentes intensités, et par leur combinaison deux à deux et trois à trois.

Voici maintenant comment on exécute ces trois planches. Après avoir terminé au préalable les planches de trait, on décalque une épreuve sur chacune des trois pierres de couleur (c'est faire ce que l'on appelle, en terme de métier, un *faux décalque*); puis on recouvre ce faux décalque avec une couche de bitume de Judée, à travers laquelle le trait reste apparent. La pierre est ensuite placée sous une machine à griser, armée d'un diamant émoussé, qui y trace deux séries perpendiculaires de stries parallèles très fines et très serrées. Cela fait, et prenant pour guide la minute de la carte, on recouvre d'une nouvelle couche de bitume de Judée les portions de la planche qui doivent rester blanches, puis on attaque la pierre avec un bain d'eau faiblement acidulée, ce qui donne ainsi le premier ton du grisé. On réserve ensuite les parties qui doivent conserver ce premier ton, non plus avec du bitume, mais avec de l'encre grasse, qui, tout en préservant les stries d'une seconde morsure, les rendra, plus tard, aptes à retenir l'encre d'impression; on fait une seconde morsure, qui donne un ton plus intense que le premier, puis un second travail de réserve, une troisième morsure, et ainsi de suite.

On a ainsi des teintes très pures, fraîches et transparentes, même lorsqu'on superpose celles qui proviennent de deux ou trois des pierres de couleur. En effet, le ton composé que l'œil perçoit est obtenu, partie par superposition de tons fondamentaux, ce qui a lieu aux points de croisement, partie par leur juxtaposition. Or, c'est par un moyen analogue que les peintres coloristes obtiennent les fraîcheurs du ton : ainsi, en examinant de près les tableaux de Greuze, on y aperçoit très bien les couleurs fondamentales juxtaposées dans la pâte, parce que c'est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la toile même, plutôt que sur la palette, que l'artiste faisait le ton.

Toutefois, l'excellent procédé de M. Eckstein exige un personnel soigneux et patient, et une installation très stable pour la machine à griser : deux éléments difficiles à trouver réunis.

La gamme de tons que l'on obtient d'une seule pierre est assez riche pour qu'on puisse, d'un seul tirage, obtenir le modèle complet d'un objet déterminé : c'est ainsi que l'Institut topographique exposait une estampe représentant un canon de 24 centimètres se chargeant par la culasse, épreuve qui, à première vue, donnait l'illusion d'une épreuve photographique.

Pour mieux faire comprendre le procédé, on avait exposé : les pierres de l'une des feuilles d'une *carte* au 1/50000^{e} de la ville d'Utrecht et de ses environs; des épreuves séparées avec une épreuve complète des diverses planches de cette feuille; plus un tableau diapason montrant toutes les nuances que donne la combinaison des trois couleurs fondamentales dans leurs différents tons.

Nous avons aussi remarqué la carte au 1/50000^{e} des ponts et chaussées, dite du *Waterstaat*, et un charmant essai de carte orographique imitant une carte *en relief* (fragment de la Suisse), obtenues toutes deux par le même procédé de chromolithographie.

C'est donc, aujourd'hui, dans les Pays-Bas que l'on a poussé le plus loin l'application de la polychromie aux cartes topographiques.

PORTUGAL.

Créée dès 1856, ce n'est qu'en 1869, après une série de vicissitudes, que la *Direction générale des travaux géodésiques, topographiques, hydrographiques et géologiques du royaume de Portugal* a été organisée dans sa forme actuelle; c'est un véritable Institut géographique, dont les attributions embrassent, comme son nom l'indique, non seulement les travaux de haute géodésie et de géodésie secondaire, de chorographie, de topographie et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même d'arpentage, mais encore l'établissement de cartes hydrographiques pour la navigation et les travaux publics, et de cartes géologiques. Depuis sa création, tous les efforts y ont été faits pour installer un observatoire astronomique muni des instruments les plus perfectionnés, pour construire un bon canevas géodésique, faire des nivellements de haute précision, et dresser enfin une carte chorographique générale au 1/100000e, divisée en 37 feuilles.

Les levers, qui dans le principe étaient au 1/100000e, se font aujourd'hui au 1/50000e, et l'on se propose même de les publier plus tard à cette même échelle. Le relief du terrain y est défini par des courbes de niveau équidistantes de 25 mètres, tracées à l'aide d'un grand nombre de cotes, que l'on déduit des nivellements trigonométriques.

Les minutes, réduites au 1/100000e, sont ensuite gravées sur pierre, tout en noir.

Des 37 feuilles qui forment l'atlas général, 24 sont déjà levées et 19 publiées.

Pour répondre immédiatement aux besoins des divers services, et sans attendre l'achèvement de ses levers chorographiques, l'Institut a, dès le début, publié une carte géographique au 1/500000e, avec courbes de niveau équidistantes de 125 mètres, dressée à l'aide de reconnaissances rapides, et une *réduction au 1/1000000e* de cette même carte.

En outre, l'Institut prépare une *réduction au 1/200000e* de la carte au 1/100000e.

Parmi les différents travaux topographiques du même établissement, nous citerons, notamment, des *levers* à différentes échelles de Lisbonne et de ses environs, levers qui ont permis la publication d'un atlas au 1/1000e en 63 feuilles, et d'un plan à l'échelle du 1/5000e.

Les travaux hydrographiques ont été jusqu'ici reportés sur plusieurs cartes à diverses échelles. On possède actuellement 9 feuilles, sur 14, de la carte hydrographique des côtes du Portugal. Enfin, les travaux géologiques comprennent une étude

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de reconnaissance faite sur tout le territoire et reportée sur la carte géographique au 1/500000e, et des levers détaillés qui sont terminés pour 5 feuilles du 1/100000e et entrepris pour 2 autres feuilles.

Comme méthodes de reproduction, l'Institut emploie les divers procédés photographiques, entre autres un procédé spécial de photolithographie sur étain, la gravure sur pierre et sur cuivre et le procédé chromolithographique d'Eckstein, dont nous avons parlé ci-dessus (*Pays-Bas*, page 733).

L'exposition intéressante du Portugal comprenait des spécimens de ces différents travaux et publications.

RUSSIE.

Nous n'avons à mentionner dans l'exposition russe, en dehors de divers travaux de statistique et des cartes géologiques et statistiques du **Département scientifique des mines**, que les *atlas* d'*Illyn*, éditeur à Saint-Pétersbourg, atlas excellents, imprimés en plusieurs couleurs, mais dont les écritures en caractères russes exigent des connaissances spéciales, et une *belle carte-relief au 1/250000e de la Polésie*, montrant les travaux de canalisation récemment exécutés dans les marais du Pripet.

SUÈDE ET NORWÈGE.

La **section topographique de l'état-major suédois**, qui, jusqu'en 1874, existait individuellement sous le nom de *Corps topographique*, est chargée de rédiger et de publier les cartes particulières et générales de la Suède : les échelles sont le 1/1000000e pour la carte générale du royaume, le 1/200000e pour les cartes de provinces, le 1/100000e pour les cartes spéciales, dont la minute est dressée au 1/50000e, et enfin pour les cartes de position ou celles de quelques localités le 1/20000e, le 1/10000e et même des échelles plus grandes encore.

Ce sont les cartes d'arpentage ou celles du *lever économique*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du royaume qui servent de base aux travaux exécutés sur le terrain par la section topographique : les premières, analogues à nos plans cadastraux, sont généralement au 1/4000e et exceptionnellement au 1/2000e ou au 1/8000e; l'administration spéciale du *lever économique* fait, sur des réductions au 1/20000e ou au 1/50000e de ces cartes d'arpentage, qu'elle encadre dans une triangulation, des levers destinés à faire connaître la superficie du pays et ses divisions naturelles au point de vue de l'économie agricole et industrielle : l'échelle du 1/50000 est consacrée aux régions pauvres et alpestres de la Norrbothnie et de la Laponie.

La section topographique de l'état-major exécute tous les travaux géodésiques et de triangulation nécessaires pour assurer l'assemblage des cartes d'arpentage et économiques, ainsi que les travaux d'hypsométrie qui s'appuient sur des nivellements de précision, courant d'une mer à l'autre, et enfin les levers topométriques qui définissent le relief du terrain et fournissent un nombre de points cotés, qui est de 20 à 25 par mille carré (144^{kq}); toutefois, les travaux d'hypsométrie sont faits d'après un programme commun en collaboration avec le corps du *lever géologique*.

La carte au 1/100000e est construite dans la projection conique dite croissante, dont l'échelle va en augmentant vers le Nord et le Sud à partir du parallèle moyen. Le cône de développement coupe la sphère au 1/100000e suivant deux parallèles choisis de part et d'autre du parallèle moyen, et de telle sorte que l'augmentation d'échelle sur le parallèle moyen soit le même que sur les parallèles extrêmes. Les méridiens sont des lignes droites et les parallèles des cercles concentriques. Dans ce système de projection, les formes angulaires sont bien conservées, et l'échelle, variable il est vrai, n'a que des écarts de 0,0021. Toutefois, nous lui préférons la projection polycentrique, laquelle est d'une application plus simple et ne présente ni déformation ni variation sensible d'échelle.

Les formes du terrain sont exprimées par des hachures verti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cales pour les pentes prononcées, et horizontales pour le surplus : le sol de la partie basse et moyenne de la Suède, divisé en fragments de petit relief par de nombreux lacs et cours d'eau, se prêterait d'ailleurs difficilement à une représentation par courbes de niveau.

Les cartes sont gravées tout en noir : celle au 1/100000e, comprendra 102 feuilles, dont 48 sont publiées actuellement. La *carte des provinces au 1/200000e* a paru pour dix provinces, sur un total de vingt-quatre.

C'est au burin que l'on a eu recours jusqu'ici pour la gravure de ces cartes, mais on songe à lui substituer les procédés héliographiques. Enfin la section topographique emploie la typographie pour produire des éditions à bon marché.

Les épreuves qui figuraient à l'Exposition permettaient d'apprécier la bonne exécution de ces divers atlas.

Les cartes dressées par le *lever géologique*, sous l'habile direction du professeur **Torell**, sont aux échelles du 1/50000e et, pour certaines régions, elles sont levées au 1/100000e et publiées à l'échelle moitié. Les travaux ont été entrepris en 1858, et leur publication est déjà commencée. Les feuilles exposées étaient d'une belle éxécution et d'une clarté remarquable.

En Norwège, le terrain, beaucoup plus mouvementé, comportait un autre figuré. Aussi le **Bureau topographique royal de Christiania**, dont les levers sont publiés à l'échelle du 1/100000e, a-t-il adopté, pour la représentation du relief du sol, une combinaison de courbes de niveau, équidistantes de 100 pieds (31m,40), avec une teinte d'ombre à l'estompe. L'impression est toute en noir, sauf l'application d'une teinte bleue pour les mers et les marais, et d'une teinte vert glauque pour les glaciers. Cette carte exprime très bien la nature toute spéciale et si pittoresque de la Norwège. Elle est divisée en 54 feuilles, subdivisées chacune en quatre sections. Sa publication, commencée en 1869, ne comprend encore que 15 quarts de feuilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

SUISSE.

La belle carte au 1/100000e de la Suisse publiée sous la direction du général **Dufour**, que notre École polytechnique a l'honneur de compter parmi ses anciens élèves, fournit la preuve qu'il est possible d'allier une représentation pittoresque et artistique du relief d'un pays avec une grande clarté et une exactitude rigoureuse. Cette œuvre, si connue aujourd'hui et si appréciée de tous ceux qui ont visité la Suisse, est certainement une des plus parfaites qui existent et des plus remplies d'informations. L'état-major fédéral met d'ailleurs tous ses soins à la perfectionner et à la tenir au courant. Aussi, avons-nous été heureux de pouvoir admirer, au milieu de la belle exposition du **Bureau topographique fédéral**, les *Études manuscrites* que le général Dufour avait fait faire pour la représentation, au moyen de hachures, des formes du terrain supposé éclairé par des rayons obliques. Entre toutes, nous avons spécialement remarqué le *dessin au 1/50000e du quart S. E. de la feuille XVII* (coude de la vallée du Rhône à Martigny), dessiné, de 1843 à 1844, par Wolfsberger. Si le Bureau fédéral, comme il en a le projet, fait reproduire par l'héliogravure ce précieux dessin original, on aura un excellent modèle à placer sous les yeux des dessinateurs topographes, dont le talent devra désormais croître au fur et à mesure que se perfectionneront les procédés héliographiques, auxquels l'avenir est certainement réservé.

En 1868, le Conseil fédéral a décidé la publication des minutes qui avaient servi à dresser la carte de Dufour, et, à cette occasion, il a prescrit que le nivellement et la détermination des courbes de niveau, qui n'avaient été faits que pour un petit nombre de cantons, seraient étendus à tout le territoire de la Confédération; dans certaines contrées, le Jura notamment, pour lequel on s'était contenté d'utiliser une carte préexistante, il a prescrit, de plus, l'exécution de levers complets. Ces levers, donnés à l'entreprise, s'exécutent à la planchette et comprennent le tracé détaillé de la planimétrie et celui des courbes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

niveau : l'échelle est du 1/50000e pour la haute montagne et du 1/25000e pour le surplus. L'équidistance des courbes de niveau est de 10 mètres pour cette dernière échelle et de 30 mètres pour le 1/50000e. Elles sont dessinées par interpolation sur le terrain même et appuyées sur un très grand nombre d'altitudes (80 à 100 par kilomètre carré au 1/25000e), lesquelles sont d'ailleurs rattachées à des nivellements de haute précision.

La carte est publiée à l'échelle même des minutes : elle est gravée en trois couleurs (bleu pour les eaux, brun pour les courbes de niveau des parties cultivées, noir pour les parties rocheuses et pour le surplus). La gravure, très belle et admirablement réglée, s'exécute sur cuivre pour le 1/25000e, qui demandera des éditions fréquentes, et sur pierre pour le 1/50000e. L'impression en est parfaite comme netteté et comme repérement, cette dernière qualité étant due, en bonne partie, aux petites dimensions des feuilles (24 centimètres sur 35 centimètres dans œuvre).

L'aménagement des feuilles est excellent : une marge blanche de deux centimètres environ sépare le cadre extérieur du cadre intérieur, et, partout où cela est nécessaire, le dessin déborde sur cette marge, ce qui dispense, dans nombre de cas, de rapprocher les feuilles contiguës. La publication marche rapidement : sur les 552 feuilles (112 au 1/50000e et 440 au 1/25000e), 174 ont paru actuellement (62 au 1/50000e et 112 au 1/25000e), et il ne reste de levers à faire que pour 28 feuilles du 1/25000e.

Le Bureau fédéral avait exposé deux assemblages des minutes publiées dans les deux échelles et deux portefeuilles de ces mêmes minutes.

Enfin, il présentait encore une épreuve de la réduction au 1/250000e en 4 feuilles et de celle au 1/1000000e de la carte de Dufour. La première de ces deux cartes donne aujourd'hui le figuré du terrain jusqu'au cadre, comme doit le faire toute carte chorographique aussitôt que l'état des connaissances topo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

graphiques chez les nations limitrophes permet de faire ce travail de remplissage.

La Confédération fait aussi exécuter une *carte géologique au* 1/100000e, qui est publiée par les soins d'une commission spéciale et imprimée sur le fond de la carte au 1/100000e de Dufour. Sur un total de 23 feuilles, 13 étaient achevées en 1878 et figuraient à l'Exposition.

Comme on pouvait s'y attendre, eu égard au développement des études topographiques et géographiques dans ce pays, la *cartographie privée* occupait une large place. Nous ne pouvons mentionner que les œuvres les plus importantes. Entre toutes, nous avons remarqué une saisissante carte dessinée sur le fond du 1/250000e du Bureau fédéral par l'éminent géologue **Alph. Favre**, professeur à l'académie de Genève, *carte du phénomène erratique et des anciens glaciers du versant Nord des Alpes suisses.* Cette carte est très utile pour bien comprendre les conditions actuelles de l'orographie dans cet intéressant pays. Nous avons aussi admiré une charmante petite *carte physique* (ou plutôt orographique et hypsométrique) *de la Suisse* au 1/800000e, par M. **Leuzinger**, graveur du Bureau fédéral, déjà connu par de belles œuvres de gravure et de géographie; cette carte figurait dans l'exposition de l'éditeur *Dalp*, de Berne.

MM. Wurster, Randegger et Cie, graveurs et géographes à Winterthur, sont éditeurs *d'atlas scolaires*, faits sous la direction de **Wettstein**, et très bien conçus; ils donnent pour les différents États des cartes générales et particulières, sur lesquelles les montagnes, bien dessinées, sont mises en évidence au moyen d'une teinte café-au-lait appliquée sur les plaines; la Suisse est représentée sous tous ses aspects par des cartes orographiques, physiques, etc.; enfin, par une disposition spéciale, l'atlas renferme des spécimens de toutes les cartes officielles suisses et de divers modes de représentation du relief, afin d'habituer les élèves à la lecture des cartes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les mêmes éditeurs exposaient une remarquable *carte manuscrite* à l'échelle du 1/500000e *de tout le système des Alpes*, carte qui est à la gravure et qui sera sans doute publiée prochainement. D'après l'habileté connue de ces graveurs, on peut compter sur une très belle exécution.

M. **Müllhaupt**, de Berne, un des plus habiles graveurs de topographie, dont le nom se trouve très fréquemment inscrit sur les cartes officielles de son pays, exploite avec ses fils un *procédé spécial de teinte en relief* moins coûteux pour l'exécution que celui des hachures pour l'expression des formes du terrain. Il consiste à graver mécaniquement, sur le cuivre, des teintes graduées, obtenues avec des points si rapprochés, qu'à une petite distance l'œil n'aperçoit plus qu'une teinte de lavis. Ces teintes se prêtent parfaitement à une alliance avec des courbes de niveau : elles ont cet avantage de faciliter la lecture des noms dans les parties montagneuses. MM. Müllhaupt exposaient, à titre de spécimen, une carte au 1/300000e des environs du mont Blanc et une carte au 1/25000e des environs de Florence exécutée pour le compte du Gouvernement italien. L'aspect en est satisfaisant, quoique un peu mou ; dans la haute montagne, il exige un petit travail auxiliaire de hachures pour la mise en évidence des arêtes rocheuses.

Nous mentionnerons, en terminant, de bons *reliefs* de la maison *Beck*, de Berne, et un *relief du Rigi*, par M. **Landtwing**, de Lucerne.

CONCLUSION.

Nous conclurons de cette étude que les corps topographiques des diverses nations ont maintenant une tendance générale à préciser l'expression du relief du sol par la détermination de nombreuses altitudes et par le tracé de sections horizontales exactes, combinées parfois avec des teintes d'ombre, et que, d'autre part, on s'y efforce d'arriver à une reproduction rapide des minutes par les procédés héliographiques, à l'impression des cartes en plusieurs couleurs et à leur tirage, soit avec la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine lithographique, au moyen des transports sur pierre, soit même, par raison d'économie, avec la presse typographique et le clichage sur zinc.

L'emploi de la polychromie présente l'avantage incontestable de faciliter beaucoup la lecture des cartes; mais l'impression se complique alors de la difficulté du repérage, difficulté qui croît avec le format des feuilles. De là le parti, pris en ces derniers temps, de diviser les cartes en petites sections, moyennement de 25 à 30 centimètres sur 40 à 50 centimètres. Il en résulte d'ailleurs une plus grande commodité pour le travail de cabinet, dans lequel on a souvent à rapprocher deux ou même quatre sections contiguës.

Dans beaucoup de pays, on adopte maintenant la projection polycentrique, beaucoup plus simple et plus aisée que celles précédemment en usage, ne donnant que des déformations insaisissables, et qui, conduisant à la coupure de la carte suivant des méridiens et des parallèles, se prête mieux que toute autre au travail de transcription du dessinateur géographe.

Enfin, en terminant cette étude, nous avons la satisfaction de pouvoir conclure à l'heureuse renaissance, dans notre pays, des études géographiques et de la cartographie privée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

§ 1^er^. — INSTRUMENTS DE GÉODÉSIE ET D'ASTRONOMIE.

L'étude des instruments de précision de la classe 15 a porté uniquement sur les instruments de géodésie et d'astronomie qui marquent un progrès réel dans la construction, et qui sont caractérisés par des perfectionnements tels qu'on peut les considérer comme satisfaisant d'une manière presque absolue aux exigences de la science actuelle. Ce n'est que dans les appareils servant aux opérations de haute géodésie que ces perfectionnements ont été réalisés. Depuis l'Exposition de 1867, un grand fait s'est accompli, qui a donné, en effet, une vive impulsion aux travaux géodésiques d'un caractère vraiment scientifique, et qui ne tend à rien moins qu'à unifier les réseaux des divers pays, en partant de bases mesurées avec un étalon unique, pour assurer aux mesures d'arcs de méridien et de parallèle tout leur développement possible, et en tirer les conséquences les plus probables sur la forme et les dimensions du sphéroïde terrestre. Le général Baeyer, promoteur de cette grande idée, parvint à la faire adopter par les grandes puissances du continent européen et constitua, pour la réaliser, l'Association géodésique internationale pour la mesure des degrés en Europe.

C'est en vue de satisfaire à ce vaste programme que des travaux de haute géodésie se poursuivent maintenant dans presque tous les pays : mais, en même temps, les méthodes et les instruments ont été perfectionnés, et les types d'appareils servant à ces opérations peuvent être considérés maintenant comme parfaits.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La France et en particulier le Dépôt de la guerre ont seuls exposé une collection complète de ces appareils. Les constructeurs anglais n'ont produit que des instruments d'astronomie pour observatoires, dont l'étude sort du cadre militaire qui nous est assigné. Les constructeurs allemands auraient pu fournir des appareils intéressants, mais ils n'ont pas exposé. En Suisse figurent quelques instruments ingénieusement disposés.

Appareil pour la mesure des bases géodésiques, de Brunner. — Le Dépôt de la guerre a exposé une règle géodésique pour la mesure des bases, dont la construction, confiée à la maison Brunner, a été faite suivant les principes adoptés par l'Association géodésique internationale en 1875.

Cet appareil est d'ailleurs semblable à celui qui a été construit par le même artiste, en 1856, pour le gouvernement espagnol, et dont on trouve la description dans le premier volume des publications de l'Institut géographique de Madrid [1].

La seule modification qu'on y ait introduite réside dans la préparation de la règle de platine. La règle espagnole avait été obtenue en agglomérant de la mousse de platine par le martelage : on avait, de la sorte, constitué un barre épaisse, qui a été ensuite travaillée par l'artiste pour former une règle de 4 mètres de longueur, 21 millimètres de largeur et 25 millimètres d'épaisseur. La règle française est formée d'un alliage combiné de platine et d'iridium : les deux métaux ont été fondus ensemble un grand nombre de fois, et le coulage n'a été fait que lorsque l'homogénéité parfaite du lingot a été constatée par de nombreuses déterminations de densité et des analyses concordantes des échantillons prélevés dans les divers points de sa masse. Ses dimensions sont les mêmes que celles de la règle espagnole.

La règle a été fondue dans les ateliers de MM. Johnston et Matthey, de Londres ; les analyses ont été faites par M. Sainte-Claire Deville, de l'Institut.

[1] Traduit de l'espagnol par le colonel Laussedat. On en trouve également une description abrégée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLIV.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les proportions de l'alliage sont 90 grammes de platine et 10 grammes d'iridium, les mêmes d'ailleurs que celles de l'alliage adopté par la Commission internationale des poids et mesures pour le métal des mètres étalons [1]. La constitution de la règle française est donc identique à celle du mètre international.

C'est encore avec le même métal que sera fondue la règle géodésique de 4 mètres, qui sera comparée au mètre et servira d'étalon pour la comparaison des règles géodésiques. Cet étalon international sera déposé dans l'établissement de la Commission internationale des poids et mesures à Saint-Cloud (pavillon de Breteuil). Désormais les puissances qui sont entrées dans l'Association géodésique devront, avant toute mesure de bases nouvelles, comparer leur règle géodésique à cette règle étalon. Les triangulations de ces pays s'appuieront, par conséquent, sur des longueurs mesurées avec la même unité; elles devront se raccorder sans difficultés aux frontières, et formeront, par suite, un réseau à mailles continues qui couvrira l'ensemble des territoires.

Cercle azimutal réitérateur, de Brunner. — Le cercle azimutal de Brunner réalise au plus haut degré la perfection qu'on est en droit de demander à un instrument de précision, pour la mesure des angles horizontaux.

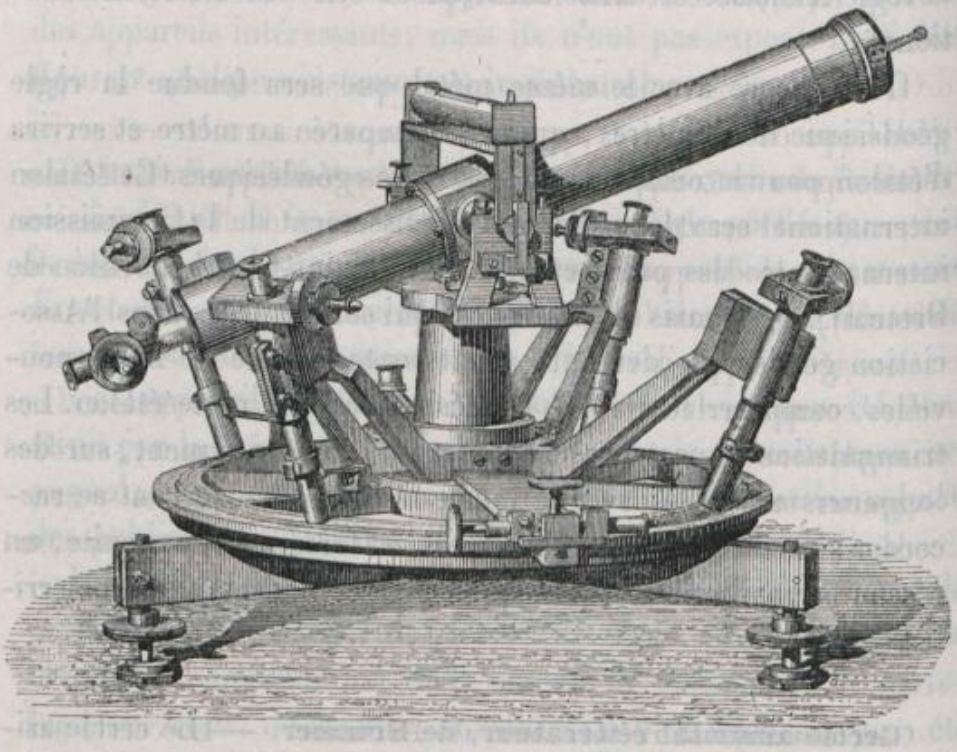
Il est simple, parce qu'on l'a approprié à un but unique, ce qui a permis de le débarrasser de la complication d'axes et de vis, de mouvements généraux ou particuliers, que présentent les instruments universels, théodolites ou cercles répétiteurs; il offre, en outre, une grande stabilité, en raison de ses dimensions et des soins qu'on doit apporter dans sa mise en station.

Réduit à ses éléments essentiels, le cercle azimutal se compose d'un limbe gradué et d'une alidade, montés sur un axe commun qui fait corps avec le pied de l'instrument: ce pied est constitué

[1] Voir les rapports de MM. Tresca et Sainte-Claire Deville dans les procès-verbaux des séances de la Commission internationale des poids et mesures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par une masse centrale, pourvue de trois bras reposant sur trois vis calantes et supportant un anneau de 45 centimètres de diamètre, destiné à recevoir la pince de la vis de rappel et à laisser le limbe complètement libre.



Le diamètre du limbe est de 42 centimètres; la division est centigrade, gravée de 10 en 10 minutes, et comporte, par conséquent, 4,000 traits. La lunette a un objectif achromatique de 53 millimètres d'ouverture libre et une distance focale de 62 centimètres. Avec l'oculaire employé, le grossissement est d'environ 40.

Mais ce qui caractérise particulièrement cet appareil, c'est qu'il est le premier des instruments géodésiques dans lequel on ait adapté un fil mobile au réticule et substitué des microscopes à micromètre aux verniers.

Le réticule est, en effet, formé de quatre fils se coupant à angles droits, et porté par un châssis qui se meut perpendiculairement à l'axe de la lunette, au moyen d'une vis micromé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trique munie d'un tambour divisé. Au lieu de verniers, l'alidade porte quatre microscopes micrométriques équidistants, semblables à ceux qui sont employés dans les cercles méridiens portatifs.

L'emploi du fil mobile à l'oculaire permet de pointer plusieurs fois un objet pour une seule lecture du limbe, et l'erreur de pointé, qui est la plus redoutable dans les observations, se trouve ainsi considérablement atténuée. En outre, dans la pratique, le pointé avec la vis micrométrique s'opère d'une manière plus délicate qu'avec la vis de rappel du mouvement général, toujours moins fine, et qui entraîne toute l'alidade avec elle, circonstance qui peut faire craindre des ressauts brusques se produisant après un pointé unique et altérant les lectures, tandis qu'un pareil effet nuisible n'est pas à redouter avec les pointés micrométriques.

La substitution des microscopes aux verniers augmente aussi d'une manière considérable la précision des lectures. La moyenne des quatre lectures aux microscopes n'a pas, en effet, une erreur probable supérieure à 1 seconde centésimale, ce qui correspond à une erreur de 9 millimètres sur un objet pointé à 30 kilomètres.

Sans vouloir entrer dans des détails trop techniques sur la construction de l'instrument, on doit cependant signaler la pince et la vis de rappel avec ressort antagoniste, avec lesquelles on n'a plus les ressauts brusques qui provenaient des temps morts des pas de vis ou des jeux de boulets et calottes sphériques dans les pinces et vis de rappel du système Gambey. On doit mentionner également le mode d'éclairage très ingénieux des divisions du limbe. Cet éclairage est obtenu par la lumière zénithale, de sorte que les quatre microscopes sont toujours éclairés de la même manière dans toutes les positions de l'alidade. Il en résulte qu'on n'a pas à craindre, dans le pointé des traits, de phases résultant d'incidences lumineuses variables.

De jour, les rayons lumineux qui viennent du zénith traversent une glace dépolie placée au-dessus du cercle, tombent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur des prismes à réflexion totale, en sortent horizontalement, puis sont réfléchis par des miroirs paraboliques placés à l'intérieur des microscopes, pour arriver normalement sur le limbe gradué.

De nuit, la lumière zénithale est fournie par une lampe munie d'un réflecteur, placée au-dessus du centre de la glace; avec ce seul foyer on arrive à éclairer très bien les divisions du cercle et à illuminer le champ du réticule.

En résumé, le cercle azimutal offre toutes les garanties d'un instrument simple et stable; il permet de réduire, par l'emploi de fil mobile à l'oculaire, l'erreur de pointé et, par l'emploi des microscopes, l'erreur de lecture; enfin, il se prête aussi bien aux observations de nuit qu'aux observations de jour.

Les observations de nuit sont entrées, en effet, dans le domaine de la géodésie pratique, depuis que des expériences comparatives faites par le commandant Perrier et le capitaine Bassot ont permis de prouver qu'elles conduisent à des résultats au moins aussi satisfaisants que les observations de jour.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de résumer ici les conclusions auxquelles ces expériences ont conduit.

En 1875, des séries complètes ont été faites, de jour et de nuit, en dix stations géodésiques, dont l'altitude varie de 200 à 700 mètres. Les séries de jour et de nuit ont été faites par le même observateur en chaque point, et avec le même instrument: les résultats trouvés de jour et de nuit, pour chaque direction, sont donc absolument comparables. On a ainsi trouvé que l'erreur moyenne d'une observation isolée est égale :

De jour, à $\pm$ 1″49 (division sexagésimale);

De nuit, à $\pm$ 1″47.

La moyenne de l'erreur probable d'une direction résultant de l'observation de 20 séries est alors égale, dans les deux cas, à $\pm$ 0″23.

Les écarts, pour une direction, entre les résultats de jour et ceux de nuit, sont tantôt dans un sens, tantôt dans un autre et inférieurs à 0,″3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les erreurs de fermeture des triangles sont comprises : pour les triangles de jour, entre $-0,''38$ et $+1,''13$; pour les triangles de nuit, entre $-0,''19$ et $+0,''77$.

En calculant les triangles, soit par les observations de jour, soit par les observations de nuit, les longueurs d'un même côté ne diffèrent pas de plus de 25 centimètres pour une longueur de 40 kilomètres.

Des expériences ultérieures ont confirmé ces résultats. On peut donc conclure que les observations de nuit possèdent un degré de précision au moins égal à celui des observations de jour : il semble même que les erreurs provenant, soit de l'observation, soit des réfractions, se compensent mieux de nuit que de jour.

Héliotrope à main. — L'usage des signaux solaires, substitués comme pointé aux signaux ordinaires en maçonnerie et en charpente, est général maintenant dans la pratique de la haute géodesie.

Un des appareils les plus simples que l'on puisse recommander, pour la production de ces signaux solaires, est l'héliotrope à main adopté par le Dépôt de la guerre.

Il se compose d'un miroir argenté, d'un décimètre carré de surface, ajusté dans un cadre métallique porté par un axe horizontal; cet axe est monté sur une large fourchette dont la règle horizontale fait corps avec un axe vertical engagé dans une forte colonne creuse, qui s'élargit à la base en un plateau circulaire épais, pourvu de trois vis de support.

Au centre de la glace on a ménagé un petit cercle, non argenté, de deux millimètres de diamètre, auquel correspond une ouverture de même diamètre dans le cadre métallique, de sorte que ce trou constitue un œilleton qui permet de viser à travers le miroir.

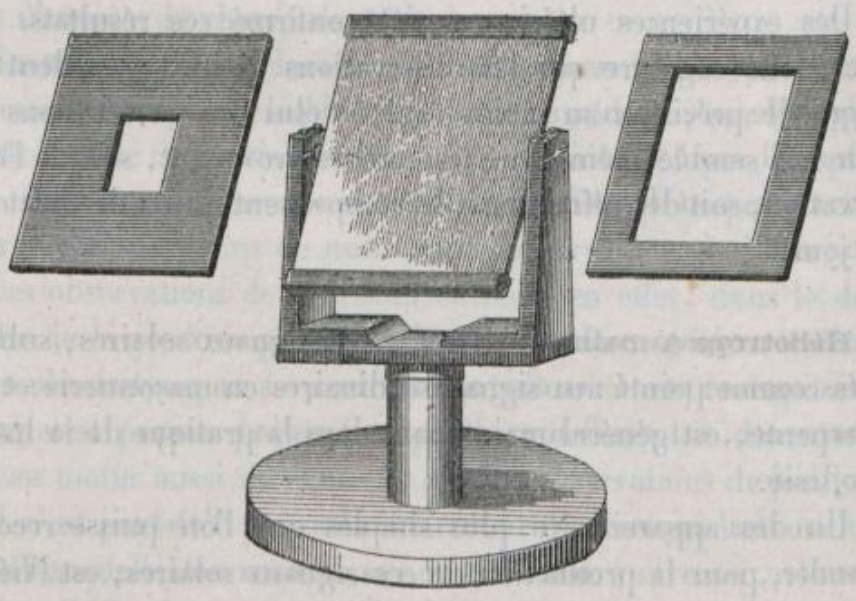
Deux obturateurs de diverses dimensions permettent de réduire la surface réfléchissante.

Comme accessoires, il faut avoir quelques planchettes rec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tangulaires de 20 centimètres, percées d'un trou circulaire de 10 centimètres de diamètre et dont une des faces est noircie.

Par construction, le point d'intersection des deux axes de rotation de l'appareil coïncide avec le centre de la glace réfléchissante, et l'axe vertical passe par le centre du cercle déterminé par les trois points de support.



Si donc on place l'héliotrope au centre d'un signal, et qu'on parvienne à éclairer la station où se trouve l'observateur, celui-ci, en pointant l'image solaire, sera certain de viser un point situé sur l'axe du signal.

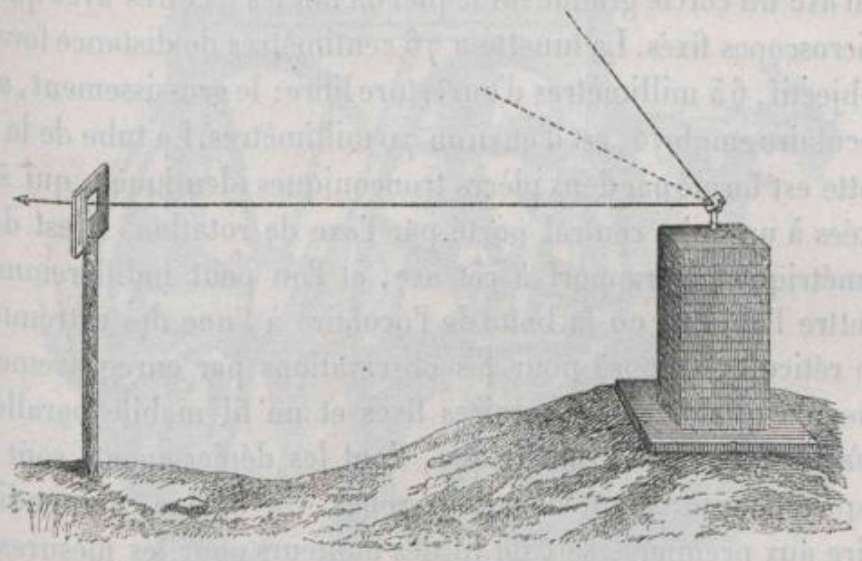
Pour réfléchir le faisceau solaire dans la direction de l'observateur, on opère comme il suit :

On met la glace verticale, on la ramène en face du point à illuminer et, plaçant l'œil derrière la petite ouverture, on vise ce point. Un aide se porte à 5 ou 6 mètres en avant et fixe dans le sol un poteau, sur lequel il assujettit ensuite une planchette, de manière que le centre du trou de cette planchette se trouve sur la direction même qui va à l'observateur.

Cela fait, on n'a plus qu'à donner au miroir l'inclinaison et l'orientation convenables, pour que le faisceau solaire réfléchi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aille passer par le trou de la planchette. A la distance où celle-ci se trouve, le faisceau est plus large que le trou; il le déborde donc un peu, et cette portion d'image interceptée par la planchette fournit constamment la preuve que le miroir est bien



dirigé. Cet appareil est simple et d'une manœuvre extrêmement facile. On peut le confier à des hommes de troupe, ce qu'on ne saurait faire assurément avec l'héliostat de Silbermann ou l'héliotrope de Gauss.

§ 2. — INSTRUMENTS DE GÉODÉSIE ASTRONOMIQUE.

Les instruments d'astronomie qui figurent à l'Exposition peuvent se diviser en deux classes : les grands instruments, pour observatoires permanents, et les instruments portatifs, pour observatoires temporaires.

Les instruments portatifs présentent seuls quelque intérêt militaire, car c'est avec eux que s'exécutent les opérations de géodésie astronomique qui permettent de déterminer astronomiquement les coordonnées géographiques : longitude, latitude et azimut, qui servent de base et de vérification aux calculs qui donnent les coordonnées de tous les sommets d'un réseau géodésique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

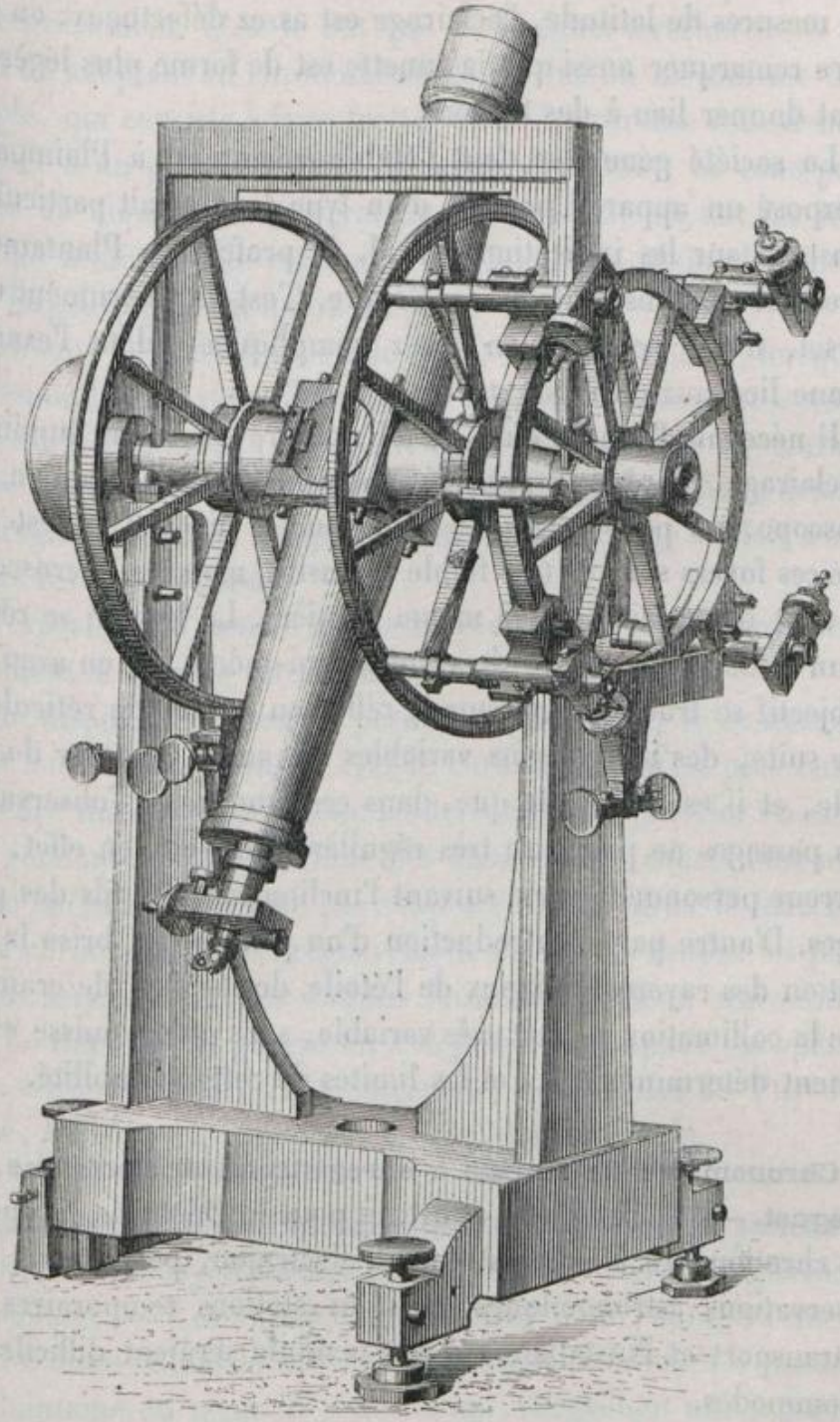
Il faut citer particulièrement, parmi ces instruments, le *cercle méridien portatif*, dont le meilleur type est celui de Brunner. Cet appareil se compose essentiellement d'une lunette astronomique pouvant tourner librement dans le plan méridien, et portant sur son axe un cercle gradué sur lequel on fait les lectures avec quatre microscopes fixes. La lunette a 76 centimètres de distance focale; l'objectif, 65 millimètres d'ouverture libre; le grossissement, avec l'oculaire employé, est d'environ 70 millimètres. Le tube de la lunette est formé par deux pièces tronconiques identiques, qui sont fixées à un cube central porté par l'axe de rotation. Il est donc symétrique par rapport à cet axe, et l'on peut indifféremment mettre l'objectif ou la boîte de l'oculaire à l'une des extrémités. Le réticule, disposé pour les observations par enregistrement, possède quatorze fils horaires fixes et un fil mobile parallèle, mû par une vis micrométrique, dont les déplacements sont indiqués par un compteur à deux roues. Un fil fixe, perpendiculaire aux premiers, sert de fil des hauteurs pour les mesures de latitude. Le cercle des microscopes est supporté par le pied; un contrepoids lui fait équilibre. L'éclairage du réticule s'obtient au moyen d'un réflecteur à 45 degrés, placé dans l'intérieur du tube de l'axe. Un obturateur à coulisse permet de régler très facilement son intensité. L'éclairage du limbe et des microscopes est réalisé, comme dans le cercle azimutal, par un jeu de prismes à réflexion totale et de miroirs paraboliques. Le micromètre est placé du côté du limbe; on peut le lire sans le secours d'une autre lampe. Enfin le nadir s'observe au moyen d'un appareil nadiral, qui est éclairé par la même lampe. Un seul foyer lumineux suffit donc pour l'usage complet de l'instrument. La pince est à double mouvement, ce qui rend le pointé du nadir aussi commode au Nord qu'au Sud. La fourchette du niveau peut se rabattre, ce qui évite de l'enlever au moment d'un retournement.

En résumé, cet instrument est d'un emploi facile et sûr; il offre, de plus, une grande stabilité.

Le ministère de l'instruction publique a exposé un cercle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

méridien d'un modèle presque identique, dû à un ancien con-



structeur, M. Rigaud; mais cet appareil diffère, sur plusieurs points, de l'appareil Brunner, par des détails de construction

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui en rendent l'emploi moins commode. En particulier, pour les mesures de latitude, l'éclairage est assez défectueux; on doit faire remarquer aussi que la lunette est de forme plus légère et peut donner lieu à des flexions.

La société génevoise dont l'établissement est à Plaimpalais a exposé un appareil portatif d'un type tout à fait particulier, construit sur les indications de M. le professeur Plantamour, directeur de l'observatoire de Genève. C'est un instrument universel, d'une construction assez compliquée, dont l'examen donne lieu aux critiques suivantes :

Il nécessite l'emploi d'un grand nombre de foyers lumineux d'éclairage, placés très près de l'appareil (un pour chaque microscope, un pour la lunette, un pour le niveau); il est vrai que ces foyers sont de très faible intensité, mais les microscopes ne sont pas éclairés de la même manière. La lunette se réduit à un tube qui est l'axe de rotation lui-même, et en avant de l'objectif se trouve un prisme à réflexion totale : le réticule a, par suite, des inclinaisons variables suivant la hauteur de l'étoile, et il est manifeste que, dans ces conditions, l'observation des passages ne peut être très régulière. On sait, en effet, que l'erreur personnelle varie suivant l'inclinaison des fils des passages. D'autre part, l'introduction d'un prisme qui brise la direction des rayons lumineux de l'étoile donne lieu de craindre que la collimation ne soit très variable, sans qu'on puisse exactement déterminer la loi et les limites de cette variabilité.

Chronomètre de marine à enregistrement électrique, de Bréguet. — M. Bréguet a construit pour le Dépôt de la guerre un chronomètre à enregistrement électrique, pour servir aux observations astronomiques dans les stations temporaires où le transport et l'installation d'une pendule seraient difficiles et incommodes.

Les chronomètres que l'on construit actuellement ont une régularité de marche peu inférieure à celle des pendules; il était donc naturel de penser à les employer, pourvu que leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marche ne soit pas influencée par le mécanisme qui permet l'enregistrement. C'est le but que M. Bréguet a recherché et atteint en adaptant au chronomètre de marine un mécanisme très simple, qui consiste à faire frotter un levier sur une roue dentée adossée à un plateau isolant de même diamètre : la roue participe au mouvement général du chronomètre et fait un tour en une minute ; elle est munie de 30 dents, dont chacune a une largeur égale au quart du pas.

Lorsque le levier est sur une dent, le courant passe ; lorsqu'il correspond à un vide, il frotte sur le plateau isolant et le courant est interrompu. On obtient donc des passages de courant d'une demi-seconde et des interruptions d'une seconde et demie. L'enregistrement du temps sur un chronographe se fait ainsi toutes les deux secondes

L'expérience a montré que le mécanisme ne modifie pas sensiblement la marche du chronomètre.

Un dispositif particulier permet de supprimer le contact du levier sur la roue : dans ce cas, le chronomètre n'est plus enregistreur ; mais il est à recommander de laisser le levier en contact pendant toute la période des observations concernant une même opération, pour ne pas s'exposer à faire varier la marche.

Le chronomètre à enregistrement électrique rendra les plus grands services dans les stations lointaines ou d'un accès difficile. Le Dépôt de la guerre en a déjà fait usage pour les opérations astronomiques qu'il a entreprises au sommet du Puy-de-Dôme, à Biskra, à Laghouat, à Géryville et à Tunis.

Planchette chronographique de Bréguet *pour les postes astronomiques où l'on fait des observations pour la mesure des différences de longitude.* — Les appareils nécessaires pour l'enregistrement soit des observations locales, soit des signaux envoyés à une station lointaine ou reçus de cette station, nécessitent une installation qui, pour n'être pas difficile, demande au moins une attention et un soin particuliers ; la moindre erreur dans la pose d'une communication empêche les appareils de fonctionner, et,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les stations astronomiques lointaines, où l'on ne peut s'installer aussi commodément que dans un observatoire permanent, la mise en station peut quelquefois être très longue.

M. Lœwy, astronome de l'observatoire de Paris, a imaginé de réunir tous les appareils sur une planchette portative, dont l'installation est presque instantanée.

Sur cette planchette sont incrustées toutes les communications métalliques qui relient le chronographe au rhéostat, au relais, à la boussole, aux courants et à la terre ; la planchette posée sur une table, on n'a qu'à la relier au fil de terre, aux fils des diverses piles et aux fils de lignes : elle est complètement installée.

Quand on observe, un commutateur à trois positions permet d'opérer soit en local, soit en envoi ou en réception de signaux. Ce commutateur est un grand levier à six boutons, et la disposition des communications est telle, que l'on passe instantanément et sans erreur possible de l'envoi à la réception, avantage très précieux pour les échanges de signaux.

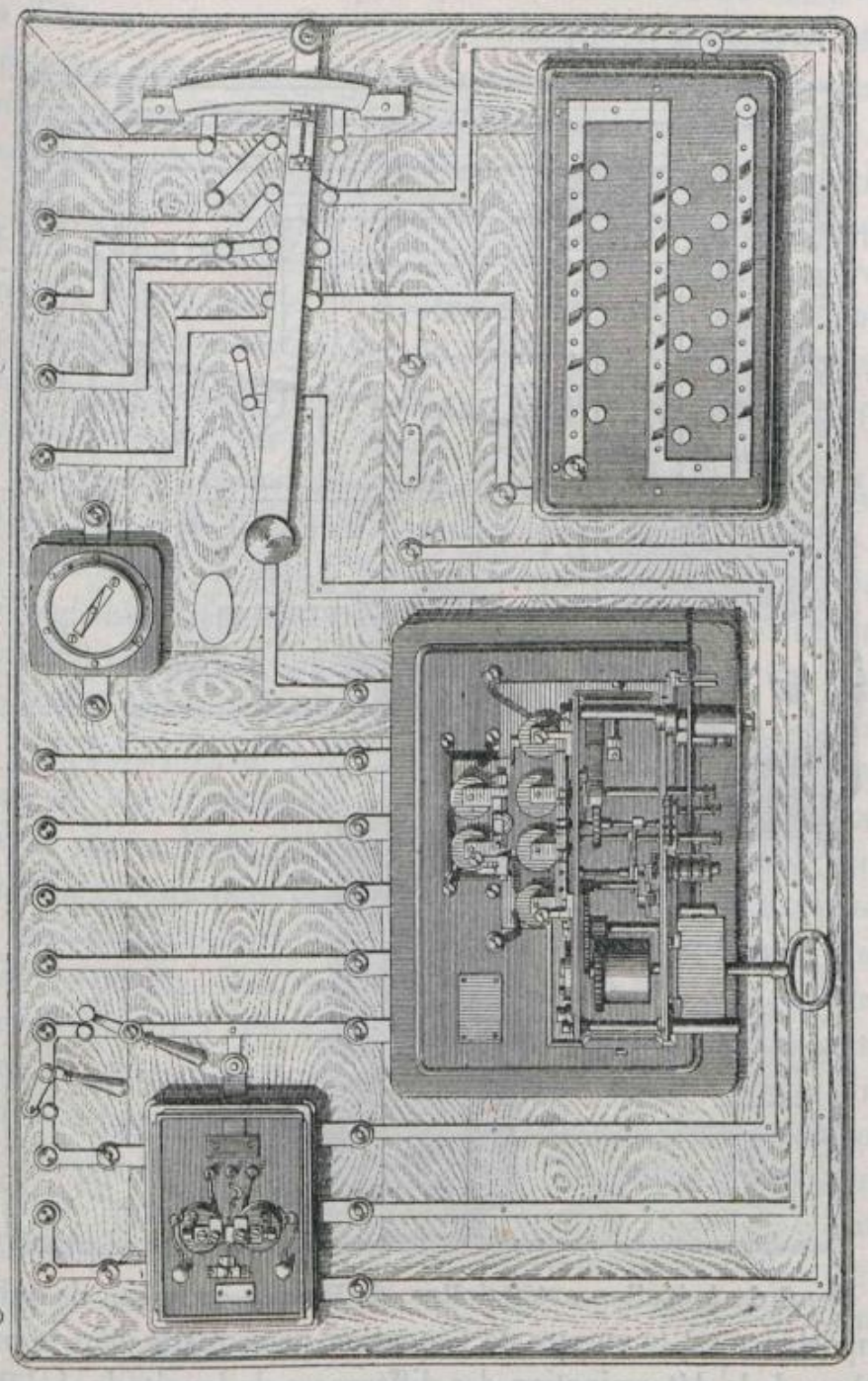
La distribution des communications permet également de régler très facilement les résistances à introduire dans le rhéostat, pour obtenir que le courant destiné à faire agir la plume des signaux soit constamment le même, aussi bien pour l'enregistrement local que pour la comparaison des pendules. Cette constance des courants est vérifiée par la boussole.

Enfin, grâce à l'interposition d'un commutateur simple sur le courant de la pendule, on a le moyen de déterminer très simplement la parallaxe des plumes, qui est, à proprement parler, l'avance ou le retard de la plume des signaux sur la plume du temps, et qui donne une correction dans laquelle se trouve comprise celle qui résulte des effets dus à l'inertie de toutes les pièces en mouvement.

Une disposition analogue est adoptée pour le **poste Morse**, qui accompagne toujours le **poste chronographique** dans les stations où l'on opère pour des mesures de différences de longitude. Sur une planchette munie, comme l'autre, de toutes les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

communications nécessaires, on installe l'appareil Morse, la

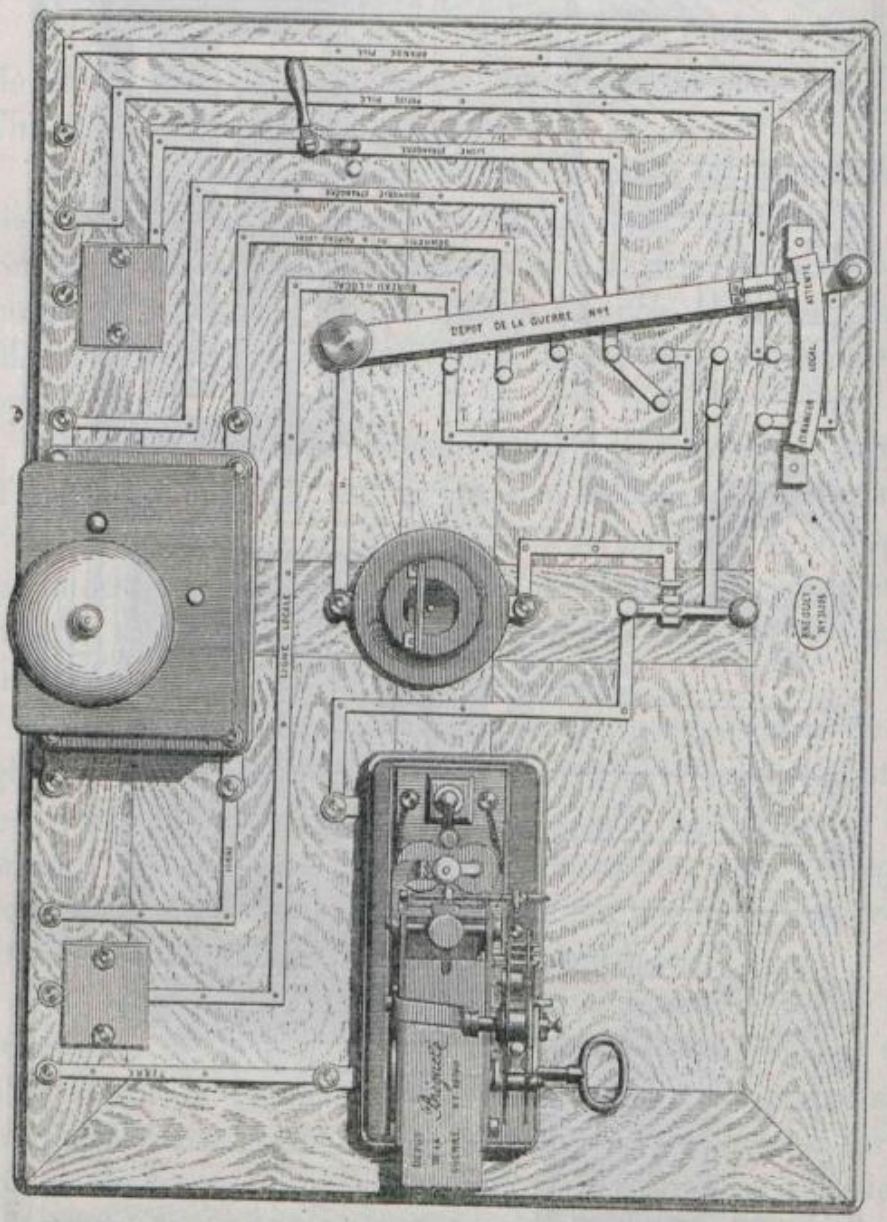


Poste chronographique.

sonnerie à deux directions et la boussole. Un commutateur à trois positions, disposé comme celui de la planchette chrono-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

graphique, permet de rester sur attente ou de communiquer, soit avec le bureau local, soit avec la station conjuguée, quand on a deux fils à sa disposition.



Poste Morse.

Pendule à étoiles artificielles, de Hipp. — On sait de quelle importance est la mesure de l'équation personnelle dans le problème de la détermination des différences de longitude. L'équation personnelle relative de deux observateurs peut s'obtenir directement par divers procédés, dont le plus simple consiste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à faire observer une même étoile, moitié par l'un, moitié par l'autre observateur. Les passages étant ramenés au même fil, la différence des temps observés donne l'erreur relative. Mais l'équation personnelle absolue, c'est-à-dire l'avance ou le retard, sur les passages vrais, que possèdentles passages observés par un astronome, ne peut être déterminée qu'avec un appareil spécial.

Cet appareil est le pendule à étoiles artificielles construit par M. Hipp, sur les indications de M. le professeur Hirsch, directeur de l'observatoire de Neuchâtel. Le premier a été établi pour cet observatoire; le second, celui qui a figuré à l'Exposition, appartient au Dépôt de la guerre : il réalise des perfectionnements marqués sur son aîné.

Le pendule permet de substituer une étoile artificielle à une étoile vraie et de l'observer dans des conditions d'apparence et de mouvement identiques à celles de la nature. Le passage vrai s'enregistre automatiquement; le passage observé est enregistré par l'observateur; la différence des deux temps est la valeur de l'équation personnelle absolue.

L'étoile artificielle n'est autre chose qu'un petit trou percé dans un écran noirci, derrière lequel on place une lampe; l'écran est au foyer principal de l'objectif de mire, et le trou illuminé produit dans la lunette l'effet d'une étoile de deuxième ou troisième grandeur; il est porté par une des extrémités d'un pendule double, qui, mis en mouvement, oscille dans un plan perpendiculaire à l'axe de la lunette méridienne. Le point lumineux est observé au moment où le pendule est au milieu de sa course et passe dans la verticale, c'est-à-dire au moment où son mouvement peut être considéré comme uniforme. Remarquons d'ailleurs que l'on peut modifier à volonté la vitesse de l'étoile artificielle et même changer le sens de son mouvement apparent.

L'observation de cette étoile est donc, en tous points, identique à celle d'une étoile naturelle.

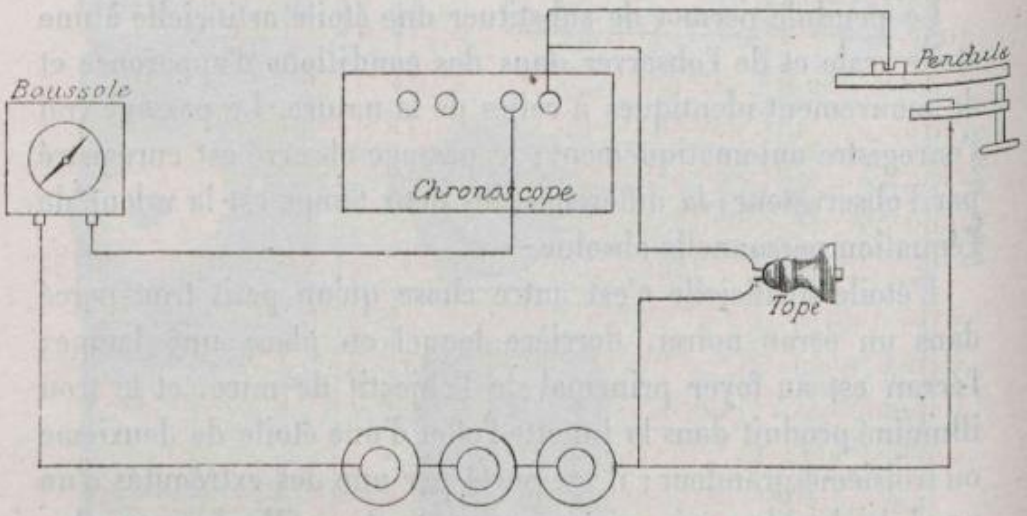
Quant à l'enregistrement du passage vrai ou du passage observé, on l'obtient au moyen du chronoscope.

Le **chronoscope**, dont la description est connue, est, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tous les instruments qui ont été imaginés pour la mesure des petites fractions de temps, le plus commode et le plus exact : il permet de mesurer directement les millièmes de seconde [1]. Il peut servir pour mesurer le temps de la chute des corps, pour mesurer la vitesse des projectiles, pour mesurer même la vitesse de transmission dans les nerfs sensitifs. Dans tous les cas, il donne le temps qui s'écoule entre l'ouverture et la fermeture d'un courant électrique.

Pour la mesure de l'équation personnelle, le pendule est relié électriquement au chronoscope; un tope est interposé dans le circuit. La figure ci-dessous donne le jeu des communications.



Quand le pendule est en mouvement, le courant ne peut le traverser que pendant une demi-oscillation, et l'appareil est réglé de manière que l'ouverture et la fermeture de ce courant se fassent au moment même du passage dans la verticale,

Quand le courant ne passe pas dans le pendule, il traverse le chronoscope et met en jeu l'aiguille qui marque le temps. Si, un instant après, l'observateur presse le bouton du tope, le courant vient passer par le tope, et l'interruption dans le chronoscope fait arrêter l'aiguille du temps.

[1] Voir le mémoire suisse sur la détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Genève et Neuchâtel.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici maintenant comment on opère pour l'observation de l'étoile artificielle et la mesure de l'équation personnelle.

Avec le fil mobile de la lunette, on pointe d'abord l'étoile quand le pendule est au repos, puis on met le pendule en mouvement, et l'on observe le passage de l'étoile artificielle derrière ce fil. A chaque oscillation, au moment de l'un des passages dans la verticale, soit à l'aller, soit au retour, suivant le sens que l'on a donné au mouvement apparent de l'étoile, il y a une interruption de courant qui correspond au passage vrai de l'étoile derrière le fil mobile, et qui fait mettre en mouvement l'aiguille du temps du chronoscope. L'observateur qui est à la lunette, et qui suit l'étoile, presse le tope au moment où il estime le passage : l'aiguille du temps du chronoscope est alors arrêtée. Le déplacement de cette aiguille entre l'ouverture et la fermeture du courant donne donc, en millièmes de seconde, le retard du passage observé sur le passage vrai, c'est-à-dire l'équation personnelle absolue.

L'examen des nombres fournis par les observations successives permet de se rendre compte du plus ou moins de constance que l'on a dans la manière dont on estime les passages. Considéré à ce point de vue, le pendule à étoiles artificielles est un instrument d'études excellent.

Le pendule qui est installé à Neuchâtel reçoit l'impulsion d'un aide qui l'écarte de la verticale à chaque oscillation. Le pendule du Dépôt de la guerre a un mouvement automatique, entretenu par un échappement à poids.

Dans l'appareil de Neuchâtel, le mouvement d'oscillation n'est régulier que dans la demi-oscillation de retour; dans celui du Dépôt, il est régulier pendant les deux demi-oscillations. Dans ce dernier, l'amplitude de l'oscillation est constante pendant toute la durée du mouvement; dans le premier, elle est variable à chaque oscillation, puisqu'elle dépend de l'impulsion, nécessairement variable, d'un manœuvre.

BASSOT.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE III.

MACHINES À IMPRIMER.

Il arrive fréquemment que l'on a besoin de reproduire une lettre à un nombre assez restreint d'exemplaires, mais dans le plus bref délai possible. Dans ce cas, l'usage de la presse autographique n'est pas avantageux. S'il s'agit, par exemple, d'avoir vingt copies d'une note, on aimera mieux les faire écrire par des secrétaires que de les autographier. Pour un plus grand nombre d'exemplaires, il faut avoir recours à la presse, et l'on perd un temps précieux : les opérations préliminaires sont, en effet, aussi longues pour un tirage de cinquante exemplaires que pour un tirage considérable.

On a donc cherché à réaliser une machine à écrire d'un fonctionnement à la fois commode et très rapide.

Cinq appareils construits dans ce but ont été soumis à l'appréciation du public et du jury de l'Exposition; ce sont : les machines russe ou d'Alissoff, danoise, américaine; celle du capitaine Schnaiter et l'appareil électrique de M. Postel-Vinoy.

Dans toutes ces machines, l'impression se fait, lettre par lettre, au moyen de caractères en relief.

Les trois premières ont un dispositif commun : l'impression s'effectue en un point de l'espace qui est le même pour tous les caractères, et c'est le papier qui vient successivement présenter à ceux-ci les points de sa surface qui doivent recevoir une lettre.

A cet effet, le papier est enroulé et maintenu sur un cylindre qui peut prendre deux mouvements, l'un de translation suivant son axe, qui sert à passer d'une lettre à la suivante dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même ligne, l'autre de rotation autour de son axe, qui permet de passer d'une ligne à une autre.

Les trois machines diffèrent entre elles par le moyen employé pour amener au point fixe le caractère dont on a besoin et pour en effectuer l'impression.

MACHINE RUSSE.

La machine russe de M. Alissoff comprend 240 caractères, savoir : deux types de lettres majuscules, deux de minuscules et, pour chaque type, les chiffres et les signes de ponctuation.

Ces 240 caractères sont gravés en relief sur le pourtour d'un cylindre et forment trois séries circulaires pour chaque type. Pour passer d'une série à l'autre et du premier type au second, on agit sur une manivelle qui, par le moyen d'une vis, fait glisser le cylindre suivant son axe et amène la série dont on a besoin en regard du point fixe où doit se faire l'impression.

Pour passer d'un caractère au suivant dans une même série, on fait tourner le cylindre au moyen d'une manivelle fixée au centre d'un cadran. Ce cadran porte trois séries concentriques de caractères, servant à la fois pour les deux types.

Un cylindre encreur, tangent au cylindre des lettres, tourne avec celui-ci.

Le cylindre à papier est placé au-dessus de celui des caractères, les axes à angle droit.

L'impression se fait par le moyen d'une pédale qui abaisse le cylindre à papier et l'applique sur la lettre encrée qui se trouve en regard.

Le mouvement de translation de ce cylindre s'opère automatiquement quand la pédale se relève. Quand une ligne est finie, on ramène le cylindre à son point de départ au moyen d'une manivelle agissant sur une vis.

L'appareil Alissoff n'imprime qu'un seul exemplaire à la fois ; comparé à ceux dont nous allons parler, il est très lent.

L'inventeur a eu surtout pour but d'obtenir un cliché bien

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

écrit servant à faire un report sur pierre ou sur zinc. Sa machine doit donc être complétée par une presse. Elle va plus vite que l'autographie, et l'écriture en est beaucoup plus régulière. Mais cet avantage compense-t-il l'embarras d'avoir une machine volumineuse et la sérieuse dépense qu'imposent son achat et son entretien ? Nous ne le pensons pas.

MACHINE AMÉRICAINE.

La machine américaine ou de Remington est beaucoup mieux conçue; elle est plus légère, moins encombrante et d'un prix de revient plus abordable.

Quarante-quatre boutons, disposés en gradins sur quatre lignes et portant chacun une lettre, un chiffre ou un signe de ponctuation, forment un petit clavier sur le devant de la boîte renfermant la machine.

En arrière du clavier, quarante-quatre leviers rectilignes sont disposés de manière à figurer les génératrices d'un tronc de cône vertical droit, à base circulaire, dont le sommet serait en bas. Ces leviers sont articulés sur la circonférence de base par une de leurs extrémités; l'autre porte un caractère gravé en relief. Chacun de ces leviers correspond à l'un des boutons du clavier. En frappant sur l'un de ceux-ci, le levier correspondant bascule autour de sa charnière, et la lettre gravée vient frapper juste au centre de la base du tronc de cône.

Le cylindre à papier est horizontal et placé juste au-dessus du cône, de manière que le point de la surface du papier qui doit recevoir l'impression d'une lettre coïncide avec le point où viennent frapper toutes les lettres.

Entre le papier et la lettre gravée se trouve interposé un ruban imprégné d'une composition chimique rouge ou violette, de sorte que les caractères sont imprimés en couleur, et non par simple estampage.

Les mouvements du cylindre à papier s'exécutent automatiquement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette machine est beaucoup plus rapide que la machine russe; mais le clavier exige une certaine habitude, qui ne s'acquiert qu'après un temps assez long. On arrive alors à imprimer 50 à 70 mots par minute.

Au moyen de cet appareil on peut imprimer plusieurs lettres à la fois. Il suffit d'employer plusieurs doubles de papier mince entre lesquels on interpose du papier carbonique. Mais il paraît difficile d'obtenir plus de six à huit épreuves. La machine Remington présente quelques inconvénients. L'écriture n'est pas toujours très nette. Comme le cylindre avance d'une quantité uniforme, les lettres étroites se trouvent isolées dans le corps du mot, ce qui nuit au coup d'œil et à la clarté.

MACHINE DANOISE.

La machine danoise a beaucoup d'analogie dans son principe avec la machine américaine.

Le cylindre à papier est remplacé par une portion de cylindre creux à grand rayon. La feuille de papier est beaucoup plus grande que dans la machine Remington. Tous les mouvements du papier se font automatiquement. L'appareil imprimeur est placé au-dessus du papier. Il se compose d'une calotte sphérique dans laquelle sont implantés des boutons portant chacun une lettre, un chiffre ou un signe de ponctuation. Les tiges qui portent les boutons se terminent à leur partie inférieure par un caractère gravé en relief correspondant à celui du bouton. En appuyant sur l'un de ceux-ci, le caractère gravé vient frapper juste au centre de la calotte sphérique, de sorte que toutes les lettres s'impriment en un même point. L'impression a lieu par l'interposition d'un ruban chimique entre la lettre et le papier. En employant des doubles de papier mince, on peut, comme dans la machine américaine, imprimer plusieurs exemplaires à la fois.

Par un mécanisme spécial, assez simple, le mouvement de translation du papier est réglé d'après la largeur des lettres. Il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en résulte que les mots conservent l'aspect qu'ils présentent dans l'impression typographique ordinaire.

Cette machine est peut-être un peu moins rapide que la machine américaine; mais elle est mieux construite, mieux conçue et donne des copies beaucoup mieux écrites.

MACHINE FRANÇAISE.

Le typographe multiplicateur du capitaine Schnaiter a pour objet d'imprimer, à volonté, cinq, dix, quinze ou vingt exemplaires à la fois.

Il fait usage d'un rouleau de papier sans fin, que l'on met en place, une fois pour toutes, et au bout duquel on rattache un nouveau rouleau, quand le premier est épuisé. Ce papier passe en serpentant sur deux séries de vingt cylindres horizontaux, AA... BB... (fig. 1 et 2), disposés de manière à former deux couronnes concentriques.

Les cylindres B B... sont recouverts de drap ou de caoutchouc; c'est sûr eux que se fait l'impression. Entre les cylindres B, se trouvent vingt tampons cylindriques, destinés à encrer les caractères, *c*, *c*, *c* (fig. 1). Ces tampons tournent sur eux-mêmes au moyen d'un cordon qui s'enroule sur les autres cylindres. L'encre de ces tampons n'a pas ainsi besoin d'être renouvelée souvent. Les cylindres et les tampons sont maintenus par deux plaques verticales, P P, réunies par leur base sur une plaque horizontale F. Tout l'ensemble est porté par quatre galets, *g*, roulant sur deux rails, et peut prendre un mouvement de translation parallèle à l'axe des cylindres.

Les caractères employés sont ceux dont on se sert dans l'imprimerie typographique, et forment vingt alphabets semblables, comprenant les lettres, les chiffres et les signes de ponctuation.

Tous les caractères sont placés dans un cylindre à deux enveloppes concentriques V (fig. 1 et 2).

Les caractères d'un même alphabet sont placés dans le cy-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lindre V (fig. 1 et 2), les uns à la suite des autres, le long d'une génératrice rectiligne, et les vingt alphabets occupent vingt génératrices rectilignes équidistantes. Il résulte de cette disposition que les vingt A, les vingt B, etc., se trouvent respectivement sur une même circonférence et à égale distance les uns des autres.

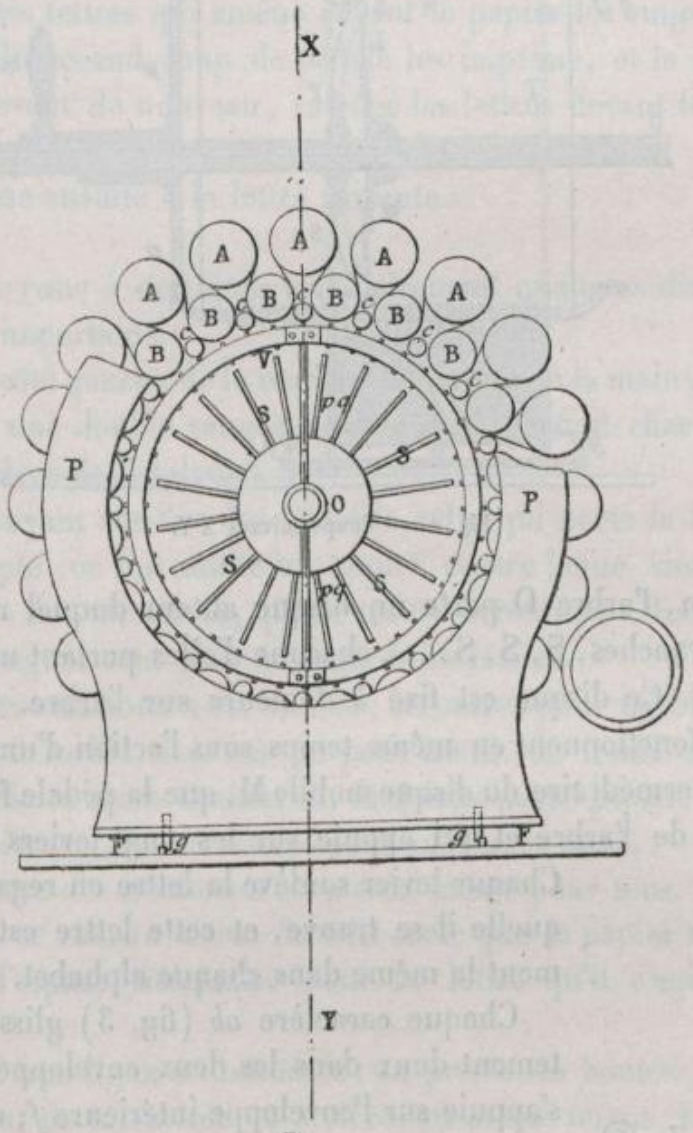


Fig. 1.

Le cylindre, ainsi muni de ses lettres, est fixé par deux branches p, q, sur un arbre horizontal O O, dont l'axe coïncide avec l'axe de figure des cylindres A, B. Le cylindre peut glisser le long

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'arbre au moyen d'une manette *m*, que l'opérateur tient de la main droite.

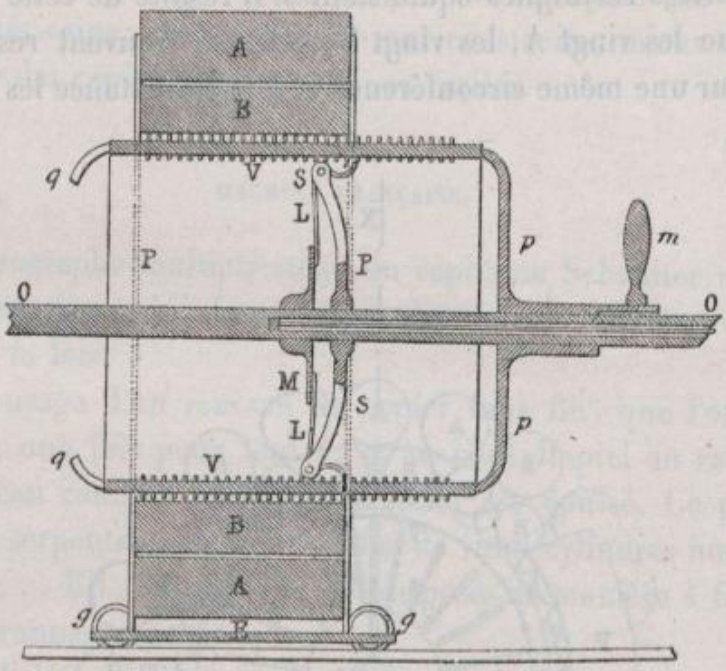


Fig. 2. — Coupe suivant X Y.

Enfin, l'arbre O porte un disque autour duquel rayonnent vingt branches, S, S, S . . ., chacune d'elles portant un levier L (fig. 2). Ce disque est fixé à demeure sur l'arbre. Les vingt leviers fonctionnent en même temps sous l'action d'une pédale, par l'intermédiaire du disque mobile M, que la pédale fait glisser le long de l'arbre et qui appuie sur les vingt leviers à la fois. Chaque levier soulève la lettre en regard de laquelle il se trouve, et cette lettre est évidemment la même dans chaque alphabet.

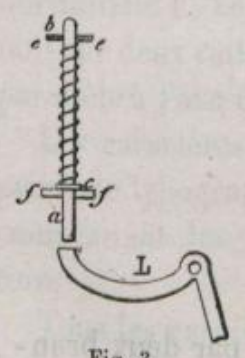


Fig. 3.

Chaque caractère *ab* (fig. 3) glisse à frottement doux dans les deux enveloppes *e*, *f*; il s'appuie sur l'enveloppe intérieure *f*, au moyen d'un collet *c*; un ressort à boudin le maintient dans cette position, et l'y ramène quand il a été poussé de dedans au dehors par le levier L agissant sur l'extrémité *a*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Supposons maintenant que l'on veuille imprimer un M. On fait glisser le cylindre des lettres le long de l'arbre O jusqu'à ce que les vingt M se trouvent en regard des leviers. On agit alors sur la pédale, et les vingt M soulevés vont s'encrer contre les tampons.

La pédale, en se relevant, fait tourner mécaniquement le cylindre des lettres qui amène devant le papier les vingt lettres encrées. Un second coup de pédale les imprime, et la pédale, en se relevant de nouveau, ramène les lettres devant les tampons.

On passe ensuite à la lettre suivante.

Il nous reste à expliquer sommairement quelques dispositifs de détail importants.

Sur le côté gauche de la machine, à portée de la main gauche, se trouve une double rangée de boutons, portant chacun l'un des caractères de l'alphabet.

En appuyant sur l'un des boutons, celui qui porte la lettre M par exemple, on fait saillir un taquet, contre leque vient buter le cylindre des caractères, qui se trouve arrêté; on est sûr alors que les vingt M sont bien en regard des leviers.

La course du bouton est utilisée, en outre, pour faire tourner une roue à rochet fixée sur un petit treuil. Ce treuil agit, par l'intermédiaire d'une chaîne, sur le chariot porte-papier, qui s'avance de l'intervalle nécessaire pour imprimer le M.

La course des boutons n'est pas la même pour tous. Elle est réglée, pour chacun d'eux, de telle sorte que le papier n'avance que de l'espace nécessaire pour la lettre qu'il s'agit d'imprimer.

Quand une ligne est terminée, on presse un bouton, le chariot revient de lui-même en arrière; en même temps, les cylindres à papier tournent sur eux-mêmes automatiquement, et l'on peut imprimer la ligne suivante.

Pour imprimer, à volonté, 15, 10 ou 5 exemplaires, il suffit de faire tourner le disque M (fig. 2) qui agit sur les leviers. Ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disque porte des dents de largeur inégale, de sorte qu'en le faisant tourner, certaines dents plus étroites, ne se trouvant plus en regard des leviers correspondants, n'agissent pas sur eux et ne les font pas imprimer.

Il faut environ une seconde pour imprimer un caractère; c'est à peu près le temps qu'un autographiste met à écrire ce caractère à la main. Le typographe met donc à imprimer vingt dépêches le temps qu'un autographiste écrivant assez lentement emploierait à en écrire une.

L'appareil pourrait être simplifié et rendu beaucoup plus rapide. Il suffirait de supprimer les tampons encreurs et d'interposer entre les lettres et le papier un papier chimique. Il ne faudrait alors qu'un seul coup de pédale. En employant plusieurs doubles de papier mince, quatre, par exemple, avec du papier chimique interposé, l'appareil donnerait quatre-vingts dépêches à la fois.

Mais elles seraient imprimées moins nettement qu'avec l'encrage par tampons.

Nous dirons peu de chose de la machine électrique construite, croyons-nous, par M. Postel-Vinoy.

Elle imprime vingt lettres à la fois, au moyen de vingt roues de types analogues à celles dont on fait usage dans les appareils télégraphiques imprimeurs. Le mécanisme est assez semblable à l'expéditeur du télégraphe Hughes. Les deux inconvénients principaux de cette machine sont les suivants : elle exige l'emploi d'une pile, et l'impression se fait, non sur des feuilles entières de papier, mais sur des bandes étroites. Il faut, quand la dépêche est terminée, découper chacune des vingt bandes et coller les morceaux sur une feuille de papier. Sans parler du temps perdu, de l'irrégularité de l'impression et de l'aspect peu séduisant des épreuves, ce procédé entraîne des erreurs qu'une attention soutenue peut seule faire éviter.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AUTOPOLYGRAPHE BAUER.

L'autopolygraphe est un appareil permettant de tirer 50 à 60 exemplaires d'une feuille manuscrite, sans presse et, pour ainsi dire, sans installation.

Il se compose :

1° D'une plaque de métal sur laquelle est étendue une pâte molle comme de la cire. Cette pâte est fortement colorée avec de l'encre d'aniline (violette, rouge, verte ou brune);

2° D'un ou plusieurs tampons en peau servant à étendre la pâte sur les plaques;

3° De boîtes renfermant les pâtes de différentes couleurs.

Le tout est enfermé dans une boîte en carton ou en fer-blanc.

L'emploi de l'appareil est facile et à la portée de tous. Le tirage se fait assez rapidement (de 10 à 20 secondes par épreuve). Quand la boîte contient des plaques de différentes couleurs, on peut, en transportant la feuille de papier de soie d'une plaque sur l'autre, obtenir dans le texte des écritures de couleurs diverses, sans repérage : au tirage, toutes les couleurs viennent en même temps.

Le transport de l'appareil n'est pas gênant, et une table suffit pour son installation. Tels sont les avantages que présente l'autopolygraphe Bauer.

Les inconvénients reconnus sont les suivants : les épreuves provenant de ce procédé sont baveuses et peu agréables à l'œil.

Dans le tirage, la feuille de papier de soie peut se déchirer, et il faut alors recommencer la matrice.

Enfin, les croquis obtenus sont, la plupart du temps, illisibles. L'appareil ne peut donc servir qu'à l'écriture : encore faut-il que celle-ci soit grosse et bien formée pour que la lecture en soit facile.

Cet appareil coûte 20 francs pour une couleur et 30 francs pour deux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE PAPYROGRAPHE.

Le papyrographe se compose de :

1° Une presse à copier;

2° Un carton double contenant un tampon en velours imbibé de couleur d'aniline;

3° Un papier imperméable;

4° Une encre spéciale, dite encre papyrographique.

Cet appareil est simple et d'un emploi facile; son tirage est rapide, puisqu'il n'exige pas plus d'une minute pour huit ou dix exemplaires, avec un peu d'habileté; en procédant avec soin, on peut arriver à reproduire 500 exemplaires; mais il a l'inconvénient de grossir les traits, ce qui interdit son emploi pour des croquis topographiques : l'écriture seule donne des résultats satisfaisants. De plus, le transport du papyrographe, renfermé dans une boîte en bois, est plus difficile que celui de l'autopolygraphe Bauer. Son prix est beaucoup plus élevé, puisqu'il coûte, y compris la presse à copier, 150 francs pour les formats in-4° et in-8°, et 350 francs pour l'in-folio. Toutefois, il est juste de reconnaître que les résultats obtenus sont préférables à ceux de l'autopolygraphe.

PLUME ÉLECTRIQUE EDISON.

Le principe de cet appareil repose sur l'attraction produite sur les pôles d'un aimant par deux bobines, dont l'aimantation change au moyen d'un commutateur.

Un volant en acier, mis ainsi en mouvement, soulève, à l'aide d'un excentrique, une tige à laquelle est fixée une aiguille finement appointée. Cette aiguille, qui se relève et s'abaisse environ 600 fois dans une minute, perce d'une quantité considérable de petits trous le papier sur lequel on le promène en écrivant.

Le tirage se fait au moyen d'un rouleau en feutre imbibé d'encre grasse, que l'on fait mouvoir à la main sur la feuille de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

papier piquée par l'aiguille : l'encre grasse passe alors à travers les trous et reproduit le dessin ou l'écriture sur une feuille blanche placée en dessous. Ce procédé, très simple, est d'un emploi facile : le tirage est particulièrement rapide, puisqu'il se monte à 50 ou 60 exemplaires à l'heure. On peut avec la même matrice arriver à une reproduction de 10,000 exemplaires. Les lignes ou plutôt la série des points rapprochés tracés par la plume sont assez fins pour permettre d'exécuter un dessin topographique peu compliqué. Mais, d'un autre côté, cet appareil exige une pile. Si elle était sèche, son transport en campagne serait facile; malheureusement, elle est au bichromate de potasse; de plus, le renouvellement des liquides de cette pile est délicat; il faut de l'acide sulfurique d'une bonne qualité.

La plume elle-même ne fonctionne qu'à l'aide d'un mécanisme délicat et compliqué.

Bien que les épreuves soient très lisibles, il faut indiquer, comme dernier inconvénient, toutefois peu important, que les lettres n'ont pas de pleins, ce qui produit une écriture grêle; mais l'œil s'y accoutume facilement.

Le prix de la plume électrique, avec sa pile, sa presse et tous les accessoires, varie de 210 à 250 francs, suivant le format du papier qu'on désire employer.

BUGNOT.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CINQUIÈME SECTION.

CHEMINS DE FER ET TÉLÉGRAPHIE.

CHAPITRE PREMIER.

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

L'Exposition universelle de 1878 n'a pas présenté, en ce qui concerne le matériel des chemins de fer, un intérêt militaire bien direct. En effet, en dehors d'un train sanitaire, exposé par la Société française de secours aux blessés, et d'un wagon plat, présenté par son inventeur comme offrant des avantages particuliers pour le transport de guerre, le matériel qui figurait dans la classe 64 ne comprenait aucun objet concernant spécialement l'armée; il se composait surtout de wagons de luxe pour voyageurs, de locomotives de différents types, de rails, de traverses métalliques, de machines-outils, de matériaux et d'appareils divers concernant la construction et l'exploitation commerciale des chemins de fer.

Les progrès divers réalisés dans l'établissement des moyens de transport par voies ferrées ne sont cependant pas sans intérêt pour le département de la guerre, et nous croyons utile de faire suivre la description du matériel roulant ci-dessus, comme intéressant plus particulièrement le service militaire des chemins de fer, d'un aperçu des améliorations les plus importantes adoptées par les compagnies françaises ou à l'état d'expérimentation sur les différents réseaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 1er. — TRAIN SANITAIRE EXPOSÉ PAR LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE SECOURS AUX BLESSÉS.

Le matériel exposé se compose de :

1° Trois wagons pour blessés couchés et pour blessés assis;
2° Un wagon pour les médecins;
3° Un wagon-réfectoire;
4° Un wagon-cuisine;
5° Un wagon-magasin (matériel de chirurgie, de pansement, de pharmacie);
6° Un wagon d'approvisionnements.

Description. — *Wagon pour blessés.* — Ce wagon est disposé pour convenir au transport de blessés pouvant voyager assis et de blessés ou malades alités; à cet effet, il peut être muni de banquettes pour 40 hommes ou de 15 couchettes, superposées trois par trois.

Les sièges et les dossiers des bancs sont logés, lorsqu'on n'en a pas besoin, dans les parois du wagon, de telle sorte qu'ils ne gênent en rien l'installation des couchettes quand la voiture doit servir au transport de blessés ou malades alités. Cette dernière installation se fait au moyen de quatre montants en bois, pourvus d'œillets dans lesquels on engage des tringles en fer qui servent de support aux couchettes.

Les montants et tringles restent, comme les banquettes, à demeure dans le wagon.

Lorsqu'on démonte les lits, les montants sont fixés à la toiture de la voiture, et les tringles en fer sont emmagasinées dans une petite caisse, sous le plancher.

Si quelques-uns des blessés sont en état de voyager assis, une partie seulement du wagon peut être disposée pour recevoir des lits, et l'autre des banquettes.

Le cas où les lits dont le modèle a été adopté par la Société viendraient à manquer a été également prévu. Des crochets

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixés dans le plafond du wagon reçoivent des cordes, au moyen desquelles on suspend les brancards, qui servent au transport des blessés sur le champ de bataille, et qui sont utilisés alors comme couchettes.

Pour supprimer le balancement latéral, on attache le brancard aux parois du wagon.

Tous les wagons communiquent entre eux au moyen de terrasses pourvues de galeries mobiles, de sorte que le personnel d'ambulance peut circuler facilement et sans danger d'un bout à l'autre du train.

La caisse du wagon à blessés est pourvue, sur chacune de ses faces latérales, d'une porte glissante, et, sur chacune de ses extrémités donnant accès aux terrasses, d'une porte à deux battants inégaux, dont un seul (le grand) s'ouvre pour la circulation ordinaire, l'autre ne devant s'ouvrir que pour l'entrée ou la sortie des blessés couchés.

Un water-closet est établi contre l'une des parois latérales. Un poêle se trouve placé à côté du water-closet.

L'éclairage de jour et la ventilation des wagons sont obtenus par de larges et hauts lanternons, disposés dans la toiture et pourvus, sur leurs faces, de châssis mobiles, dont l'ouverture se règle à volonté.

Deux des wagons pour blessés exposés par la Société ont reçu l'aménagement décrit ci-dessus; la troisième voiture est un wagon à marchandises approprié pour le transport des blessés couchés.

Dans ce dernier wagon, deux modes d'appropriation ont été présentés.

Les brancards sont suspendus à des cordes attachées au toit du wagon lui-même au moyen de simples crochets.

Ou bien, les cordes qui supportent les brancards sont attachées à un cadre en bois placé dans le wagon, auquel il n'adhère par aucun mode d'attache. Chaque voiture à marchandises peut contenir deux de ces cadres, qui supportent six brancards chacun. (Système de M. le comte de Beaufort.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wagon des médecins. — Ce wagon est disposé pour recevoir quatre médecins. C'est un véritable *sleeping-car,* composé de quatre chambres confortablement meublées. Ce wagon est, en outre, muni de water-closets et d'un appareil de chauffage. Il est éclairé : le jour, par une guérite vitrée, dont les châssis mobiles permettent de régler à volonté l'aérage; la nuit, par des lanternes ordinaires de voiture, encastrées dans le plafond.

Wagon-réfectoire. — Ce wagon n'est autre que celui destiné au transport des blessés, dans lequel on a installé une table munie de pieds à vis; les banquettes du wagon à blessés sont placées de chaque côté de cette table.

Wagon-cuisine. — On a réuni dans ce wagon tous les appareils, ustensiles et accessoires nécessaires à la nourriture de trois ou quatre cents blessés ou malades et à celle du personnel d'ambulance et du train, ainsi qu'à la préparation des tisanes destinées à ces malades et blessés. Son aménagement comprend :

Un grand fourneau, placé au milieu de l'une des parois latérales du wagon, et portant deux chaudières, de 75 litres chacune, pour la préparation de la soupe, et deux bains-marie, pour le café et les autres boissons chaudes.

Un rayon fixé sur la paroi du wagon, au-dessus du fourneau, supporte la batterie de cuisine; deux lits, l'un pour le cuisinier, l'autre pour son aide, sont fixés, au moyen de charnières, à la paroi du wagon faisant face au fourneau.

Ces lits, pendant le jour, se relèvent contre la paroi de la voiture de manière à ne pas encombrer; de plus, l'un d'eux est doublé d'une table, qui se développe lorsque le lit se relève.

Des armoires dans lesquelles sont placés la vaisselle et le service de table occupent les quatre coins du wagon, et sont surmontées de réservoirs à eau d'une contenance de 1,800 litres.

Ce wagon est éclairé et ventilé par un grand lanternon et quatre châssis latéraux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Wagon-magasin. — Ce wagon contient : des armoires pour les objets de literie et le linge; une pharmacie avec table de manipulation; des armoires pour les appareils de pansement, pour les instruments de chirurgie; une glacière, un appareil à glace, un poêle, un lit pour le garde-magasin.

L'éclairage a lieu : la nuit, par des lanternes encastrées dans le plafond; le jour, par deux lanternons avec châssis mobiles pour l'aérage du wagon.

Wagon d'approvisionnements. — Ce wagon est l'annexe du wagon-cuisine. Des deux côtés d'un couloir central sont disposées des armoires pour recevoir le combustible et les provisions de tout genre.

Appréciation. — Les quelques voitures types exposées par la Société française de secours aux blessés, et qui avaient figuré déjà à l'Exposition de Vienne en 1873, semblent réunir, au point de vue de leur aménagement spécial, tous les avantages que l'on peut exiger d'un matériel exclusivement affecté au service des ambulances. Mais c'est la perfection même de leur agencement qui doit nous les faire condamner. C'est un matériel de luxe dont l'emploi pour l'armée ne peut être pratique.

En effet, des trains sanitaires construits et organisés d'après les données de la Société de secours aux blessés coûteraient des sommes considérables, et, par suite, le nombre en serait forcément restreint et n'offrirait, au moment d'une guerre, que des ressources tout à fait insuffisantes

Ce n'est pas assurément dans la construction d'un matériel spécial que nous devons chercher la solution de l'importante question du transport des malades et blessés par chemins de fer, mais bien dans l'étude des mesures à prendre pour approprier le matériel en usage sur nos grands réseaux, et principalement les wagons à marchandises, au service des ambulances.

C'est là seulement que nous trouverons des ressources suffi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

santes pour répondre aux besoins qui se manifesteront pendant la guerre.

Nous examinerons donc particulièrement les agencements des modèles présentés au point de vue de la possibilité de les utiliser pour une appropriation facile et peu coûteuse du matériel actuel de nos compagnies de chemins de fer, et nous pouvons, tout d'abord, écarter la question du transport des blessés assis, car cette question est aujourd'hui résolue par l'adoption des bancs dans l'aménagement des wagons à marchandises pour le transport des hommes.

Deux des systèmes présentés par la Société de secours aux blessés pour le transport des malades ou blessés alités sont susceptibles d'être adoptés pour l'appropriation de nos wagons à marchandises :

1° Le cadre mobile en bois proposé par M. le comte de Beaufort;

2° Le mode de suspension au moyen de cordes attachées à de simples crochets fixés dans la toiture du wagon.

Le premier système est ingénieux, et présente l'avantage de n'exiger aucune modification de la caisse du véhicule, aucune addition de clous ou de vis : le cadre n'adhère au wagon par aucun mode d'attache, mais, par suite, pour avoir une stabilité suffisante, il est indispensable qu'il ait, à peu de chose près, les dimensions intérieures de la caisse du wagon.

Cette dernière particularité présente, à notre point de vue, un inconvénient grave. En effet, comme les wagons à marchandises susceptibles d'être employés au transport des hommes sur les différents réseaux n'ont pas des dimensions identiques, nous serions obligés, pour être en mesure d'appliquer à tous ces wagons le système du comte de Beaufort, d'avoir des cadres de différents modèles, ce qui pourrait créer, à un moment donné, des difficultés sur lesquelles il nous paraît inutile d'insister.

Le mode de suspension au moyen de cordes attachées à de simples crochets fixés dans la toiture du wagon est éminem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment plus pratique. Il suffirait, en effet, pour approprier au transport des blessés alités tous les wagons déjà aménagés pour le transport des hommes et des chevaux, de munir ces wagons des crochets de suspension nécessaires.

Il conviendrait cependant d'examiner si ces crochets fixés dans les poutrelles du plafond ne seraient pas de nature à gêner lorsque les véhicules seraient employés à d'autres transports, celui des chevaux, par exemple. Il serait au moins indispensable, avant d'adopter ce système, de s'assurer par des expériences que les crochets peuvent être placés de manière à n'occasionner aucune blessure aux animaux.

M. le comte Serrurier, vice-président de la Société de secours aux blessés, a fait venir d'Allemagne et a joint au matériel exposé au Champ de Mars un spécimen de crochet de suspension qui permet de résoudre la question qui nous occupe de la façon la plus simple, la plus prompte et la plus économique en même temps.

Ce crochet, dit *griffe du diable*, adopté par l'armée allemande, n'est autre chose qu'une espèce de tenaille en fer dont les deux branches de la poignée forment un angle un peu ouvert.

Ces deux branches s'engagent dans un anneau auquel est attachée la corde de suspension du brancard, et qui a pour effet de serrer les pinces de la griffe d'autant plus fort que le poids suspendu est plus lourd.

Quatre griffes de cette espèce peuvent, les poutrelles du plafond du wagon leur servant de point d'attache, supporter un, deux ou trois brancards superposés. Il faut donc seize griffes pour aménager un wagon pouvant contenir douze blessés couchés.

Ce système présente le grand avantage d'éviter tout aménagement préalable du matériel des compagnies. Pour être en mesure d'assurer le transport des blessés avec des wagons à marchandises, quels qu'ils soient, il suffirait d'avoir en dépôt, dans les stations têtes d'étapes de guerre, un approvisionnement suffisant de griffes du diable munies de leurs cordes de suspension.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est à remarquer, en outre, que cet approvisionnement n'aurait pas besoin d'être considérable, car rien n'empêcherait, dès qu'un train de blessés serait arrivé à destination, de renvoyer à la station de départ les griffes ayant servi au transport.

§ 2. — WAGON À PLATE-FORME TOURNANTE EXPOSÉ PAR M. HENRY ENTZ.

Description. — La partie centrale du fond ou plancher du wagon plat exposé par M. Entz est mobile et tourne à pivot fixe, au moyen de galets et d'un chemin de roulement établi sur la charpente du wagon. Cette plate-forme est mobile et circulaire et d'un diamètre égal à la largeur du wagon; des arrêts, ainsi que des chaînes d'amarre placées à l'avant et à l'arrière, assurent la solidité du chargement.

Un treuil mobile s'ajustant dans des mortaises placées au bas du châssis, au milieu des grands côtés, sert à faciliter le chargement et le déchargement; une pièce-guide fixée à l'axe de la plate-forme complète l'action de ce treuil.

La plaque tournante peut être mise en mouvement, soit à la main, soit à l'aide du treuil.

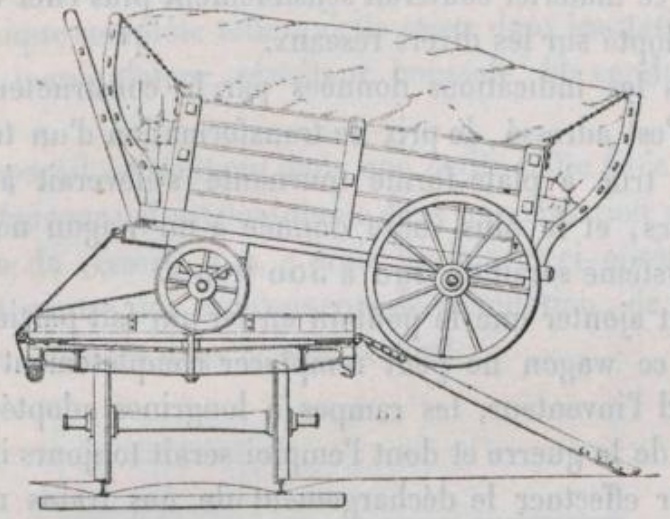
Un poulain en fer fait partie du matériel du wagon et permet d'effectuer les chargements et les déchargements en pleine voie.

Appréciation. — Le wagon à plate-forme tournante exposé par M. Entz offre certainement des avantages au point de vue de la facilité du chargement des voitures en pleine voie, mais, à côté de cet avantage, il présente, au point de vue militaire surtout, un inconvénient tellement grave, qu'il n'y a pas lieu de considérer son emploi comme pratique.

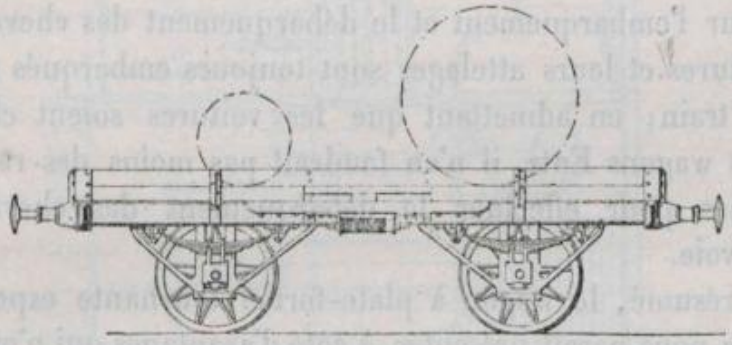
En effet, il réduit le chargement d'un véhicule à une seule voiture, ce qui rendrait impossible l'embarquement de certaines unités tactiques dans un même train, ou, dans tous les cas, augmenterait sensiblement le nombre des véhicules néces-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

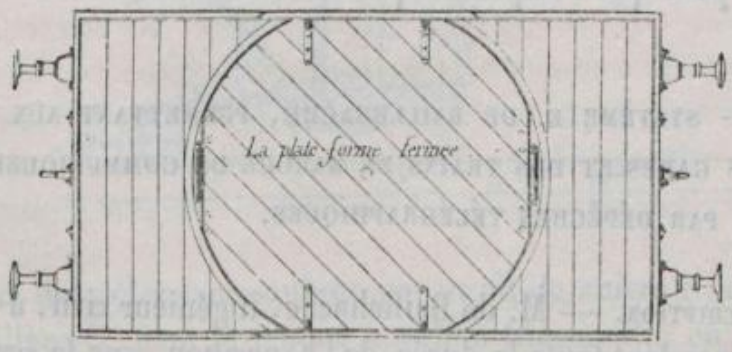
saires pour effectuer nos transports de concentration, et rendrait ainsi tous nos trains plus lourds.



Au point de vue de l'exploitation des chemins de fer, le wagon



Entz offre le même inconvénient en augmentant d'une manière



exagérée le rapport du poids mort au poids utile transporté.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET METIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Comme véhicule, il manque de solidité et n'offre pas de garanties suffisantes de stabilité dans la position du chargement.

Enfin, ce matériel coûterait sensiblement plus cher que celui qui est adopté sur les divers réseaux.

D'après les indications données par le constructeur à qui M. Entz s'est adressé, le prix de transformation d'un truc ordinaire en truc à plate-forme tournante s'élèverait à environ 400 francs, et la plus-value donnée à un wagon neuf de ce dernier système serait de 400 à 500 francs.

On doit ajouter que le poulain en fer qui fait partie du matériel de ce wagon ne peut remplacer complètement, comme le prétend l'inventeur, les rampes à longrines adoptées par le ministère de la guerre et dont l'emploi serait toujours indispensable pour effectuer le déchargement de nos trains militaires en pleine voie. Le poulain, en effet, peut servir au chargement et au déchargement des voitures, mais il ne pourrait être utilisé pour l'embarquement et le débarquement des chevaux. Or les voitures et leurs attelages sont toujours embarqués dans le même train; en admettant que les voitures soient chargées sur des wagons Entz, il n'en faudrait pas moins des rampes à longrines pour effectuer le débarquement des chevaux en pleine voie.

En résumé, le wagon à plate-forme tournante exposé par M. Entz nous paraît présenter, à côté d'avantages qui n'ont pour nous qu'une importance secondaire, des inconvénients trop graves pour que l'emploi en puisse être recommandé.

§ 3. — SYSTÈME E. DE BAILLEHACHE, PERMETTANT AUX AGENTS DES GARES ET DES TRAINS EN MARCHE DE COMMUNIQUER ENTRE EUX PAR DÉPÊCHES TÉLÉGRAPHIQUES.

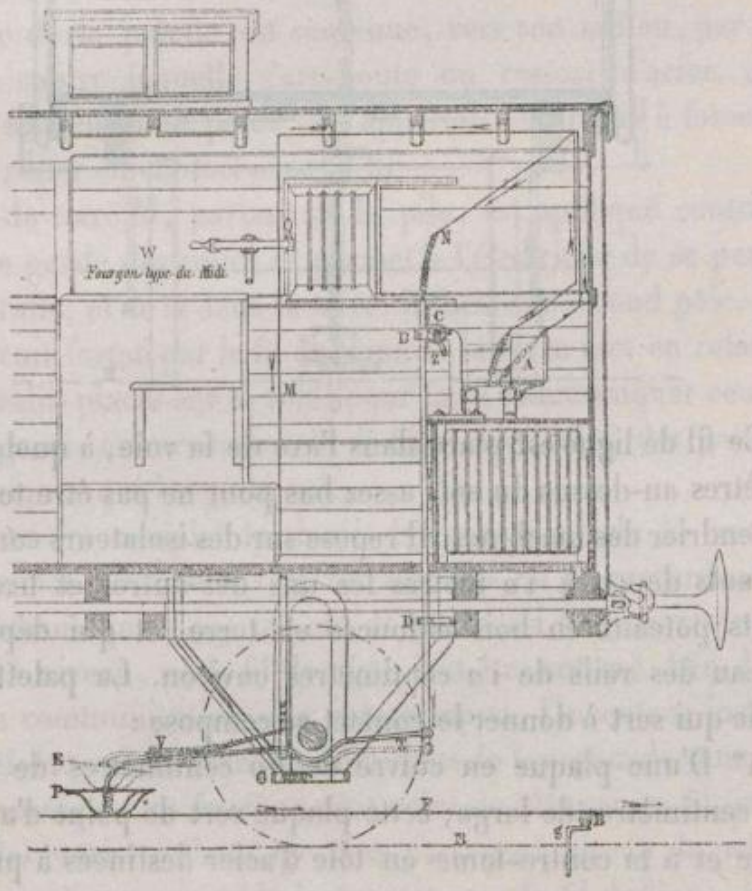
DESCRIPTION. — M. de Baillehache, ingénieur civil, a expérimenté pendant toute la durée de l'Exposition, sur la section de chemin de fer comprise entre le Champ de Mars et Grenelle,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un système permettant d'établir à toute minute une communication entre un train en marche et les postes des gares.

Le fourgon du chef de train est pourvu à cet effet d'une table télégraphique complète telle qu'elle existe dans les stations, avec sonnerie, manipulateur, récepteur, boussole, fils conducteurs et pile.

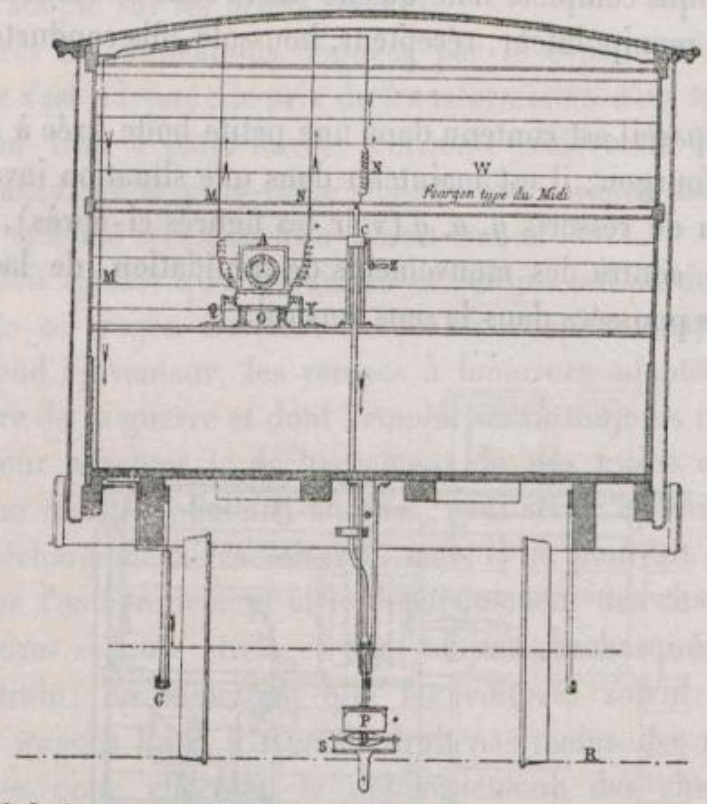
Cet appareil est contenu dans une petite boîte fixée à l'extrémité du fourgon; il est maintenu dans une situation invariable au moyen de ressorts y, o, q (voir les figures ci-après), qui le protègent contre les mouvements de trépidation, de lacet, et contre les poussées dans le sens vertical.



L'un des pôles communique par un fil de cuivre N avec une crémaillère C, dont le jeu est appelé à transmettre ou à isoler le courant au moyen d'une tige à l'extrémité de laquelle se trouve

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une palette métallique à ressorts P, et qui permet, ou d'établir le contact, lorsqu'on l'abaisse sur un fil de fer galvanisé, dit *fil de ligne*, ou de supprimer le contact, lorsqu'on l'élève.



Ce fil de ligne est placé dans l'axe de la voie, à quelques centimètres au-dessus du sol, assez bas pour ne pas être touché par le cendrier des machines. Il repose sur des isolateurs coniques B, distants de 10 à 12 mètres les uns des autres et fixés sur de petits poteaux en bois enfoncés en terre, et qui dépassent le niveau des rails de 12 centimètres environ. La palette métallique qui sert à donner le contact se compose :

1° D'une plaque en cuivre de 40 centimètres de long sur 23 centimètres de large; cette plaque sert de point d'appui à la lame et à la contre-lame en tôle d'acier destinées à prendre le contact;

2° D'une lame en tôle d'acier rivée au tiers antérieur de la plaque de cuivre; cette lame, formant une courbe, est libre dans sa partie postérieure, et fait ressort en venant affleurer la plaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cuivre; deux ressorts à boudin, placés vers sa plus grande courbure, en augmentent l'élasticité. Dans sa partie convexe, elle est armée d'une petite lamelle de cuivre arrondie, qui la protège dans toute sa longueur contre l'usure provenant du frottement;

3° D'une contre-lame, également en tôle d'acier, destinée à assurer le contact.

Cette contre-lame est rivée, par une de ses extrémités, à la plaque de cuivre, en avant de la première lame; elle forme, comme elle, ressort, et vient par sa partie libre affleurer cette dernière au point où elle est armée de la lamelle de cuivre, dite *lame de contact.*

La tige de la palette est soutenue, vers son milieu, par une embrasse contre laquelle s'arc-boute un ressort d'acier, qui, ajoutant son effort au poids de l'appareil, contribue à forcer la palette à rester en contact avec le fil.

Le fil de terre M, partant de la pile, est appliqué contre la plaque de garde des roues et permet à l'électricité de se perdre dans les rails, et de là dans la terre. Il forme le second pôle.

Le circuit formé par le fil de ligne et la terre met en relation tous les trains placés sur la voie; pour faire communiquer ceux-ci avec les gares, on raccorde le fil de ligne avec celui des poteaux télégraphiques qui longe la voie.

Pour rendre complet le circuit télégraphique de la voie, il faut éviter les bifurcations et les aiguilles en se raccordant au fil des poteaux qui longe la voie. Il faut aussi tenir compte des passages à niveau, où le fil de ligne doit être enterré. Afin d'obtenir une communication non interrompue, l'inventeur installe une deuxième palette à crémaillère dans le fourgon de queue et fait communiquer ce fourgon avec celui de tête par un fil, en se servant des crochets d'attelage. Aux passages à niveau, la palette du fourgon de queue garde le contact avec le fil de ligne, pendant que celle du fourgon de tête le perd, et réciproquement, ce qui assure une transmission permanente.

D'après ces dispositions, un train en marche doit toujours

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvoir communiquer directement avec la gare d'arrivée, c'est-à-dire celle vers laquelle il se dirige, à une condition toutefois, c'est que la gare de départ ait soin de mettre la touche de communication sur bois, aussitôt que le train part.

Il résulte de là que si le chef d'un train veut communiquer avec la gare qu'il vient de quitter, il doit demander communication directe à la gare d'arrivée, qui la lui donne par le fil de la voie. Réciproquement, si une gare veut communiquer avec un train qui vient de la quitter, elle doit demander communication directe à la gare d'arrivée, qui la lui donne par le fil de la voie.

Appréciation. — Nous n'avons pas à nous prononcer ici sur la valeur du système présenté par M. de Baillehache, au point de vue de la communication électrique : cette question sera traitée plus loin. Mais en ce qui concerne l'application, sur les voies ferrées, du système décrit ci-dessus, nous croyons devoir reproduire l'avis émis par la commission militaire supérieure des chemins de fer, qui a été appelée à examiner, au mois de mars 1878, le projet de M. de Baillehache.

Extrait du procès-verbal de la séance du 18 mars 1878.

« La commission émet l'avis qu'il n'y a point lieu de donner « suite à la proposition de M. de Baillehache, attendu que l'in- « vention n'est pas susceptible d'être appliquée sur les voies fer- « rées. Il y a vingt ans environ, le même projet, présenté par un « Italien, a été examiné par la commission des inventions et a « dû être repoussé comme peu pratique. »

L'objection principale faite au système expérimenté par l'inventeur pendant l'Exposition de 1878 est la position du fil de ligne. Ce fil, longeant la voie entre les deux rails, à 12 centimètres au-dessus du sol, serait une gêne constante pour l'exploitation ; il serait en outre exposé à être fréquemment rompu ; une chaîne d'attelage non accrochée suffirait pour briser ou le fil ou les isolateurs et pour interrompre la communication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au point de vue militaire, principalement sur des sections voisines du théâtre des opérations, en temps de guerre, le fil de ligne placé comme il vient d'être dit serait bien moins admissible encore, car sur ces sections la voie peut être fréquemment traversée ou même suivie par des troupes de toutes armes.

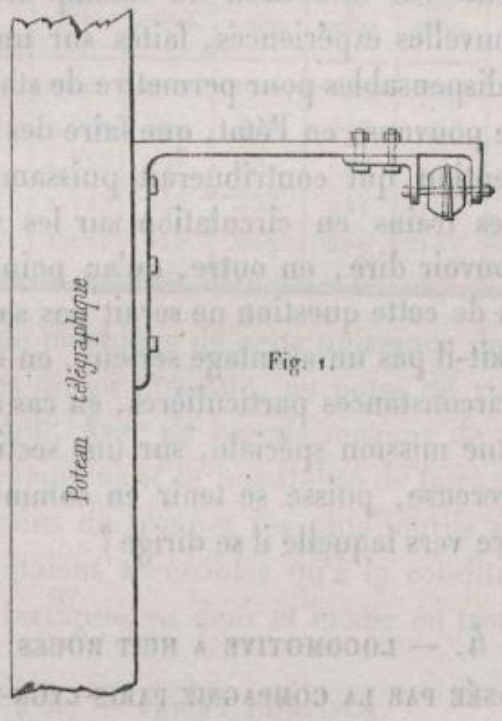


Fig. 1.

Pénétré des inconvénients que présenterait cette disposition du fil qui sert à assurer la communication entre les trains en marche et les stations, l'inventeur propose d'y remédier de la manière suivante :

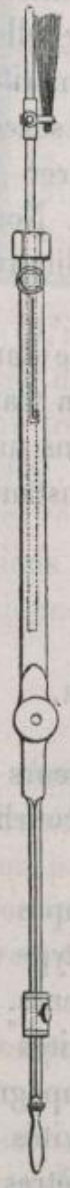


Fig 2.

Au lieu de placer le fil de ligne entre les deux rails, à 12 centimètres au-dessus du niveau du ballast, il le fixe aux poteaux télégraphiques qui longent la voie, à $2^{m},33$ au-dessus du sol, au moyen de potences de 50 centimètres de portée (fig. 1), munies d'isolateurs coniques ou ordinaires. Le contact est pris au moyen d'un levier de communication placé dans le fourgon, à hauteur du fil de ligne, et à l'extrémité duquel se trouve une tige en cuivre faisant saillie de 50 centimètres en-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

viron en dehors du fourgon, de telle sorte que le fil de ligne s'appuie dessus. Une aigrette métallique (fig. 2) fixée à l'extrémité de cette tige sert à augmenter le contact. Modifié suivant les données qui précèdent, le système de M. de Baillehache paraît évidemment plus simple et plus pratique que celui qu'il a expérimenté sur la section du Champ de Mars à Grenelle; mais de nouvelles expériences, faites sur une certaine échelle, seraient indispensables pour permettre de statuer sur son mérite.

Nous ne pouvons, en l'état, que faire des vœux pour le succès d'une invention qui contribuerait puissamment à assurer la sécurité des trains en circulation sur les voies ferrées. Nous croyons pouvoir dire, en outre, qu'au point de vue militaire, la solution de cette question ne serait pas sans intérêt.

N'y aurait-il pas un avantage sérieux, en effet, à ce que dans certaines circonstances particulières, en cas de guerre, un train chargé d'une mission spéciale, sur une section située dans une zone dangereuse, puisse se tenir en communication constante avec la gare vers laquelle il se dirige ?

§ 4. — LOCOMOTIVE À HUIT ROUES ACCOUPLÉES EXPOSÉE PAR LA COMPAGNIE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

Cette machine est destinée à faire le service des voyageurs et des marchandises sur les lignes à fortes rampes et à courbes de faible rayon.

L'introduction sur le réseau P. L. M. de lignes à rampes de 25 à 30 millimètres a nécessité la construction de ce type de machines à quatre essieux accouplés et à cylindres extérieurs.

Les premières machines de ce type ont été construites en 1869, et, depuis cette époque, elles ont rendu à la compagnie d'excellents services sur des lignes présentant des déclivités de 20 à 30 millimètres et des courbes à rayon de 200 mètres et même de 180 mètres seulement.

Le tableau ci-après indique les charges brutes en tonnes que ces machines peuvent remorquer sur diverses rampes à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diverses vitesses (les poids de la machine et du tender non compris).

VITESSE RÉELLE DE MARCHE par heure.	RAMPES EN MILLIMÈTRES DE HAUTEUR PAR MÈTRE DE LONGUEUR.						
	0 millim.	5 millim.	10 millim.	15 millim.	20 millim.	25 millim.	30 millim.
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
15 kilomètres.....	2,330	865	508	348	256	198	157
20.....	1,845	726	432	296	217	167	130
25.....	1,425	592	353	241	175	132	101
30.....	1,175	510	307	209	151	112	85

L'introduction de machines de cette puissance dans le matériel de nos chemins de fer présente, au point de vue militaire, un très grand intérêt. Avec de pareils moyens de traction, en effet, nous avons maintenant la possibilité de faire passer, sans les rompre, nos trains de troupes les plus lourds sur des sections qui ne nous étaient accessibles qu'à la condition de fractionner les unités tactiques en deux et même en trois trains.

§ 5. — FREINS CONTINUS.

Les freins continus sont ceux qui s'appliquent à tout ou partie des véhicules d'un train et sont manœuvrés automatiquement, soit par le mécanicien, soit par le garde-frein. Deux des freins continus les plus connus ont figuré à l'Exposition de 1878 : le frein à air comprimé de Westinghouse et le frein à vide de Smith.

Le frein automatique Westinghouse est actionné par de l'air comprimé dans un réservoir principal porté par la locomotive et emmagasiné dans une série de petits réservoirs auxiliaires, dont un est installé sur la locomotive, un sur le tender et un sur chacune des voitures, à proximité des sabots des roues. La pompe à comprimer l'air, dont le piston reçoit directement le mouvement du piston d'un cylindre à vapeur spécial alimenté par la vapeur de la chaudière, est placée sous la machine. Tous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les réservoirs sont mis en communication par une conduite en caoutchouc de 2 centimètres de diamètre. Chaque véhicule porte, en outre, une triple valve et un cylindre à freins, dont les pistons sont reliés aux leviers des freins proprement dits.

Tant que la pression est maintenue dans la conduite générale, les freins sont desserrés; mais si l'air de cette conduite vient à s'échapper, par suite d'une circonstance intentionnelle ou accidentelle, la diminution de pression qui en résulte provoque aussitôt le jeu des organes de distribution (triples valves), et les freins sont instantanément appliqués, par suite du passage de l'air des petits réservoirs dans les cylindres à freins.

Le mécanicien et le garde-frein peuvent aussi serrer les freins à volonté, au moyen d'un robinet à soupapes qui leur permet de laisser échapper l'air de la conduite générale. La rupture de cette dernière conduite occasionnée par la rupture d'une barre d'attelage produirait instantanément le même résultat.

Le frein Smith est fondé sur le principe de la raréfaction de l'air dans des réservoirs compressibles et étanches; lorsqu'on expulse l'air que contiennent ces cylindres à soufflets placés sous les voitures, ils s'affaissent sous l'influence de la pression atmosphérique et déterminent, par suite, le serrage des freins. Ces soufflets communiquent par une double conduite, qui forme un circuit fermé, avec l'expulseur d'air, qui reçoit de la vapeur de la chaudière et la lance dans l'atmosphère, en entraînant mécaniquement l'air de la conduite et des soufflets.

Des expériences faites en Belgique sur les systèmes de freins Westinghouse et Smith ont donné pour l'espace parcouru avant l'arrêt complet, les résultats suivants :

VITESSE À L'HEURE :	50 KILOMÈTRES.	60 KILOMÈTRES.	64 KILOMÈTRES.	72 KILOMÈTRES.
	mètres.	mètres.	mètres.	mètres.
Frein Smith.....	270	320	357	480
Frein Westinghouse.....	125	210	289	300

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le frein Smith a été adopté par la compagnie du Nord et le frein Westinghouse par la compagnie de l'Ouest. Il est probable que dans un avenir prochain l'application de l'un ou de l'autre de ces systèmes s'étendra à tout le matériel à voyageurs des divers réseaux.

C'est un progrès dont la réalisation complète est à désirer, au point de vue de l'intérêt général, car il apportera un élément de sécurité considérable dans l'exploitation des lignes dont le mouvement est très actif.

Au point de vue purement militaire, l'emploi des freins continus et à action instantanée nous semble ne présenter qu'une importance secondaire. En effet, les grands transports stratégiques s'exécutent au moyen de trains qui marchent à des vitesses uniformes, ne dépassant pas 30 kilomètres à l'heure; l'espacement des trains est généralement assez grand et les arrêts sont peu nombreux. Pour des mouvements de cette nature, les appareils de sécurité actuellement en usage sur les divers réseaux sont certainement suffisants.

Il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs que ce sont les wagons à marchandises et les wagons plats qui constituent presque exclusivement nos moyens de transport pour les mouvements de concentration. Or, en admettant que les compagnies s'imposent de grands sacrifices pour garantir la sécurité de leurs voyageurs en munissant les voitures destinées à ces derniers d'appareils Smith ou Westinghouse, il n'est guère permis de supposer qu'elles consentiraient à faire les dépenses qu'entraînerait l'application de ces systèmes aux voitures à marchandises. En effet, l'application du frein Westinghouse coûterait plus de 800 francs par voiture, et l'application du frein Smith environ 500 francs.

§ 6. — WAGON PLATE-FORME, TYPE DU MIDI.

Ce wagon plate-forme est à fond plat et à bords tombants; la longueur de la caisse est de $6^{m},40$ et sa largeur de $2^{m},90$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids du véhicule vide est de 400 kilogrammes; la charge maxima est de 10,000 kilogrammes.

Ce wagon plate-forme représente le type le plus avantageux pour le chargement du matériel roulant; il serait vivement à désirer, au point de vue militaire, qu'il se généralise dans les grandes compagnies, car la multiplicité des modèles actuellement en usage est un obstacle sérieux à la bonne et facile répartition du matériel dans les trains.

Nous devons dire, du reste, qu'il va être donné satisfaction, sous ce rapport, au département de la guerre. En effet, les grandes compagnies ont pris l'engagement, sur la demande de la commission militaire supérieure des chemins de fer, de se conformer, pour la construction des wagons plats qu'elles pourront avoir à commander dans l'avenir, à un programme répondant aux exigences de leur exploitation et aux convenances de l'administration de la guerre. Ce programme est le suivant :

La longueur intérieure des caisses devra être d'au moins $5^{m},50$; elle pourra aller à 6 mètres et même au delà;

La largeur intérieure minima sera de $2^{m},50$;

La hauteur des bords pourra atteindre au maximum 20 centimètres, à la condition, toutefois, que les bouts se rabattront, afin de faciliter le passage d'un wagon à l'autre. Si les bouts doivent rester fixes, ils ne pourront dépasser la hauteur de 160 millimètres. La fonçure des caisses sera, autant que possible, unie, sans traverses saillantes; si ces traverses étaient indispensables, elles ne devraient avoir, au plus, que 60 millimètres de saillie et leur espacement oscillerait autour de la cote de 1 mètre.

STATISTIQUE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS AU 1er JANVIER 1866 ET AU 1er JANVIER 1877.

L'étude qui précède nous a paru devoir être utilement complétée par la reproduction du tableau statistique ci-après, faisant ressortir dans quelle proportion s'est augmenté, pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la période des onze dernières années, le matériel fixe et roulant de nos voies ferrées.

COMPAGNIES.	KILOMÈTRES EXPLOITÉS.		AUGMENTATION.	LOCOMOTIVES.		AUGMENTATION.	VOITURES.		ANGMENTATION.	FOURGONS ET WAGONS.		AUGMENTATION.
	1866.	1877.		1866.	1877.		1866.	1877.		1866.	1877.	
Nord.....	1,197	1,884		549	1,081		1,032	1,672		13,123	30,484	
Est.....	2,512	2,276		762	878		1,962	2,380		16,316	21,657	
Ouest.....	1,857	2,255		514	829		1,770	2,484		10,160	14,428	
Orléans.....	3,067	4,259		690	863		1,945	2,040		12,299	18,918	
Paris-Lyon....	3,198	5,308		1,262	1,889		2,108	2,913		35,659	56,853	
Midi.....	1,496	2,061		287	476		878	1,329		9,092	14,445	
Diverses.....	243	3,155		»	237		»	888		»	6,557	
TOTAUX....	13,570	22,498	47,5 °/₀	4,064	6,253	53,8 °/₀	9,695	13,706	41,3 °/₀	96,649	163,342	69 °/₀

LE LORRAIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

TÉLÉGRAPHIE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le service de la télégraphie militaire est intimement lié à celui de la télégraphie générale. Les règlements en vigueur ont même confié à l'administration civile le soin de les faire fonctionner tous deux en cas de guerre. Les progrès de l'un sont donc aussi des progrès de l'autre, et nous avons cru devoir appeler l'attention sur les principaux perfectionnements communs adoptés depuis l'Exposition de 1867.

Les nouveaux appareils télégraphiques exposés témoignent, en général, de la nécessité dans laquelle se sont trouvées les administrations publiques et les compagnies d'exploitation, de faire face à la quantité de travail toujours croissante qui s'accumulait dans les bureaux, tout en augmentant aussi peu que possible le nombre des fils, qui représentent la grosse dépense et la principale difficulté : pour qu'un fil télégraphique donne le rendement dont il est susceptible, il faut que la vitesse de transmission ne soit limitée que par la rapidité avec laquelle les courants peuvent être émis sans se confondre ; deux obstacles se présentent : la lenteur de la décharge sur de longs conducteurs, et la limite forcée de la vitesse du travail de transmission à la main, vitesse qui, dans l'appareil Morse ordinaire, ne peut dépasser 40 mots à la minute, soit moins de 5 traits par seconde.

Diverses solutions permettent d'arriver, plus ou moins complètement, à ce résultat.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 1er. — APPAREILS AUTOMATIQUES.

Appareil Wheastone. — M. Wheastone combat l'obstacle provenant de la lenteur de la décharge des conducteurs en employant des courants alternativement positifs et négatifs ; il remplace, de plus, la transmission à la main par un système de transmission automatique, suite d'un premier travail de composition préparé par un ou plusieurs employés indépendants. Les avantages obtenus peuvent se résumer ainsi : substitution d'une machine, donnant un travail constant et régulier, à un employé capable de se fatiguer; traduction des dépêches facilitée par cette régularité parfaite, qui rend les erreurs de lecture moins fréquentes en principe ; vitesse de transmission, qui n'est limitée que par le temps nécessaire aux courants électriques émis pour parcourir la ligne et imprimer à l'autre extrémité les signaux transmis; facilité de préparer d'avance les dépêches, en dehors de l'appareil transmetteur; en outre, les employés n'ont à se préoccuper, en les préparant, ni des difficultés provenant de la ligne, ni des demandes du correspondant. Si la dépêche est écrite en langue étrangère, l'employé peut la préparer à loisir; elle sera d'ailleurs ensuite transmise avec la même vitesse qu'une autre en langue nationale, cette vitesse restant en tous cas uniforme, tant que l'état ou la longueur de la ligne ne sont pas modifiés.

La transmission s'effectue au moyen d'une bande de papier spécial percé de trous; cette bande est préparée dans le *perforateur,* au moyen d'un système de marteaux et de poinçons pouvant donner les trois combinaisons suivantes :

o point.	o o trait.	o espace blanc.

La série du milieu est continue et sert à l'impression de la bande. La bande de papier, ainsi préparée, est placée sur le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transmetteur et entraînée par une roue dont les dents s'engagent successivement dans les trous de la rangée du milieu, qui est continue et sur laquelle elle est maintenue par un disque. Cette roue est mise en mouvement par un mécanisme d'horlogerie. Un système mû par le même mécanisme est formé par un petit balancier, trois goupilles et quatre leviers, dont deux portent de petites aiguilles et deux sont reliés aux deux pôles de la pile et complètent l'appareil.

Dans ses parties essentielles, les deux aiguilles s'élèvent alternativement jusqu'à toucher la bande; si elles rencontrent un trou, le courant passe positif pour l'aiguille postérieure et négatif pour l'aiguille antérieure; les émissions positives produisent l'impression sur le récepteur et les courants négatifs laissent des espaces blancs.

Le récepteur est à électro-aimant polarisé.

Enfin un système compensateur fait que ces courants arrivent dans le récepteur avec une intensité toujours égale et amènent ainsi, malgré la rapidité de la transmission, une régularité parfaite dans la reproduction des signaux.

L'appareil Wheastone est très employé en Angleterre; en France, il fonctionne sur quelques grandes lignes. Avec un seul transmetteur, on peut faire passer de 60 à 80 dépêches à l'heure, sur un seul fil. Sur la ligne de Lille, relativement courte, on peut aller jusqu'à 100.

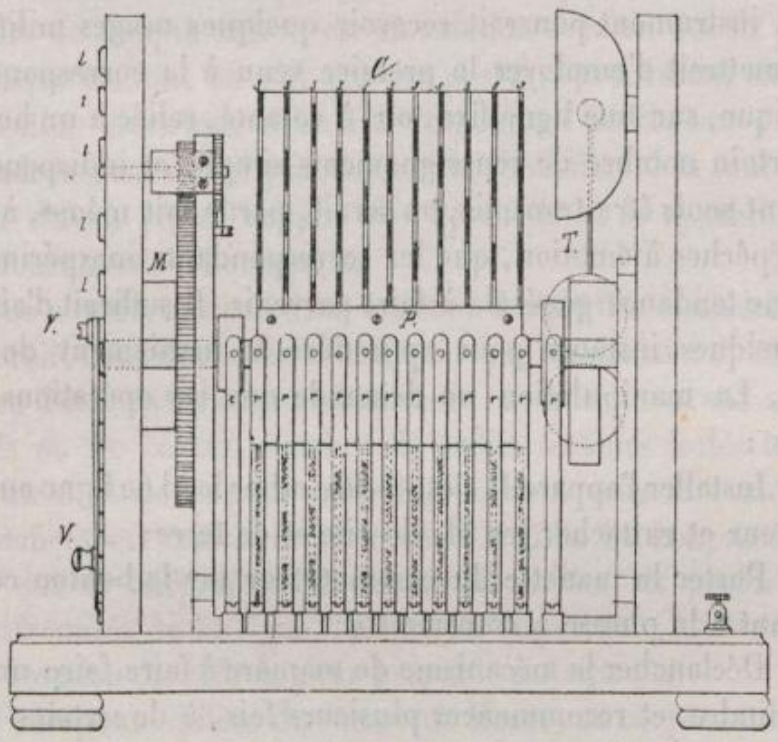
Il est également utilisé sur quelques câbles sous-marins en assez bon état pour pouvoir supporter des courants d'une certaine force et où, par l'emploi fait dans l'appareil de courants alternativement positifs et négatifs, les effets de condensation se trouvent détruits.

Appareil automatique de M. Lartigue. — Le transmetteur automatique a pour objet de permettre aux personnes étrangères à la manipulation des appareils télégraphiques d'envoyer un certain nombre de signaux dont la combinaison répondrait à des paroles convenues. Le principe de l'appareil n'est pas abso-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lument nouveau, mais la disposition actuelle présente quelques particularités avantageuses.

Le transmetteur est formé d'un cylindre en matière isolante monté sur un axe, et sur la surface duquel sont enchâssées des couronnes de métal portant des creux et des saillies disposés convenablement, suivant les mots ou phrases que l'on se propose de transmettre automatiquement. En regard de ces couronnes, sont autant de ressorts qui reposent sur les saillies métalliques pendant la rotation du cylindre. On conçoit que si les couronnes sont en relation avec une pile et les ressorts avec un fil de ligne, il y aura dans ce fil autant d'émissions de courants que de saillies et autant de périodes d'interruption qu'il y a de creux dans ces couronnes.



Pour la manipulation Morse, les saillies seront tantôt longues et tantôt courtes, pour qu'au récepteur il se produise en correspondance les points et les traits dont les combinaisons forment les signaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une autre disposition ingénieuse est applicable au télégraphe à cadran. Les appareils déjà construits sont munis de onze couronnes et ressorts, et peuvent donner onze séries de signaux; dix répondent à des phrases; la onzième est une clef qui permet de modifier la valeur des dix autres séries, et double, par conséquent, le nombre de phrases passées directement, tout en permettant en outre des combinaisons.

Chaque ressort correspond, d'ailleurs, à un bouton saillant à l'intérieur de la boîte dans laquelle est monté le cylindre. Un commutateur auquel on relie le fil de ligne permet de mettre ce fil en relation avec l'un ou l'autre de ces boutons et, par l'intermédiaire des ressorts, avec les couronnes. On donne au cylindre une rotation uniforme, en se servant au besoin d'un mouvement d'horlogerie.

Cet instrument pourrait recevoir quelques usages militaires. Il permettrait d'employer le premier venu à la correspondance électrique, sur une ligne fixe, ou, à volonté, reliée à un bureau. Un certain nombre de renseignements simples et indispensables pouvant seuls être transmis, on serait, par le fait même, à l'abri des dépêches à émotion, que les correspondants inexpérimentés ont une tendance générale à faire parvenir. Il suffirait d'ailleurs de quelques instants pour apprendre le maniement de l'appareil. La manipulation ne demande que les opérations suivantes :

1° Installer l'appareil, c'est-à-dire relier le fil de ligne au commutateur et rattacher les fils de pile et de terre;

2° Porter la manette du commutateur sur le bouton correspondant à la phrase à transmettre;

3° Déclancher le mécanisme de manière à faire faire un tour du cylindre, et recommencer plusieurs fois, à de certains intervalles, jusqu'à ce que le correspondant receveur ait indiqué par un ou plusieurs tintements d'une sonnerie qu'on a bien reçu ou qu'il faut recommencer.

Une instruction très courte serait d'ailleurs collée dans la boîte de l'appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. — TRANSMISSION MULTIPLE.

Le but de la transmission multiple est d'utiliser, en la consacrant à d'autres transmissions, les intervalles de temps pendant lesquels un conducteur reste sans emploi. Deux systèmes principaux figurent à l'Exposition :

Système Meyer. — Concevons, à chaque extrémité de la ligne, six postes organisés et un cadran circulaire divisé en six parties égales, parcouru par un bras en communication avec la ligne. En admettant que les deux bras qui fonctionnent ainsi soient animés de mouvements synchrones et partent d'une origine commune, ils se trouveront à chaque instant aux deux stations, sur des divisions correspondantes. Si, de plus, chacun des six secteurs de chaque cadran est en relation avec un des six postes de chaque station, on voit que ces postes se trouveront en communication électrique deux à deux pendant un sixième de tour des cadrans, sans qu'il y ait danger de confusion, à la seule condition d'avoir réglé l'origine des appareils et le synchronisme des mouvements d'horlogerie.

Nous n'entrerons pas dans le détail des parties essentielles de l'appareil, nous contentant d'indiquer que les sixièmes de cadran, au lieu d'être entièrement métalliques, se trouveront eux-mêmes divisés en un certain nombre de petits secteurs isolés les uns des autres et de largeur variable, pouvant tous être mis successivement en communication avec la pile. On conçoit facilement que le télégraphiste, desservant un des six postes d'une des extrémités de la ligne, aura à sa disposition 5/6 du temps de la rotation du cadran pour préparer ses signaux.

Le récepteur diffère du récepteur Morse, en ce que la molette se trouve remplacée par un cylindre portant une hélice saillante d'un pas égal à la longueur du cylindre, et frottant constamment contre un tambour imprimé d'encre oléique.

Pour l'impression de chaque point ou trait, un système de bascule soulève la bande de papier contre l'hélice, les lettres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont imprimées en caractères Morse suivant des lignes parallèles, perpendiculaires à la longueur de la bande. Quelques conventions nouvelles sur la position relative des points et des traits ont dû aussi être faites pour exprimer les chiffres. On a pu ainsi ne donner à la communication de chaque sixième que le temps exactement nécessaire à l'impression de la lettre la plus longue ch (– – – – –). L'appareil Meyer, à six postes, aurait pu donner jusqu'à 200 dépêches à l'heure entre Paris et Lille.

Appareil Baudot. — L'appareil imprimeur Hughes permet, avec une seule émission de courant déterminée par un contact de touches d'un clavier, de faire frapper au récepteur la lettre à imprimer au moment même où, suivant la rotation d'une roue dite des types, cette lettre passe à un repère fixe.

C'est, comme on sait, l'appareil qui sert à produire les dépêches en caractères imprimés, dont tout le monde a reçu des spécimens. Cet appareil, pouvant sur une ligne de 500 kilomètres faire passer jusqu'à 60 dépêches de 20 mots par heure, possède, sous le rapport de la rapidité, une grande supériorité sur le système Morse, dont le rendement maximum n'est que de 30 dépêches à l'heure, mais il présente encore l'inconvénient de ne pas utiliser complètement le fil.

La roue des types d'un télégraphe Hughes qui est divisée en 28 intervalles, correspondant à des lettres ou signes, met en effet une demi-seconde à accomplir sa révolution sur elle-même. Si l'on a, par suite, la lettre A, première de l'alphabet, à transmettre, il ne faudra pour son impression que 1/28^{e} d'une demi-seconde, tandis que la lettre B exigerait les 2/28es d'une demi-seconde, la lettre D, 4/28es, etc. Si, par une combinaison convenable d'émission de courants, on peut faire en sorte que chacune des lettres soit imprimée dans le même temps, quelle que soit sa position sur la roue des types, on pourra, comme dans l'appareil Meyer, utiliser à d'autres transmissions le temps économisé, et, par suite, à chaque tour de la roue des types,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs lettres pourront être transmises par l'intermédiaire de plusieurs employés; il faut pour cela que les diverses combinaisons de courants puissent laisser sur un appareil d'attente, spécial à chaque employé, une trace durable du signal envoyé par lui, pour que ces traces soient capables de faire réagir le mécanisme imprimeur au moment précis où la roue des types présente la lettre correspondante. Un distributeur de courants divers transmettra successivement, pendant la durée de chaque révolution de la roue des types, le courant à travers les divers manipulateurs des employés. C'est le problème réalisé par M. Baudot, dont nous ne décrirons pas l'appareil, très ingénieux mais fort compliqué. Nous dirons seulement qu'avec cet appareil, en tenant compte du temps nécessaire à l'impression des signaux différents pour une rotation de la roue des types, on pourrait conserver jusqu'à sept employés travaillant sur sept appareils utilisant le même fil. M. Baudot n'en présente que cinq pour laisser aux employés plus de temps pour la préparation de chaque signal.

En théorie, le système Baudot devrait permettre l'expédition de 300 dépêches par heure à la vitesse de marche du Hughes; employé sur la ligne de Paris à Bordeaux, il a donné 200 dépêches, mais son épreuve pratique n'est pas encore complètement faite.

§ 3. — TRANSMISSION DOUBLE OU SYSTÈME DUPLEX.

La transmission multiple permettait de faire fonctionner, en un poste, plusieurs appareils sur un même fil: le montage en duplex de deux postes correspondants permettra d'augmenter considérablement et même de doubler théoriquement le travail de chaque appareil en faisant travailler simultanément sur le même fil un appareil dans chaque poste. Pour comprendre le principe de ce système, on devra se rappeler que l'intensité d'un courant, traversant un circuit, varie suivant la résistance de ce circuit. Cette résistance varie d'ailleurs avec la longueur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du conducteur et diminue quand la section de ce conducteur augmente. On conçoit donc qu'en faisant traverser à un courant un fil très fin, enroulé sur une bobine, on puisse arriver à produire une résistance semblable à celle que produirait le parcours d'une longue ligne de fil ordinaire de 4 millimètres de diamètre. On arrive ainsi dans un cabinet à produire, à l'aide de bobines, des résistances factices de 10, 15, 100, 200 kilomètres de ligne. Ceci posé, un courant de piles, qui trouve devant lui deux conducteurs différents, se partagera en deux parties de valeur différente suivant la résistance des deux conducteurs. Considérons deux postes A et B reliés par une ligne; pour monter le poste A en duplex, on offrira au courant produit par la pile A deux issues vers la terre : la première sera la ligne, et la portion de courant qui la suivra ira actionner le Morse de B dans les conditions habituelles; la seconde sera un fil passant par un appareil de résistances variables et le Morse du poste B. On conçoit que l'on puisse régler l'appareil de résistance, de manière que la palette de l'électro-aimant ne soit pas attirée, mais si l'on vient à faire arriver sur l'appareil de A le courant lancé par la pile de B, dans le même sens, l'équilibre se trouve rompu, et l'appareil de A fonctionne lui-même sous l'action du manipulateur et du courant de B.

L'Exposition présentait un certain nombre de postes montés en duplex et quadruplex. Nous citerons, parmi ces dispositions les plus remarquées, les montages en duplex du Hughes, de M. Stern et de M. Ailhaud. M. Sieur a également présenté un duplex et même un quadruplex pour le Morse. L'appareil Wheastone était également monté en duplex. Pour les appareils Morse et Hughes, les montages en duplex doublent presque complètement le rendement; quand les Hughes simples donnent 50 dépêches à l'heure, le duplex peut en fournir 100.

§ 4. — APPAREILS AUTOGRAPHIQUES.

Les télégraphes autographiques sont ceux qui reproduisent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les dessins et par suite le fac-similé de l'écriture. Tous reposent sur le synchronisme des mouvements de translation et de rotation de deux cylindres, l'un placé au récepteur et l'autre au manipulateur.

Le premier de ces appareils employés en France fut l'appareil Caselli, aujourd'hui entièrement abandonné; un style de fer parcourait la surface d'une feuille d'étain portant la dépêche écrite à la main avec une encre isolante, à l'autre extrémité une pointe était appliquée sur un papier imbibé de cyanure jaune de potassium.

La dépêche originale était reproduite en bleu. Le synchronisme s'obtenait au moyen de pendules très lourds. La marche de l'appareil était fort simple et le système fut mis un certain temps à la disposition du public. On y renonça bientôt, les expéditeurs paraissant tenir médiocrement à la reproduction de leur écriture, et son emploi n'étant plus réclamé que par quelques habiles qui avaient remarqué que les dépêches autographiques n'avaient jamais à redouter sur leurs appareils spéciaux les retards dus à l'encombrement. Le poids énorme de cet appareil suffisait pour le faire exclure de l'armée, et nous ne le citons que pour mémoire; il n'a d'ailleurs pas figuré à l'Exposition de 1878 où se trouvaient exposés trois autres appareils.

Appareil Meyer. — La pointe à mouvement alternatif du système Caselli est remplacée par une hélice en saillie sur un cylindre analogue à celui de l'appareil multiple, le pas de l'hélice étant égal à la longueur du cylindre. On enferme toujours le dessin dans un quadrillage dont les traits ne sont éloignés l'un de l'autre que de 1/4 de millimètre. Au départ, l'hélice repose sur les parties d'un papier métallique alternativement nues et recouvertes d'encre isolante. A l'arrivée il n'y a pas de décomposition chimique, les traits sont marqués avec de l'encre sur du papier ordinaire, le papier se déroule et est disposé sur un châssis mis en mouvement par un électro-aimant, de manière à exécuter des mouvements de bascule de très faible étendue. Dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque appareil un mécanisme d'horlogerie communique à un cylindre une même vitesse angulaire. Des pendules coniques, d'une construction spéciale, à boules très lourdes, servent à établir le synchronisme au début, et à le maintenir pendant toute la durée de la transmission. Les écarts sont assez faibles et se constatent à l'extrémité de la feuille par l'examen constant de la ligne des extrémités de traits de même longueur, toujours tracés par l'hélice à la fin de chaque tour. Cette ligne doit rester droite et perpendiculaire à l'axe du cylindre. Quand cette ligne cesse de remplir ces conditions, on agit légèrement sur les boules de pendule au moyen d'un treuil. Cet appareil est susceptible de rendre des services et a été employé en France, notamment sur la ligne de Paris à Lyon.

Appareil Lenoir. — Dans l'appareil Lenoir, un volant à armature de fer doux, faisant partie d'un petit moteur électromagnétique fait 80 rotations à la minute et communique ce mouvement au cylindre qui, lui-même, en fait $\frac{80}{3}$; un petit chariot, avec électro-aimant, est conduit le long du cylindre, au moyen d'un axe indépendant de ce dernier, mais participant au même mouvement. L'armature de l'électro-aimant porte une plume à écrire remplie d'une encre non conductrice.

Cette plume, en appuyant sur le papier qui entoure le cylindre récepteur, laisse une trace, seulement quand un courant positif traverse l'électro-aimant. Ce courant positif, aussitôt qu'il est interrompu, se trouve remplacé par un courant négatif, d'intensité plus faible, qui ne sert qu'à achever la décharge de la ligne et à permettre de donner sur le papier des traces bien nettes. A l'appareil transmetteur on a relevé la plume et abaissé une pointe qui appuie sur le papier métallique et avance à chaque tour du cylindre de manière à décrire une hélice, dont les spires sont très voisines les unes des autres. Lorsque la pointe rencontre les parties marquées à l'encre, un courant positif est envoyé sur la ligne; quand, au contraire, elle appuie sur la partie métallique, c'est le faible courant négatif qui passe et subsiste

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à une nouvelle rencontre de la pointe avec l'encre isolante.

Les hachures se suivent à 1/3 de millimètre de distance, et il faut trois tours de cylindre pour que plume ou style parcoure la surface correspondant à 1 millimètre de longueur : avec un cylindre de 7 centimètres de longueur sur 6 centimètres de diamètre, et en tenant compte de l'espace non recouvert par le papier, une bande de papier de 120 centimètres carrés environ peut être recouverte de signes en 13 minutes 1/2. Dans la pratique cela correspond pour une écriture bien lisible à 30 dépêches de 28 à 30 mots, par heure, ainsi qu'il résulte des expériences faites, en 1873, entre Paris et Bordeaux.

PENEL.

Appareil d'Arlincourt et Relais. — De tous les appareils télégraphiques autographiques qui ont été construits jusqu'à ce jour, celui de M. L. d'Arlincourt me paraît tenir incontestablement le premier rang.

Son peu de volume, la façon uniformément correcte avec laquelle il reproduit les dépêches qui lui sont confiées, et surtout son réglage d'une simplicité et d'une régularité telles que tout homme intelligent peut se servir de l'appareil sans avoir fait des études spéciales, en font un instrument de premier ordre, qui, du reste, a spécialement attiré l'attention du ministère de la guerre.

L'appareil est basé sur trois nouveaux principes qui sont les suivants :

1° Vibration circulaire d'un diapason;

2° Réglage de l'appareil transmetteur à chaque révolution de son cylindre, par l'appareil récepteur ;

3° Emploi d'un relais fondé sur un nouveau principe électromagnétique.

Pour conserver dans chacun des appareils un mouvement régulier, M. d'Arlincourt emploie un diapason dont les vibrations,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au lieu d'être rectilignes, se produisent en cercles. Une des branches communique avec un ressort d'horlogerie, qui la maintient en mouvement, l'autre branche est libre, elle vibre à l'unisson de la première et règle la marche de celle-ci. On obtient par ce moyen une régularité parfaite entre les rouleaux des deux appareils.

Ce point acquis, M. d'Arlincourt s'est préoccupé de faire concorder entre eux le transmetteur et le récepteur. Pour arriver au résultat l'inventeur a imaginé de donner au rouleau transmetteur une vitesse plus grande qu'au rouleau récepteur.

Le transmetteur s'arrête mécaniquement à chaque tour, et ne peut repartir que lorsqu'il est déclanché par un courant qui vient du récepteur. Le récepteur, de son côté, ne laisse d'issue à son courant que lorsqu'il est au point correspondant à la position d'arrêt du transmetteur; alors les deux cylindres sur lesquels sont les dépêches partent ensemble en conservant leur concordance pendant toute leur révolution.

Le rouleau transmetteur, d'un diamètre moindre que le rouleau récepteur, a une vitesse plus grande. Arrivant le premier au repère, il s'arrête, et ne repart que lorsque le récepteur, arrivé à son tour, lui envoie son courant de déclanchement.

Les deux rouleaux sont donc absolument forcés de marcher ensemble pendant toute la durée de la dépêche.

Il était nécessaire en outre que le transmetteur repartît sans rien perdre de sa vitesse. M. d'Arlincourt a résolu le problème en donnant à l'appareil deux rouages qui peuvent marcher ensemble et indépendamment l'un de l'autre. Le premier sert à maintenir le mouvement du diapason, le second peut reprendre instantanément la marche du rouage régulateur, qui comprend dans ses mobiles le cylindre porteur de la dépêche. Le système employé pour reproduire la dépêche au récepteur est le système électrochimique de M. Caselli.

La translation du stylet qui parcourt le cylindre et y laisse une trace hélicoïdale à pas très serré, n'a rien de particulier.

Ceci posé, la marche de l'appareil est fort simple.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque fois que le stylet qui communique à la ligne frotte sur le cylindre, le courant entier se dirige à la terre et ne va pas à l'autre stylet qui communique à la ligne.

Chaque fois, par contre, que le stylet rencontre une matière isolante, l'encre par exemple, le courant s'élance sur la ligne, arrive au stylet récepteur et va à la terre en passant à travers le papier qu'il décompose.

Les mouvements d'horlogerie intérieurs sont disposés de telle sorte qu'à chaque tour de cylindre, à l'instant où le stylet passe sur une petite bande de gutta-percha qui isole ledit stylet du cylindre et qui sert de repère, ils soulèvent pendant la durée de l'arrêt un levier qui sert de commutateur.

Au transmetteur, ce levier fait communiquer la ligne à l'électro-aimant déclancheur. Au récepteur, il sert à utiliser sa propre pile qui, ne travaillant pas pendant l'arrêt, va par son intermédiaire à l'extrémité de la ligne déclancher le manipulateur.

Il suffit donc, comme on le voit, pour modifier le rôle de l'appareil de transmetteur en récepteur, de changer les communications électriques du petit commutateur.

De plus, il faut aussi renverser les vitesses réciproques des appareils, ce qui s'obtient en faisant mordre le dernier mobile sur des roues plus ou moins nombrées.

Ces deux changements s'opèrent simultanément au moyen d'une manette.

C'est là le principal rôle de l'employé. Il aura, en outre, à changer le papier chimique de réception contre le papier métallique de transmission. Le papier chimique préparé longtemps à l'avance (j'en ai gardé pour ma part pendant six semaines en hiver lors de mes expériences dans les corps d'armée) est conservé dans un cahier de flanelle; l'important est qu'il reste humide; au besoin on peut parfaitement l'humecter d'eau.

L'employé, prévenu qu'il va recevoir une dépêche, enlève, en appuyant sur un ressort, la bande de gutta-percha qui sert non seulement à isoler le stylet, mais encore à tendre la bande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de papier, puis il place la feuille sur un rouleau, remet la bande isolatrice, fixe son rouleau sur l'appareil et son stylet en haut du papier. Il n'a plus qu'à pousser un petit levier pour mettre l'appareil en mouvement, et *attirer* à lui la dépêche placée à l'autre extrémité de la ligne; sans interruption et avec la plus scrupuleuse exactitude, celle-ci vient se transcrire sur le rouleau récepteur.

Le transmetteur, de son côté, s'est livré à la même opération, remplaçant toutefois le papier chimique par un papier métallique sur lequel la dépêche est inscrite. Tout le reste se fait automatiquement et ne nécessite aucun réglage.

Cette particularité d'un appareil se réglant par lui-même offre la plus entière sécurité pour la transmission. Il en résulte, ainsi que j'ai pu m'en convaincre par des expériences répétées, qu'il est impossible de surprendre une dépêche entre deux postes communiquant ensemble. Je prends un exemple. Deux appareils sont placés l'un à Marseille, l'autre à Paris; si un troisième appareil *même identique* est placé à Mâcon, *ce dernier interrompra les communications*, son intrusion dans la ligne amènera une dérivation qui ne donnera au récepteur que des lignes sans suite, sans cohésion et absolument incompréhensibles; mais, et c'est là l'important, lui, de son côté, ne recevra rien et ne pourra, sous aucune forme, saisir la dépêche qui ne lui est pas destinée. La dérivation venant à cesser, l'appareil reprend immédiatement sa marche *sans réglage*, et la dépêche continue à passer régulièrement.

Un exemple de cette particularité précieuse de l'appareil m'a été donné pendant mes expériences à Nantes. L'employé de Saint-Nazaire étant rentré par mégarde dans le circuit, nous reçûmes du *morse* sur le récepteur pendant que le transmetteur s'arrêtait; l'on fit savoir à l'employé que nous étions en expériences et qu'il eût à se retirer du circuit, immédiatement le transmetteur reprit sa marche, et la fin de la dépêche nous arriva continuant exactement à l'endroit où elle avait été interrompue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'attire tout spécialement l'attention sur ce point qui est d'une importance capitale en campagne.

Le système que je viens de décrire est très suffisant pour un parcours de 300 à 400 kilomètres. Pour marcher aux grandes distances, M. d'Arlincourt a adapté à son appareil autographique un relais de son invention fondé sur un nouveau système électro-magnétique que je vais décrire. Le courant du transmetteur est alors reçu par le relais qui, envoyant au récepteur une pile locale, renforce le courant et évite les effets de ligne que son appoint détruit complètement.

Relais. — Cet électro-aimant relais se compose, dans sa dernière construction, d'un électro-aimant ordinaire, dont la palette, au lieu d'agir au bout libre des bobines, est montée de façon à recevoir les effets magnétiques de la culasse.

De toutes les dispositions essayées, M. d'Arlincourt a reconnu que cette construction était la plus simple pour arriver au principe suivant : *Éviter le magnétisme rémanent et le courant d'induction direct, qui paralysent doublement la désaimantation du fer doux des bobines d'un électro-aimant; se servir, au contraire, de ce magnétisme rémanent et de ce courant d'induction, pour produire sur la palette l'effet inverse de celui que produit l'émission du courant.*

Le principe posé, voici la théorie de l'inventeur.

Lorsqu'un courant passe dans une bobine ordinaire, il se forme, aux deux bouts, un pôle nord et un pôle sud. Mais, pendant le passage du courant, il se produit à l'autre extrémité de la bobine des petits pôles fugitifs de noms contraires, à gauche, par exemple, un petit pôle sud et à droite un petit pôle nord; une palette placée en cet endroit est forcément aimantée dans un sens permanent; elle obéira à ces petits pôles, et, si elle est aimantée nord, elle ira du côté gauche pendant le passage du courant.

Au moment de la rupture, ces petits pôles disparaissent, il ne reste plus dans chaque noyau de fer doux que le magnétisme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rémanent des grands pôles; le point où était le petit pôle nord devient sud, et vice versa.

La palette qui est toujours aimantée nord ira donc en sens inverse, subissant l'influence du magnétisme rémanent des fers doux. De plus, c'est là un point fort intéressant, le courant d'induction instantané de rupture, qui est du même sens que le courant, *vient suraimanter, pendant un laps de temps très court, les noyaux de fer doux, et agit dans le même sens que le magnétisme rémanent.*

M. d'Arlincourt s'est servi de la propriété de suraimantation instantanée, créée par le courant d'induction, pour produire ce qu'il appelle le *coup de fouet.*

Supposons, en effet, que la palette soit mal réglée, qu'elle soit boiteuse, comme l'on dit, et qu'elle ne ressente pas l'action du courant rémanent seul; elle ne sera pas renvoyée en sens inverse à la rupture du courant. De même, un courant, en passant dans l'électro-aimant, attirera davantage la palette dans sa position de repos, mais ne produira pas à la rupture l'effet inverse. On conçoit que, grâce à la suraimantation instantanée produite par le courant d'induction, l'on puisse trouver un point de réglage où la palette ira en sens inverse; sous l'influence du courant d'induction, cette influence cessant immédiatement, la palette reviendra à sa position première, le magnétisme rémanent n'ayant plus la force, en agissant seul, de la maintenir dans ce sens inverse.

Donc, lorsque l'électro-aimant est réglé de cette façon au passage du courant, il ne se produit rien, mais à la rupture il se produit un va-et-vient instantané.

C'est là ce que M. d'Arlincourt a appelé *le coup de fouet.*

L'appareil autographique et le relais sont fixés dans une boîte en chêne de 40 centimètres de haut sur 75 centimètres de large et 55 centimètres de profondeur. La boîte, montée sur le modèle des postes municipaux, contient en outre une sonnerie, un paratonnerre et un commutateur; le tout est arrêté par de solides écrous qui rendent tout transport facile. Les appareils qui m'ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

servi à faire mes démonstrations sont allés en Angleterre, en sont revenus, sont repartis, sans désemparer, pour les corps d'armée de Rennes, Nantes et Amiens.

J'ai toujours tenu à les faire fonctionner au sortir du fourgon, et j'ai toujours eu la satisfaction de constater leur marche parfaite *sans réglage préalable*.

J'en ai tiré la conclusion que nous avions dans cet appareil un précieux auxiliaire pour notre télégraphie militaire, et je puis affirmer que cette conclusion est celle de tous les généraux commandant les corps d'armée où l'appareil a été expérimenté.

G. Fraissynaud.

Emploi des appareils autographiques. — Nous ne décrirons pas l'appareil autographique de M. d'Arlincourt, dont on a beaucoup parlé dans ces derniers temps, et qui a été étudié d'une façon toute spéciale par un de nos collègues de la commission.

Nous dirons seulement qu'il s'est parfaitement comporté dans toutes les épreuves qu'on lui a fait subir devant nous. Très remarqué à l'Exposition de Vienne, en 1873, il avait été pendant quelque temps mis en service par l'administration des télégraphes. Son emploi n'a été abandonné que par suite de la défaveur que le public témoigne actuellement aux appareils autographiques. Sans contester l'intérêt que l'on aurait, en campagne, à pouvoir transmettre des plans et dessins, et, dans certains cas, l'écriture même du correspondant, nous croyons qu'un sort analogue serait réservé à ces instruments, si l'on venait à les employer dans la télégraphie militaire d'une façon courante.

Il pourrait être avantageux cependant pour le département de la guerre d'en posséder quelques types que l'on installerait dans des centres télégraphiques parfaitement organisés.

Depuis la fermeture de l'Exposition, un nouvel et ingénieux appareil a été imaginé par un ingénieur anglais, M. Cowper. Cet appareil reproduit, à distance, à l'aide de l'électricité, tous les mouvements d'une plume ou d'un crayon placé aux postes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

départ et à l'instant même où ces mouvements se produisent. Il ne nous a pas été donné de voir fonctionner cet appareil, nous dirons seulement que les positions relatives et pantographiques des deux postes sont obtenues par la décomposition du mouvement sur deux axes rectangulaires, formant système de coordonnées. Le déplacement du point traçant produit des variations pour la longueur de chaque coordonnée, et ces variations sont transmises par deux fils de ligne, l'un pour les abscisses, l'autre pour les ordonnées en faisant varier l'intensité du courant sur chaque ligne proportionnellement à la valeur de chaque coordonnée.

PENEL.

§ 5. — APPAREILS IMPRIMEURS.

Appareil de M. d'Arlincourt. — Pour obtenir un télégraphe imprimeur sans réglage et fonctionnant au maximum de vitesse du télégraphe à cadran, M. d'Arlincourt a appliqué au mécanisme du télégraphe imprimeur à échappement le système électro-magnétique de l'invention que je viens de décrire.

Il faut dans le télégraphe imprimeur deux effets distincts :

L'un, faisant tourner la roue des types pour amener la lettre en face du marteau imprimeur.

L'autre, déterminant le moment où l'impression doit se produire par le choc du marteau, soulevant le papier contre la lettre. Un mécanisme en tout semblable à ceux des appareils de même nature fait avancer le papier après chaque lettre imprimée.

Le point important était de déterminer sûrement le moment de l'impression; voici par quels principes M. d'Arlincourt y est arrivé.

On a vu dans la théorie de l'électro-aimant (*relais*), que je viens de décrire, que les effets sur des palettes diffèrent, suivant que ces palettes sont placées au bout de l'électro-aimant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou à la culasse; on a vu que l'émission d'un courant détermine un pôle nord au noyau de gauche, par exemple, et un pôle sud au noyau de droite. La palette placée entre ces deux pôles, et que nous supposons aimantée constamment sud, se dirigera du côté du pôle nord à la rupture du courant, le magnétisme rémanent la maintiendra dans la même position, tandis qu'une palette placée à la culasse et aimantée constamment sud ira à la rupture du courant en sens inverse.

Si l'on envoie ensuite un courant contraire, la palette qui est au bout de l'électro-aimant ira du côté droit, pendant que celle qui est à la culasse restera dans la position inverse, puisque c'est le courant qui l'attirerait du côté droit.

A la rupture de ce courant inverse, la palette du bout de l'électro-aimant ne bougera pas, tandis que la palette de la culasse ira du côté gauche.

La palette du bout sert à faire marcher l'échappement et, par suite, la roue à lettres; celle qui est à la culasse fait l'office de relais et est chargée de fermer le circuit d'une pile locale d'impression, au moment de l'arrêt de la roue à lettres.

On voit, par ce que je viens de dire plus haut, que, si l'on envoie des courants alternatifs de sens différents *sans les rompre*, les deux palettes fonctionneront toutes deux ensemble et du même côté; c'est ce qui arrive pendant le passage d'une lettre à l'autre.

Lorsque les palettes fonctionnent parallèlement, le circuit de la pile locale est ouvert, mais si, la lettre utile étant arrivée en face du tampon, on vient à rompre un courant quelconque, la palette de la culasse ira en sens inverse de la palette du bout, et la pile locale se trouvera fermée; de là, impression de la lettre.

Le manipulateur, qui n'est autre qu'un manipulateur inverseur ordinaire, ne diffère des autres que par sa propriété d'envoyer toujours un courant sur la ligne sans le rompre, même en faisant tourner la manivelle, et de pouvoir, au contraire, rompre le dernier courant en abaissant cette même ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nivelle dans un cran quelconque correspondant à la lettre que l'on veut imprimer. Donc, courant ou rupture selon que la manivelle est levée ou abaissée, la rupture du courant correspondant à la lettre.

Cet appareil, une fois réglé, c'est-à-dire les palettes mises en équilibre entre les pôles respectifs, marche à toutes distances et avec des forces de piles très différentes; en d'autres termes, il est sans réglage et imprime avec une grande vitesse.

G. Fraissynaud.

Appareil imprimeur à cadran, système de Baillehache et Hayet. — En même temps qu'il nous présentait son système pour établir les communications électriques avec les trains en marche, M. de Baillehache, en collaboration avec M. Hayet, mettait la dernière main à un nouveau télégraphe à cadran imprimeur, dont le mécanisme assez simple nous paraît appelé à recevoir quelques applications militaires.

PRINCIPE.

Ce télégraphe a pour principe l'utilisation de l'extra-courant et des courants induits, au moyen d'un condensateur spécial, de telle sorte que, tant que le condensateur est actionné par le courant principal, aucune lettre ne sort à l'impression, et que cette impression ne s'opère que quand le condensateur cesse d'être actif.

DESCRIPTION.

1° *Manipulateur*. — Le manipulateur est un compteur-inverseur simple et donnant d'excellents contacts : deux disques métalliques a et a' (fig. 1) reliés aux deux pôles de la pile d, d', isolés entre eux et du massif, portent sur leur circonférence treize parties creuses et treize parties saillantes, et sont disposés de telle sorte que les parties creuses de l'un correspondent aux parties saillantes de l'autre; deux ressorts frotteurs c, c', en relation l'un avec la terre, l'autre avec la ligne, portent alternati-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vement, par suite de la rotation que leur communique la manette, sur l'un ou l'autre disque, mais jamais sur les deux à la fois : de

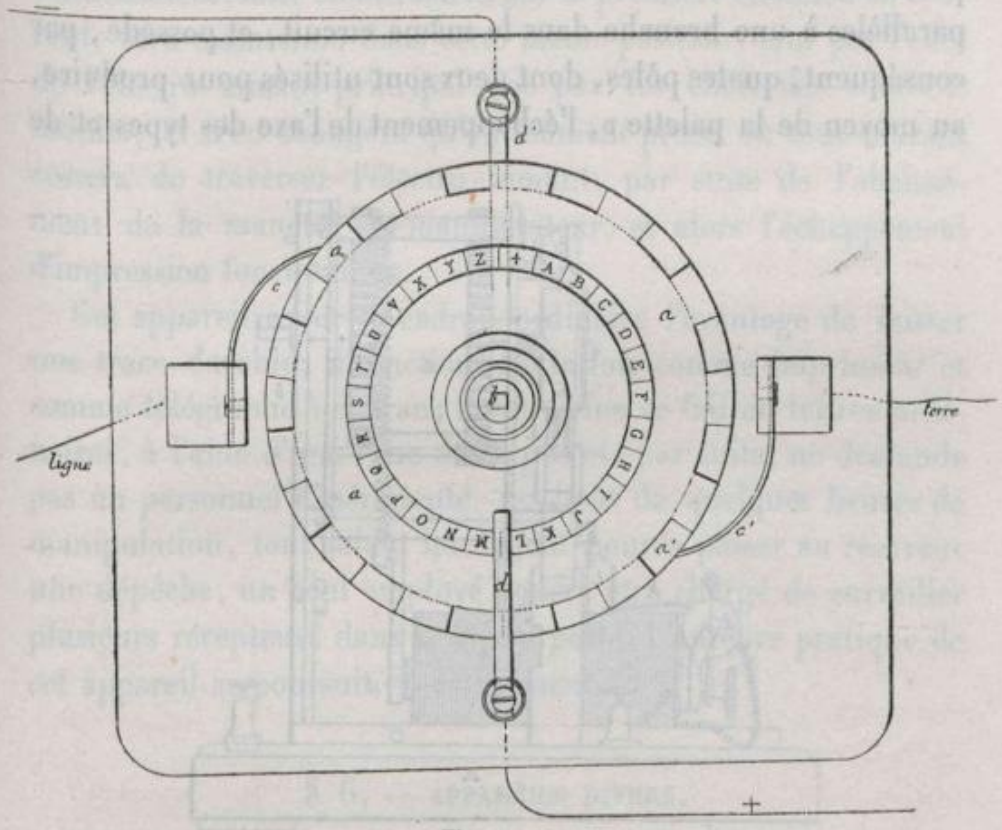


Fig. 1.

là, inversion continue sans mouvement mécanique en sens opposé, et sans interruption autre que celle qui dépend de l'abaissement de la manette pour imprimer.

2° *Récepteur.* — Le récepteur se compose d'un socle en bois *a* (fig. 2), sur lequel est fixée une forte plaque de zinc *b*, au moyen de deux équerres. Cette plaque porte à son tour le mouvement d'horlogerie dont le barillet à double effet, *e*, est seul représenté. L'électro-aimant *c* est posé à plat sur le socle, au-dessous du mouvement d'horlogerie. Le condensateur *d* a son axe placé perpendiculairement au zinc de l'électro-aimant principal, et, derrière cet électro-aimant, son fil inducteur est dans le circuit du courant de ligne. Son armature, deux fois coudée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vient correspondre aux deux pôles de l'électro-aimant principal et, par son levier k et sa tige l, il débraye l'échappement d'impression. L'électro-aimant c est formé de deux électro-aimants parallèles à une branche dans le même circuit, et possède, par conséquent, quatre pôles, dont deux sont utilisés pour produire, au moyen de la palette v, l'échappement de l'axe des types et de

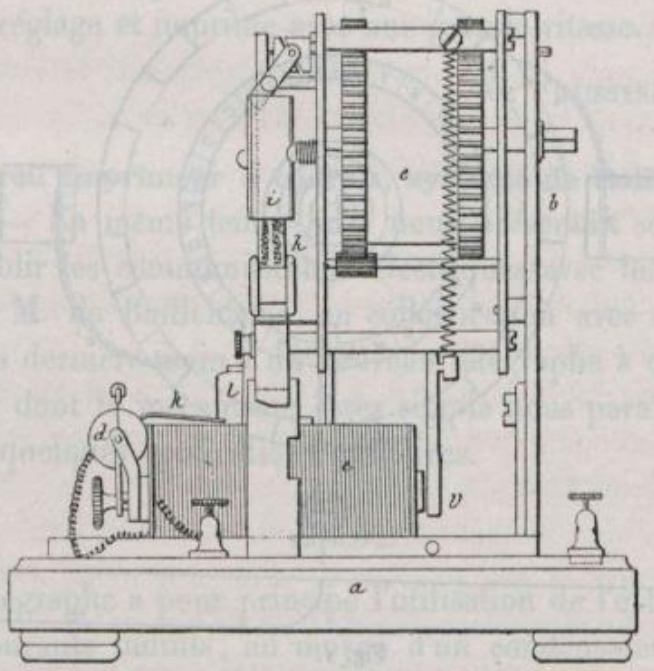


Fig. 2.

l'aiguille, tandis que les deux autres servent à maintenir en attraction l'armature du condensateur, pendant le passage des courants principaux. Cette armature n'étant maintenue en attraction, au moment de l'inversement, que par l'effet de condensation de la bobine à double fil, le tampon rond i est destiné à toujours humecter la roue des types h, sur laquelle il frotte en tournant.

Fonctionnement. — Le manipulateur envoyant des courants successivement inversés, la palette v (fig. 2) du récepteur, qui est polarisée par un aimant fixe, oscillera entre deux des pôles de l'électro-aimant, et amènera, suivant la position où la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manette du manipulateur sera arrêtée, la lettre correspondante en face du doigt imprimeur. Pendant ce temps, l'armature du condensateur, mise en attraction par la première émission de courant, sera maintenue dans cette même position, tant par l'effet de l'électro-aimant principal que par les effets des courants induits, et n'en changera qu'au moment précis où tout courant cessera de traverser l'électro-aimant, par suite de l'abaissement de la manette du manipulateur, et alors l'échappement d'impression fonctionnera.

Cet appareil a sur le cadran ordinaire l'avantage de laisser une trace durable; il fonctionne à la fois comme imprimeur et comme télégraphe à cadran; l'impression se fait en lettres ordinaires, à l'aide d'une roue des types et, par suite, ne demande pas un personnel expérimenté. Au bout de quelques heures de manipulation, tout soldat intelligent pourra passer au receveur une dépêche, un seul employé pourra être chargé de surveiller plusieurs récepteurs dans le même poste. L'épreuve pratique de cet appareil se poursuit en ce moment.

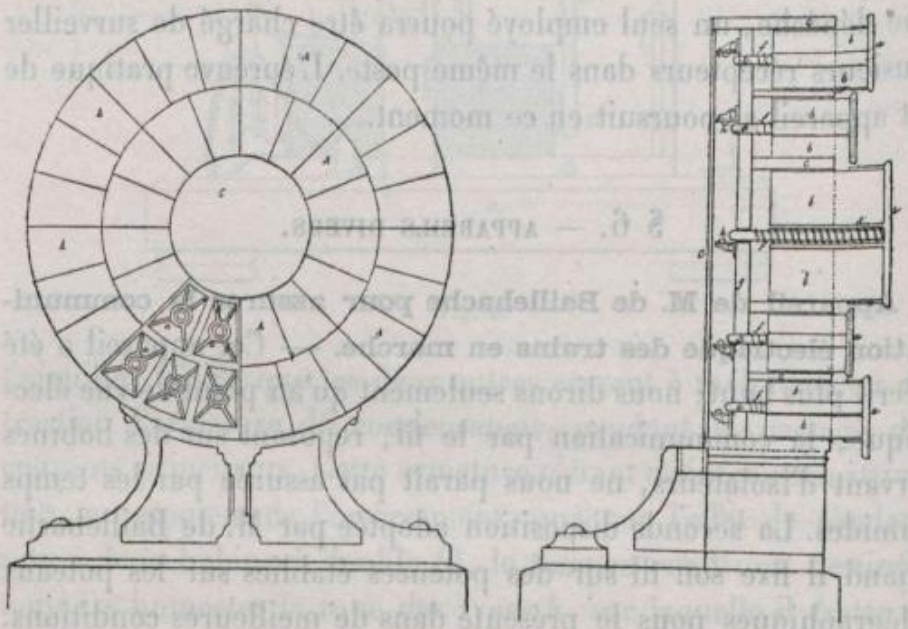
§ 6. — APPAREILS DIVERS.

Appareil de M. de Baillehache pour assurer la communication électrique des trains en marche. — Cet appareil a été décrit plus haut; nous dirons seulement qu'au point de vue électrique, la communication par le fil, reposant sur des bobines servant d'isolateurs, ne nous paraît pas assurée par les temps humides. La seconde disposition adoptée par M. de Baillehache quand il fixe son fil sur des potences établies sur les poteaux télégraphiques nous le présente dans de meilleures conditions. Elle demanderait bien encore quelques études pour assurer un contact et, par suite, une communication électrique absolument constante; mais nous croyons les premiers résultats acquis assez satisfaisants, pour faire admettre que le mode de communication est possible. Il reste à essayer sur une plus grande échelle ce que le système est susceptible de donner, et il nous semble que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le but à atteindre est assez important pour qu'une de nos grandes compagnies se décide et cherche à en faire l'application sérieuse, avec toutes les modifications que la pratique pourra venir y apporter.

Cible électrique Boivin. — M. Boivin expose une cible électrique, combinée de façon que le point où la balle d'un tireur a frappé sur cette cible apparaît sur un cadran indicateur établi près de lui, de façon à pouvoir se rendre un compte exact de son tir. La cible en fonte et le cadran indicateur sont divisés en un certain nombre de segments correspondants ; les segments voisins de la cible se trouvent à des niveaux différents, de manière que la balle frappant un des segments ne peut jamais entraîner un des segments voisins.



Chaque tampon, sous l'action de la balle, agit contre un ressort, qu'il comprime, et se met en communication électrique avec le segment correspondant de l'indicateur, au moyen d'un appareil électro-magnétique particulier. Dans le segment de l'indicateur, un trou se trouve bouché par un chiffre (1, 2 ou 3), indica-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur de la région qui apparaît. L'indicateur est complété par un totalisateur, qui comprend trois cadrans, correspondant aux régions 1, 2, 3, de la cible.

Cet appareil a l'inconvénient d'être fort lourd, il est du reste ingénieusement construit. Des expériences se poursuivent en ce moment à Vincennes, qui renseigneront sur sa valeur pratique.

§ 7. — TÉLÉPHONES.

Téléphone Bell. — Le téléphone usuel de Bell, présenté par M. Roosevelt et construit par M. Bréguet, est ainsi composé dans ses parties essentielles :

Une boîte cylindrique en bois, dont la partie la plus longue a son diamètre restreint de moitié et constitue une sorte de manche, contient un aimant sous forme de barre; une des extrémités de cet aimant est fixée à une vis, tandis que son autre extrémité vient presque buter contre une plaque de fer doux P formant diaphragme, et qui entre en vibration quand on parle dans l'entonnoir E. A cette extrémité du barreau est enroulée une bobine magnétique, formée par les nombreuses spires d'un fil de cuivre très fin recouvert de soie. Les deux bouts de ce fil arrivent en b et b', et vont aboutir, en se prolongeant par deux conducteurs électriques, aux deux extrémités du fil de la bobine d'un deuxième appareil, absolument semblable, qui sert de récepteur.

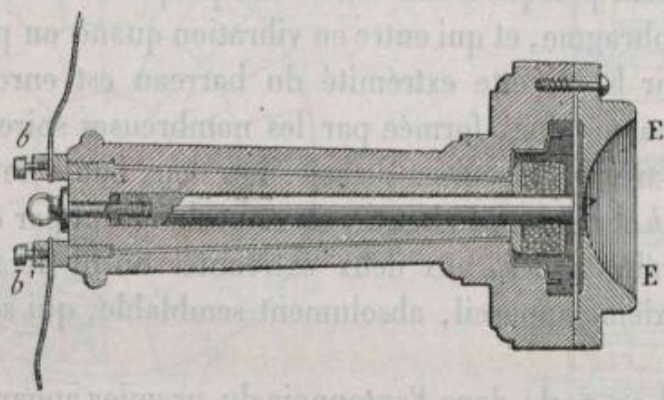
Quand on parle dans l'entonnoir du premier appareil et que l'on applique l'oreille contre celui de l'appareil récepteur, les vibrations se reproduisent dans le même ordre, et l'on entend distinctement les paroles prononcées. Il a suffi de régler la distance à laquelle on doit placer l'aimant de chaque appareil de la plaque de fer. Cette opération, qui constitue le réglage de l'instrument, est faite chez le constructeur. Dans les téléphones bien construits elle n'a besoin d'être renouvelée qu'assez rarement. Un perfectionnement a consisté à remplacer la matière du bois de la boîte par l'ébonite. C'est avec un téléphone de cette nature que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous avons pu causer pour la première fois, très distinctement, entre le palais de l'Exposition et Versailles.

Sans vouloir entrer dans le détail des discussions théoriques engagées entre les savants, nous donnerons seulement les quelques mots d'explication suivants sur les phénomènes téléphoniques :

Le diaphragme de fer doux du téléphone transmetteur, en vibrant, se rapproche plus ou moins du pôle de l'aimant et change à chaque vibration l'état magnétique du barreau. Chacun de ces changements détermine dans la bobine un courant d'induction d'intensité variable. Les courants successifs ainsi produits se propagent par le conducteur métallique jusque dans la bobine du téléphone récepteur, où ils produisent sur l'aimant des changements d'état magnétique réciproques de ceux qui leur ont donné naissance. Il en résulte des attractions ou des répulsions du diaphragme qui reproduisent les vibrations initiales.



Cette explication a le mérite d'être assez simple, mais il est probable que les actions en jeu sont beaucoup plus compliquées. Pour donner une idée des difficultés que l'on rencontre à présenter dès aujourd'hui une théorie rationnelle, nous rappellerons que M. du Moncel a démontré que les sons produits par le téléphone Bell pouvaient être aussi bien attribués aux vibrations déterminées au sein du noyau magnétique, par suite des aimantations et désaimantations communiquées par le courant d'intensité variable transmis à travers le fil du circuit, le diaphragme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

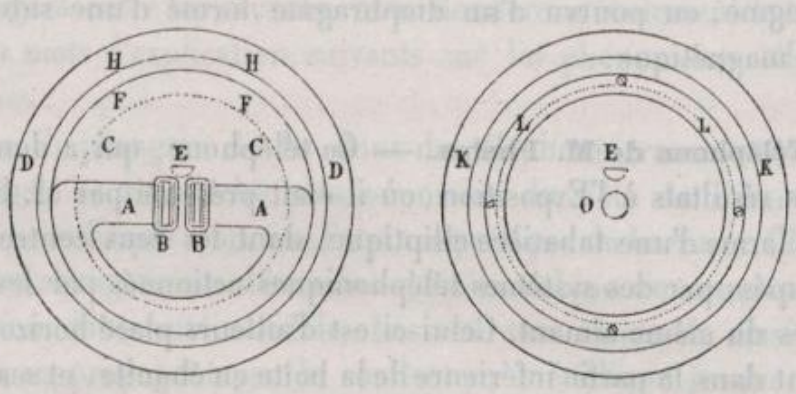
de fer doux ne paraissant plus dès lors jouer que le rôle d'excitateur magnétique du noyau. Depuis lors, on a pu obtenir des sons, moins intenses il est vrai, dans un téléphone sans diaphragme, ou pourvu d'un diaphragme formé d'une substance non magnétique.

Téléphone de M. Phelps. — Ce téléphone, qui a donné de bons résultats à l'Exposition, où il était présenté par M. Bailey, a la forme d'une tabatière elliptique, dont les deux centres sont occupés, par des systèmes téléphoniques actionnés par les deux pôles du même aimant. Celui-ci est d'ailleurs placé horizontalement dans la partie inférieure de la boîte en ébonite, et ses pôles correspondent aux noyaux magnétiques des bobines. Ces noyaux sont des tubes de fer doux fendus longitudinalement, et les diaphragmes de fer sont appuyés sur des ressorts à boudin tendant à les soulever au-dessus du système magnétique. Chaque diaphragme est muni, sur son autre face, d'une bague demi-élastique qui empêche les vibrations des bords de se joindre à celles du centre du diaphragme. Puis le couvercle est creusé de cavités évasées et peu profondes avec couloirs de communication. Une embouchure correspond à l'une des cavités, mais les vibrations de l'air se trouvent transmises par les couloirs aux deux cavités. Les deux téléphones fonctionnent simultanément.

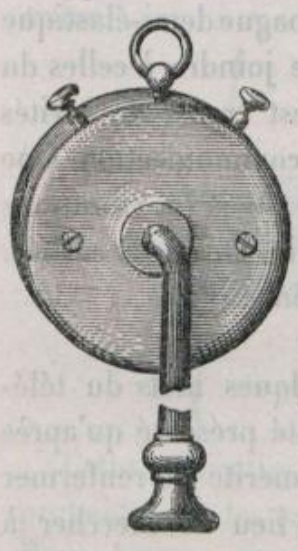
Téléphone Gower. — Nous dirons quelques mots du téléphone Gower, qui ne nous a, il est vrai, été présenté qu'après la fermeture de l'Exposition, mais qui a le mérite de renfermer lui-même son avertisseur. M. Gower, au lieu de chercher à étouffer les vibrations fondamentales de la plaque vibrante du téléphone Bell, s'efforce au contraire de les augmenter en fixant assez solidement cette lame vibrante sur le couvercle de l'embouchure, pour que, étant frappée, elle puisse émettre un son. La lame est elle-même plus épaisse, et le tout est renfermé dans une boîte cylindrique sonore, en métal. L'aimant a aussi une forme particulière; les deux pôles AA se trouvent placés l'un vis-à-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vis de l'autre ; sa force magnétique est considérable ; il est placé au fond de la boîte cylindrique, et les pôles, terminés par des noyaux de fer oblongs entourés d'hélices de fil très fin, BB,



se trouvent placés au centre du diaphragme. L'avertisseur est formé, au transmetteur, par une ouverture pratiquée dans le diaphragme, et derrière laquelle se trouve fixée une anche d'harmonium. Pour le faire fonctionner, il n'y a qu'à appliquer à l'embouchure un tube acoustique ; en soufflant dans ce tube, l'anche vibre, fait vibrer le diaphragme, et l'appel se transmet au récepteur en produisant un son relativement assez fort, qui rappelle assez l'appel des cors de tramways entendus à une certaine distance. Pour qu'il reproduise la parole, il n'y a qu'à parler devant l'embouchure du cornet acoustique. Si la conversation doit s'échanger à haute voix, on adapte un cornet porte-voix au récepteur ; si l'on veut causer à voix basse, on substitue au porte-voix un tuyau acoustique, que l'on place contre l'oreille.



Avec ce porte-voix et dans une chambre où le silence est établi, on peut entendre des paroles à une dizaine de mètres.

Téléphone à pile d'Edison. — Le principe du téléphone d'Edison, comme celui de tous les téléphones à pile qui ont été présentés depuis la fermeture de l'Exposition, repose sur la pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

priété que possèdent certaines substances de conductibilité électrique médiocre, telles que le graphite et le charbon, de voir leur résistance aux passages des courants varier avec les pressions auxquelles elles sont soumises. Ces substances, placées au transmetteur dans un circuit entre deux lames conductrices, dont l'une sera laissée libre de vibrer sous l'action de la parole, seront susceptibles de modifier la valeur de la résistance du circuit sensiblement dans le même rapport que leur pression elle-même se trouvera modifiée sous l'action des vibrations sonores. Si les courants ondulatoires ainsi produits sont reçus en un autre point du circuit par un téléphone ordinaire servant de récepteur, on conçoit que ces sons articulés puissent être reproduits avec d'autant plus d'intensité que les vibrations de la plaque vibrante de ce deuxième téléphone auront été déterminées par des courants d'une plus grande intensité provenant de la pile.

Dans un des modèles présentés, le téléphone transmetteur avait la lame vibrante appuyée contre les disques d'un conducteur secondaire en charbon par l'intermédiaire d'un petit cylindre en fer et d'un disque d'aluminium, et le premier se réglant par une vis placée inférieurement, l'embouchure était plus saillante et le trou plus large. L'appareil, construit en fonte nickelée, n'avait pas de manche. Le charbon était lui-même placé entre deux lames de platine.

Le téléphone récepteur était analogue à celui de Bell, avec quelques légères modifications : l'aimant, recourbé en fer à cheval, avait seulement un de ses pôles recouvert par la bobine magnétisante et placé vis-à-vis le centre de la plaque vibrante, l'autre pôle restant près du bord de la lame; le manche de l'instrument en bois plein et l'espace vide où se trouve le système magnéto-électrique étaient plus développés que dans le téléphone Bell.

M. Edison a également proposé de transformer les courants des piles passant par le transmetteur en courants induits, que M. Gray avait déjà reconnus plus favorables aux transmissions téléphoniques. Les résultats obtenus ont été satisfaisants. Les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

téléphones à charbon ont l'inconvénient de faire entendre des bruits accidentels, dus à la désagrégation du charbon, corps très friable, qui nuisent souvent à la bonne perception des sons.

Téléphone Righi. — M. Righi, de Bologne, a expérimenté au pavillon de la Presse, à l'Exposition, le premier téléphone qui nous ait permis d'entendre la transmission des sons en nous tenant à une certaine distance de l'appareil.

Celui-ci se compose d'un transmetteur et d'un récepteur. Le récepteur est analogue au téléphone Bell, l'aimant est seulement beaucoup plus grand et la lame de fer est fixée sur une membrane de papier parchemin tendue au fond d'un entonnoir.

Le transmetteur se compose d'une membrane tendue, au milieu de laquelle est fixée une pièce métallique s'appuyant sur une poudre conductrice (argent, fer, etc.): cette poudre est contenue dans un dé métallique porté par une lame de ressort pressée par une vis.

Quand la membrane vibre, des variations périodiques de pression se produisent dans la poudre et, si le courant d'une pile assez forte passe par la poudre et la bobine du récepteur, la membrane de ce dernier reproduit les vibrations du transmetteur. Les sons d'un cornet à piston furent ainsi entendus de presque tous les points d'une chambre capable de contenir deux cents personnes, le chant d'un ténor s'entendait distinctement à 5 ou 6 mètres, et la voix naturelle à 2 mètres. On n'entendait pas les sons accidentels particuliers aux téléphones à charbon. La distance entre le récepteur et le transmetteur était insignifiante, mais l'appareil avait précédemment été expérimenté entre Bologne et Ferrare, à 47 kilomètres.

Téléphone de MM. Siemens et Halske. — Ce téléphone, qui ne figurait pas à l'Exposition, est employé dans l'armée allemande; il porte avec lui un avertisseur et a assez de force pour être entendu à une certaine distance. Il ressemble entièrement à celui de Bell, mais le manche en bois, au lieu d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple moyeu magnétique, renferme un aimant percé tout en fer à cheval.

L'avertisseur n'est qu'une sorte de trompette de chemin de fer, qui peut se visser rapidement sur l'embouchure du téléphone. Pour appeler il suffit de souffler dans cette trompette, pour que ces vibrations de l'anche se trouvent communiquées au diaphragme déterminant des courants induits assez forts pour réagir sur le récepteur, et lui faire produire un appel susceptible d'être entendu dans une chambre suffisamment grande. Pour parler avec l'instrument, il n'y a plus qu'à dévisser la trompette, et l'on a entre les mains un téléphone ordinaire.

Ce téléphone a donné d'excellents résultats dans les expériences militaires.

Avertisseur téléphonique du capitaine Perrodon. — Le capitaine d'artillerie Perrodon nous a présenté un système d'avertisseur téléphonique qui a produit de bons résultats, et a pour organe excitateur une sorte de trembleur électro-magnétique constitué par le téléphone lui-même. Quand l'instrument est disposé pour l'avertissement, les communications électriques sont établies de telle manière que, lorsque le contact est établi entre le diaphragme et un certain ressort, le courant d'une pile locale traverse la bobine du téléphone et produit un affaiblissement d'aimantation du noyau magnétique. Il en résulte un éloignement du diaphragme, qui perd son contact avec le ressort et par suite produit une nouvelle attraction. Il se produit par suite un mouvement de vibration très caractérisé, qui entraîne des émissions successives de courant à travers la ligne et fait produire au diaphragme du téléphone récepteur une suite de sons assez intenses pour constituer un appel.

Microphone. — Le microphone de M. Hughes, que nous avons vu fonctionner au pavillon de la Presse, n'est qu'un transmetteur de téléphone à pile, comme celui d'Edison. On a même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été jusqu'à contester la découverte de M. Hughes. Il y a pourtant, suivant nous, deux inventions distinctes, quoique reposant jusqu'à un certain point sur le même principe : la différence de résistance au passage du courant produite par les variations de pression d'un morceau de charbon ou substance analogue. Cette propriété avait été signalée depuis plusieurs années par M. Clairac. Seulement, dans le téléphone Edison il résulte que la pression doit s'étendre à la masse même du charbon, tandis que, dans le microphone, cette pression, d'ailleurs bien moins considérable, n'agit en quelque sorte que sur les parties extrêmes de cette masse.

Avec ce nouvel instrument, les sons sont reproduits avec une amplification notable, mais, en réalité, cette amplification existe plus particulièrement pour les sons résultant de vibrations transmises mécaniquement à l'appareil transmetteur par des corps solides. Les sons propagés par l'air sont encore, à la vérité, amplifiés par rapport à ceux qui auraient été donnés par le téléphone, mais ils sont plus faibles que ceux qui leur ont donné naissance.

Avec ce microphone, l'amplification est surtout remarquable quand le son résulte d'une action mécanique transmise au support de l'appareil; ainsi, les pas d'une mouche marchant sur le support du microphone, le frôlement d'une barbe de plume, s'entendent d'une manière marquée dans le téléphone récepteur.

On a construit des microphones de cent manières différentes : un des plus simples et qui donne d'excellents résultats consiste à adapter l'un au-dessus de l'autre sur un prisme vertical de bois deux petits cubes de charbon, dans lesquels ont été percés deux trous, au fond desquels reposent les deux extrémités d'un petit crayon de charbon qui ont été émoussées.

Ce crayon appuie par une de ses extrémités dans le trou de charbon inférieur et doit ballotter dans le trou supérieur, qui le maintient seulement dans une position plus ou moins rapprochée de celle de la verticale.

Des contacts métalliques dont sont pourvus les cubes de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

charbon permettent, de plus, de les mettre en rapport avec le circuit d'un téléphone ordinaire, dans lequel est interposée une pile Leclanché de deux éléments.

Pour la transmission de la parole, M. Hughes donne à son appareil une disposition particulière : le charbon mobile est adapté à l'extrémité d'une bascule horizontale pivotant en son milieu et bien équilibrée. Il repose sur un second charbon fixe placé inférieurement et bute sur un troisième placé au-dessus : ce dernier n'est, du reste, pas indispensable.

Le premier des charbons est réglé par un ressort, et le support sur lequel la bascule oscille est adapté lui-même à l'extrémité d'une lame de ressort, qui rend l'appareil plus susceptible de vibrer. Le tout est recouvert d'une enveloppe semi-cylindrique, en bois blanc, à parois très minces, et le système, accompagné d'un autre semblable, est placé dans une boîte plate qui présente en un de ses côtés une ouverture devant laquelle on parle.

M. Hughes aurait avec cet appareil obtenu d'excellents résultats en se servant d'une pile de deux éléments au bichromate, et faisant jouer le courant à travers une petite bobine d'induction, avant de le conduire au téléphone transmetteur.

Dans les expériences auxquelles il nous a été donné d'assister, j'ai toujours trouvé le microphone inférieur au téléphone d'Edison pour la transmission de la parole.

Obstacles aux transmissions téléphoniques. — Ces obstacles ont trois causes principales : 1° les pertes de courant sur les lignes; 2° les mélanges produits par les dérivations de courants voisins; 3° l'induction des fils les uns sur les autres. Cette dernière influence est très considérable. C'est ainsi qu'en plaçant à une certaine distance, et parallèlement l'un à l'autre, deux fils parfaitement isolés, l'un faisant partie d'un circuit dans lequel travaille un appareil Morse, et l'autre compris dans un circuit téléphonique, on peut entendre dans le téléphone la suite des sons correspondant aux points et aux traits d'une dépêche soumise par le Morse sur le premier fil. Il est donc très diffi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cile d'employer pour un circuit téléphonique un fil de ligne placé sur un poteau à côté d'autres fils employés aux communications électriques ordinaires. Si, au lieu de deux fils nus placés à une certaine distance l'un de l'autre, on considère un fil et un câble et même deux câbles analogues à ceux de la télégraphie militaire placés côte à côte sur une longueur de 1 kilomètre environ, on obtient des résultats analogues, quoique peut-être moins marqués; il en résulte aussi la possibilité de faire surprendre le passage d'une dépêche ennemie par des télégraphistes sachant lire au son, sans qu'il soit possible au bureau transmetteur, comme au bureau récepteur, de se douter que la dépêche est ainsi lue sur son parcours. Disons cependant que peu de télégraphistes sont susceptibles d'arriver à ce résultat, surtout sur une dépêche écrite dans une langue étrangère. Les dérivations de courants voisins produisent aussi des effets de même nature, quoique moins marqués, mais l'action peut se produire simplement par les prises de terre ou des canalisations métalliques.

Il est évident que ces effets étant surtout sensibles en raison de la faiblesse des courants téléphoniques ordinaires, les phénomènes d'induction seront naturellement moins à craindre quand le courant produit se trouvera de même ordre de grandeur que ceux qui circulent sur les fils voisins. C'est le cas du téléphone à pile d'Edison. Il ne faudrait pas croire cependant que, dans ces derniers, on se trouve affranchi des dérangements produits par les bruits et les courants étrangers.

De toutes façons on se trouve dans de bien meilleures conditions, pour opérer, en pleine campagne, loin de tous courants et appareils électriques : on obtient alors de bons résultats en fermant le circuit par la terre. A Paris, ces résultats m'ont toujours paru bien plus satisfaisants en employant un fil de retour.

Emploi et avenir du téléphone. — Le téléphone n'est encore qu'à sa naissance; il nous paraît cependant appelé à jouer un grand rôle, même au point de vue militaire. Les expériences auxquelles nous avons assisté à l'Exposition ont permis d'éta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blir une conversation soutenue entre Paris et Versailles; depuis lors, des expériences analogues sont sans cesse renouvelées et avec autant de succès.

L'instrument, qui se perfectionne chaque jour, porte déjà en lui-même, depuis l'addition de la petite trompette, un appel bien suffisant pour prévenir un correspondant placé dans un bureau; cet appel suffit même à attirer l'attention d'un factionnaire attentif placé en plein air à quelques mètres seulement de chevaux et de voitures. Si l'on veut employer une petite pile et une sonnerie ou un appareil magnéto-électrique, on est alors dans les conditions de communications électriques habituelles, avec l'avantage de ne pas être obligé de recourir à un homme du métier pour pouvoir correspondre. L'oreille s'habitue très rapidement aux conditions téléphoniques; le son est suffisamment nourri et paraît à peine étrange à celui qui l'entend pour la première fois. Rien ne sert de crier; il ne faut s'attacher qu'à bien prononcer les syllabes, comme si l'on parlait à un étranger peu familiarisé avec notre langue; enfin les nouveaux téléphones que l'on construit aujourd'hui restent facilement réglés. Dans ces conditions, il semblera inutile d'appeler l'attention sur les nombreuses applications que rencontre le téléphone dans les usages domestiques. Nous dirons seulement que, déjà entré dans les pratiques de la vie en Amérique, il le sera bientôt dans celles des Français. Plusieurs compagnies se forment aujourd'hui à Paris pour exploiter différents systèmes, qui laisseront à chaque station les abonnés correspondant avec un poste central, d'où l'on pourra immédiatement donner la communication avec tel autre abonné qu'ils désigneront. Un système analogue, appliqué dans les places de guerre, mettrait en communication le commandant avec ses différents chefs de service, qui pourraient également correspondre entre eux. Le téléphone est déjà employé très utilement sur un certain nombre de champs de tir; nous le croyons appelé à rendre des services aux armées en campagne. La question est, du reste, en ce moment à l'étude dans presque toutes les armées européennes, et les difficultés que l'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rencontre proviennent plutôt de la difficulté de transport du câble et d'établir la ligne que de l'instrument lui-même.

§ 8. — LE PHONOGRAPHE.

Le phonographe n'est pas, à proprement parler, du domaine de la télégraphie électrique; les effets qu'il produit sont dus à des causes purement mécaniques; mais le merveilleux instrument d'Edison tient de si près au téléphone, dont il peut paraître en quelque sorte le complément, que nous n'hésitons pas à en rendre compte parmi les appareils de télégraphie.

Le principe du phonographe réside tout entier dans l'inscription sur une feuille métallique mince des vibrations produites lors de la production des sons.

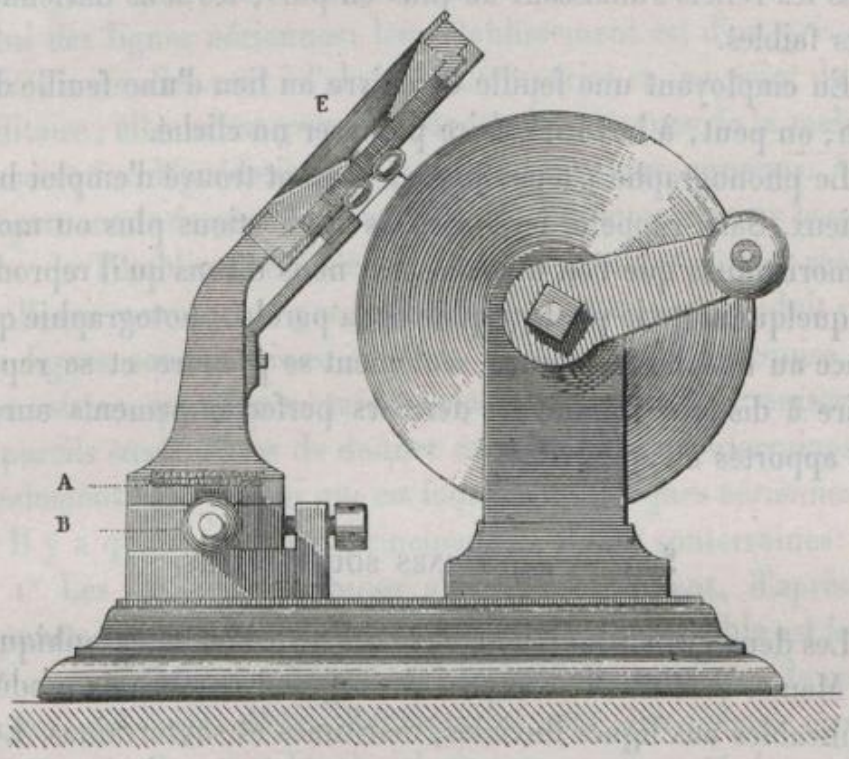
Un cylindre enregistreur est mis en mouvement au moyen d'une manivelle que l'on tourne à la main, et devant laquelle est placée une lame vibrante munie antérieurement d'une embouchure de téléphone. Sur la face postérieure une pointe traçante, portée par un ressort, est séparée de la lame vibrante par un tampon de caoutchouc, qui a pour mission de transmettre les vibrations de la lame sans les étouffer, tandis qu'un autre tampon placé entre la lame et le support de la pointe tend à atténuer les mêmes vibrations, qui, sans cette précaution, seraient trop fortes.

Le cylindre a son axe muni d'un pas de vis lui permettant de prendre un mouvement de translation à mesure que s'effectue son mouvement de rotation; il présente à sa surface une petite rainure hélicoïdale, dont le pas est exactement le même que celui de la vis servant au mouvement de translation. Si donc la pointe traçante se trouve une fois engagée dans cette rainure, elle peut la parcourir pendant tout le temps que l'on fera tourner le cylindre. Sur ce dernier est d'ailleurs appliquée une feuille de papier d'étain très mince, un peu déprimée pour marquer légèrement la trace de la rainure. La pointe traçante appuie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur elle avec une pression qu'il est facile de régler, à l'aide d'un système de vis AB.

Le système ainsi organisé, il n'y a plus qu'à parler dans l'embouchure, en tournant le cylindre aussi régulièrement que possible. Cette régularité est du reste facilitée par l'adjonction d'un lourd volant. Les vibrations de l'air se communiquent à celles de la lame, qui fait manœuvrer la pointe traçante et vient, à chaque vibration, déprimer la feuille d'étain et déterminer un gaufrage plus ou moins prononcé. Toute phrase terminée avant que le cylindre à l'extrémité ait terminé son mouvement de translation se trouve ainsi enregistrée par un dessin pointillé, composé de creux et de reliefs succesifs.



Pour la reproduction des sons, il n'y a qu'à replacer la pointe à l'extrémité de la rainure parcourue, et à remettre le cylindre en marche dans le même sens. Les traces laissées sur la feuille métallique soulèvent la pointe et lui communiquent un mouvement semblable à celui qui les avait imprimées. La

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lame vibrante vibre en reproduisant sons et paroles, et, si l'on adapte à l'embouchure un cornet de papier d'une certaine dimension faisant office de porte-voix, les sons peuvent être entendus de tous les points de la salle.

La parole ainsi reproduite est toujours un peu grêle, le ton peut du reste en être rendu plus ou moins élevé en changeant la vitesse de rotation. Si cette vitesse est exactement la même que celle qui a servi lorsque l'on a enregistré, le ton des paroles reproduites est le même que celui des paroles prononcées. On arrive à ce résultat en faisant effectuer les rotations du cylindre au moyen d'un appareil d'horlogerie.

La reproduction peut se faire un certain nombre de fois, mais les reliefs s'affaissant de plus en plus, les sons deviennent plus faibles.

En employant une feuille de cuivre au lieu d'une feuille d'étain, on peut, à la vérité, faire préparer un cliché.

Le phonographe n'a pas jusqu'à présent trouvé d'emploi bien sérieux. Sans rappeler ici toutes les applications plus ou moins humoristiques que l'on a proposées, nous dirons qu'il reproduit en quelque sorte la photographie de la parole, photographie qui, grâce au téléphone, pourra seulement se prendre et se reproduire à distance, quand les derniers perfectionnements auront été apportés à l'appareil.

§ 9. — DES LIGNES SOUTERRAINES.

Les deux grands fabricants français de câbles télégraphiques, M. Menier et M. Rathier, exposent un grand nombre de modèles applicables aux lignes fluviales, maritimes et souterraines. Leur exposition est très remarquable à tous les points de vue. Leurs usines, parfaitement outillées et installées à Paris et à Bezons, mettraient, dans un cas de presse, le département de la guerre en mesure de faire fabriquer du jour au lendemain de grandes quantités de câbles militaires pour le besoin de l'armée.

L'Administration des télégraphes présente quelques spéci-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mens de câbles souterrains ayant servi plus ou moins longtemps. Un de ces spécimens a eu une durée de 18 années et paraîtrait encore susceptible d'un certain usage. Cependant les lignes souterraines ne sont guère employées en France que pour les traversées de ville et quelques parcours relativement peu considérables. En Allemagne, au contraire, elles forment dès maintenant un réseau important, commencé depuis quatre années à peine et qui reliera bientôt à Berlin toutes les frontières de l'empire. Citons seulement : les lignes de Berlin à Hambourg et Kiel, avec embranchements sur Emden et Wilhems'haven, avec prolongement sur Coblentz et Metz; la ligne de Berlin à Francfort, avec embranchement sur Leipzig, Strasbourg et Coblentz. Ces lignes sont vraisemblablement d'un rendement inférieur à celui des lignes aériennes; leur établissement est d'un prix plus élevé, mais elles sont à l'abri des intempéries et, au point de vue militaire, elles n'ont guère à redouter les attaques de la malveillance et les déprédations de quelques cavaliers ennemis. Aussi croyons-nous devoir appeler sérieusement l'attention sur la question de l'établissement des lignes souterraines; nous restons d'ailleurs convaincus, par l'exemple de ce qui s'est produit pour les lignes sous-marines et forts de l'expérience acquise par nos voisins, que l'on ne tarderait pas en France à organiser des appareils susceptibles de donner avec les lignes souterraines un rendement égal à celui qui est fourni par les lignes aériennes.

Il y a quatre systèmes principaux de lignes souterraines:

1° Les lignes souterraines allemandes coûtent, d'après les rapports officiels, 8,115 francs par kilomètre. Le câble est formé par sept câbles à un conducteur composé de sept brins de cuivre tordus; les sept câbles élémentaires sont eux-mêmes tordus, enveloppés d'un matelas de phormium, puis protégés par une armature de dix-huit fils de fer de 4 millimètres.

Le tout est placé dans la terre à 1 mètre de profondeur et recouvert d'un enduit bitumineux.

2° Le système anglais consiste à placer simplement les câbles individuels dans des caniveaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Dans le système français en tranchées on place autour de chaque câble un petit filin; les sept câbles sont tordus, et le câble formé par l'ensemble des sept conducteurs est enveloppé de deux rubans goudronnés enroulés en sens inverse. Le tout est placé dans des tuyaux de fonte emboîtés l'un dans l'autre.

4° Dans le système en galerie, les câbles sont serrés dans un tuyau de plomb; ce système est également employé en France.

Le système qui nous semblerait le plus avantageux à adopter pour de longues lignes serait le troisième, en enterrant les tuyaux de fonte à une profondeur de 1 mètre à $1^{m},50$. Pour une profondeur de $1^{m},20$ environ, nous croyons qu'il serait plus coûteux que le système allemand avec un seul câble de sept conducteurs, de prix sensiblement égal avec deux câbles, et de prix notablement inférieur à partir de trois câbles, c'est-à-dire de vingt et un conducteurs. Le prix indiqué plus haut pour le câble allemand paraît, du reste, exagéré pour de pareilles longueurs.

PENEL.

FIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

AVANT-PROPOS IX

PREMIÈRE SECTION.

ADMINISTRATION.

CHAPITRE PREMIER.

SERVICE DE L'HABILLEMENT.

Considérations générales 1

§ 1er. *Cardage des laines* 4

Assortiments de la maison Célestin Martin, constructeur-mécanicien, à Verviers (Belgique) 4

§ 2. *Épaillage des laines* 7

§ 3. *Filage des laines* 10

Métiers à filer la laine de la maison C. Martin, de Verviers (Belgique) 10

§ 4. *Tissage* 13

Métiers à tisser de la maison Ve Mercier et L. Mercier, de Louviers ... 13

§ 5. *Foulage des draps* 15

Appareils à fouler les draps de la maison Leclère et Damuseaux, de Sedan 15

§ 6. *Appareil dynamométrique pour l'essai des tissus* 18

Allongement et résistance à la traction 18

§ 7. *Tannage des peaux* 25

Nouveau procédé de tannage des peaux, système de M. J. T. Monneins, tanneur à Gironde (Gironde) 25

Cuir-liège de M. de Beerski (classe 41) 28

§ 8. *Procédés divers de fabrication de la chaussure* 30

1° Système Goodyear 30

2° Machines Keats à coudre les chaussures 38

3° Machines à visser 40

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE II.

AMBULANCES, HÔPITAUX.

Pages.

MATÉRIEL D'AMBULANCES 43

§ 1er. *Voitures et fourgons* 43

1° Voiture Dietrich Lohner, exposée par M. J. Lohner, carrossier à Vienne 43

2° Voiture à deux roues de M. E. Schmidt, de Saint-Pétersbourg... 49

3° Fourgon de matériel (Société française de secours aux blessés)... 50

§ 2. *Appareils Gorodesky* 54

§ 3. *Modifications diverses apportées au brancard réglementaire français* (Société française de secours aux blessés) 56

Brancard Locati 59

§ 4. *Tentes et baraques* 59

1° Tente Lefort 59

2° Tente Couette 61

3° Baraque-hôpital de M. Tollet 63

INSTALLATION ET MATÉRIEL DU SERVICE DES HÔPITAUX MILITAIRES 65

Observations générales 65

§ 1er. *Plan et modèle d'hôpitaux* 66

Agencement de ces hôpitaux 66

Fauteuil roulant 69

§ 2. *Objets de literie* 70

Lits pour les épileptiques 70

Sommier élastique 70

§ 3. *Cuisines* 72

1° Gril Briens 72

2° Cuisine De Coutard 72

3° Cuisine à vapeur Égrot 74

§ 4. *Tisanerie* 76

Tisanerie à vapeur 76

§ 5. *Bois de lit improvisé pour hôpitaux de campagne* 76

CHAPITRE III.

SUBSISTANCES MILITAIRES.

MOULINS ET PROCÉDÉS DIVERS DE MOUTURE 78

Considérations générales 78

§ 1er. *Moulins bluteurs, batteurs et divers* 78

1° Meule blutante de MM. Aubin et Baron, meuniers constructeurs, à Bouray (Seine-et-Oise), ou moulin bluteur 78

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

2° Moulin agricole locomobile, à blutage direct, du même constructeur..... 81
3° Moulin Brisson et Fauchon, constructeurs, à Orléans..... 82
4° Moulin batteur système Carr, exploité par M. Touflin, concessionnaire des brevets, à Paris..... 82
5° Moulin de M. Bordier, constructeur-mécanicien, à Senlis..... 84
6° Broyeur pulvérisateur à force centrifuge de M. Hignette, ingénieur, à Paris..... 86
7° Broyeur horizontal, système Fontaine, constructeur-mécanicien, à Chartres..... 88
8° Broyeur Vapart, exploité par MM. J. Bichon et C^ie, constructeurs à Paris, concessionnaires des brevets..... 91

§ 2. *Moulins compresseurs à cylindres*..... 93
Considérations générales..... 93
1° Moulins compresseurs en fonte durcie, de MM. Gantz et C^ie, à Buda-Pesth et à Ratibor..... 94
2° Moulins compresseurs de MM. Wœrner et C^ie, constructeurs à Buda-Pesth..... 99
3° Moulins compresseurs à cylindres en fonte de MM. Hœrde et C^ie, constructeurs à Vienne..... 99
4° Moulin à cylindres avec broyeur en fonte, de MM. Daverio, à Zurich..... 102
5° Moulin compresseur à cylindres en porcelaine, système de M. Wegman, constructeur à Zurich..... 103

§ 3. *Appareils à nettoyer les grains*..... 109
Considérations générales..... 109
1° Appareils pour la meunerie..... 110
2° Appareils pour l'agriculture et le commerce..... 113

§ 4. *Appareils mécaniques pour rhabiller les meules de moulins*..... 114
Considérations générales..... 114
1^re catégorie..... 115
2^e catégorie..... 116

§ 5. *Élévateur Renhaye*..... 117

§ 6. *Appareils pour l'étuvement des farines*..... 120

§ 7. *Appareils pour la fabrication de la pâte à pain et à biscuit*..... 124

Pétrins mécaniques :

1° Pétrin Deliry..... 124
2° Pétrin Lebaudy..... 125
3° Pétrin Boucheron et Mazières..... 126
4° Pétrin Menesson..... 126
5° Pétrin Boland..... 126
6° Pétrin Dumas..... 126

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

7° Pétrin Durvie. 126
8° Pétrin Mahot. 127
9° Pétrin Probst, exposé par M. Guibert. 127
10° Pétrin Lesobre. 128
11° Pétrin Lecart. 128
12° Pétrin Page. 128
13° Pétrin Mariòn. 128
14° Pétrin Fauvarque. 129

Biscuiteries :

1° Machine Patrouilleau. 130
2° Machine Melano. 131

§ 8. *Fours à cuire le pain.* 131

Considérations générales. 131
1° Fours permanents à chauffage direct. 132
2° Fours à foyer indépendant. 136

§ 9. *Procédé et appareils pour assurer la longue conservation du vin par le chauffage* 139

Considérations générales. 139
Vins acides, piqués ou aigres. 142
Vins tournés, montés, poussés. 142
Vins gras, huileux, filants. 142
Vins amers, vins qui ont pris le goût de vieux. 143

1° OEnotherme Terel des Chênes (constructeur : M. V. Febvre, à Lyon). 152
2° Chauffe-vin du propriétaire, de M. le vicomte de Lapparent. 153
3° Appareil de M. Cuau aîné, constructeur à Paris. 155
4° Chauffe-vin du propriétaire, de M. le vicomte de Lapparent (modifié). 156
5° Appareil Saint-Joannis (constructeurs : MM. Luguaud et Pommier, à Marseille). 157

§ 10. *Brûloirs à café.* 159

§ 11. *Cuisines roulantes* 163

§ 12. *Moyens pour assurer le transport de la viande fraîche à grandes distances.* 168

§ 13. *Produits alimentaires* 177

§ 14. *Botteleuses et presses à fourrages* 180

Considérations générales. 180
1er type : Presses à bras. 184
2e type : Presses mixtes, utilisables soit à bras, soit avec manège, soit avec moteurs. 185
3e type : Presses marchant exclusivement avec moteurs. 186

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE IV.

MACHINES.

Pages.

Considérations générales sur les machines exposées en 1878 192

Machines fixes 192
Machines demi-fixes et locomobiles 199
1° Moteurs à vapeur 200
2° Moteurs à gaz 202
3° Moteurs à air chaud 204

§ 1er. *Machines à vapeur fixes* 206

Considérations générales 206

Emploi de la compression à l'échappement pour diminuer la perte de travail due aux espaces nuisibles 209
Machines à quatre distributeurs 210
Distribution de vapeur par soupapes équilibrées 211
Description d'une soupape équilibrée 212
Comparaison entre une soupape équilibrée et une soupape ordinaire ... 213
Distribution de vapeur par des secteurs cylindriques 214
Description des valves ou robinets d'admission et d'échappement 215
Emploi d'une enveloppe de vapeur pour diminuer les condensations dans le cylindre 215

1° Machines à quatre soupapes équilibrées (types Sulzer et autres) 217

Satre et Averly, à Lyon (Rhône) 217
Société anonyme de constructions mécaniques d'Anzin. (Anciens établissements de Quillacq.) 222
Lecointe et Villette, à Saint-Quentin 223
Société des forges et fonderies de l'Horme, à Saint-Chamond (Loire) ... 225
Compagnie de Fives-Lille. Fives-Lille (Nord) 226
Sulzer frères. Winterthur (Suisse) 227
Société suisse pour la construction de machines. Winterthur (Suisse) ... 227

2° Machines à quatre secteurs cylindriques (types Corliss et autres) 228

Le Gavrian et fils. Lille (Nord) 228
Corbran et Lemarchand. Rouen (Seine-Inférieure) 228
Lecouteux et Garnier. Paris 228
Cail et Cie. Paris-Grenelle 233
Farcot et ses fils. Saint-Ouen (Seine) 236
Wheelock. Worcester (États-Unis) 240

3° Machines à quatre tiroirs plans 242

Société de constructions des chemins de fer de l'État de Hongrie. Budapest 242

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

4° Machines à deux soupapes équilibrées et à deux tiroirs plans..... 245

5° Machines ordinaires à tiroirs plans..... 247

6° Machines à deux cylindres..... 253

Considérations générales..... 253
Machines verticales à balancier..... 255
Machines horizontales avec manivelles calées à 180 degrés..... 256
Machines à deux cylindres placés bout à bout..... 258
Machines *compound*..... 259
Machines *compound* horizontales..... 260
Machines *compound* verticales..... 266

7° Machines diverses..... 267

Considérations générales..... 267
Machine genre *compound* à simple effet..... 267
Machine rotative, système Martin..... 270
Machine à six cylindres, système West..... 270
Machine à deux cylindres concentriques..... 272

Conclusions..... 274

§ 2. *Machines à vapeur demi-fixes et locomobiles*..... 275

Considérations générales..... 275

1° Machines demi-fixes à chaudières verticales..... 277
Chaligny et Guyot-Sionnest (ancienne maison Calla), à Paris-Chapelle. 277
Buffaud frères, à Lyon..... 277
Rikkers, à Saint-Denis (Seine)..... 277
Aubert, à Paris..... 278
Chaudré, à Paris-Vaugirard..... 278

2° Machines demi-fixes locomobiles à chaudières horizontales et à flamme directe..... 278
Chaligny et Guyot-Sionnest, à Paris-Chapelle..... 278
Cail et C^ie^, à Paris-Grenelle..... 279

3° Machines demi-fixes et locomobiles à chaudières horizontales et à retour de flamme..... 281
Weyher et Richemond, à Paris-Pantin..... 281

Conclusions..... 283

§ 3. *Moteurs fonctionnant par l'expansion du gaz autres que la vapeur d'eau*..... 285

Considérations générales..... 285

2° Moteurs à gaz..... 285
3° Moteurs à air chaud..... 292

Conclusions..... 296

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

§ 4. *Chaudières à vapeur*. 297
Considérations générales. 297
Chaudières à bouilleurs ordinaires. 297
Chaudières semi-tubulaires. 298
Chaudières à gros tubes. 299
Chaudières à tubes de petits diamètres. 300
Chaudières à circulation rapide. 300
1° Chaudières semi-tubulaires. 301
Victoor, Fourcy et C^ie^. Corbehem (Pas-de-Calais). 301
Durenne. Courbevoie (Seine). 302
2° Chaudière spéciale à corps multiples. 303
Artige. Paris-Grenelle. 303
3° Chaudières à foyer intérieur. 305
Jules Farinaux et C^ie^. Paris. 305
Chevalier et Grenier. Lyon (Rhône). 306
Fouché et de la Harpe. Paris. 307
Farcot et ses fils. Saint-Ouen (Seine). 308
Weyher et Richemond. Pantin (Seine). 309
Galloway. Manchester (Angleterre). 311
4° Chaudières à circulation rapide. 312
Imbert frères. Saint-Chamond (Loire). 312
Belleville et C^ie^. Paris. 313
Conclusions. 315

§ 5. *Appareils accessoires des chaudières et des machines à vapeur*. 316
1° Régulateurs. 316
Considérations générales. 316
Régulateur Farcot à bielles et bras croisés. 317
Régulateur Porter. 318
Régulateur Allen. 319
Régulateur Larivière. 320
Conclusions. 320
2° Injecteurs alimentaires. 321
Considérations générales. 321
Injecteur Giffard. 322
Injecteur Bouvret. 323
Injecteur Wabe et Cuau. 324
Conclusions. 324
3° Alimentateurs automoteurs et régulateurs d'alimentation. 325
Considérations générales. 325
Alimentateur automoteur Macabiès. 325
Régulateur automatique d'alimentation Lethuillier et Pinel. 327

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

4° Appareils de sûreté. 328

Indicateurs de niveau d'eau :

Considérations générales. 328
Indicateur Dupuch. 329
Indicateur avec porte-tube séparateur Damourette. 329
Garde-tube pour niveau d'eau. 329

Indicateurs magnétiques et métalliques :

Indicateur magnétique Lethuillier et Pinel. 330
Indicateur magnétique Perrotte. 331
Indicateur métallique Chaudré 331
Conclusions. 332

5° Manomètres métalliques. 332

Manomètre Bourdon. 332
Manomètre Desbordes. 333
Manomètre Ducomet 333

6° Réchauffeurs de l'eau d'alimentation. 334

Considérations générales 334
Economiser Green. 335
Réchauffeur Roche. 335

7° Joints de vapeur. 336

Joints au mastic de minium. 336
Joints métalliques. 336
Joints en caoutchouc, en carton-feutre d'amiante, etc. 337

8° Enveloppes calorifuges pour conduites de vapeur. 338

Considérations générales. 338
Enveloppe isolante en bois Gay. 338
Tissu-feutre antirayonnant Gaudefroy. 339
Laine de scorie. 339
Mastics calorifuges 339

9° Garnitures des presse-étoupes. 340

Considérations générales. 340
Garniture autolubrifiante Mac Kean. 340
Garniture d'amiante. 341
Garniture métallique Pile. 341
Obturateur Chaudré. 342

10° Grilles et cheminées. 342

Grille mécanique et cheminée en tôle sans haubans. 342

§ 6. *Organes des transmissions de mouvement*. 343

1° Paliers graisseurs. 343

Considérations générales. 343

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Palier double graisseur G. Thiébault, et palier à graissage bilatéral Casalonga 344
Palier graisseur à hélice Béthouard 344
Paliers Caen et Bourdon 344
Palier graisseur Hignette 345

2° Godets graisseurs 345

3° Matières graissantes 346

Huiles de graissage 346
Graisses influides 347
Graissage des cylindres à vapeur 347

4° Engrenages 347

5° Courroies de transmission 348

Courroies en cuir 348
Courroies en cuir renforcées avec des tissus végétaux ou métalliques 350
Courroies en caoutchouc 350
Courroies en matières diverses 351
Conclusions 351

6° Câbles de transmission 351

DEUXIÈME SECTION.

ARTILLERIE.

CHAPITRE PREMIER.

CANONS, PROJECTILES, CUIRASSES ET BLINDAGES.

§ 1er. *Métal à canons* 353
Bronze 353
Fonte 355
Fer forgé 356
Acier 356
Résumé 363

§ 2. *Modèles de canons exposés* 365

Section anglaise 365
Canon Whitworth de 9 livres 365

Section italienne 365
Canon de 7 en bronze se chargeant par la culasse 365

Section espagnole 366
1° Canon de 9 centimètres 366
2° Canon de 15 centimètres en fonte, fretté 366

Section suédoise 367

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Section norwégienne..... 367
Section hollandaise..... 367
Canon de siège de 12 centimètres en bronze..... 367
Section française..... 368
Canon de campagne exposé par M. Joyeux, architecte à Chaville... 368
Considérations générales..... 368
Canons italiens de 100 tonnes..... 369

§ 3. *Projectiles*..... 370
1° Projectiles pour canons de campagne..... 370
Forme extérieure..... 370
Montage..... 370
Organisation intérieure..... 371
Métal..... 372
Résumé..... 372
Projectiles Whitworth..... 372
2° Obus à balles..... 373
Obus Gronnier..... 374
3° Boîtes à mitraille..... 375
4° Projectiles de gros calibre et projectiles de rupture..... 375
Forme extérieure..... 375
Montage..... 376
Organisation intérieure..... 377
Métal employé..... 377
Résumé..... 379
5° Cuirasses et blindages..... 380
Cuirasses en fonte..... 380
Blindages en fer..... 381
Plaques d'épaisseur inégale..... 382
Blindages en acier..... 382
Blindages composés (*compound*) en fer et en acier..... 383
Systèmes d'attache des plaques..... 384
Plaques de pont..... 384
Boucliers-visières, plaques, cibles..... 385
Résumé..... 385

CHAPITRE II.

FUSÉES.

§ 1er. *Fusées pour projectiles creux*..... 387
1° Fusées percutantes..... 387
Fusées Krentz..... 388
Fusée italienne, modèle 1877..... 389
Fusée Kuhn..... 389

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Fusée Bettolo 390
Fusée Bettolo pour projectile de rupture 390
Fusée Pettman 392
2° Fusées fusantes 393
Fusée Krupp 393
Fusée Fornerod 395
Fusée Bazzichelli 395
3° Fusées à double effet 397
Fusée Bluntschli 397
Fusée Fornerod 397
§ 2. *Fusées de guerre* 398
Fusées de la compagnie Hale-Macdonald 398
Fusées-torpilles 399

CHAPITRE III.

AFFÛTS ET VOITURES.

§ 1er. *Matériel de campagne* 401
Section anglaise 401
Affût Whitworth pour canon de 9 livres 401
Section espagnole 402
Affût de campagne pour batteries de position 402
Section des Pays-Bas 403
Affût de campagne pour canon de 8 centimètres 403
Caisson de 8 centimètres de campagne 404
Caisson à munition d'infanterie 404
Section italienne 404
Affût pour canon de 7 en bronze 404
Section française 405
Affût de canon-revolver Hotchkiss 405
Frein 405
Appareil de pointage 406
Observations générales relatives aux voitures de campagne 406
Forges de campagne 407
§ 2. *Matériel de montagne* 409
Section des Pays-Bas 409
Affût de montagne avec limonière 409
§ 3. *Matériel de siège* 409
Section espagnole 409
Affût de siège de 15 centimètres 409
Section des Pays-Bas 410
Affût de siège pour canon de 12 410

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
§ 4. *Affûts de place* 413
Section espagnole 413
Affût de casemate pour canon de 15 centimètres en fonte fretté ... 413
Section française 414
Affût à éclipse et coupole fixe du capitaine du génie Biny 414
§ 5. *Affûts marins* 415
Section italienne 415
Affût marin système Albini 415
Affûts et appareils hydrauliques de canon de 100 tonnes 415

CHAPITRE IV.

MITRAILLEUSES.

Canon-revolver Hotchkiss 417
Mitrailleuses de la compagnie Gatling, de Hartford (Connecticut) 421
Mitrailleuse Gardner 426
Mitrailleuse Christophe-Montigny 430
Mitrailleuse de la marine italienne 431
Mitrailleuse Palmcrantz 432
Mitrailleuse d'Albertini 432
Examen comparatif des divers mécanismes :
Mitrailleuses à rotation 435
Mitrailleuses à canons fixes 436
Appareils de dispersion 438
Comparaison des calibres 438
Emploi des diverses mitrailleuses 439

CHAPITRE V.

SUBSTANCES EXPLOSIBLES.

Dynamites 440
Poudres noires 444

TROISIÈME SECTION.

GÉNIE.

CHAPITRE PREMIER.

OUVRAGES DE FORTIFICATION.

Exposition espagnole 447
Relief du front de Prosperi 447
Relief du front du colonel Arroquia 448

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
Relief d'un fort détaché..... 450
Modèle de la casemate Bernaldès..... 451
Modèles de tours..... 451

CHAPITRE II.

PONTS MILITAIRES.

Système Brochocki..... 453

CHAPITRE III.

VOIES FERRÉES PORTATIVES.

Considérations générales..... 456
Porteur universel Guitton..... 457
Chemin de fer portatif de M. Suc, ingénieur à la Villette..... 459
Chemins de fer industriels de MM. Chauvin et Marin-Darbel..... 460
Porteur universel de Paupier..... 460
Porteur Decauville..... 462
Petits chemins de fer à rails flexibles de M. Cotelle..... 466

CHAPITRE IV.

APPAREIL D'EXPLOSION.

Appareil employé pour la grande explosion du Hellgate, rade de New-York, en septembre 1876, par M. Jules Striedinger, ingénieur américain..... 468
Dispositions adoptées au Hellgate..... 469

CHAPITRE V.

SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE.

§ 1er. *Systèmes d'éclairage pouvant être appliqués aux camps d'instruction, aux casernes et aux forts*..... 471
Appareils à air carburé..... 473
Appareil «The improved air-gas company», de Londres..... 474
Alpha de Müller..... 474
Le Sun, appareil à air carburé construit à Londres..... 475
Carburateur Giraud, de Lyon..... 476
Appareil Maître..... 476
Le Magicien, appareil automatique d'éclairage au gaz, de Lecointe..... 477
Gaz instantané du système Lascols..... 479
Appareil à air carburé du docteur Paquelin..... 481
Hydrocarburateur de Piéplu..... 481
§ 2. *Appareils pour produire le gaz d'éclairage par la décomposition des hydrocarbures liquides*..... 483
Considérations générales..... 483

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.
Appareil Launoy 485
Appareil Gapiand 486
Appareil Schreiber 487
Conclusion 488

CHAPITRE VI.

SYSTÈMES DE COUVERTURES.

Différents systèmes de couvertures pouvant être employées dans les bâtiments militaires 495
Couvertures en terre cuite 495
Couvertures en ardoises 497
Couvertures métalliques 499
Ardoises chimiques de M. l'abbé Magnand 501
Vitrerie de toit 502
Couvertures provisoires 502
Chéneaux Bigot-Renaux en fonte de fer avec joints en caoutchouc 503

CHAPITRE VII.

PÉRIGRAPHE INSTANTANÉ DE M. LE LIEUTENANT-COLONEL DU GÉNIE MANGIN 505

CHAPITRE VIII.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

Considérations générales 513
Sources d'électricité 514
Machines magnéto et dynamo-électriques 515
Machine magnéto-électrique de l'Alliance 516
Machine de Siemens 519
Machine Weston 524
Machine Lontin 524
Machine Gramme 526
Machines avec moteur 534
Régulateurs 536
Régulateur Foucault-Dubocq 539
Régulateur Serrin 541
Régulateur Carré 542
Régulateur Lontin 543
Régulateur Mersanne 543
Régulateur Suisse et Chertemps 544
Régulateur Jaspard 544
Régulateur Bürgin 546
Régulateur Sautter et Lemonnier 547
Régulateur Reynier 548
Régulateur Reynier pour petites lumières 549

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Bougies Jablochkoff 550
Charbons 552
Projecteurs 554

QUATRIÈME SECTION.

GÉOGRAPHIE ET CARTOGRAPHIE.

CHAPITRE PREMIER.

CARTOGRAPHIE.

§ 1er. *Coup d'œil rétrospectif sur les progrès de la cartographie depuis le commencement du XIXe siècle*, par E. Rouby, chef d'escadron d'état-major.. 559

§ 2. *La cartographie officielle en 1878 dans les divers États de l'Europe*, par E. Rouby, chef d'escadron d'état-major 579

Géodésie 583
Topographie 584
Cartographie 587
Allemagne.. Prusse 590
Bavière 593
Hesse-Darmstadt 593
Wurtemberg 593
Bade 593
Saxe royale 593
Autriche-Hongrie 594
Belgique 596
Danemark 599
Espagne 601
France 603
Grèce 605
Hongrie 606
Îles-Britanniques 606
Italie 608
Luxembourg 611
Norwège 612
Pays-Bas 613
Portugal 614
Russie 616
Suède 621
Suisse 623
Turquie 624

§ 3. *La cartographie industrielle à l'Exposition de 1878*, par E. Rouby, chef d'escadron d'état-major 625

Allemagne 634

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Autriche...
- MM. Albach (Jules)..... 634
- Artaria et Cie..... 635
- Dzieduszycki (le comte Vladimir)..... 635
- Harlacher..... 635
- Peez et Péchard..... 635
- Schlacher..... 635
- Streffleur..... 635

Belgique...
- Le Musée d'histoire naturelle..... 636
- MM. Von Rysselberghe..... 636
- Demot..... 636
- Dumoulin..... 636

Danemark. — M. Johnstrup..... 636

Espagne...
- MM. Areba et Solsona..... 636
- Moulle..... 637

France....
- MM. Andriveau-Goujon..... 637
- Baudry..... 638
- Belin (Eugène)..... 638
- Blaesere (De) et Larochette..... 638
- Chancourtois (Béguyer de), ingénieur des mines... 638
- Collin..... 639
- Delagrave..... 639
- Delalain..... 640
- L'École spéciale militaire..... 640
- MM. Erhard..... 640
- Eynaud de Fay..... 641
- Hachette et Cie..... 641
- Hansen..... 641
- Mlle Kleinhans (Caroline)..... 641
- M. Malègue..... 642
- Ministères..... 642
- M. Schrader..... 644
- Statistique..... 644
- M. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées..... 644
- La Ville de Paris..... 645

Grèce..... 645
Hongrie..... 645
Îles-Britanniques..... 645
Italie..... 646
Luxembourg..... 647
Norwège..... 647
Pays-Bas..... 647
Portugal..... 648
Russie..... 648
République de Saint-Marin..... 649
Suède..... 649

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Suisse 649
Turquie 650
Afrique.... Algérie 651
Le Cap 651
Amérique 651
Asie 653
Océanie 653

§ 4. *Diverses méthodes appliquées au figuré du terrain sur les cartes topographiques*, par M. Moessard, capitaine d'état-major 654
1° Formes dénaturées 656
2° Hachures suivant les lignes de plus grande pente 657
I. Lumière zénithale 657
II. Lumière oblique 664
3° Courbes horizontales 666
4° Hachures horizontales 674
5° Courbes et teintes au lavis 675

§ 5. *Étude générale sur la cartographie exposée en 1878*, par M. Prudent, capitaine du génie 681
France.... Dépôt de la guerre 681
Dépôt des fortifications 687
Dépôt de la marine 695
Ministère de l'intérieur 695
Ministère des travaux publics 698
Exposants particuliers 702
Angleterre et colonies anglaises 714
Autriche-Hongrie 717
Belgique 721
Danemark 724
Espagne 725
États-Unis 728
Italie 729
Luxembourg 733
Pays-Bas 733
Portugal 735
Russie 737
Suède et Norwège 737
Suisse 740
Conclusion 743

CHAPITRE II.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

§ 1er. *Instruments de géodésie et d'astronomie* 745
Appareil pour la mesure des bases géodésiques de Brunner 746

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Cercle azimutal réitérateur, de Brunner..... 747
Héliotrope à main..... 751

§ 2. *Instruments de géodésie astronomique*..... 753

Cercle méridien portatif de Brunner..... 754
Chronomètre de marine à enregistrement électrique de Bréguet..... 756
Planchette chronographique de Bréguet pour les postes astronomiques où l'on fait des observations pour la mesure des différences de longitude..... 757
Pendule à étoiles artificielles de Hipp..... 760

CHAPITRE III.

MACHINES À IMPRIMER.

Machine russe..... 765
Machine américaine..... 766
Machine danoise..... 767
Machine française..... 768
Autopolygraphe Bauer..... 773
Le Papyrographe..... 774
Plume électrique Edison..... 774

CINQUIÈME SECTION.

CHEMINS DE FER ET TÉLÉGRAPHIE.

CHAPITRE PREMIER.

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER.

Considérations générales..... 777

§ 1^er^. *Train sanitaire* exposé par la Société française de secours aux blessés.... 778

Description :

Wagon pour blessés..... 778
Wagon des médecins..... 780
Wagon-réfectoire..... 780
Wagon-cuisine..... 780
Wagon-magasin..... 781
Wagon d'approvisionnements..... 781
Appréciation..... 781

§ 2. *Wagon à plate-forme tournante*, exposé par M. Henry Entz..... 784

Description..... 784
Appréciation..... 784

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

§ 3. *Système E. de Baillehache*, permettant aux agents des gares et des trains en marche de communiquer entre eux par dépêches télégraphiques... 786
Description... 786
Appréciation... 790

§ 4. *Locomotive à huit roues accouplées*, exposée par la compagnie Paris-Lyon-Méditerranée... 792

§ 5. *Freins continus*... 793

§ 6. *Wagon plate-forme*, type du Midi... 795
Statistique des chemins de fer français au 1er janvier 1866 et au 1er janvier 1877... 796

CHAPITRE II.

TÉLÉGRAPHIE.

Considérations générales... 798

§ 1er. *Appareils automatiques*... 799
Appareil Wheastone... 799
Appareil de M. Lartigue... 800

§ 2. *Transmission multiple*... 803
Appareil Meyer... 803
Appareil Baudot... 804

§ 3. *Transmission Duplex*... 805

§ 4. *Appareils autographiques*... 806
Appareil Meyer... 807
Appareil Lenoir... 808
Appareil d'Arlincourt et relais... 809
Emploi des appareils autographiques... 815

§ 5. *Appareils imprimeurs*... 816
Appareil d'Arlincourt... 816
Appareil de Baillehache et Hayet... 818
Principe... 818
Description... 818

§ 6. *Appareils divers*... 821
Appareil de M. de Baillehache pour assurer la communication électrique des trains en marche... 821
Cible électrique Boivin... 822

§ 7. *Des téléphones*... 823
Téléphone Bell... 823
Téléphone de M. Phelps... 825

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pages.

Téléphone Gower 825
Téléphone à pile d'Edison 826
Téléphone Righi 828
Téléphone de MM. Siemens et Halske 828
Avertissseur téléphonique du capitaine Perrodon 829
Microphone 830
Obstacles aux transmissions téléphoniques 831
Emploi et avenir du téléphone 832

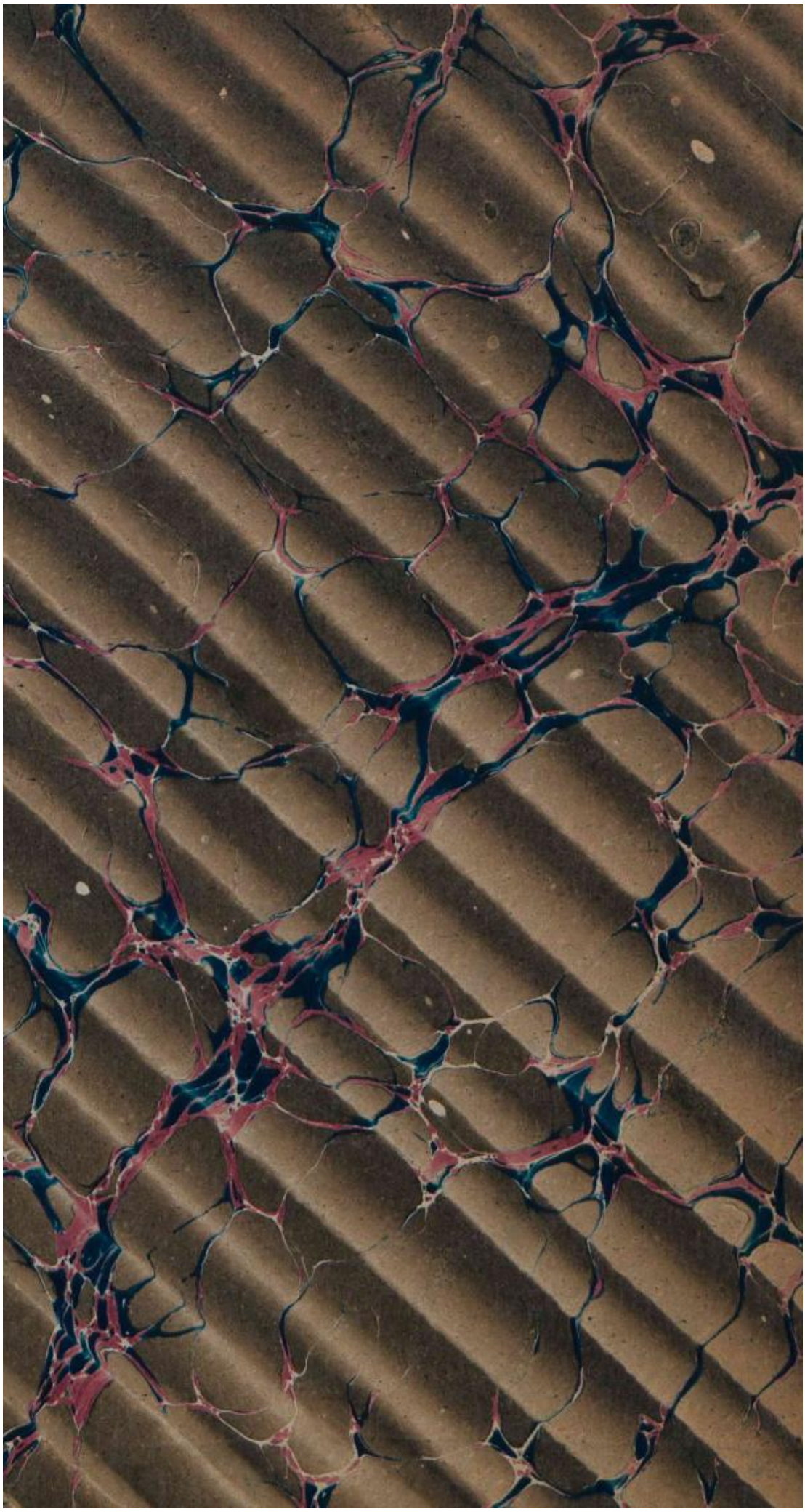
§ 8. *Phonographe* 834

§ 9. *Des lignes souterraines* 836

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires