Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

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

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

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

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Exposition universelle. 1867. Paris
Auteur(s)	Exposition universelle. 1867. Paris
Titre	Etudes sur l'Exposition universelle de 1867 ou les archives de l'industrie au XIXe siècle. Description générale, encyclopédique, méthodique et raisonnée de l'état actuel des arts, des sciences, de l'industrie et de l'agriculture chez toutes les nations. Recueil de travaux techniques, théoriques, pratiques et historiques
Nombre de volumes	10
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE172
Adresse	Paris : Librairie scientifique, industrielle et agricole Eugène Lacroix, 1867
Collation	10 vol.
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 172
Sujet(s)	Exposition internationale (1867 ; Paris) Industrie -- 19e siècle Agriculture -- 19e siècle Technologie -- 19e siècle
Note	1er volume de la deuxième édition

NOTICE DU VOLUME	
Auteur(s) volume	Exposition universelle. 1867. Paris
Titre	Etudes sur l'Exposition universelle de 1867 ou les archives de l'industrie au XIXe siècle. Description générale, encyclopédique, méthodique et raisonnée de l'état actuel des arts, des sciences, de l'industrie et de l'agriculture chez toutes les nations. Recueil de travaux techniques, théoriques, pratiques et historiques
Volume	Etudes sur l'Exposition de 1867 annales et archives de l'industrie au XIXe siècle nouvelle technologie des arts et métiers, des manufactures, de l'agriculture, des mines etc. 7e série. Fascicules 31 à 35
Adresse	Paris : Librairie scientifique, industrielle et agricole Eugène Lacroix, 1868
Collation	1 vol. (463 p.) ; 24 cm
Nombre d'images	468
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 172 (7)
Sujet(s)	Exposition internationale (1867 ; Paris) Industrie -- 19e siècle Agriculture -- 19e siècle Technologie -- 19e siècle
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	27/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE172.7

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Études sur l'Exposition de 1867

ANNALES

ET

ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIXe SIÈCLE



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous nous réservons le droit de traduire ou de faire traduire les articles de cet ouvrage en toutes langues. Nous poursuivrons, conformément à la loi et en vertu des traités internationaux, toute contrefaçon ou traduction faites au mépris de nos droits.

Le dépôt légal de cette septième Série a été fait à Paris à l'époque de novembre 1868, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers États avec lesquels il existe des conventions littéraires.

Tout exemplaire du présent ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, notre griffe, sera réputé contrefait, et les fabricants et débitants de ces exemplaires seront poursuivis conformément à la loi.



Paris. — Imprimerie P.-A. Bourdier, Capiomont fils aîné et Ce, rue des Poitevins, 6.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Xas 172

Études sur l'Exposition de 1867

ANNALES

ET

ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIXe SIÈCLE

NOUVELLE TECHNOLOGIE

DES ARTS ET MÉTIERS

des MANUFACTURES, de L'AGRICULTURE,
des MINES, etc.

DESCRIPTION GÉNÉRALE, ENCYCLOPÉDIQUE, MÉTHODIQUE ET RAISONNÉE

DE L'ÉTAT ACTUEL

des Arts, des Sciences, de l'Industrie et de l'Agriculture, chez toutes les nations

RECUEIL DE TRAVAUX HISTORIQUES, TECHNIQUES, THÉORIQUES ET PRATIQUES

PAR MM. LES RÉDACTEURS DES *Annales du Génie civil*

Avec la collaboration

DE SAVANTS, D'INGÉNIEURS ET DE PROFESSEURS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

E. LACROIX

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE, DE L'INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS HOLLANDAIS
DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE HONGRIE,
DIRECTEUR ET FONDATEUR DES ANNALES DU GÉNIE CIVIL, DE LA BIBLIOTHÈQUE DES PROFESSIONS INDUSTRIELLES
ET AGRICOLES, ETC., ETC.

Directeur de la Publication

PUBLICATION COMPLÉMENTAIRE DES *Annales du Génie civil* POUR LES ANNÉES 1867-1868.

7e SÉRIE. — *Fascicules* 31 *à* 35

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

Eugène LACROIX, Éditeur

QUAI MALAQUAIS

LIBRAIRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

PROPRIÉTÉ DE L'ÉDITEUR. — Reproduction du texte et des planches interdite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LXVII

PHOTOGRAPHIE

PAR M. CAMILLE TRONQUOY.

IMPR. DES ARTS ET MÉTIERS
BIBLIOTHÈQUE

« On comprend quelles ressources, quelles facilités toutes nouvelles elle doit offrir pour l'étude des sciences, et quant aux arts les services qu'elle peut rendre ne sauraient se calculer. »
(*Discours de* M. DUCHATEL, *à la Chambre des députés*, 13 *juin* 1839.)

Au moment où ces paroles furent prononcées, Daguerre venait de faire connaître la découverte merveilleuse qui immortalisera le nom de Nicéphore Niepce et le sien. Depuis cette époque, chaque jour a apporté un progrès nouveau, et la photographie a pris un développement rapide; elle a reçu un nombre considérable d'applications intéressantes et elle a donné naissance à bien des industries spéciales, dont le chiffre d'affaires représente des sommes énormes.

Nous allons essayer d'esquisser les progrès réalisés et surtout d'indiquer comment la photographie peut apporter un concours précieux à l'art de l'ingénieur, point de vue spécial sous lequel nous l'avions étudiée à l'Exposition, sans songer alors que nous aurions à parler de cette question dans les *Études* : nous réclamons toute l'indulgence de nos lecteurs.

La photographie est l'art d'utiliser l'action qu'exerce la lumière sur certains corps, pour fixer sur une surface plane ou courbe soit la silhouette de corps opaques, soit l'image qui se dessine dans une chambre noire.

La chambre noire a été inventée à Naples par Porta, vers 1570, et pendant longtemps elle n'a servi que comme jouet scientifique.

Porta avait remarqué que si, dans le volet d'une chambre obscure, on perce un trou assez petit, il se produit sur la muraille opposée une image des objets placés en face de l'ouverture, et que si dans cette ouverture on ajuste une lentille, l'image prend une vivacité de ton et une netteté très-grande, pourvu que le mur, l'écran qui reçoit l'image, soit à une distance convenable. Seulement les images sont renversées, c'est-à-dire que ce qui, dans la nature, occupe la position la plus élevée, se trouve au bas de l'image, et que les objets à droite de l'observateur sont à gauche de l'image.

L'emploi de prismes ou de miroirs placés en avant ou en arrière de la lentille permet de redresser l'image. Nous n'avons pas à entrer dans ces détails, qui se trouvent exposés tout au long dans les traités de physique et dans les traités de photographie.

La chambre noire photographique, la plus employée et la plus simple, est représentée fig. 1, page suivante.

Elle se compose d'un coffre ordinaire en bois, qui porte à sa partie antérieure la lentille ou objectif, et dans lequel glisse un autre coffre. Ce second coffre est disposé de manière à recevoir à sa partie postérieure soit un cadre avec une glace dépolie, soit un châssis dans lequel on fixe le papier ou la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque, dont la surface a été revêtue de la substance chimique qui doit être impressionnée par la lumière. La construction de l'appareil doit être telle que la surface dépolie de la glace et la surface sensible occupent exactement la

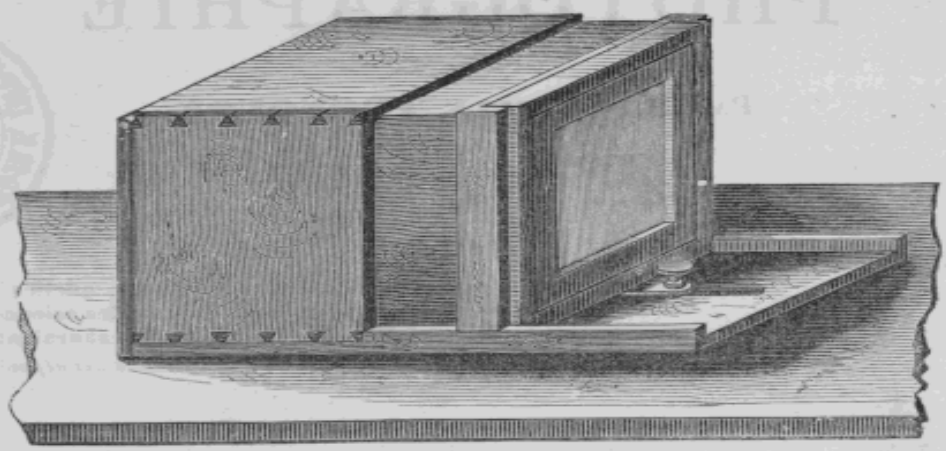


Fig. 1.

même position par rapport à la lentille, quand on substitue le châssis au cadre de la glace.

Le châssis se compose d'un cadre fermé en avant par un volet à coulisse, en arrière par une porte volet, à charnière. Le châssis porte, entre les deux volets, des feuillures destinées à soutenir les plaques qui portent la substance sensible et à déterminer la position de ces plaques par rapport à l'objectif. Un ressort fixé au volet à charnière fait appuyer les plaques dans les feuillures.

Jusque dans ces derniers temps on employait pour reproduire les paysages des *objectifs simples achromatiques* et pour faire les portraits des *objectifs doubles*, consistant en une combinaison de deux lentilles achromatiques, dont les courbures étaient calculées pour donner sur la surface sensible une image aussi lumineuse que possible.

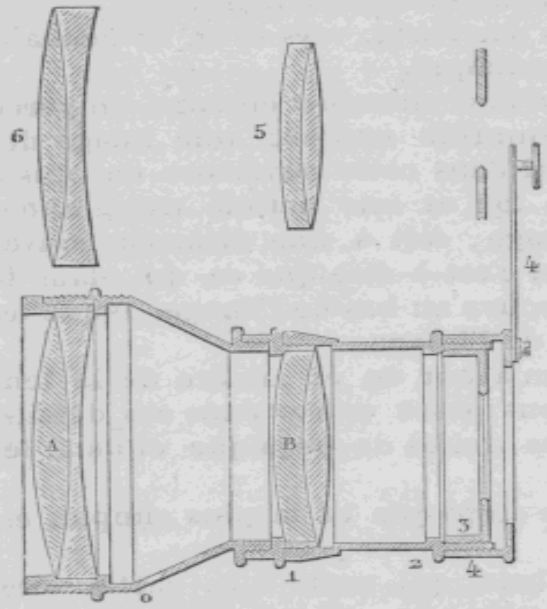


Fig. 2 et 3.

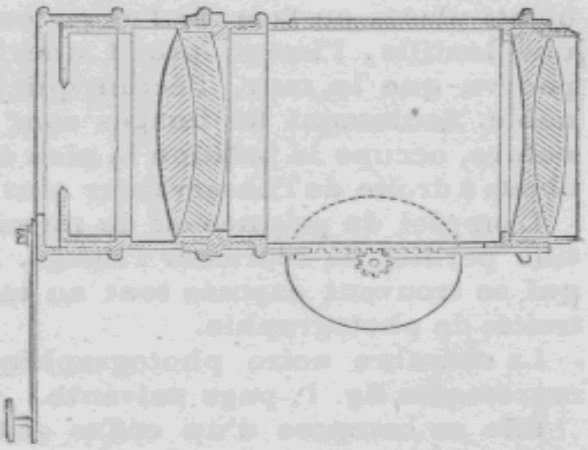


Fig. 4.

Les figures 2, 3 et 4 indiquent deux dispositions d'objectifs doubles qui ont été adoptées par M. Charles Chevalier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les figures 2 et 3, la partie 4 représente un obturateur qui sert à fermer l'objectif quand on veut que la lumière ne passe pas à travers les lentilles.

Avant d'aller plus loin, nous allons esquisser aussi succinctement que possible l'historique de la photographie, ce qui nous conduira naturellement à décrire les derniers perfectionnements que nous connaissions.

Au seizième siècle, Fabricius (1566) reconnut que sous l'influence de la lumière le chlorure d'argent, qui est blanc lorsqu'on vient de le préparer, prend une teinte d'un noir violet.

En 1777, Scheele, le savant suédois, observe que les différents rayons du spectre agissent d'une manière différente pour colorer le chlorure d'argent, et que c'est le rayon violet qui a l'action la plus vive ; cette observation est confirmée, en 1791, par Senebier, qui montre que si le rayon rouge met 20 minutes pour produire une certaine coloration du chlorure d'argent, le rayon violet ne mettra que 15 minutes pour produire la même coloration.

En 1801, S. W. Ritter découvre que l'action chimique de la lumière s'étend au delà du rayon violet.

D'autres chimistes, parmi lesquels Chapsal, Diezé, Rumfort, avaient en même temps fait connaître que la lumière avait une action sur la cristallisation de différents sels.

Le professeur Charles, le même qui imagina de gonfler les ballons avec de l'hydrogène, utilisa la propriété du chlorure d'argent de noircir à la lumière, soit pour obtenir sur une feuille de papier les silhouettes produites par l'ombre de personnes ou d'objets immobiles, soit pour recueillir l'image produite au foyer d'un microscope solaire ; mais ces images étaient fugitives et s'évanouissaient en quelques instants.

Quelques années plus tard, Wedgewood et sir Humphrey Davy (1803) reprirent les expériences de Charles, qu'ils varièrent de toutes façons ; ils se servirent du nitrate d'argent, qui noircit au contact d'une matière organique, et du chlorure d'argent, pour obtenir l'image exacte (fugitive) des dessins plus ou moins transparents, la silhouette d'objets découpés, des feuilles d'arbres, d'ailes d'insecte, les images obtenus sur l'écran du microscope solaire, etc.; mais ils reconnurent que des sels n'étaient pas assez sensibles pour s'impressionner dans la chambre noire.

La difficulté que Wollaston et sir H. Davy n'avaient pu vaincre, c'était la fixation des images; ce n'est que postérieurement que l'on découvrit que l'ammoniaque et l'hyposulfate de soude dissolvent le chlorure d'argent non attaqué par la lumière.

Les recherches s'étaient dirigées vers d'autres substances. Wollaston avait indiqué que les résines (celle de gaïac en particulier) étaient attaquées par la lumière et cessaient d'être solubles dans certains dissolvants.

Dès 1814, Nicéphore Niepce, esprit chercheur et inventif, se livrait à des expériences pour obtenir des images sans l'emploi de la main de l'homme et par l'action de la lumière seule ; en 1816, la chambre noire lui avait donné des résultats imparfaits, il est vrai, mais qui semblent certains; enfin, il arriva à une méthode par laquelle la reproduction de gravures était obtenue par simple application de la gravure sur une couche de bitume de Judée étendue sur une plaque de cuivre argentée. Le bitume sous l'action de la lumière, dans les parties non recouvertes par le trait de la gravure, devenait insoluble, et un lavage avec de l'huile de naphte mettait à nu le métal, partout où le soleil n'avait pas frappé, c'est-à-dire suivant les lignes de la gravure à reproduire.

Avec une pose suffisamment prolongée, il obtenait le même effet avec la chambre noire; en 1827, il présentait à la Société royale de Londres des épreu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ves obtenues par son procédé, qu'il appelait *héliographie*, et dans lequel les ombres résultent du brillant du métal et les lumières, de la couche de bitume restant sur la plaque.

Plus tard (1829), Nicéphore Niepce s'associa avec Daguerre, qui, paraît-il, s'était occupé dès 1824 de recherches analogues aux siennes, mais dont les résultats, au moment de l'association, ne sont pas connus.

Des essais de tous genres furent faits par ces expérimentateurs infatigables ; puis, en 1834, Niepce mourut, et Daguerre poursuivit seul les recherches, dont les résultats devinrent publics, en 1839, par la divulgation qu'en fit Arago à l'Académie des sciences le 7 janvier.

Au mois de juillet suivant, la Chambre des députés vota une pension annuelle de 6000 fr. à Daguerre et une pension de 4000 fr. au fils de Niepce.

La méthode de Daguerre consistait : 1° à faire, au moyen de l'iode volatilisé à la température ordinaire, une mince couche d'iodure d'argent sur une lame de plaque d'argent ; 2° à exposer la plaque iodurée dans la chambre noire : 3° à faire apparaître l'image d'abord à peine visible, en exposant cette plaque aux vapeurs du mercure, qui se dépose sur les parties qui ont été éclairées par le soleil ; 4° à enlever l'iodure d'argent non attaqué, à l'aide d'une dissolution d'hyposulfite de soude, et 5° enfin à laver la plaque à l'eau distillée.

Le 31 janvier 1839, vingt-quatre jours seulement après la communication d'Arago, Fox Talbot fait connaître à la Société royale de Londres un procédé au moyen duquel, par l'emploi du nitrate d'argent, il était arrivé à obtenir sur le papier des images stables. Il faisait remonter sa découverte à 1834.

Dans la même année 1839, le révérend J.-B. Redde, sir John Herschel, M. Fyfe, etc., indiquent divers procédés ; M. Bayard fait voir des épreuves sur papier, sans indiquer le moyen de les obtenir ; M. Mungo Punton, le 20 mai 1839, annonce qu'il a obtenu des épreuves sur papier avec le bichromate de potasse.

Puis le docteur Draper, MM. Claudet, Fizeau et Becquerel, en France ; John Goddart, Hunt, en Angleterre, indiquent des moyens d'accélérer l'impression lumineuse, de sorte qu'il devient possible de faire des portraits.

De tous les procédés préconisés alors pour l'obtention d'images sur papier, il ne reste guère que le procédé *calotype* de Talbot, perfectionné par M. Blanquard Eward et par M. Legray, en France. Il consiste à imprégner le papier d'iodure d'argent, qu'on obtient par double décomposition, en immergeant successivement le papier dans une dissolution d'iodure de potassium et ensuite dans un bain d'azotate d'argent. Ce papier est exposé dans la chambre noire, et l'image s'y produit à l'état latent ; elle apparaît sous l'action d'un bain d'acide gallique ou d'acide pyrogallique, puis l'iodure d'argent non impressionné est dissous par l'hyposulfite de soude, qui lui-même est enlevé par des lavages à l'eau.

Seulement, dans cette méthode, les blancs de l'image sont noirs et les noirs sont blancs ; on a ce qu'on appelle *une image négative*, mais qui, rendue transparente au moyen d'un vernis ou d'un enduit à la cire, par exemple, permet d'obtenir, avec du papier préparé de la même manière, *une image directe ou positive*. Mais généralement, pour obtenir ces images positives, on se sert de papier imprégné, par double décomposition, de chlorure d'argent sel, qui, comme nous l'avons dit, noircit sous l'action de la lumière, ce qui évite la nécessité de faire apparaître l'image par un bain spécial. L'excès de chlorure d'argent est enlevé également avec l'hyposulfite de soude.

En 1842, Herschell avait indiqué, sous le nom de *chrysotypie*, une méthode

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour obtenir des images sur papier au moyen des sels de fer. Il employait le citrate double de fer et d'ammoniaque.

En 1848, M. Niepce de Saint-Victor, neveu de Nicéphore Niepce, imagina de substituer au papier négatif une couche mince d'albumine, étendue sur une lame de verre; la transparence de cette couche et son uniformité permettent d'obtenir des finesses de détail que ne donne pas le papier, et ,sauf la préparation de l'albumine et l'extension de la couche, les procédés sont sensiblement les mêmes que pour le papier.

Enfin, en 1851, M. Archer, en Angleterre, donne une méthode complète pour faire des images sur collodion, que M. Legray avait conseillé quelque temps auparavant; là encore, c'est l'iodure d'argent qui est la substance sensible à la lumière, et les réactifs pour faire apparaître l'image sont ou le sulfate de protoxyde de fer, ou l'acide gallique, ou l'acide pyrogallique; on se sert toujours de l'hyposulfite de soude ou du cyanure de potassium pour enlever le sel d'argent en excès.

A côté des noms que nous venons de citer, nous ne pouvons passer sous silence les noms de ceux qui, par des perfectionnements heureux, ont amené la photographie au point où elle est arrivée aujourd'hui : MM. Guillot Saguet, qui simplifia la préparation du papier; Humbert de Molard; Regnault, notre illustre physicien; M. l'abbé Laborde; MM. Baldus, Aguado, Jeaurenand, Paul Perrier, Édouard Delessert et bien d'autres encore, que nous aurons l'occasion de citer à propos des produits exposés. Pourtant nous devons, dès à présent, rappeler M. Taupenot, l'inventeur d'un procédé dans lequel la sensibilité du collodion est préservée au moyen d'une couche d'albumine, et le major Russell, qui conserve la sensibilité du collodion en lavant la surface de la couche sensible avec une dissolution de tannin.

Arrivons maintenant à l'Exposition de 1867.

D'après une statistique publiée par M. Davanne, le nombre des exposants à l'Exposition universelle, pour la photographie, était de 650, dont 6 hors concours : MM. Niepce de Saint-Victor, Diamond, Vogel, Davanne, Duboscq et Robert. Il a été décerné aux 644 exposants concurrents : 1 grand prix, 2 médailles d'or, 48 médailles d'argent, 87 médailles de bronze, 124 mentions honorables, soit 262 récompenses ou distinctions. Le jury n'a-t-il pas été un peu large? Quoi qu'il en soit, nous devons reconnaître que la beauté des photographies exposées a pu conduire à cette profusion de récompenses, si le jury, comme nous, n'a pu juger que sur les spécimens produits. Nous craignons que quelques-uns de ces spécimens n'aient été des épreuves uniques, dont la perfection ne soit due peut-être qu'au hasard ou à un choix heureux dans une série d'épreuves médiocres. Et puis, bien des photographes, même en renom, n'opèrent pas eux-mêmes; ils se réservent souvent *la direction personnelle* d'opérateurs qui souvent marcheraient très-bien sans eux, et j'aurais voulu que chacun des exposants récompensés fût appelé devant la commission à donner la preuve de son savoir-faire.

Donc, en général, nous nous abstiendrons d'apprécier la valeur des photographies exposées, et particulièrement des portraits, bien que certainement il y en ait de très-beaux, artistement et consciencieusement exécutés, par exemple : ceux de MM. Alophe, Salomon, Mulnier, Numa Blanc, Reutlinger et Vauvray, en France; de MM. Lœscher et Petsch, en Prusse; de M. Augeret, en Autriche.

Nous ferons remarquer, d'ailleurs, que pour beaucoup de photographes l'exécution des portraits dans leur atelier passe à l'état de fabrication, parce qu'ils opèrent constamment à la même place, sur des terrasses dont l'éclairage, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque heure de la journée, est connu comme intensité et comme direction, ce qui leur permet de savoir d'avance la position à donner aux modèles et le temps de pose pour avoir des produits acceptables par le client. Quant à l'art il est absent, mais les portraits sont payés et cela suffit.

Nous avons à examiner : les appareils optiques, les dispositions données aux chambres noires et aux divers accessoires, ce que l'on peut appeler l'outillage du photographe; les produits chimiques et les diverses substances employées; les applications de la photographie, et en même temps les diverses méthodes suivies pour chacune des applications. Enfin, comme complément, nous étudierons la photogravure et la photosculpture.

Matériel photographique.

L'objectif, comme l'a dit M. Charles Chevalier, est l'âme de l'appareil, aussi la photographie a-t-elle ouvert une nouvelle voie aux recherches optiques. Il faut non-seulement que les lentilles, les objectifs soient achromatiques, mais encore que l'action chimique produite par la lumière ait son maximum d'action au foyer visuel de l'objectif.

Dans un objectif qui remplit cette condition, on dit que le foyer chimique coïncide avec le foyer optique.

Il faut en outre, pour obtenir des images parfaites, que l'objectif ne produise pas de déformation, qu'il ait un vaste champ sur une surface plane, qu'il donne de la profondeur, c'est-à-dire qu'il reproduise bien des objets sur différents plans, qu'il donne beaucoup de lumière et qu'il produise une action chimique.

Ce sont ces diverses qualités, dont quelques-unes semblent exclure les autres, que l'opticien doit s'efforcer d'obtenir simultanément pour avoir un objectif photographique parfait; mais le plus souvent on est conduit à sacrifier un des avantages pour conserver les autres, et alors les objectifs deviennent spécialement applicables à une seule des applications de la photographie : portraits, paysages ou reproductions.

Les premiers objectifs employés étaient des objectifs simples, c'est-à-dire à un seul verre, et on reconnut bientôt que pour avoir de la netteté dans les contours, il convenait de ne laisser passer à travers la lentille que les rayons se rapprochant de l'axe optique, parce que les premiers n'ont pas le même foyer que les seconds, c'est ce qu'on a appelé diaphragmer : ainsi Daguerre, avec un objectif de $0^m.081$ de diamètre, employait un diaphragme de $0^m.027$ d'ouverture, et ceci dans le but de supprimer les rayons lumineux trop obliques.

Cet artifice présente l'inconvénient de perdre une grande quantité de lumière, et par conséquent de retarder l'impression lumineuse; on chercha à y remédier au moyen de l'objectif double ou à deux verres, qui, détruisant en partie l'effet des rayons obliques, permet par conséquent d'augmenter l'ouverture du diaphragme et laisse passer plus de lumière, mais cela aux dépens de la netteté.

On doit les premiers essais, dans ce sens, à Charles Chevalier, en France, et à Voigtlander, aidé des conseils du professeur Petzwal, à Vienne.

Ces opticiens ont été imités par bien d'autres; la maison Voigtlander a néanmoins conservé son antique réputation, quoiqu'on ait reproché souvent à ses objectifs d'avoir un foyer chimique; les objectifs de M. Dallmeyer, de Ross, en Angleterre, ont également une réputation méritée; mais nos constructeurs français, MM. Hermagis, Duboscq, Secretan, Derogy, Darlot et bien d'autres, font tout aussi bien en vendant à un prix moins élevé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Objectifs à portraits.

Il n'y a rien de bien particulier à signaler à l'Exposition, au sujet des objectifs à portraits, si ce n'est peut-être un travail plus soigné et une disposition plus convenable des diaphragmes. La seule combinaison nouvelle est due à M. Claudet. Dans son système d'objectifs, par une disposition mécanique, les lentilles peuvent se déplacer, pendant la pose du modèle, de manière que chaque plan vienne se peindre successivement sur la surface sensible de la glace.

Objectifs à paysages.

Au contraire de ce qu'on demande aux objectifs à portraits, pour les objectifs à paysage, on recherche moins la rapidité d'impression lumineuse que la netteté et l'étendue du champ. Avec les objectifs primitifs, l'angle embrassé n'est guère que de 30 à 40°, tandis que l'œil humain embrasse une étendue de 80 à 90°, ce qui fait que les vues photographiques obtenues avec ces lentilles paraissent ne reproduire qu'imparfaitement la nature : il semble toujours que l'image est celle qu'on verrait à travers une fenêtre, et dans bien des cas il arrive que l'effet pittoresque est perdu, à moins que par un artifice opératoire on ne réussisse à accoler, en les raccordant, plusieurs épreuves prises d'un même point, comme l'a fait M. Soulier, pour quelques vues de Paris, MM. Abdullah frères, du panorama de Constantinople ; ou que l'on emploie des appareils panoramiques, tels que ceux de M. Martens, de MM. Koch et Wilz, de la Société pantascopique, etc., sur lesquels nous reviendrons plus loin, parce que le résultat a été obtenu par un moyen mécanique.

Mais en ce qui concerne le perfectionnement optique, nous pouvons citer, comme ayant fait les plus grands progrès dans cette direction, MM. Ross et Dallemeyer, en Angleterre ; MM. Gase et Charconnet, Hermagis, Darlot, en France ; M. Busch de Rathenow (Prusse), et M. Steinheil de Munich.

M. Darlot expose deux systèmes : l'un qu'il appelle objectif hémisphérique, l'autre objectif universel.

L'objectif universel est un objectif double, qui embrasse un champ très-considérable, près de 90°. Chaque lentille est formée de trois verres collés et à courbures très-accentuées. La monture de l'objectif est contenue dans une trousse comprenant cinq lentilles, qui peuvent être combinées deux à deux et donner ainsi des objectifs avec onze foyers différents, non compris les foyers résultant de l'emploi isolé de chaque lentille.

Ainsi, dans ce que M. Darlot appelle sa trousse n° 2, les cinq lentilles ont respectivement :

Des foyers de.....	38	27	17	13 et 11 centimètres.
Elles couvrent.....	48	30	19	15 et 13 centimètres.

Mais en combinant la lentille du foyer 38 avec chacune des autres lentilles, on obtient des images de 27, 24, 19, 17 et 13 centimètres. Puis combinant la lentille 27 avec celles de dimension moindre et ainsi de suite, on obtient des images de 18, 14, 12, 10, 9 et 8 centimètres.

Il n'y a dans l'emploi qu'une petite difficulté au courant de laquelle on se met rapidement, c'est de choisir convenablement la dimension du diaphragme à placer entre les lentilles et de lui donner une position convenable.

L'objectif hémisphérique de M. Darlot couvre avec une netteté parfaite une glace d'une dimension presque double de son foyer ; ainsi, un foyer de 0m.13 couvre une surface de 0m.20 de côté. Il réunit, en outre, une parfaite recti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tude de lignes, une profondeur de foyer en quelque sorte illimitée, et embrasse un angle de plus de 80 degrés.

Il se compose d'une combinaison de deux objectifs achromatiques. Celui de l'avant est un objectif à paysage qui peut servir seul et qui alors a un foyer double de l'objectif combiné, c'est-à-dire que si, avec les deux lentilles, on a 0m.13 de foyer, la lentille antérieure en aura 26 et donnera également une image de 0m.20 de côté. Cette lentille est un ménisque concave convexe. La lentille postérieure, celle qui donne son nom à l'objectif, est hémisphérique. L'achromatisme est obtenu presque exclusivement par le choix judicieux des densités des verres et par la position du flint et du crown, qui, dans la lentille postérieure, occupent une position inverse de celle qu'ils occupent dans les objectifs doubles ordinaires.

« Les diaphragmes, au nombre de 3, sont placés entre les lentilles; ils ne se « séparent pas du corps de l'objectif comme dans le système ordinaire à vannes, « mais se masquent, lorsqu'on ne veut pas en faire usage, derrière le dia- « phragme fixe, et viennent reprendre leur place à l'aide d'une queue fonction- « nant comme un levier et faisant saillie à l'extérieur.

« Cette manœuvre simple et facile nous semble préférable aux vannes mobiles « ordinaires, toujours exposées à être faussées ou perdues : sur la queue de cha- « cun d'eux est indiquée en millimètres la dimension du diamètre. Nous croyons « que cet objectif constitue un véritable progrès. »

C'est en ces termes que s'exprimait M. Perrot de Chaumeux sur l'objectif hémisphérique de M. Darlot ; d'après les épreuves que nous avons vues, nous partageons complétement cette opinion.

Voici d'ailleurs un tableau qui indique pour chaque diamètre d'objectif la dimension des images obtenues :

Diamètre de l'objectif..	23	27	34	44	60	84	millimètres.
Longueur focale	45	60	130	205	300	405	—
Diamètre de l'image...	80	100	200	300	450	550	—

A côté de l'objectif hémisphérique de M. Darlot, on doit placer les *globular lenses* ou *globe lens*, qui consistent en deux lentilles ménisques achromatiques, placées avec leurs côtés concaves en regard, et faites de telle sorte que la surface courbe du dehors soit comprise dans une sphère parfaite. La lumière passe par une ouverture placée à mi-distance entre les deux lentilles, c'est-à-dire au centre exact de la sphère; ces objectifs donnent un angle net de 60°, ils ne produisent pas de déformations et peuvent être employés à l'exécution de reproductions. MM. Gase et Charconnet, en France ; M. Ross, en Angleterre, construisent ces sortes d'objectifs avec une perfection très-remarquable. Le seul reproche que l'on puisse faire aux globes lenses, c'est que l'aberration sphérique, au lieu d'être corrigée par les courbes données aux lentilles, l'est surtout par l'usage des diaphragmes, qui sont disposés comme dans l'objectif hémisphérique de M. Darlot.

Nous devons citer aussi la combinaison triple achromatique de Dallemeyer. Elle consiste en trois lentilles distinctes achromatiques, dans chacune desquelles les surfaces de contact sont soudées pour éviter des surfaces réfléchissantes inutiles. Les lentilles de devant et d'arrière sont ménisques et leurs diamètres sont dans le rapport de 2 à 3. Entre ces lentilles il y a une combinaison qui a la forme convenable pour corriger les aberrations de sphéricité et assurer la *planicité* du champ en même temps que la netteté sur les bords.

« Cet objectif ne donne aucune déformation, ce qui le rend d'une grande valeur pour les reproductions d'architecture, parce que les lignes restent par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faitement droites. Par la même raison et par suite de la *planicité* du champ, il est particulièrement applicable à la copie de cartes de dessins mathématiques, etc., et à cause de l'étendue de l'angle qu'il embrasse, en donnant une image nette, il est surtout apprécié pour le paysage; un autre avantage de cet objectif c'est qu'il donne une image suffisamment nette d'objets placés sur des plans très-différents, par exemple le vaisseau entier du palais de Kensington, à Londres. » C'est en ces termes que l'on rendait compte des objectifs triples exposés par M. Dallmeyer en 1862; nous n'avons rien à ajouter et rien à retrancher, mais qu'il nous soit permis de réclamer pour M. Derogy, notre compatriote, le mérite de cette combinaison, que le premier il fit connaître en 1858, sous le nom d'*objectif Derogy* dit à *foyers multiples*. Ce qui constitue le système Derogy, c'est une modification apportée à l'objectif double ordinaire, et consistant dans l'addition entre les deux lentilles, soit d'une lentille divergente, soit d'une lentille convergente. L'introduction de la lentille convergente permet de raccourcir le foyer, et dans le cas où on ne peut assez s'éloigner du modèle, ou dans celui où on manquerait de recul devant un monument pour en avoir l'ensemble, d'obtenir le sujet tout entier sur une surface plus petite.

L'addition de la lentille divergente corrige les déformations et redresse les lignes plus ou moins courbes que produisent les systèmes optiques convergents; cette combinaison permet d'obtenir des images plus grandes avec un objectif d'une dimension donnée. N'est-ce pas là l'instrument présenté par M. Dallmeyer, qui pour sa construction a eu dès l'origine des crowns et des flints plus beaux que ceux que l'on pouvait alors (1861) se procurer en France, et ce qui a fait peut-être alors le succès de l'instrument en Angleterre.

Aujourd'hui les fontes de verre françaises sont aussi belles que celles de l'Angleterre, et les instruments de M. Derogy ne laissent rien à désirer sous ce rapport.

Enfin, à l'aide d'une nouvelle monture dont tous les assemblages sont à bayonnettes, l'objectif Derogy permet de placer et de retirer les lentilles supplémentaires avec la plus grande facilité.

De plus les courbures des différents verres sont calculées de telle sorte que le verre antérieur, seul ou combiné avec la lentille divergente ou la lentille convergente, peut servir à faire le paysage.

On a donc dans un seul instrument six appareils optiques de capacités diverses, trois pouvant servir au portrait et au paysage, et trois pouvant servir au paysage seulement.

L'une des trois premières combinaisons, celle dans laquelle entre la lentille divergente, est principalement applicable aux reproductions.

Avec un objectif normal (dit trois pouces), sans changer de place ni le modèle ni la chambre noire, on peut faire six grandeurs différentes, depuis 10 jusqu'à 40 centimètres.

Néanmoins l'inventeur lui-même fait remarquer que, lorsque l'on se sert des combinaisons dans lesquelles entre la lentille divergente, il y a de l'aberration qu'on peut corriger, mais non complétement supprimer avec de petits diaphragmes.

L'objectif à foyer multiple de M. Derogy ou la trousse d'un objectif universel de M. Darlot, nous paraissent se présenter en concurrence au choix du photographe amateur ou touriste.

M. Steinheil construit, sous le nom *d'objectif aplanatique grand angulaire*, un système d'une construction nouvelle, qui, à en juger par les épreuves que nous avons vues chez M. Romain Talbot, donne de très-beaux résultats. Il embrasse un angle de plus de 60°, sa rapidité est très grande, l'image est nette jusqu'au bord et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une précision admirable. L'objectif de M. Steinheil, qui peut s'appliquer également aux portraits, est d'ailleurs d'une disposition extrêmement simple, il est formé de deux lentilles simples en flint-glass de densité différente.

Voici les dimensions des images données par les objectifs Steinheil (ces dimensions sont données en millimètres).

Diamètre de l'objectif.....		15	31	43	52	61	88	115
Longueur des foyers.....		94	189	277	358	440	635	847
Grandeur des images.	Portraits.....	65 / 55	120 / 95	170 / 135	210 / 170	255 / 205	380 / 310	430 / 330
	Vues.....	100 / 85	200 / 175	285 / 230	305 / 260	325 / 285	430 / 325	570 / 430

Enfin, de tous les objectifs construits pour le paysage, celui connu sous le nom de *pantoscope* de Busch embrasse le champ le plus grand, c'est-à-dire 105°; mais à cause de la nécessité où l'on est de rogner les épreuves pour leur donner la forme rectangulaire, on perd environ dix degrés.

Nous reprochons cependant une imperfection à cet instrument; dans quelques épreuves qu'il nous a été donné d'examiner, le centre était plus lumineux que le bord; c'est un défaut que l'habile constructeur de Rathenow (Prusse) saura corriger, nous n'en doutons pas.

De plus, cet objectif n'est pas aussi lumineux que les autres et on n'en peut faire usage que pour les objets inanimés.

Le tableau ci-dessous indique les dimensions des images qu'on obtient avec les objectifs pantoscopes de M. Busch :

Ouverture de l'objectif en millimètres.	8	1 1/2	17	26	38	57
Longueur du foyer.....	53	80	118	171	242	363
Diamètre du champ rond.....	135	198	288	430	630	945
Diamètre de l'ouverture du diaphragme.	1.75	2.25	3	4.5	6.75	9
Dimension de l'image.....	70 / 105	105 / 158	158 / 236	236 / 355	355 / 525	525 / 788

La longueur du foyer est fixée par la distance du diaphragme jusqu'à la glace dépolie.

L'objectif panoramique de M. Thomas Sutton, de Jersey, fabriqué par M. Ross, n'est pas moins remarquable, quoiqu'il soit susceptible d'un moins grand nombre d'applications. Cet objectif consiste en deux hémisphères creux en verre, ou si l'on veut en deux lentilles concavo-convexes, dont les surfaces intérieures et extérieures appartiennent à deux sphères concentriques. Lorsque les deux parties sont réunies ensemble, elles constituent une sphère creuse dont le vide est rempli avec de l'eau. L'achromatisme de l'objectif est obtenu en calculant convenablement, par rapport aux densités du verre et de l'eau, l'épaisseur des lentilles.

Cet objectif de M. Sutton donne une image sur une glace courbe, formant la surface partielle d'un cylindre dont l'axe passerait par le centre de la lentille, et embrassant un angle d'environ 100° avec netteté.

Ceci repose sur un principe si différent de toutes les dispositions essayées dans le même but, qu'il peut être intéressant de donner ici la description faite par l'inventeur lui-même.

Mon invention est relative à la construction d'une lentille achromatique composée, destinée à obtenir des vues photographiques comprenant un champ ou un angle d'une étendue extraordinaire. La lentille composée est formée de deux épaisses lentilles concavo-convexes en verre, dont les surfaces sont des portions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sphères concentriques. Elles sont ajustées sur une monture convenable pour que les quatre surfaces aient le même centre, placé sur l'axe de l'objectif composé, en même temps que les deux lentilles ont leur surface concave en regard.

Dans l'espace ou cavité qui se trouve entre les lentilles, se trouve un liquide transparent ayant un pouvoir de réfraction et dispersif moindre que le verre dont les lentilles sont faites. L'eau est un liquide qui remplit parfaitement ce but. En déterminant convenablement les rayons des surfaces des lentilles en verre, l'objectif composé est achromatique et convexe de manière qu'il donne des images réelles des objets.

Les deux lentilles en verre peuvent être faites de la même substance, et identiques. Mais cela n'est pas une condition nécessaire. En employant des lentilles faites avec des verres différents de composition, et en donnant aux surfaces concentriques des rayons convenables calculés d'après les principes connus de l'optique, on peut rendre l'objectif achromatique et en même temps réduire l'aberration sphérique.

L'objectif composé a un diaphragme central, qui porte au centre une ouverture circulaire de dimension convenable pour donner de la netteté à tous les plans du paysage compris dans le champ de l'objectif. Ce diaphragme est placé entre les lentilles et immergé dans le liquide, dans une position telle que le centre de l'ouverture circulaire occupe la place du centre des lentilles.

Le diaphragme central est une autre partie curieuse de l'instrument. Il est évident que si ce diaphragme ne portait qu'un trou au milieu, les côtés du tableau seraient moins éclairés que le centre : pour remédier à cet inconvénient, j'ai donné à l'ouverture centrale la forme elliptique et j'ai placé en avant de minces écrans, rayonnant du centre et jouant comme les ailes ouvertes d'un papillon ; ils arrêtent un peu la lumière du faisceau central et le rendent cylindrique, en même temps qu'ils rendent également cylindriques les faisceaux latéraux, et de mêmes dimensions que le faisceau central. Cette simple disposition suffit complétement pour égaliser la lumière.

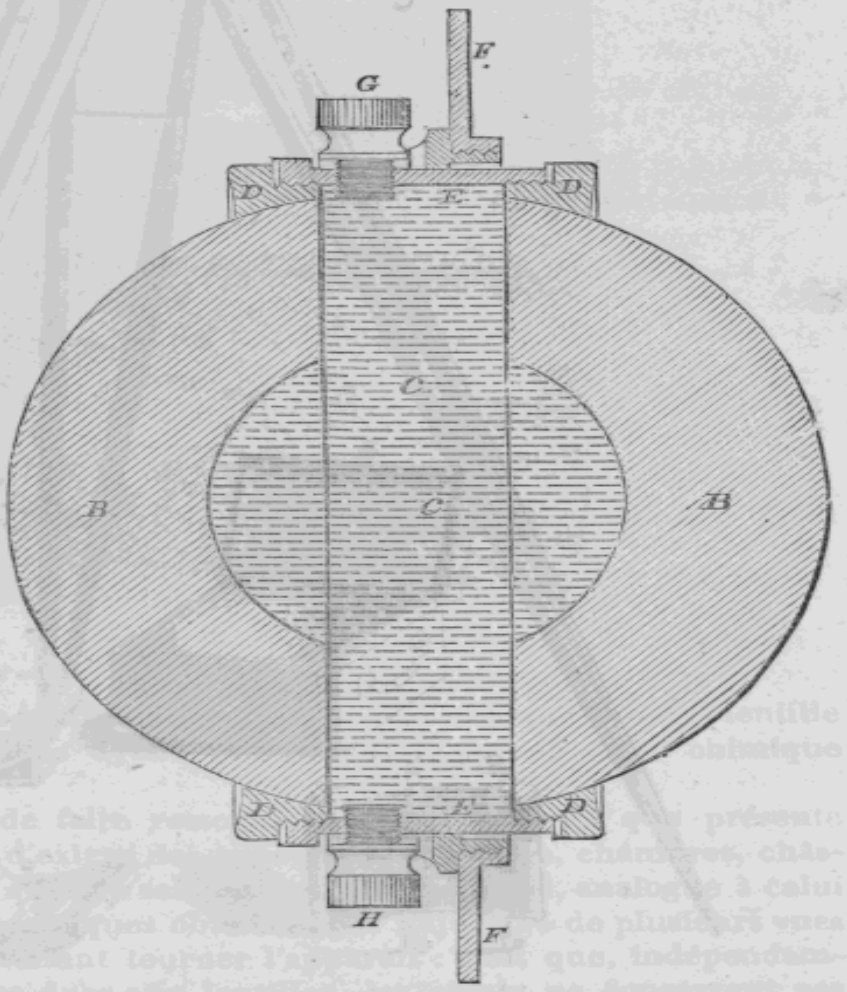


Fig. 5.

La fig. 5 représente la coupe verticale de la forme la plus simple, et par parenthèse la meilleure, d'un objectif panoramique et de sa monture, dans lequel les lentilles en verre sont complétement identiques et de la même espèce de verre. Quand l'objectif est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en place et que la cavité C est remplie d'eau, l'objectif donne assez de netteté pour la plupart des besoins de la pratique en employant les dimensions ci-après :

Si les lentilles sont toutes deux du même flint léger, le petit rayon doit être moitié du grand rayon. Si elles sont toutes deux en crovn incolore, leur petit rayon doit être les deux cinquièmes du grand rayon. Je ne me limite pas à une forme particulière de monture, mais celle indiquée dans la figure 5 répond bien aux besoins de la pratique. Chaque lentille est fixée dans un anneau métallique D, muni extérieurement d'un pas de vis, afin de former avec l'anneau ou zône E, muni également d'un pas de vis, à chaque extrémité, une capacité her-



Fig. 6 et 7.

métique. Cette zone E glisse librement dans l'armature de la paroi F par laquelle l'ensemble est fixé sur la chambre noire, le mouvement de glissement servant à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faciliter la mise au point. Le vide C entre les lentilles B B est rempli d'eau ou d'autre liquide, l'anneau C étant muni dans ce but d'ouvertures qu'on peut fermer, haut et bas en G et H.

Les objectifs de ce genre exigent des chambres noires d'une disposition spéciale, parce qu'ils donnent leur image sur une surface courbe. Les bains, les boîtes, les châssis de tirage, etc., tout doit être courbe, comme l'indiquent les figures 6 et 7, qui mieux qu'une longue description montrent ces caractères des appareils employés.

Si on considère les images ainsi obtenues avec celles résultant de l'usage des objectifs ordinaires, on peut établir ainsi la différence qui les distingue.

Les lentilles ordinaires embrassent en général avec assez de netteté un angle de 30° à 40° couvrant une surface carrée qui est environ les 2/3 de la distance focale ; de sorte que si la lentille a un foyer pour les rayons parallèles de 9 pouces, on peut espérer couvrir un carré d'environ 6 pouces.

Les lentilles panoramiques de Stutton couvrent une plaque deux fois aussi longue que la distance focale, de sorte qu'une lentille de 9 pouces de foyer couvre une plaque de 18 pouces de longueur et embrasse un angle d'environ 100°. Les figures 8 et 9 (page suivante) font voir clairement ce fait, en donnant



Fig. 8.

les images obtenues avec une lentille ordinaire et celles obtenues avec la lentille panoramique, les deux lentilles ayant exactement le même foyer chimique pour les rayons parallèles.

Nous n'avons pas besoin de faire ressortir les inconvénients que présente l'objectif de M. Stutton, celui d'exiger des appareils accessoires, chambres, châssis, etc., de forme courbe. Il en offre selon nous un plus grand, analogue à celui que présentent les vues panoramiques obtenues par l'ajustage de plusieurs vues prises d'un même point, en faisant tourner l'appareil : c'est que, indépendamment des petites déformations dues aux lentilles, les objets ne conservent pas entre eux sur l'image les positions relatives qu'ils ont dans la nature. Nous préférons les objectifs donnant l'image sur un plan, ceux de Busch Steinheil ou Darlot.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Objectifs à reproduction.

Pour les reproductions de tableaux, de gravures, de plans, la rapidité est encore moins nécessaire que pour les paysages; mais il faut absolument qu'il n'y ait pas de déformation, que les lignes droites conservent leur rectitude, enfin qu'il y ait une netteté complète.

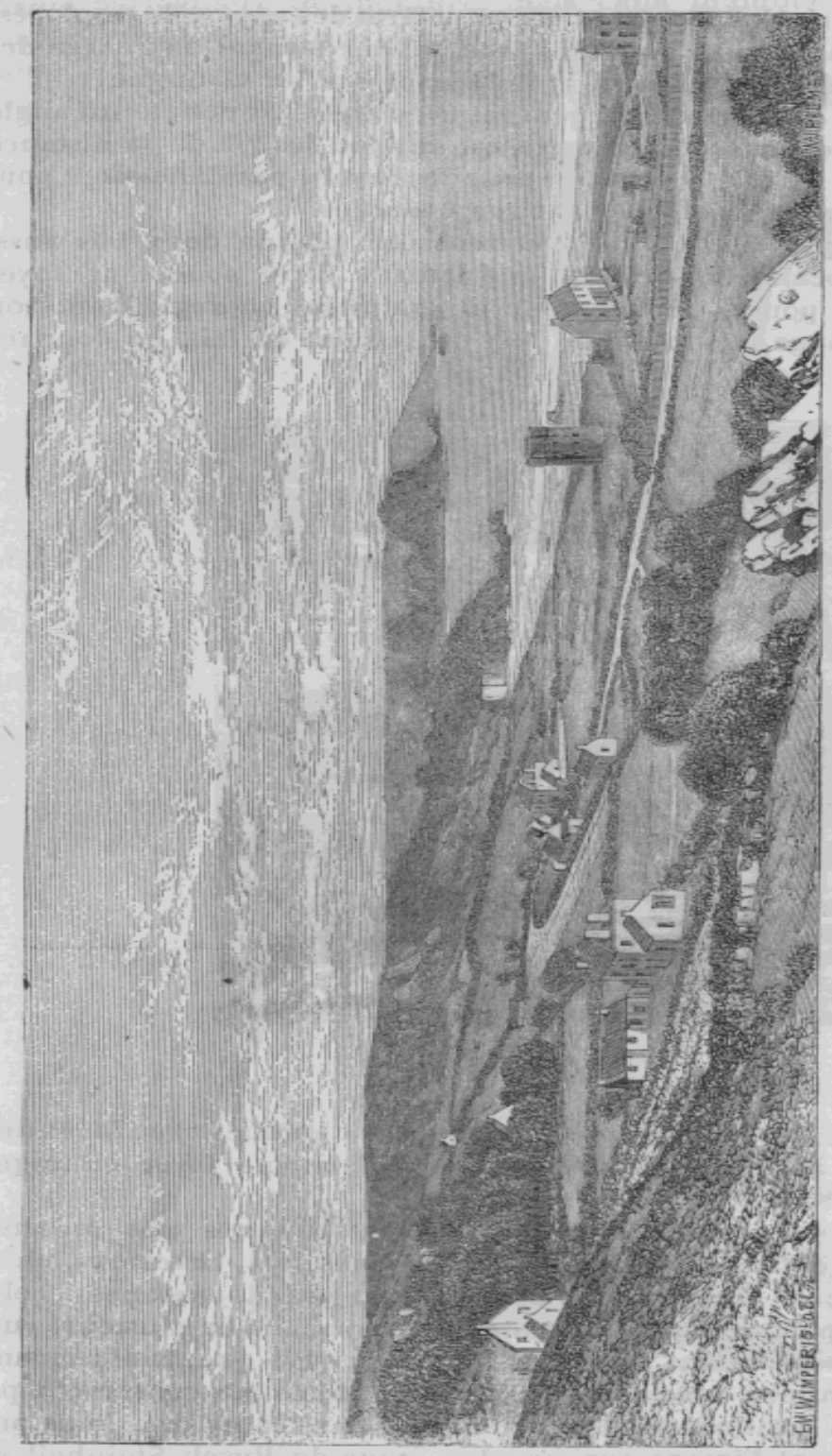


Fig. 9. (Voir page précédente.)

Les objectifs dont nous venons de parler, et particulièrement ceux de Dallmeyer, de Darlot et de Derogy, en France, de Steinheil, répondent à ces conditions, et nous croyons pouvoir les recommander aux personnes qui s'occupent spécialement de cette branche de la photographie.

Nous devons dire cependant que nous n'avons pas fait d'expériences directes pour déterminer à ce point de vue le mérite de chacun de ces appareils, et nous ne savons pas si des photographes en ont fait. Mais dans toutes les épreuves sur papier que nous avons eues entre les mains, il y avait des déformations: nous ne voulons pas dire qu'elles soient dues aux appareils; au contraire, la raison de ces déformations est très – explicable. En effet, lorsqu'on fait un tirage sur papier, généralement on se sert de papier albuminé; c'est-à-dire de papier qui, après avoir été fabriqué dans des conditions qui lui ont donné certaines dimensions, a subi non-seulement les effets hygrométriques de l'atmosphère, mais en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

core l'influence de la couche d'albumine dont il est recouvert; en outre, après son exposition sous un cliché, il a été trempé dans un bain d'argent, il a passé dans l'hyposulfite de soude, puis dans plusieurs eaux de lavage; enfin, après avoir été séché, il a été cylindré pour que la surface en soit plus belle. On comprend qu'après avoir subi un tel travail, le papier et le dessin qu'il porte ne conservent pas les dimensions relatives qu'ils devraient avoir; il est probable en outre que la dilatation n'est pas égale dans les deux sens. Il serait à désirer qu'au point de vue de la reproduction des plans par les ingénieurs, quelques expérimentateurs voulussent bien faire des recherches propres à éclairer cette question.

Chambres noires.

Après l'objectif et des produits chimiques d'une grande pureté, la chambre noire doit appeler toute l'attention des photographes.

Elle doit être aussi solidement établie que possible, tout en restant d'un facile maniement; nous avons indiqué plus haut la disposition la plus simple, qui n'est guère applicable qu'à des chambres de dimensions limitées et destinées à ne pas être transportées. On a cherché à modifier cette disposition de toutes façons pour obtenir un appareil pouvant être employé à toutes les applications de la photographie.

D'abord, pour les touristes, on a fait des chambres noires à soufflet simple; celles-ci, bonnes pour le paysage, n'avaient pas assez de développement pour obtenir la mise au point pour les reproductions; on a alors ajouté deux soufflets à la suite l'un de l'autre. Puis, dans les ateliers de photographie où l'on fait le portrait, on a trouvé que faire une seule épreuve à la fois n'était pas suffisant, on a disposé des chambres qui pouvaient recevoir à la fois deux, puis quatre objectifs, etc., etc.

Il y a en général tendance à produire quelque chose de très-compliqué, des chambres noires qui répondent à plusieurs destinations, qui puissent servir à la fois dans l'atelier et à l'extérieur, et il est facile de comprendre que la perfection pour chaque destination est sacrifiée aux exigences des autres; cependant ce défaut ne se rencontre pas partout, et nous pouvons citer en France les chambres noires exposées par MM. Koch et Wilz, par M. Ruckert, par MM. Gilles frères, qui, tous trois, ont reçu une mention honorable.

En Angleterre, M. Dallmeyer continue à fabriquer, dans d'excellentes conditions de fonctionnement, des chambres noires, qui peuvent servir à la fois dans l'atelier et à l'extérieur.

On peut les appliquer à la production des vues stéréoscopiques avec deux objectifs, ou à la production de vues de 7 1/4 pouces sur 4 1/2 pouces, avec une lentille de foyer plus long. La construction sera mieux comprise à l'aide de figures. La figure 10 (page 16) montre l'appareil complet; A, B, C, D, représentent le corps de la chambre, qui est en acajou verni; les angles sont protégés par des coins en cuivre. A l'arrière est la glace dépolie qu'on ne voit pas dans la figure.

Cette partie de l'instrument est fixe, cette disposition étant considérée comme plus convenable, pour la mise au point, que la disposition ordinaire.

La partie antérieure F, qui porte les lentilles, est fixée au moyen de la vis O, et des crochets C attachés à la base E. Sur cette base, qui constitue une partie de la portion mobile de la chambre, a lieu l'assemblage, tandis que le pignon O est attaché au prolongement inférieur de la chambre noire A, C. La mise au point constitue donc une opération facile.

La différence principale entre cette construction et l'ancienne consiste, comme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous l'avons dit, dans la mobilité de la partie antérieure de la chambre et la fixité de la partie postérieure dans laquelle on met la plaque. On pense qu'on gagne ainsi plus de stabilité, et qu'il y a moins de chance de vibration et de mouvement. La vis *a* (fig. 10) maintient la planchette qui porte les lentilles dans la position voulue.

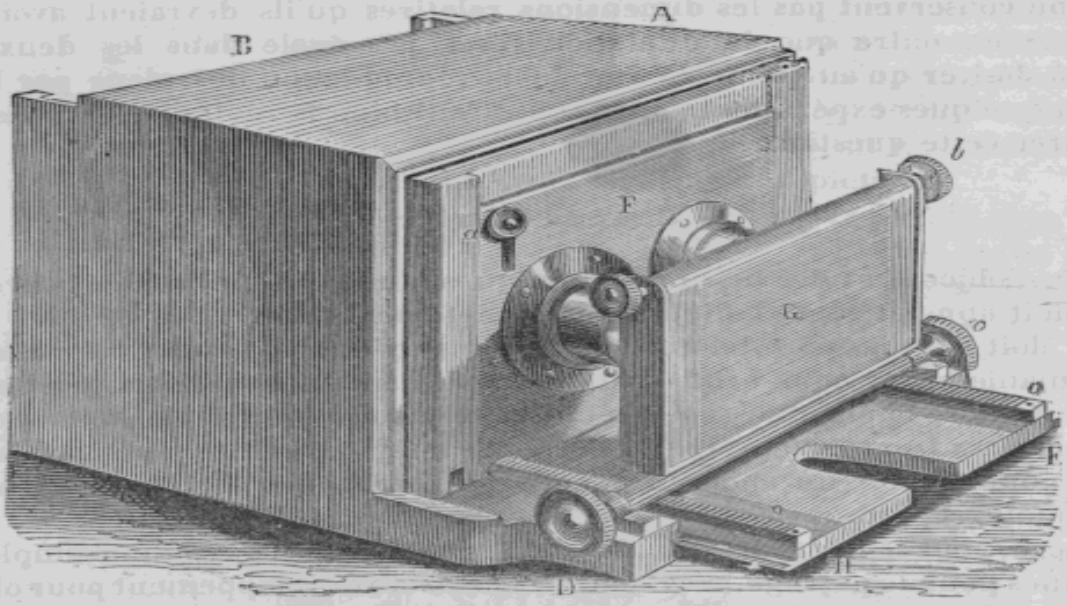


Fig. 10.

On voit qu'il y a une rainure dans laquelle passe la vis, de sorte que les lentilles peuvent être élevées ou abaissées verticalement pour obtenir, suivant qu'on le désire, plus ou moins de ciel ou de terrain.

La planchette qui porte les lentilles stéréoscopiques peut être enlevée ou remplacée par une autre portant une seule lentille d'un foyer plus long, par exemple une combinaison triple achromatique d'un foyer de 7 3/4 pouces pour prendre une vue simple sur une plaque de même dimension que les plaques doubles employées pour les vues stéréoscopiques.

Il faut se rappeler cependant que la chambre, quand on s'en sert avec deux objectifs pour obtenir des vues stéréoscopiques, doit être divisée en deux compartiments, pour que chacune des deux images se produise dans une chambre noire séparée, et que la lumière émanant de l'un des objectifs ne vienne pas influencer l'image produite par l'autre objectif. La cloison qui partage la chambre en deux moitiés doit être flexible, pour permettre l'allongement ou le raccourcissement de la chambre. Elle doit pouvoir aussi être enlevée quand on se sert de l'appareil pour obtenir une seule image. Cette cloison consiste en lames de bois minces collées sur une membrane; l'une de ces extrémités peut être fixée à l'intérieur de la chambre noire, près de la glace sensible, tandis que l'autre extrémité glisse dans des rainures ayant la forme d'une boucle, ménagées sur les parois supérieures et inférieures horizontales de la chambre.

Le châssis négatif n'offre de particulier que la disposition adoptée pour donner écoulement aux gouttes de nitrate d'argent qui s'accumulent à la partie inférieure, et pour cela, on a ménagé une rainure enduite de vernis aussi bien que la paroi du châssis qui se mouille ordinairement. De plus, les arrêts pour la plaque consistent en fils d'argents placés dans les angles, parce que toutes les autres substances, au contact du nitrate d'argent, produisent des taches sur la surface sensible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 11 représente un obturateur instantané très-simple et très-ingénieux. Une sorte de cadre C, B, est placé sur la lentille, les ouvertures ménagées dans ce cadre correspondent justement au pavillon formant la tête des

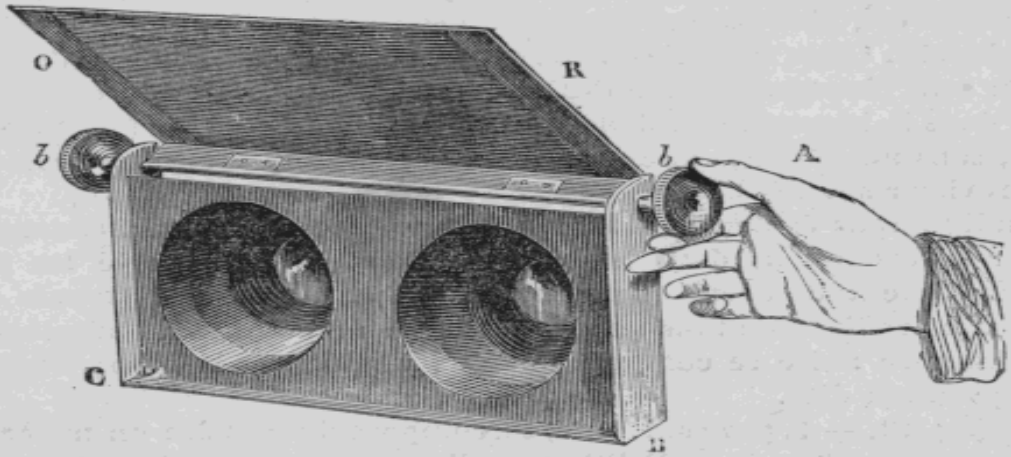


Fig. 11.

objectifs. Une tige de laiton, munie à chaque extrémité d'une tête moletée *b b*, et agissant comme charnière, sert à ouvrir et à fermer l'obturateur OR. En manœuvrant convenablement cet obturateur, on peut ouvrir ou fermer instantanément les objectifs.

En Angleterre, pour les chambres noires portatives, on adopte assez volontiers la disposition indiquée (fig. 12), qui consiste en une boîte ou châssis de 3 pouces d'épaisseur. En avant est fixé un soufflet en forme de pyramide tronquée. L'extrémité la plus étroite du soufflet est portée par la planchette qui reçoit la monture de l'objectif. Cette planchette est maintenue parallèle à la glace dépolie par des équerres qui glissent avec elle lorsqu'on la rapproche de la partie fixe postérieure de la chambre. La figure a été faite d'après un appareil exposé par M. Meagher, qui a exposé également plusieurs autres appareils d'une fabrication soignée et même luxueuse.

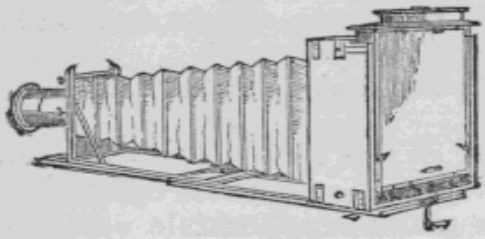


Fig. 12.

Nous n'insisterons pas plus longtemps sur les dispositions des chambres noires qui, si commodes qu'elles soient en sortant de l'atelier d'ébéniste, sont toujours plus ou moins modifiées par celui qui doit s'en servir.

Parmi les chambres noires de voyage nous citerons la chambre noire dite à soufflet tournant, construite par M. Relandin, sur les indications de M. Davanne.

La chambre se compose de quatre parties distinctes : 1° le cadre d'avant qui porte l'objectif; 2° la partie postérieure de la chambre qui porte le châssis; 3° la tablette brisée, la queue sur laquelle glisse l'arrière de la chambre; 4° enfin le soufflet, qui peut être en toile ou en cuir. Nous devons dire que, généralement, M. Relandin applique le soufflet indiqué par M. Humbert de Molard, à plis et à angles rentrants, ce qui fait qu'il ne prend, lorsqu'il est fini, qu'une épaisseur de quelques centimètres. Le porte-objectif est fixé solidement et à demeure avec la queue. L'objectif peut lui-même se déplacer de haut en bas et de bas en haut, de manière à faire varier la position de l'axe optique par rapport au cadre de l'image.

La partie postérieure de la chambre est fixée à l'aide d'un écrou et d'un petit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

support qu'on nomme le chariot, et qui glisse sur la queue de l'appareil au moyen d'une crémaillère.

Le soufflet, fixé d'un côté sur les quatre côtés du cadre postérieur, vient s'arrêter de l'autre sur une rondelle mobile placée au centre du cadre antérieur. Cette rondelle est, bien entendu, percée à son centre d'une ouverture qui laisse passer l'objectif. Cette disposition permet de faire tourner le soufflet et le cadre postérieur sans changer aucune des pièces de l'appareil, et de prendre ainsi les vues soit dans la largeur, soit dans la hauteur de la chambre (dont les côtés sont inégaux), sans autre peine que de dévisser le cadre postérieur, de le retourner et de le revisser sur le chariot.

Nous indiquerons également la chambre noire que s'est fait construire M. Civiale pour les excursions dans les Alpes, et d'où il a rapporté les panoramas magnifiques que nous avons admirés et qui sont destinés à devenir une étude complète des profils et de tous les accidents de ces chaînes de montagnes.

Cette chambre noire se compose de deux parties : 1° la base ; 2° la chambre noire proprement dite.

La base (fig. 13, — 1, page suivante) se compose d'un cadre en noyer, qui peut se plier autour des charnières F, FF, pour n'occuper que la place indiquée (— 2).

La chambre noire est semblable aux chambres noires à soufflet dont on fait ordinairement usage, avec cette différence qu'elle est d'un très-faible tirage ; sur le devant se trouve adapté un soufflet relié à une planchette qui porte l'objectif. Une réglette en cuivre à coulisse permet de régler la distance de la planchette au corps de la chambre noire, tandis que la base fixe sa position à la partie inférieure. A l'aide d'écrous, tout le système est solidement relié à la base qui est placée, lorsqu'on opère, par un pied dont la figure fait comprendre la disposition. Il est inutile de dire que la chambre peut être monté dans sa base sur les deux sens.

M. Civiale, dans ses excursions, se sert de papier sec avec le châssis obturateur de M. Charles Chevalier.

Le paquetage de cette chambre est commode et son transport facile, ainsi qu'on le voit par la disposition 4 de la fig. 13, et encore en cet état contient-elle dans son intérieur quatorze châssis à papier, la glace dépolie et le voile noir. Les épreuves qu'on obtient ont 37/27. Cette chambre noire, dit M. Civiale, placée dans son sac, a résisté parfaitement aux accidents fréquents d'un voyage dans les montagnes ; placée en porte-manteau sur la croupe d'un cheval, elle n'a eu nullement à souffrir de longues courses de 48 kilomètres, courses faites à des allures rapides. L'appareil en station, muni de son quatrième pied, a résisté pendant plusieurs heures aux plus violents coups de vent.

Appareils panoramiques.

Nous avons indiqué plus haut que les objectifs ordinaires n'avaient pas un champ assez vaste pour comprendre toute l'étendue que nous voyons avec nos yeux. Nous avons indiqué comment, par de nouvelles combinaisons optiques, MM. Busch, Darlot, Dallmeyer, Derogy, Steinheil, Gasc et Charconnet, Stauton, avaient obtenu des objectifs donnant un angle plus ou moins considérable. D'autres ont cherché à obtenir le même résultat au moyen d'une disposition mécanique de la chambre noire.

Le premier appareil de ce genre (1846) est dû à M. Martens, notre compatriote, qui, opérant sur des plaques daguerriennes pouvant être courbées, l'avait disposé ainsi :

L'objectif était fixé sur un pivot, et mis en mouvement au moyen d'un pignon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et d'une vis sans fin commandés par une manivelle, de manière à embrasser dans sa marche un angle de 150°.

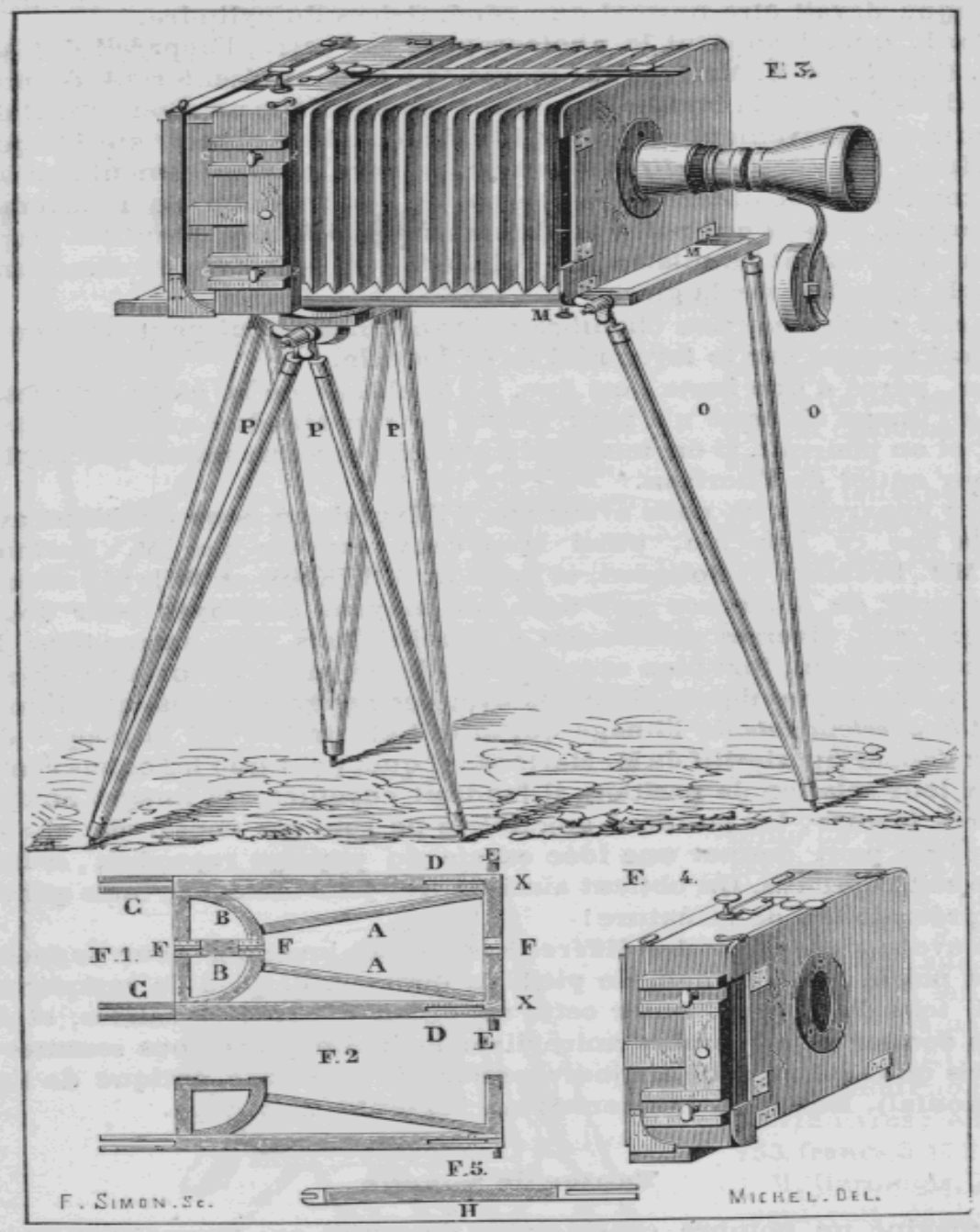


Fig. 13.

La plaque était contenue dans un châssis courbe, dont le rayon était convenablement choisi pour la longueur focale de l'objectif; une feuille de zinc, percée d'une fente verticale correspondant à l'axe optique de la lentille, se déplaçait avec celle-ci, de sorte qu'à chaque instant du mouvement, la plaque sensible était frappée et impressionnée, dans une petite partie de son étendue, par les rayons lumineux qui se trouvaient dans le plan vertical passant par cet axe optique et de la continuité du mouvement résultait une image complète du panorama qu'avait embrassé l'objectif.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout ce système formait quelque chose d'analogue à la chambre noire ordinaire; il devait y avoir une parfaite verticalité des génératrices de la plaque courbe, en même temps que l'axe optique restait horizontal : dans tous les cas, l'axe optique devait être normal aux génératrices du cylindre.

Plus tard, quand apparut la photographie sur verre, l'appareil dut être modifié; M. Garella et M. Martens lui-même, en 1856, présentèrent de nouveaux systèmes dans lesquels la lentille et la glace avaient l'une un mouvement de rotation, l'autre un mouvement de translation, de manière à obtenir que chaque point de l'horizon, *vu par l'objectif*, vienne se peindre successivement sur la glace.

Cette condition est obtenue au moyen de transmission de mouvement qui fait déplacer le châssis qui porte la glace mise au point de quantités proportionnelles au mouvement angulaire de l'objectif, et cela dans la direction où la vue semble marcher sur la glace.

L'appareil consiste en une chambre noire ordinaire, qui peut tourner sur un axe vertical passant par le foyer réel de la lentille.

L'écran, percé d'une fente, est fixe, et le châssis de la glace est mobile, de sorte que l'image obtenue n'a pour limite de son étendue que la longueur de la glace, et on pourrait, si on le voulait, obtenir, sur une même glace, plusieurs fois le tour entier de l'horizon.

Tous les appareils que nous avons vus à l'Exposition nous semblent avoir été construits sur ce principe, aussi bien ceux exposés par M. Martens que ceux de MM. Brandon et Johnson, et ceux de MM. Kock et Wilz; il nous a paru qu'il n'y avait de différence que dans les moyens employés pour donner le mouvement aux diverses parties des appareils. Mais sans entrer dans les détails de construction, fort bien exécutés d'ailleurs, nous avons une objection à faire aux vues panoramiques obtenues avec ces appareils : c'est que l'image obtenue est *la développante* de l'image qui aurait été tracée sur la plaque daguerrienne de l'appareil primitif de M. Martens, et que, pour que les objets conservent entre eux leur relation de position, il faudrait enrouler ces images en cylindre. En d'autres termes, les positions angulaires ne sont pas conservées sur l'image plane, qui ne peut donner une idée exacte du paysage reproduit, si fine et si belle que soit l'épreuve. On obtient ainsi de très-jolis tableaux, mais qui ne sont pas la représentation de la nature!

Nous n'avons rien à dire des différents systèmes imaginés pour supporter les chambres noires, sous le nom de pied de terrasse, de pied de campagne, etc., mais qui tous doivent présenter cette condition d'être très-solides, et de permettre de donner à la chambre noire diverses inclinaisons (nous sommes cependant d'avis qu'il est presque toujours préférable que l'axe optique de l'objectif soit horizontal). Mais nous insisterons sur les tentes de voyage.

Tentes de voyage.

On a imaginé un nombre considérable de tentes qui permettent au photographe touriste d'opérer sur collodion humide. Parmi celles qui ont eu le plus de succès, on peut citer, en Angleterre, celle de MM. Murray et Heath, connue sous le nom de tente de Smartt, fig. 14; c'est peut-être la plus parfaite, mais elle est un peu lourde à cause de sa grande dimension.

La tente de Smartt a la même largeur en haut qu'en bas; elle a une hauteur totale de 6 pieds et une surface horizontale de 3 pieds carrés, c'est-à-dire qu'elle met à la disposition de l'opérateur une table de 36 pouces sur 18 et encore de la place pour opérer avec commodité.

Ce qu'il y a de remarquable surtout dans sa construction c'est la carcasse qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

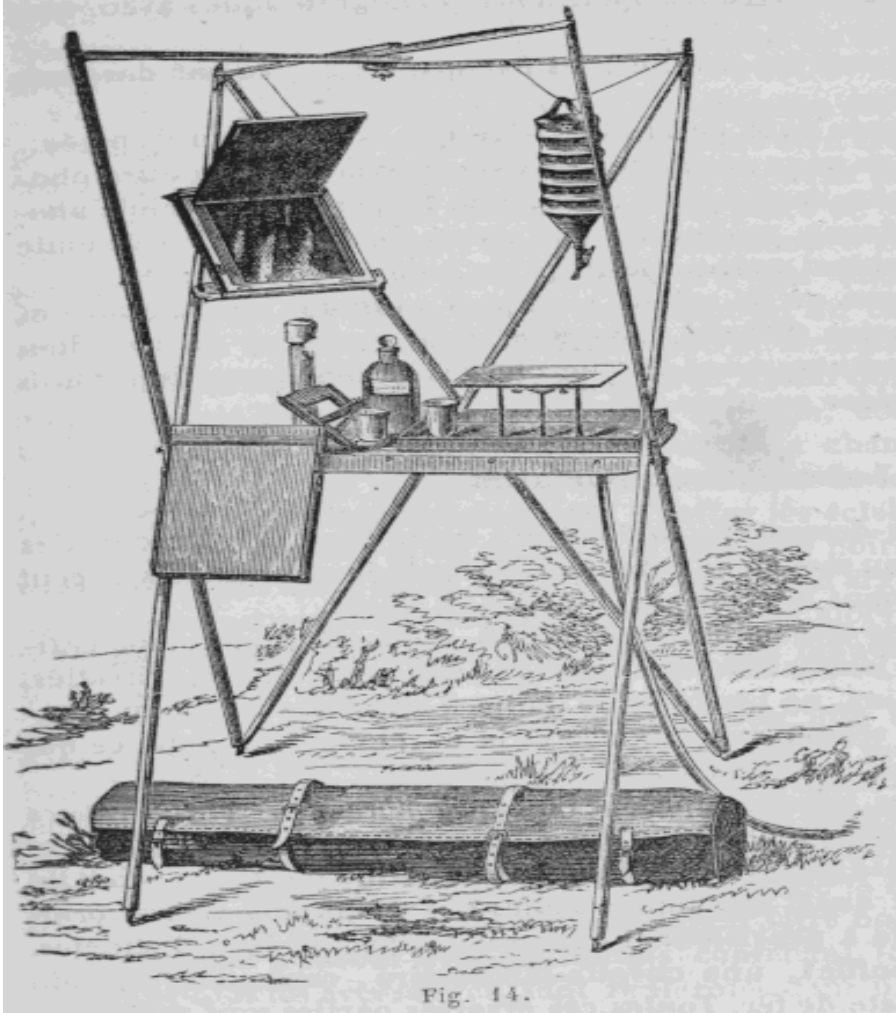


Fig. 14.

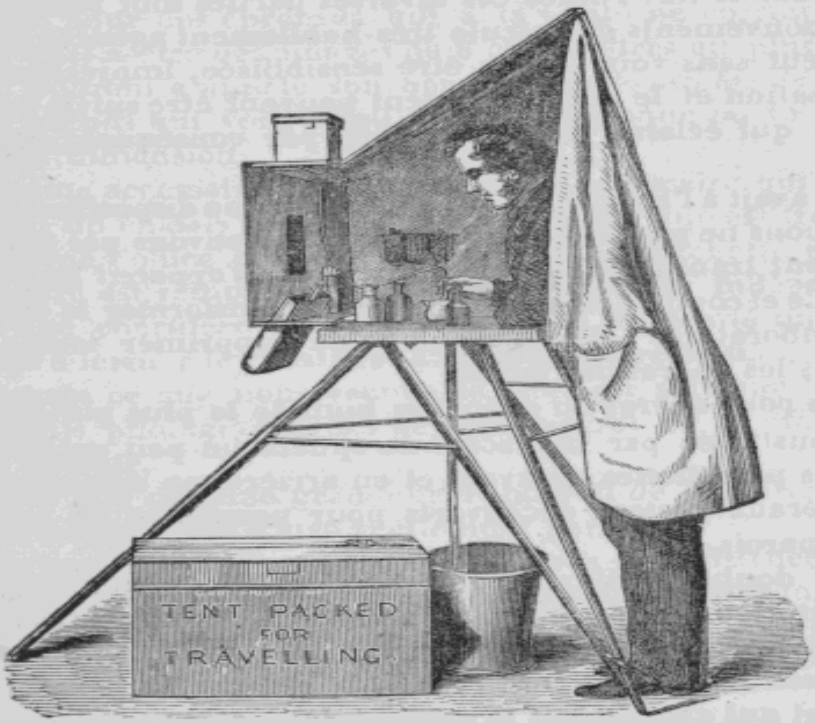


Fig. 15.

soutient la tente, et qui, quand elle est montée, constitue un système de triangles se consolidant mutuellement.

Pour économiser la place sur la table, le bain d'argent contenu dans une cuvette verticale est attaché sur le côté, tandis que le châssis, destiné à recevoir la glace, peut s'accrocher à deux des montants de la tente. Enfin, l'eau pour le lavage est contenue dans une sorte de réservoir pliant qui est également accroché en l'air.

Cette tente pèse 20 livres, et peut être montée et démontée par une seule personne.

Nous pouvons citer encore la tente inventée par M. Ernest Edward, et exposée par M. W.-M. Rouch.

La fig. 15 fait voir sa disposition ; cette tente est moins spacieuse que la tente de Smartt, mais elle est plus facile à transporter.

Pour faire des tirages de 7 1/2 sur 5 pouces, ou de 8 pouces sur 6, la tente pliée occupe seulement un volume de 14 pouces haut, 6 large et 21 pouces de long, le tout ne pesant que 12 1/2 livres ; elle coûte de 155 francs à 175 francs.

M. Hermagis, en France, construit également un système de tente simple et ingénieux. Cette tente présente comme éclairage un perfectionnement important : il y a un châssis spécial à la partie supérieure ; ce châssis en contient un second, s'ouvrant à 45° et portant une glace étamée qui réfléchit à l'intérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lumière, ce qui permet de suivre les opérations photographiques avec une grande facilité.

La table sur laquelle on pose les cuvettes, les flacons, est portée par des pieds ployants en bambou.

Enfin, citons encore la tente de M. de la Blanchère qui est très-bien disposée.

Comme appareil de voyage nous avons encore à signaler la petite voiture photographique de M. Poitrineau, modifiée ou non par M. Terpereau, un habile photographe qui réside à Bordeaux, et de qui nous avons vu des épreuves de toute beauté obtenues dans ce cabinet noir portatif qu'un homme peut traîner.

Tous ces systèmes, si légers qu'ils soient, sont plus ou moins encombrants et d'un transport plus ou moins difficile, lorsqu'on veut se servir du collodion humide ; aussi quelques inventeurs ont-ils cherché à faire des appareils portatifs avec lesquels on puisse opérer en plein air.

Laboratoires portatifs.

M. Titus Albités place au-dessous de la chambre noire une série de cuvettes verticales dans lesquelles, au moyen de cordons convenablement disposés, il peut descendre le châssis contenant la glace sur laquelle on opère.

Nous l'avons vu se servir très-habilement de son appareil ; mais nous craignons que dans la pratique journalière un voisinage aussi rapproché des cuvettes, contenant les différents bains, ne produise de temps à autre des accidents désagréables. D'ailleurs, il faut sensibiliser la glace et la développer au jugé, ce qui ne laisse pas que d'être un inconvénient.

Nous ferons à peu près les mêmes reproches à *la chambre noire et laboratoire portatif* de M. G. Anthony, ancien élève de l'École centrale des arts et manufactures. Cet appareil se présente pour le transport sous la forme d'un cube, dont les dimensions dépassent d'un quart seulement celles des chambres noires ordinaires, non compris la boîte à provision. Il comprend 3 parties bien distinctes, savoir : une chambre à soufflet, une cuvette-laboratoire, contenant un bain d'argent, et un tiroir à sulfate de fer. Toutes ces diverses parties sont reliées les unes aux autres. Par des mouvements de bascule très-habilement agencés, mais un peu délicats, la glace peut sans voir le jour être sensibilisée, impressionnée et développée. La sensibilisation et le développement peuvent être suivis à travers un verre jaune, mais qui éclaire d'un seul côté, par conséquent, d'une manière insuffisante.

Il paraît que M. Gauvain avait à l'Exposition un appareil d'une disposition très-ingénieuse, mais nous avouons ne pas l'avoir vu ; nous n'en pouvons pas parler.

Comme appareil facilement transportable nous signalerons l'*appareil Dubroni*, qui est basé sur l'idée simple et complétement originale de transformer la chambre noire elle-même en laboratoire : il a l'avantage de supprimer toutes les cuvettes et de rendre toutes les opérations faciles.

C'est de tous les appareils pour opérer au collodion humide le plus portatif.

La chambre noire est constituée par une sorte de sphère un peu aplatie en verre jaune protégée par des planchettes en avant et en arrière, en dessus et en dessous, les deux côtés latéraux restant découverts pour permettre de suivre les opérations à travers les parois.

L'objectif est un objectif double ordinaire ; il est fixé sur la planchette de devant et pénètre dans l'intérieur du globe par une ouverture circulaire. En face, à l'arrière, correspond une autre ouverture circulaire ou elliptique, mais plus grande dont les bords sont rodés ; ce sont ces bords rodés et la planchette dans laquelle ils s'encastrent qui constituent le support de la glace sur laquelle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on obtient l'image. Enfin, au sommet du globe, se trouve une dernière ouverture très-petite et fermée par une soupape s'ouvrant de dehors en dedans, qui sert à introduire les réactifs sur la glace.

Voici comment on opère : on place la chambre sur un pied et à cause de la petite dimension de la chambre, ce pied peut être très-léger ; on met au point comme à l'ordinaire, puis on repère exactement la position de la chambre sur le pied : on introduit dans la chambre, à la place de la glace dépolie dont on s'est servi pour la mise au point, une glace collodionnée et on ferme le châssis. Cette glace n'est pas sensible parce qu'elle n'a pas encore été soumise au bain d'argent. Au moyen d'une pipette consistant en un tube muni à sa partie supérieure d'une boule creuse en caoutchouc et formant réservoir, on prend une certaine quantité de bain d'argent dans le flacon qui le contient, et on l'introduit à travers l'ouverture supérieure à soupape, dont nous avons parlé, dans la partie concave de la sphère qui constitue la chambre noire. On a soin de descendre le bout de la pipette jusqu'au contact de la paroi et de ne pas expulser le liquide trop brusquement afin d'éviter les éclaboussures.

On retire la pipette, et on redresse la chambre noire en mettant l'objectif verticalement ; par suite de ce mouvement le bain d'argent se répand à la surface de la glace qui se trouve sensibilisée. On remet alors l'appareil dans sa position normale et avec la même pipette, et, par une manœuvre inverse, on extrait le bain d'argent.

On pose alors : quand la pose est finie, avec une autre pipette on introduit dans l'appareil le développant, puis on exécute la même manœuvre qu'avec le bain d'argent ; quand l'image est apparue, ce que l'on peut voir à travers les parois, on extrait le liquide, on retire la glace, on fixe l'image et on la lave, ce qui peut se faire sans difficulté en plein jour si la lumière n'est pas trop vive.

On nettoye ensuite complétement l'intérieur de la chambre avec de l'alcool et du papier joseph, et on peut immédiatement faire une autre opération.

La chambre Dubroni avec les flacons contenant les produits chimiques, les papiers et tous les accessoires, sont renfermés dans une boîte de 19 centimètres sur 23, pour des épreuves qui à la vérité ne correspondent qu'au 1/6 de plaque, c'est-à-dire des images de 8 centimètres au plus de côté.

M. Dubroni a appelé son appareil *photographie de poche*. Il fait des appareils plus grands qui vont jusqu'à la demi-plaque ou 18 centimètres dans la plus grande dimension.

Comme accessoire de cet appareil, le nécessaire qui le renferme contient également un châssis pour tirage des positives qui est très-ingénieux. Le cliché fait lui-même l'office de la glace épaisse, la planchette pliante des châssis positifs ordinaire est remplacée par deux planchettes indépendantes fixées au châssis par une charnière et portant à l'autre extrémité un ressort qui sert en même temps à fermer le châssis et à assurer la pression.

D'après ce que nous venons de dire, on voit que la facilité de transport des appareils photographiques dépend surtout de la dimension des glaces que l'on veut obtenir.

Passé une certaine grandeur, l'appareil de M. Titus Albités et même celui de M. Anthony, cesse d'être réellement portatif.

Les perfectionnements apportés dans la construction des appareils optiques pour l'agrandissement des images ont suggéré la pensée de simplifier le bagage du voyageur photographe par la construction d'instruments donnant de petites images que l'on grandit ensuite pour obtenir des épreuves ayant les dimensions ordinaires.

Nous avons à citer dans cet ordre d'idées, et par ordre de date, le *poliçonogra-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

phe de voyage de M. Duboscq, les appareils automatiques de M. Bertsch, la lunette photographique de M. Nicour.

Les instruments de MM. Duboscq et Nicour sont spécialement construits pour l'emploi du collodion sec, tandis que celui de M. Bertsch permet de se servir du collodion humide, qui, selon nous, présente sur les procédés à sec l'avantage de permettre à l'opérateur de voir immédiatement si une épreuve est bonne, et dans le cas où elle n'est pas réussie de la recommencer immédiatement ; tandis qu'avec les procédés secs, qui à la vérité ont l'avantage de réduire considérablement le bagage, on ne sait si une épreuve est bien faite que lorsqu'on est rentré dans son laboratoire, et alors souvent qu'il est impossible de retourner sur place pour recommencer.

Nous nous occuperons donc d'abord des appareils de M. Bertsch.

Les divers instruments construits par M. Bertsch, d'après les lois les plus rigoureuses de l'optique, forment un système complet d'une précision mathématique, donnant *sans mise au point* ni correction de foyer chimique, des vues remarquables par l'importance et la netteté des premiers plans et par l'effet naturel de la perspective. Il appelle ces appareils *appareils automatiques*.

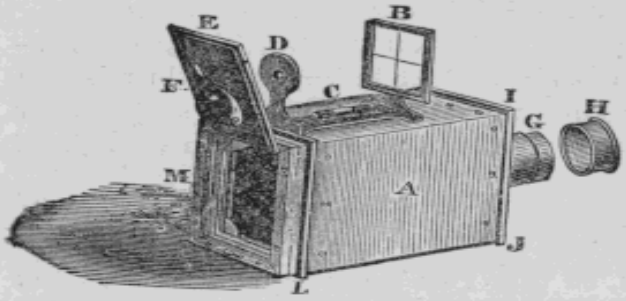
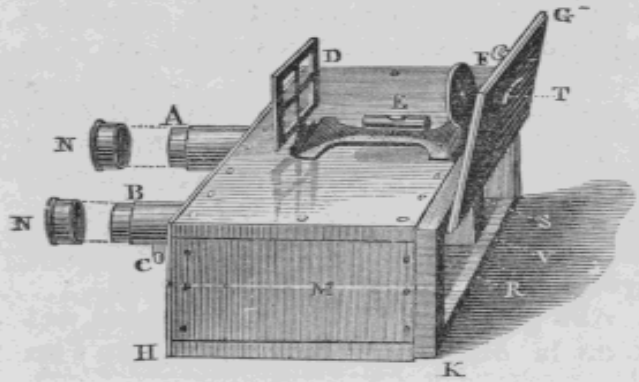


Fig. 16.

La *chambre automatique simple* LJI (figure 16) pour vues et paysages est une boîte en cuivre dont chaque face mesure un décimètre de côté ; elle peut contenir une glace de la dimension invariable de 6 centimètres ; elle ne porte ni verre dépoli ni châssis mobiles. Son objectif G étant mathématiquement calculé pour donner une image nette pour toute distance (au premier plan) plus grande que neuf ou dix pas, l'opérateur s'en sert sans se préoccuper de la mettre au point, elle s'y trouve d'elle-même depuis les premiers plans jusqu'à l'horizon.

Pour vérifier si le paysage que l'on veut obtenir est bien compris dans la glace, on place sur la chambre lorsqu'on veut travailler une petite alidade DCB. Cette pièce se compose d'une mire F, d'un châssis BD carré portant une croisée de fils et d'un niveau à bulle d'air C : les dimensions de ces pièces sont calculées de telle sorte que la partie du paysage qui est limitée par le cadre carré, lorsqu'on regarde par la mire, est celle qui viendra se peindre sur la glace.



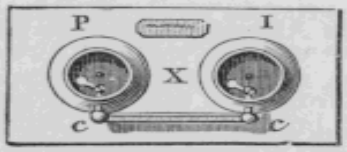


Fig. 17.

Cette chambre se place sur un pied qui, replié, représente à peu près une canne de touriste.

La netteté des images est telle qu'il est possible de les amplifier de 100 à 500 fois en surface.

M. Bertsch construit également des chambres automatiques doubles, au moyen desquelles on obtient des vues stéréoscopiques d'un seul coup (fig. 17).

La chambre automatique double est basée sur le même principe que la chambre automatique simple. Ses glaces ont 6 centimètres sur 13, et comme la première elle donne des négatifs pouvant supporter une amplification de 100 à 500 fois en surface sans perdre de sa netteté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient directement des épreuves dont le montage n'exige pas l'inversion des épreuves comme avec les chambres binoculaires A et B sous les objectifs placés à l'écartement moyen des deux yeux, de sorte qu'ils donnent des images qui, étant placées dans le stéréoscope, produisent le relief de la nature DCE alidade, GT volet à l'arrière de la chambre et servant à maintenir la glace, NN bouchons, CC observateurs, PIX planchette portant les objectifs.

En agrandissant simplement les images à la dimension des vues stéréoscopiques ordinaires et faisant le tirage des positifs à l'aide d'un appareil que M. Bertsch appelle *chambre positive à stéréoscopes* (fig. 18), FD diaphragmes, GH volets du

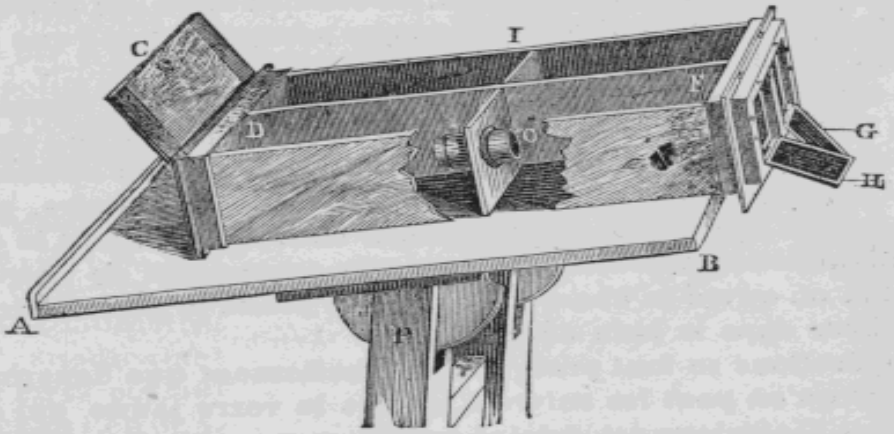


Fig. 18.

châssis dans lequel on place les négatifs : ces volets permettent de régler la durée de l'impression lumineuse pour chaque moitié de l'image ; O les objectifs de grandissement, X le châssis qui reçoit la glace sensible, AB le pied.

Pour l'usage de ces deux chambres automatiques, M. Bertsch a imaginé des *laboratoires portatifs* (fig. 19).

Le laboratoire portatif consiste, pour la chambre simple, en une boîte AFT de 40 centimètres de long sur 15 de large et 30 de hauteur ; celui pour chambre double a 37 centimètres de long sur 22 de large et 32 de hauteur.

Il permet d'opérer en plein air sur collodion humide. A cet effet, il renferme, outre une boîte à glace, un nécessaire contenant la chambre noire, une série de flacons contenant les réactifs nécessaires, des entonnoirs, et une ventouse en caoutchouc qui sert à saisir la glace.

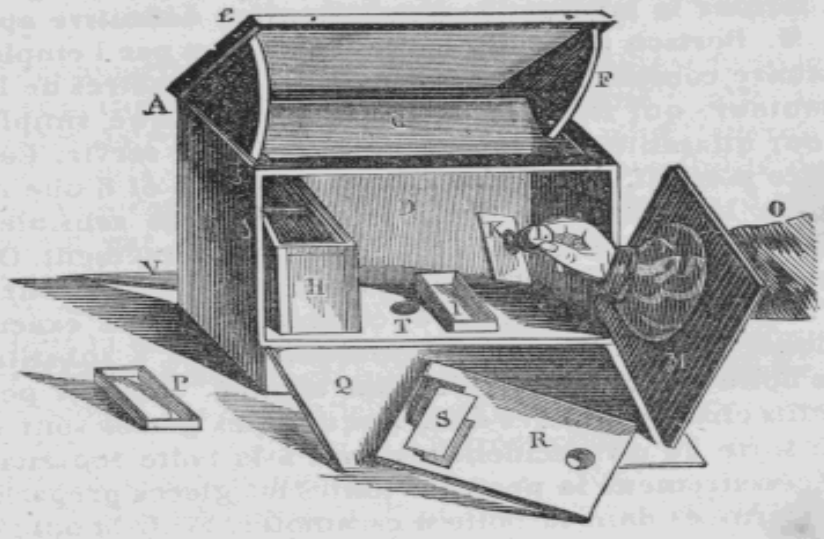


Fig. 19.

Le côté postérieur D du laboratoire est en verre jaune orange protégé, pour le transport, par un volet V. Le dessus du laboratoire est aussi en verre jaune C ; c'est par là que l'opérateur regarde ce qu'il fait. Un volet à charnière AE sert d'abat-jour pour abriter de la grande lumière.

Le côté antérieur du laboratoire est formé d'une planchette mobile M qui entre exactement dans une feuillure régnant tout autour du devant de la boîte. Cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

planchette est percée en son milieu d'une ouverture assez large pour laisser passer le bras de l'opérateur, et garnie d'une manche en étoffe opaque destinée à empêcher l'introduction de la lumière par l'ouverture ménagée dans la planchette.

Dans un double fond T de la boîte laboratoire sont deux cuvettes, l'une destinée au bain d'argent, l'autre au bain de développement (acide pyrogallique ou fer).

Lorsqu'on veut opérer, on sort du laboratoire tout ce qu'il contient sauf la chambre automatique II dont on a ouvert le volet postérieur ; on remplit la cuvette I de bain d'argent, puis prenant une glace K convenablement nettoyée, on la fixe sur la ventouse, on la couvre de collodion ; puis, passant la main dans la manche de la planchette, et fixant cette planchette dans les feuillures, on immerge la glace dans le bain d'argent le temps nécessaire pour que l'iodure d'argent soit formé.

On met la glace dans la chambre automatique et on en ferme le volet. On retire alors la main de dedans la manche de la planchette que l'on retire et on fait poser l'objectif de la chambre noire devant la vue qu'on a choisie ; après un temps de pose suffisant on rentre la chambre dans le laboratoire, puis on retire la cuvette au bain d'argent, la remplaçant par celle qui contient le développant. On remet la planchette dans la feuillure après avoir passé de nouveau la main dans la manche, on ouvre la chambre noire, on prend la glace avec la ventouse et on la fait glisser dans le bain développant.

Toutes ces opérations se font presque aussi facilement que dans un laboratoire ordinaire, parce qu'on peut les suivre à travers le verre jaune qui est dessus le laboratoire, dont l'intérieur est éclairé par le verre orange postérieur. On suit le développement et quand il est à point on sort du laboratoire la glace qui n'est plus très-sensible ; on la lave, on fixe l'épreuve avec de l'hyposulfite de soude et enfin on lave à grande eau.

Pour compléter les descriptions de la fig 18, nous indiquerons que R est une planchette qui sert à nettoyer les glaces qu'on place en S ; Q un volet qui sert à former le laboratoire d'une manière définitive après s'en être servi.

M. Bertsch a modifié cette disposition par l'emploi du collodion sec : le laboratoire consiste en une boîte de 26 centimètres de long sur 13 de large et 32 de hauteur, qui tient la chambre automatique simple et deux boîtes à rainures pour quarante glaces préparées prêtes à servir. Cette boîte, comme le laboratoire portatif, est munie de verres jaunes et d'une manche qui permet d'y introduire la main pour transporter les glaces sensibles de la boîte à rainure dans les feuillures de la chambre noire et inversement. On suit aisément à travers les verres jaunes ce que la main exécute à l'intérieur de la boîte. Mais les verres d'éclairage sont fragiles, et comme il n'y a à exécuter qu'une opération mécanique, M. Bertsch, depuis quelque temps, a substitué au laboratoire un système de boîte à escamoter très-bien agencé. Il serait peut-être préférable d'avoir de petits châssis mobiles dans lesquels les glaces sont séparées les unes des autres, de sorte qu'un accident arrivant à la boîte contenant les châssis n'entraîne pas nécessairement la perte de toutes les glaces préparées ou même impressionnées renfermées dans la boîte à escamoter. (Voir la note à la fin de l'article.)

A ce sujet nous citerons, comme remplissant presque complétement notre desideratum, une disposition de chambre noire que nous avons vue chez quelques fabricants d'appareils de photographie, qui ne diffère des chambres noires ordinaires qu'en ce que le châssis qui vient prendre la place de la glace dépolie est disposé pour recevoir de petits *châssis en bois* très-légers, qui contiennent soit une, soit deux glaces préparées, et dont le volet se lève en même temps que le volet du châssis principal.

Cependant il est à craindre que ces châssis légers ne jouent rapidement sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les alternances de sécheresse et d'humidité atmosphérique, et quoique la dépense d'entretien doive être faible, peut-être serait-il mieux encore d'avoir simplement des châssis négatifs doubles, contenant chacun deux glaces, ce qui permet de donner aux bois toute la force et la solidité nécessaires.

Nous extrayons du brevet d'invention de M. J. M. Duboscq la description de l'appareil qu'il a appelé *policonographe* de voyage (fig. 20).

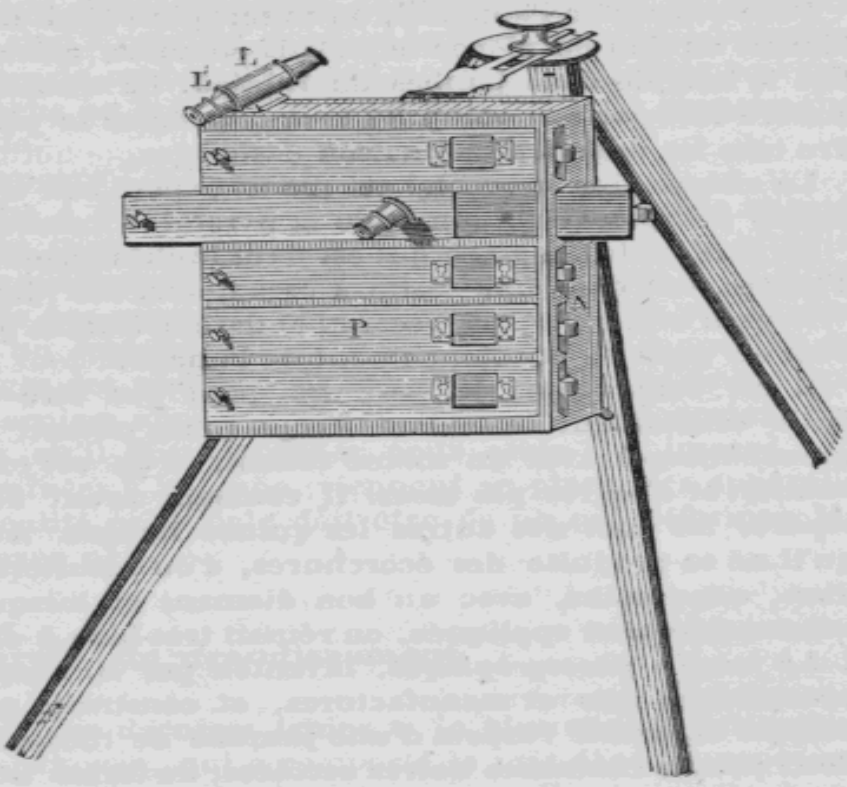


Fig. 20.

Cet appareil permet d'obtenir sur une même glace, par l'un des procédés au collodion sec ou à l'albumine, quinze petits clichés, susceptibles d'être agrandis ou tirés immédiatement en positif.

De l'embarrassante chambre ordinaire, dit M. Duboscq, je ne conserve que le châssis de 21 centimètres de côté sur 27, augmentant son épaisseur en la portant à 8 centimètres au lieu de 4. C'est ce châssis devenu lui-même une chambre noire complète que j'appelle *policonographe* de voyage.

Il se compose d'un cadre subdivisé en quinze compartiments, groupés eux-mêmes en cinq séries de trois compartiments. Chacune des séries est fermée par deux trappes à coulisses superposées s'ouvrant en sens opposé ; celle de dessus P porte une ouverture circulaire, munie d'un pas de vis pour recevoir l'objectif. Le glissement en sens inverse de ces trappes donne la possibilité de faire successivement coïncider l'objectif avec celui des compartiments de la série que l'on désire impressionner par les rayons lumineux, sans exposer les autres à l'action de la lumière.

Le châssis dans son épaisseur postérieure est pourvu d'une feuillure propre à recevoir une glace unique, dont la surface totale égale celle des quinze compartiments réunis. Cette glace est maintenue en place comme à l'ordinaire, par une planchette garnie de ressorts, dont l'élasticité comprime la glace contre les cloisons des compartiments pour s'opposer à l'introduction des rayons obliques d'un compartiment dans le compartiment voisin.

L'objectif se compose de deux tubes à glissement l'un sur l'autre, adhérents à une espèce de barillet renfermant en son milieu une glace dépolie.

Cet appareil ainsi groupé forme à lui seul une véritable petite chambre noire, provisoirement vissée sur un support articulé sur le bord du châssis en LL' ; cet objectif se dirige comme une lunette longue-vue vers l'objet dont on veut prendre l'image. Les choses sont disposées de telle façon que le plan de la glace dépolie contenue dans le barillet passe précisément par le plan même de la glace sensibilisée. Quand l'objectif est provisoirement vissé sur le support articulé, en faisant varier la distance entre l'objectif et la glace dépolie con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenue dans le barillet, on arrive à une mise au point, dont on peut apprécier la précision avec une loupe L; cette distance sera la même quand l'objectif démonté du support et débarrassé de son barillet sera définitivement vissé sur la trappe à coulisse, qui lui permet de parcourir successivement la surface de la glace sensibilisée.

Pour supporter l'appareil, on se sert d'un pied articulé à trois branches; seulement au lieu de placer le châssis chambre noire au-dessus de ce pied, il est fixé le long de deux jambes du trépied. La troisième restée libre et placée en arrière sert par son obliquité même à régler le plan du châssis qui peut prendre tous les degrés d'inclinaison désirables.

Le châssis ainsi accroché est moins exposé aux trépidations que les chambres noires installées au sommet de la pyramide formée par trois jambes.

On peut, outre la glace qui est dans le châssis, en emporter un certain nombre d'autres, soit dans une boîte à escamoter, soit dans des châssis préservateurs.

Nous n'avons qu'une recommandation à faire pour l'emploi de ce système, c'est au sujet du développement de l'image.

Il est évident que la pose ne peut pas être calculée de telle sorte qu'il faille exactement le même temps pour obtenir l'apparition simultanée des quinze images avec un même réactif, et on est exposé à avoir des images trop venues et d'autres pas assez. Il convient avant de faire le développement de séparer les unes des autres les quinze images. A la vérité, il y a à craindre qu'il ne se produise des écorchures, d'où résulterait le soulèvement du collodion, néanmoins, avec un bon diamant et lorsque la couche sensible a été convenablement appliquée, on réussit très-bien à diviser la glace.

La *jumelle photographique*, inventée par M. Nicour, ancien élève de l'École centrale des arts et manufactures, et construite par MM. Geymer et Alker, a comme ensemble l'aspect d'une jumelle de théâtre. Elle consiste en réalité en deux petites chambres noires accolées, de forme tronc conique, munies de deux objectifs identiques placés aux petits bouts des troncs de cône. Dans l'une des chambres noires, l'image vient se peindre sur un verre dépoli, qui occupe la grande base du cône, tandis que dans l'autre elle se fait sur une plaque sensibilisée à l'avance par un procédé connu. Le tube qui contient le verre dépoli sert à mettre au point, et pour faciliter cette opération, il porte à l'arrière un microscope.

Quant à l'introduction des glaces préparées dans le second tube, elle se fait très-simplement à l'aide de la disposition connue sous le nom de *boîte à escamoter*, légèrement modifiée.

La boîte qui contient une provision de cinquante glaces carrées, de 4 centimètres de côté, est de forme circulaire.

Les glaces sont placées dans des rainures disposées dans le sens des rayons; l'enveloppe extérieure de la boîte peut tourner sur un axe, ce qui permet d'amener successivement devant chaque rainure une fente ménagée à la paroi latérale de la boîte. Cette fente, au moyen de ressorts convenablement disposés, est fermée au moyen d'une double coulisse, de même qu'une double coulisse ferme l'orifice par lequel on introduit et on retire les glaces dans la petite chambre noire.

Les choses sont disposées de telle sorte, que lorsqu'on met en contact les deux systèmes de coulisse et qu'on produit un simple mouvement de pression en avant, les coulisses s'ouvrent d'elles-mêmes, et si la rainure qui contient la glace est verticale, la glace tombe en retirant la boîte, les coulisses se renferment en obéissant à l'action des ressorts. Elles ne peuvent en aucune manière donner passage à la lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La jumelle est renfermée dans un étui, la boite à glace munie d'une courroie se porte en bandouillère, et le pied est une canne qui s'ouvre en trois branches. La poignée de cette canne se transforme en rotule, et l'appareil peut prendre toutes les positions que la circonstance exige.

De plus, la légèreté de la jumelle permet de lui appliquer un système de support qui peut être commode dans beaucoup de circonstances; ce support consiste en une sorte de fort clou à crochet, dont la longue branche est munie d'une espèce de vrille en queue de cochon, de sorte qu'on peut la fixer soit sur un poteau, soit sur une branche ou le tronc d'un arbre. La courte branche du clou à crochet porte une rotule.

Ce petit accessoire facilite encore l'usage de la jumelle.

Nous n'avons qu'un reproche à faire à cet appareil, qui nous semble appelé à rendre de véritables services, c'est la dimension des glaces qui nous semble un peu petite ; mais avec le grandissement cet inconvénient disparaît, et il ne nous reste qu'à féliciter un de nos camarades d'avoir mis entre les mains des ingénieurs et des touristes un instrument qui leur permet de rapporter de leurs visites et de leurs voyages des renseignements exacts sur ce qu'ils ont vu.

Comme complément des derniers appareils dont nous venons de parler, qui donnent de petites épreuves qu'il faut amplifier pour avoir des images qui n'aient pas besoin d'être examinées à la loupe, viennent se placer les appareils de grandissement, dont la qualité principale doit être de ne pas déformer les images et de les reproduire avec netteté.

Appareils de grandissement.

L'un des appareils qui, dans ces derniers temps, a le plus appelé l'attention est celui du docteur Van Monckhoven, qui a remporté le prix dans un concours ouvert par la Société photographique de Marseille, pour les appareils de ce genre.

C'est une modification heureuse de la chambre solaire de Woodward, dont voici la description sommaire :

Un réflecteur renvoie les rayons solaires sur une grande lentille qui les réunit à son foyer où se trouve un objectif achromatique simple ou double : le cliché, l'image à reproduire, est intercalé entre la lentille et l'objectif, de sorte qu'elle est traversée par les rayons solaires, et son image agrandie se projette sur un écran ou sur une surface sensibilisée photographiquement qui est impressionnée.

Cet appareil n'est pas parfait, parce que la grande lentille n'est pas achromatique et que l'extérieur du cône lumineux est irisé, en second lieu parce que la lentille a une forte aberration de sphéricité. Il résulte de ces deux causes que les ondes lumineuses n'ont pas toutes la même vitesse, et que par suite l'impression de l'image agrandie manque de netteté, ou bien il faut au moyen d'écrans permettre aux seuls rayons lumineux qui passent par le centre de la lentille d'arriver sur l'image, ce qui réduit considérablement la quantité de lumière et retarde l'impression.

L'appareil dialytique pour agrandissements photographiques, de M. Van Monckhoven, est exempt de ces défauts. Nous résumons ici la description qui en a été donnée à la Société photographique de Paris.

L'instrument s'installe aisément dans une pièce obscurcie de 4 à 5 mètres de long, dont une des fenêtres est exposée à peu près au sud. Il comprend une chambre solaire et un miroir, dont la monture, entièrement en fer, peut être

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fixée dans le volet de la pièce; à l'aide d'une manivelle et d'un pignon, on peut le faire mouvoir et lui donner une position telle que le faisceau de rayons solaires se réfléchisse horizontalement sur le condenseur de la chambre solaire. Le maniement de ce miroir est très-commode, et il suffit de lui imprimer un mouvement de vingt en vingt-cinq secondes pour tenir les rayons dans la direction convenable.

La chambre solaire consiste en une caisse en bois, dans laquelle sont disposés les différents systèmes optiques et le support du cliché; d'abord, dans la paroi postérieure, le condensateur qui varie de diamètre avec la puissance de l'appareil. Ses courbures sont telles, que son aberration sphérique est réduite au minimum; à une distance de cette lentille égale à son diamètre, se trouve une lentille ménisque divergent *très-mince*, afin qu'elle n'absorbe pas de lumière, qui a pour but d'enlever *complétement* l'aberration sphérique du système entier.

Il en résulte que l'éclairage, au lieu d'être plus puissant sur les bords du cliché qu'au centre, est parfaitement uniforme sur toute la surface du cliché; secondement, qu'un point donné des bords du cliché est traversé par un rayon lumineux unique émané du bord du système éclairant, ce qui est la cause de la grande finesse sur les bords, aussi bien qu'au centre, des épreuves agrandies produites par l'appareil dialytique.

Le cliché est placé dans un cadre, où il est soutenu par quatre supports qui le tiennent par le milieu, à peu près des quatre côtés. Toutes les parties du cliché sont dans le cône lumineux et calorifique, et à cause de la répartition égale de la lumière et de la chaleur, il y a dilatation uniforme dans toutes les parties, par conséquent *toute chance de casse par dilatation inégale est écartée;* quelle que soit la dimension du cliché, du moment où on le reproduit à une grandeur donnée l'impression dure le même temps.

Les objectifs sont d'une construction particulière et munis de diaphragmes centraux ou postérieurs, qui éloignent la lumière diffuse tout en n'enlevant rien de la lumière émanée du concentrateur.

C'est la raison du brillant et du relief des agrandissements obtenus par l'appareil dialytique. Ces objectifs sont mobiles et permettent d'agrandir tout cliché compris entre le 1/3 et le 1/2 de la carte de visite, aussi bien sur papier albuminé, salé, etc., que sur collodion. On peut d'ailleurs employer des objectifs spéciaux, qui permettraient d'agrandir des clichés de demi plaque (13 centimètres sur 18), de plaque entière (18 centimètres sur 24), et toujours avec la même vitesse et la même perfection.

Comme complément de l'appareil, il y a un support en forme de table dont les pieds reposent sur des coulisseaux dirigeant le mouvement d'une sorte de chevalet de peintre, portant un cadre sur lequel on fixe la surface sensible.

Les coulisseaux, le chevalet et le cadre, sont disposés de telle sorte que la surface de ce dernier est parfaitement perpendiculaire à l'axe optique des lentilles éclairantes et de l'objectif qui sont en prolongement les uns des autres et également perpendiculaires à la surface du cliché.

Avec un appareil ayant une lentille collectrice de 19 pouces de diamètre, on obtient un agrandissement sur papier albuminé ordinaire (au chlorure d'argent) de 45 centimètres sur 57 en douze et quinze minutes.

On peut donc produire un nombre considérable de ces épreuves par jour sans avoir recours au papier négatif dont les tons sont, en général, froids et sans profondeur.

Voici d'ailleurs l'opinion de M. Claudet, l'un de ceux qui ont fait faire le plus de progrès à la photographie. « Toutes les combinaisons de M. le docteur Van

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Monckhoven sont très-bien entendues, et il est évident qu'avec des appareils « ainsi établis, il est possible d'obtenir des agrandissements d'une grande per- « fection. »

M. Derogy construit des appareils d'agrandissement qui rappellent beaucoup la disposition proposée par Woodward, mais qui se distinguent par l'agencement des diverses parties, et la facilité avec laquelle s'exécutent toutes les manœuvres. Le cliché est soutenu dans un cadre qui lui permet de se dilater librement, et des crémaillères permettent de faire mouvoir de l'extérieur de la boîte enveloppe, soit le cliché, soit l'objectif, pour leur donner la position relative convenable entre eux et par rapport au collecteur de lumière de manière à obtenir la plus grande netteté pour un agrandissement voulu.

Nous avons indiqué comment M. Bertsch, avec sa chambre automatique et son laboratoire portatif, obtenait des clichés de 6 centimètres de côté. Ces clichés ont nécessairement besoin d'être agrandis ; aussi M. Bertsch a-t-il imaginé, pour exécuter cette opération, son *mégascope héliographe à éclairage parallèle*. Ce mégascope se distingue des autres appareils d'agrandissement par son petit volume qui permet de le manœuvrer avec une grande facilité et surtout par son éclairage parallèle uniforme.

L'appareil comprend un porte-lumière ABC (fig. 21) ; c'est une glace réfléchissante et un objectif HIK séparés l'un de l'autre par une monture qui se

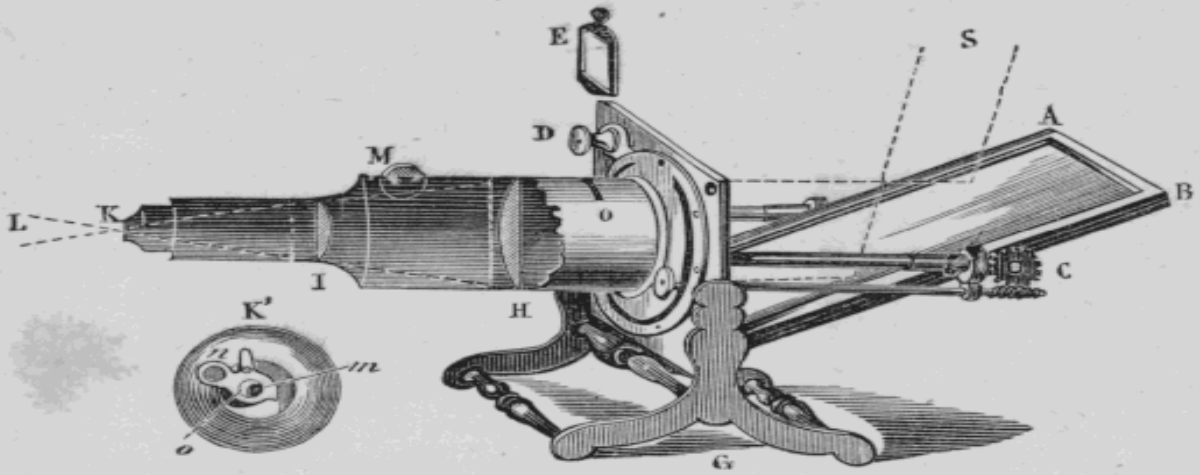


Fig. 21.

fixe au volet de la chambre dans laquelle on opère. Une transmission de mouvement permet de donner à la glace l'inclinaison convenable pour mettre le faisceau lumineux parallèle à l'axe de l'appareil et perpendiculaire au cliché, qu'on place dans un châssis porté par un cadre qui glisse dans la monture servant à fixer la glace.

Une lentille achromatique H, placée en arrière du cliché, réfracte une première fois les rayons lumineux ; ceux-ci sont réfractés une seconde fois par une seconde lentille I également achromatique, qui fait converger les rayons en un point K ; c'est ce point qui est le foyer principal du système optique, et c'est là que doit être placé le diaphragme.

Au sortir de l'appareil, les rayons divergent et projettent l'image amplifiée du petit cliché sur un écran recouvert de papier blanc, que l'on avance et que l'on recule suivant la dimension que l'on veut donner à l'image.

Celle-ci se met au point sur l'écran, et faisant mouvoir les deux lentilles au moyen du pignon M, on détruit l'aberration en avançant ou reculant la seconde lentille que l'on fixe par une vis de pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut obtenir, soit directement, une image positive, soit un nouveau négatif en se servant, comme cliché, d'un positif obtenu par superposition avec le négatif obtenu dans la chambre automatique.

M. Arthur Chevalier construit également des mégascopes solaires servant à l'agrandissement des images. La figure 22 fait voir, sans qu'il soit besoin de lon-

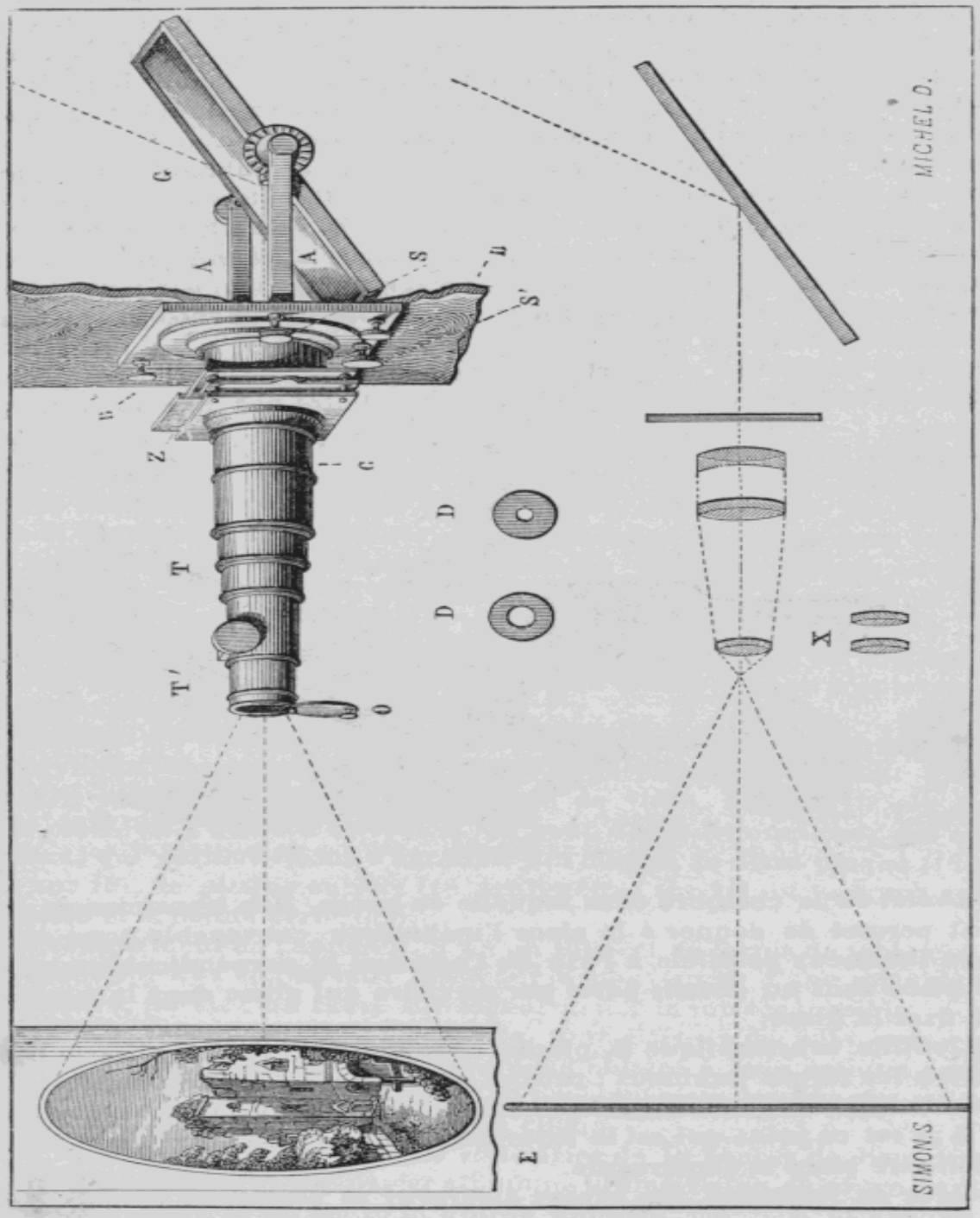


Fig. 22.

gue description, comment l'instrument est disposé. G est le réflecteur, A, A les bras qui le maintiennent en avant du volet sur lequel on fixe l'appareil, B le support, D le châssis qui porte le cliché; T' T, le tube portant la partie optique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui se compose d'un verre achromatique ménisque ayant sa convexité tournée du côté du cliché ; puis, à une distance fixe, une lentille achromatique biconvexe d'un diamètre égal à celui de la première ; enfin une lentille plus petite, également biconvexe, est placée en avant de ce système; cette dernière, qui dans l'instrument s'est rendue mobile, sert à mettre au point. Avec deux lentilles de rechange on obtient les agrandissements nécessaires à la photographie.

Signalons encore l'appareil à agrandissement de M. Liébert, dans lequel on éclaire le cliché par l'action directe des rayons solaires non réfléchis, mais condensés par une lentille convergente. Tout le système est porté sur un pied qui permet de l'éclairer dans la position voulue.

Enfin, rappelons que M. Duboscq, pour les agrandissements, emploie le microscope solaire, éclairé au moyen de la lumière électrique, ce qui dispense de la glace réfléchissante : néanmoins il se sert de la lumière solaire, et il a construit, sur les indications de M. Foucault, le savant que nous venons de perdre, un héliostat qui figurait à l'Exposition. Cet héliostat, comme tous les appareils de ce genre, se meut mécaniquement sans l'intervention de la main de l'opérateur, et il maintient les rayons lumineux réfléchis constamment parallèles à eux-mêmes. Sa disposition est des plus ingénieuses, mais sa description nous conduirait trop loin.

Tous les appareils que nous venons d'indiquer donnent des résultats très-satisfaisants et ils permettent d'opérer rapidement. Nous pensons intéresser nos lecteurs en leur indiquant un procédé qui dispense de l'emploi d'un appareil spécial toujours plus ou moins coûteux. Voici comment M. de la Blanchère décrit l'opération.

Prenez le négatif non vernis, placez-le dans l'intérieur du châssis négatif d'une chambre noire ordinaire, la figure renversée et la couche du collodion vers l'objectif, fixez-le sur les côtés du châssis au moyen de bandes de papier gommé opaque. Introduisez le nez de l'objectif dans l'ouverture antérieure d'une seconde chambre noire ayant un grand développement, et dont le châssis négatif reçoit une plaque sensible. On met d'abord au point sur la glace dépolie de la seconde chambre noire en faisant manœuvrer à la fois les deux chambres, c'est-à-dire en amenant à la position convenable l'objectif par rapport au cliché et par rapport à la glace dépolie. Puis on opère à la manière ordinaire en ayant soin d'éclairer aussi vivement que possible le cliché par une lumière uniforme. Il faut avoir soin d'éviter que derrière le cliché ne se glisse quelque objet dont l'image viendrait se peindre sur la plaque sensible.

A côté des appareils d'agrandissement, viennent se placer naturellement les appareils propres aux reproductions micrographiques. Nous citerons le *microscope héliographe* de M. Bertsch *à éclairage achromatique, parallèle et homogène* et le *microscope photographique* de M. Nachet.

Le microscope héliographe de M. Bertsch, qui est adopté par un grand nombre de savants, reproduit avec une netteté parfaite et avec des grossissements qui peuvent atteindre 2 millions les êtres invisibles à l'œil.

L'instrument consiste en un système optique compris dans un tube fixé sur un plateau qu'on place à une ouverture ménagée au volet d'une fenêtre exposée au midi (fig. 23, page suivante).

Dans l'axe et à des distances variables, suivant les grossissements qu'on veut obtenir, on installe sur un support solide une chambre noire sans objectif, mais munie de son châssis à glace. La chambre noire porte à sa partie antérieure une ouverture circulaire, dont on réduit le diamètre au champ de lumière suffisant pour que l'objet à reproduire y soit contenu. Au moyen d'engrenages qui font mouvoir un miroir ou un prisme à réflexion, on amène le soleil dans l'axe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du microscope et on éclaire fortement l'objet à photographier, dont l'image se peint en arrière du microscope sur la plaque sensible de la chambre noire, avec une netteté et un éclat très-remarquables.

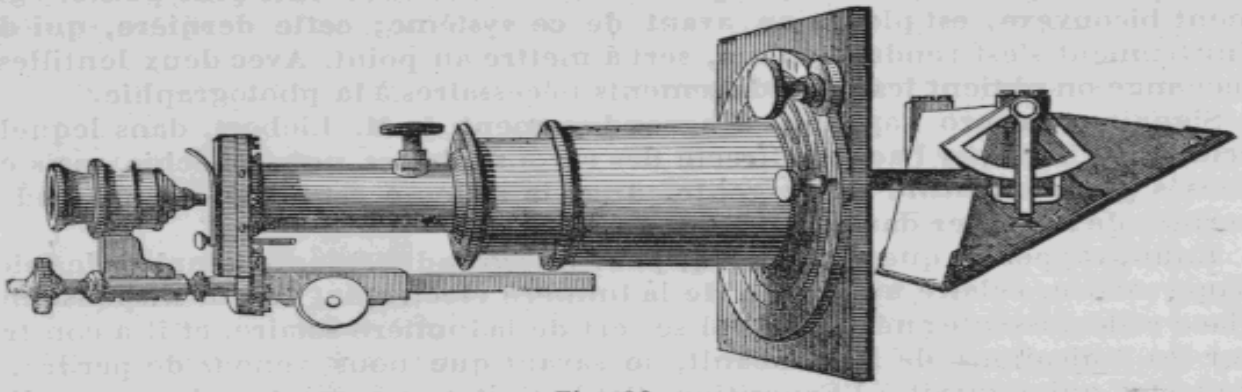


Fig. 23.

En outre, au moyen d'un système spécial de polarisation chromatique, l'appareil permet l'agrandissement des objets qui, à cause de leurs couleurs inactives, présentent beaucoup de difficultés pour la reproduction photographique.

Cet appareil de polarisation est destiné à fournir un champ de lumière homogène, depuis le rouge jusqu'au violet en passant par l'orangé et le jaune.

Avec cet éclairage, on reproduit aisément les objets colorés des tons les moins photographiques.

On peut faire des reproductions micrographiques au moyen des microscopes ordinaires en disposant à peu près à la place de l'oculaire le châssis qui porte la glace sensibilisée. M. Nachet construit ce genre d'appareils avec une perfection très-grande ; mais, en outre, il a imaginé deux dispositions permettant d'obtenir des reproductions microscopiques, stéréoscopiques, qui offrent l'avantage de faire voir le relief des infiniment petits.

Dans l'une, le porte-objet de la préparation microscopique peut recevoir un mouvement angulaire qui est calculé, de manière qu'en prenant successivement deux images de la préparation sur une même glace, ces deux images mises dans le stéréoscope produisent l'effet du relief. C'est cette disposition que M. Nachet appelle la *bascule stéréoscopique*.

Dans l'autre disposition, on fait usage de microscopes binoculaires, donnant d'un seul coup deux images sur une même glace ; ou bien on fait successivement deux images, chacune d'elles étant refractée au moyen d'un prisme qui la renvoie sur la glace avec l'angle convenable.

Nous n'insisterons pas sur ces dispositions ; nous nous contenterons de renvoyer à l'ouvrage de M. Moitessier, intitulé la *Photographie appliquée aux recherches micrographiques*, ouvrage très-bien écrit, dans lequel on trouvera toutes les indications nécessaires concernant cette application de la photographie.

Nous n'avons plus, pour terminer ce qui est relatif aux appareils photographiques, qu'à parler de ceux qui servent à l'exécution des épreuves microscopiques, dont M. Dagron s'est fait une spécialité.

L'obtention d'épreuves de dimensions très-réduites n'est pas une difficulté en employant de petits objectifs, en se mettant à une distance convenable de l'original et en employant des produits bien purs, du collodion ou de l'albumine sans stries ni piqûres. On arrive à avoir des images aussi petites qu'on le veut et très-nettes : il va sans dire que pour la mise au point il faut faire usage d'un microscope, mais il faut aussi se servir du microscope pour voir ces images réduites. M. Dagron a eu l'heureuse idée de les appliquer à l'extrémité d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

microscope Stanhope, qui consiste simplement en une lentille à très-court foyer, plan convexe, montée à l'extrémité d'un petit cylindre en verre de même diamètre, et d'une longueur telle que si l'on place un objet à l'extrémité du cylindre opposée à la lentille, cet objet est vu avec le maximum de grossissement que donne la lentille, c'est-à-dire 300 à 400 fois environ en surface avec les *stanhopes* ordinairement employés.

Nous croyons que M. Duboscq a, le premier, construit les objectifs destinés à obtenir les épreuves microscopiques qu'on monte sur les stanhopes. Disons d'abord que, pour obtenir ces épreuves, on se sert d'un cliché ordinaire négatif, qui est reproduit en positif à la dimension réduite.

L'appareil de M. Duboscq consiste en une sorte de cadre, monté sur un pied, dont la face antérieure porte un certain nombre de petits objectifs simples, disposés symétriquement entre eux sur une partie seulement de la surface du cadre. Celui-ci à sa partie postérieure est disposé pour recevoir un châssis à coulisse qui porte la glace sensibilisée. En arrière de ce châssis, est monté un microscope qui peut se déplacer de haut en bas, et de droite à gauche, de manière à pouvoir examiner successivement les images données par chacun des objectifs dont on règle la position pour avoir une mise au point parfaite. Ce système permet d'obtenir simultanément à chaque mouvement d'un châssis à coulisse autant d'images qu'il y a d'objectifs. On sépare ces images les unes des autres et on les fixe sur les stanhopes au moyen d'une goutte de baume du Canada.

C'est ainsi que M. Dagron opère peut-être avec des modifications de détail que nous ne connaissons pas complétement.

Il est inutile de dire qu'après le collage au stanhope, la partie du verre de l'épreuve, qui fait saillie sur la surface du cylindre, est usée à la meule, et que l'on ne monte que les épreuves qui ont une netteté suffisante, rejetant celles sur lesquelles il s'est produit des taches, ou que les ondulations de la glace n'ont pas laissées au point, et il suffit pour cela d'une fraction de millimètre.

Tous nos lecteurs ont vu de ces épreuves microscopiques montées en bijoux, ou enchâssées dans un porteplume, dans la paume d'une canne, etc.

Les procédés et les applications de la photographie.

Nous avons indiqué, dans l'historique sommaire que nous avons fait plus haut, comment à la plaque daguerrienne avait succédé le procédé sur papier, puis la glace albuminée, et enfin la glace collodionnée; chacun de ces procédés est appliqué avec une infinité de variantes dans l'exposition desquelles nous ne pouvons entrer, mais que nous voulons cependant indiquer.

La plaque daguerrienne exige un matériel assez considérable et en outre, lorsqu'une épreuve est obtenue sur plaque, elle est unique; aussi, bien peu de praticiens s'en servent-ils encore. Cependant nous pensons qu'on y devra revenir lorsqu'on voudra se servir de la photographie pour la topographie et pour diverses applications qui exigent qu'on puisse prendre des mesures exactes sur les épreuves, ce qui, comme nous l'avons dit, est impossible sur papier et ne nous semble pas offrir une garantie complète pour les glaces albuminées ou collodionnées dont l'image trop souvent n'est pas complétement adhérente à la glace.

Quoi qu'il en soit, on a vu à l'Exposition quelques plaques daguerriennes stéréoscopiques exposées par M. Braquehais. M. Niepce de Saint-Victor emploie les plaques pour ses recherches sur l'héliochromie; enfin quelques personnes espèrent pouvoir les transformer en planches propres à l'impression à l'encre grasse. Nous aurons l'occasion de revenir sur ce sujet.

Les procédés sur papier sont nombreux; ils peuvent se diviser en deux grandes classes : les procédés secs et les procédés humides.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous devons dire que les premiers sont presque complétement abandonnés; ils ont été remplacés par les procédés au collodion plus faciles à employer et d'une réussite plus régulière. Mais les procédés sur papiers secs présentent de tels avantages au touriste, par la commodité des transports, que bien des photographes s'en servent exclusivement pour leurs excursions.

On choisit naturellement, pour faire des clichés, les papiers les plus fins, les plus beaux, ceux dont la pâte est la plus régulière; puis on y applique des préparations destinées à leur donner d'abord la sensibilité sous l'action lumineuse, et à remédier aux défauts les plus ordinaires : remplir les pores de sorte que la couche sensible soit continue, annihiler l'action d'un mauvais encollage sur les substances chimiques, etc.

Les premiers papiers employés étaient simplement recouverts de la couche sensible comme nous l'avons dit.

M. Legray imagina le papier ciré, qu'on rendait sensible en le plongeant dans un bain contenant du sucre de lait, de l'iodure, du cyanure, du fluorure de potassium, de l'eau de riz, de la colle de poisson; puis dans un second bain composé d'une dissolution d'azotate d'argent rendue acide avec de l'acide acétique : le premier il a obtenu par ce mode de préparation, sur des papiers qu'on pouvait garder un jour ou deux, des clichés présentant de la finesse.

D'autres photographes ont donné des formules variables pour la composition des bains et ont préconisé l'emploi de papier ciré albuminé; de papier albuminé et collodionné; de papier recouvert d'albumine avec addition de sérum; de papier ciré immergé dans un bain ioduré contenant du riz blanc, de la graine de lin, de la colle de poisson; de papier ciré avec une dissolution de cire vierge dans l'alcool; de papier collodionné à la gutta-percha; de papier collodionné gélatiné; de papier résinifié au benjoin; de papier térébenthiné ciré. Nous n'avons pas essayé toutes les formules indiquées, et par conséquent nous ne pouvons donner notre avis; mais d'après les épreuves que nous avons examinées, nous croyons ne pas nous avancer beaucoup en affirmant que le papier collodionné, ioduré, ciré, fabriqué par M. Marion est l'un de ceux dont l'emploi doit être recommandé.

On peut l'employer sec ou humide. Sec, avec un objectif simple muni de son plus petit diaphragme, pour un foyer de 40 centimètres, le temps de pose est de 10 à 15 minutes, et l'on peut, sans inconvénient, dépasser ce temps.

Avec l'objectif double, il ne faudrait qu'un dixième de ce temps.

La beauté des résultats obtenus par M. Civiale, avec son papier ciré parafiné (voir l'*Etudiant photographe* d'Arthur Chevalier [1]), nous conduit à penser que la méthode de M. Civiale est excellente et constante dans ses résultats.

Nous avons omis, en parlant du matériel photographique, d'indiquer comment sont disposés les châssis applicables à la photographie sur papier.

La disposition la plus simple est de comprendre la feuille de papier sensibilisée entre deux glaces disposées dans les feuillures d'un châssis, de telle sorte que le papier prenne exactement la position de la surface de la glace dépolie. Cette disposition est bonne pour le laboratoire.

Voici la disposition employée par M. Civiale, qui lui permet de faire, en pleine lumière, la substitution d'une feuille sensibilisée d'avance à une feuille impressionnée. Elle comprend un châssis en bois, qui se compose d'un cadre entrant à rainure dans la chambre noire; ce cadre porte à l'intérieur une rainure destinée à recevoir soit la glace dépolie, soit ce qu'il appelle un *portefeuille*

1. L'*Étudiant photographe*, traité pratique de photographie à l'usage des amateurs, par Arthur Chevalier, avec 69 figures dans le texte (*Bibl. des prof. industr. et agric.*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obturateur qui contient la feuille sensible. Une planchette extérieure maintient le portefeuille à l'aide de tourniquets. Le portefeuille est un étui en carton d'une espèce particulière, avec une ouverture *cd*, contenant une lame de carton pliée (fig. 24).

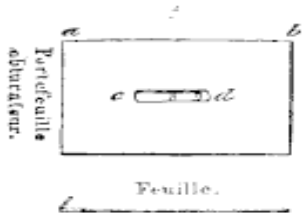


Fig. 24.

L'intérieur du châssis et la planchette sont arrangés de façon à tendre la feuille de papier sensibilisée.

Ce châssis peut s'adapter à toutes les chambres noires sans qu'il soit nécessaire d'y faire aucun changement ; car il se place, comme un châssis ordinaire, dans la rainure qui reçoit la glace dépolie.

Pour opérer, on commence par retirer la feuille de carton qui est à l'intérieur du portefeuille ; on la pose bien à plat sur une table ; on y met à la partie supérieure trois petits fragments de cire vierge, aux deux coins et au milieu, et à la partie inférieure trois petits empâtements de gomme arabique épaisse.

On prend ensuite une feuille de papier sensibilisé que l'on place sur les feuilles de carton du portefeuille, en ayant soin de mettre une des extrémités sous la petite bande de papier noire fixée à la feuille de carton ; on appuie légèrement pour faire adhérer la gomme et la cire.

On remet la lame de carton dans l'étui protecteur.

La chambre ayant été mise au point sur la glace dépolie dans le châssis, on substitue à la glace dépolie le portefeuille ; cela fait, ayant placé l'ongle dans l'arrêt placé dans la feuille de carton, et qui se trouve à découvert par une fente placée dans l'étui, on soulève ce dernier jusqu'au bout de la fente, en ayant soin d'appuyer toujours en bas avec l'ongle pour ne pas relever la feuille de carton tenant le papier ; ensuite on appuie légèrement sur la feuille de carton laissée à découvert, et on remonte encore un peu l'étui ; on applique alors à moitié le volet, et l'on retire encore le portefeuille ; on ferme alors deux des tourniquets, puis on continue à retirer l'étui jusqu'à la brisure qui y est adaptée ; on ferme alors tous les tourniquets, et on maintient le carton à l'aide d'une règle en cuivre adaptée à la porte de la chambre noire.

Toutes ces manœuvres se font pendant que l'obturateur de l'objectif est fermé.

Pour retirer la feuille, on referme l'objectif, on défait deux tourniquets, et on pousse de la main droite l'étui qui se referme à moitié ; on défait ensuite les autres tourniquets, on descend entièrement l'étui, et, à l'aide de l'arrêt qui se trouve à la lame de carton portant la feuille, on remonte la lame dans l'étui ; on retire alors la feuille de la rainure du châssis, en ayant soin de replier la partie brisée qui se trouve au bout de l'étui, au moment où ce dernier arrive à la rainure. Toutes ces manœuvres, un peu longues à décrire, et peut-être très-obscures lorsqu'on n'a pas l'objet sous les yeux, sont fort simples, et ce châssi portefeuille est d'un usage excessivement commode.

M. Marion construit des *portefeuilles préservateurs* dont la disposition se rapproche beaucoup de celle que nous venons d'indiquer.

Généralement les clichés sur papier sont développés dans un bain d'acide gallique additionné d'acéto-nitrate d'argent.

Parmi les épreuves obtenues avec des clichés sur papier, on peut citer celles exposées par MM. le docteur Diamond, Cuvellier, Delondre, le baron de Champlains. Ce dernier, paraît-il, se sert d'un procédé humido-sec, qui empêche le papier de s'altérer pendant un certain temps.

Dans la plupart des cas, on se sert simplement des appareils conservateurs, boites et étuis très-bien établis par M. Marion.

Malgré les avantages que présente le papier, tant au point de vue de la facilité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du transport qu'au point de vue de la conservation des clichés pour collection, beaucoup de photographes y ont renoncé pour adopter les méthodes de photographie sur verre, qui donnent des images plus fines, sans grains, mais peut-être moins artistiques.

Comme nous l'avons dit, c'est M. Nicéphore Niepce de Saint-Victor qui, le premier, songea à utiliser une lame de verre comme support d'une couche d'albumine mince, contenant une certaine quantité d'iodure d'argent, et, par suite, susceptible de s'impressionner.

Tout le monde sait que la partie de l'œuf qui constitue le blanc est de l'albumine; aussi est-ce des œufs que les photographes extraient l'albumine dont ils ont besoin. L'albumine, étendue sur une glace, forme, en se desséchant, une pellicule mince, poreuse, qui se laisse pénétrer par les liquides, mais qui devient insoluble dans l'eau, si on la chauffe à 70°, ou si on la plonge dans un bain contenant de l'alcool, du tannin, de l'acide gallique ou certains sels.

Comme pour le papier, bien des photographes ont indiqué des formules, ou plutôt des recettes pour l'emploi de l'albumine destinée à l'obtention des négatifs; nous ne pouvons les rappeler ici, nous renvoyons aux traités spéciaux; nous rappellerons seulement qu'une des causes qui font que les procédés sur albumine ne sont pas beaucoup plus généralement adoptés, c'est la difficulté de son application sur le verre. Elle exige un nettoyage minutieux, un séchage à une température convenable, à l'abri de la poussière et des trépidations; enfin elle se détache quelquefois par cloche (ordinairement quand il y a défaut de nettoyage).

Puis enfin, qu'on l'emploie humide ou sèche, elle est impressionnée, mais moins rapidement que le collodion; mais lorsque l'on est maître de ce procédé, on obtient des images d'une finesse et d'une netteté que rien n'égale; telles sont celles qu'ont exposées MM. Soulier, Ferrier et Passot.

C'est sur albumine que M. Dagron exécute ses photographies microscopiques.

Enfin c'est sur albumine que nous voudrions qu'on fît toujours les clichés pour reproduction de cartes géographiques et de dessins ou les clichés destinés aux grandissements. Quel que soit le temps de pose, 15 à 30 minutes, il n'est rien à côté de celui qui serait nécessaire pour faire le travail à la main, et la perfection serait atteinte en employant de bons objectifs.

Mais nous devons reconnaître que la facilité des manipulations, lorsqu'on se sert de collodion, devait faire laisser de côté le procédé sur albumine.

Il y a encore pour le collodion un grand nombre de formules que nous ne pouvons donner; les procédés peuvent être divisés en trois grandes classes :

Ceux au collodion humide;

Ceux au collodion préservé;

Ceux au collodion sec.

On sait que le collodion est un liquide semi-sirupeux, obtenu par la dissolution du coton-poudre, dans un mélange d'éther et d'alcool. Mais il ne faut pas croire que tous les cotons-poudre soient bons à l'usage, il faut les choisir convenablement. Nous renvoyons, pour cette question, à l'ouvrage de M. le docteur Van Monckhoven.

Dans la dissolution on introduit les sels susceptibles de former, avec l'azotate d'argent, par double décomposition, des sels impressionnables à la lumière. Le mélange ainsi obtenu est versé sur une glace parfaitement propre; l'éther et l'alcool, en s'évaporant, laissent à la surface de la glace une pellicule solide, adhérente à la glace, lorsque celle-ci est propre et que le coton-poudre a été bien choisi. Pour obtenir les sels d'argent impressionnables, il suffit d'immerger cette glace dans un bain d'azotate d'argent (dans le titre de 6 à 10 p. 100, et qui est neutre, acide ou basique, suivant les auteurs).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

De transparente et inerte à la lumière qu'elle était, la couche du collodion devient opaline et sensible par la précipitation des sels d'argent. On l'expose dans la chambre noire, puis on fait apparaître l'image par un développant approprié, sulfate de fer, acide gallique, acide pyrogallique, avec addition d'acide acétique ou d'acide citrique ; quelquefois on ajoute de l'acide formique en petite quantité, etc. Dans ces derniers temps, en Amérique, on a même fait le bain avec addition de gélatine, de gomme et d'albumine dans toutes les proportions possibles, chacun préconisant sa recette, toujours dans le but d'obtenir l'impression lumineuse plus ou moins instantanée.

Cependant il y a là un écueil si le temps de pose doit être très-court, par exemple de 2 secondes ; si on pose 1/2 seconde de plus, c'est 1/4 en trop, et il y a chance pour que l'épreuve soit mauvaise, parce qu'elle aura été impressionnée dans toute son étendue ; les teintes ne seront pas dégradées, et, comme on dit, les images positives qu'on en tirera seront grises.

D'autre part, si la pose n'a pas été suffisante, l'épreuve sera heurtée, les blancs seront éclatants, tandis que les noirs seront opaques, sans dégradation d'une teinte à l'autre ; c'est ce qu'on observe trop souvent dans les vues animées, tandis que si on doit poser 10 secondes et qu'on pose une seconde en plus, l'impression n'est que de 1/10 trop prolongée, et l'épreuve peut être encore bonne.

Le procédé humide ne se prête guère aux excursions, il faut des cuvettes, des fioles pour contenir les bains, il faut une tente, etc., etc.; aussi a-t-on cherché à employer le collodion conservé humide ou le collodion sec.

Pour conserver l'humidité au collodion (cette humidité abrège le temps de pose), on a eu recours à divers artifices. Au sortir du bain d'argent, après avoir lavé l'excès de dissolution d'argent, on recouvre la couche sensible d'une substance qui sèche difficilement, ou même qui soit hygroscopique, et même quelquefois des sels minéraux déliquescents : par exemple, du miel, de l'albumine ou de la dextrine miellée, de l'eau de pruneau, de la glycérine, une infusion de bois de réglisse, ou de graine de lin, du lait, de la bière, de la métagélatine, soit pure, soit miellée et créosotée ; un mélange contenant de la graine de coing, de la mélasse, du sucre, du réglisse, du sirop de framboise, du sucre, etc. Comme sels minéraux, on emploie l'azotate de zinc et l'azotate de magnésie, qu'on introduit dans le bain d'argent.

D'autres se servent simplement de plaques couvertes de collodion sec, mais alors la sensibilité de la couche est considérablement réduite et le temps de pose est nécessairement plus long.

De plus, lorsqu'on vient à appliquer la dissolution révélatrice sur une glace simplement collodionnée et sensibilisée, il est rare que le collodion ne se détache pas. On a cherché à donner à la fois de la solidité à la couche de collodion, et en même temps à lui conserver sa sensibilité.

Pour cela on a introduit dans le collodion diverses substances, généralement des résines, qui lui donnent de l'adhérence et de la perméabilité, mais les résultats obtenus dans ce sens étaient au moins douteux. Pourtant M. Duboscq, à qui la photographie est redevable de bien des progrès, a conseillé l'emploi d'un mélange de ce genre, qui réussit bien entre ses mains et au moyen duquel il préparait les glaces destinées à son policonographe.

Actuellement deux procédés de collodion sec, plus ou moins modifiés par ceux qui en font usage, se disputent la faveur des photographes : nous voulons parler de la méthode Taupenot et du procédé du major Russell.

Le premier consiste à recouvrir d'une couche d'albumine iodurée une glace collodionnée, sensibilisée à l'ordinaire, puis lavée pour ôter l'excès d'argent. Les glaces ainsi préparées se conservent longtemps, sans grande précaution ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsqu'on veut les utiliser, il suffit de sensibiliser une seconde fois les glaces dans un bain d'acéto-nitrate, de laver, de laisser sécher, et les glaces peuvent n'être employées que cinq ou six jours après cette seconde sensibilisation et développées ensuite après le même laps de temps.

Quant au procédé du major Russell, qui est plus simple que le précédent, il consiste à verser à la surface d'une glace collodionnée, sensibilisée et lavée, une dissolution faible de tannin, et à laisser sécher simplement la glace, qui se conserve pendant des mois entiers, mais en perdant chaque jour un peu de sa sensibilité; de sorte que pour la pose il faut tenir compte du temps depuis lequel la glace est préparée, mais la sensibilité est toujours très-grande et en rapport avec celle du collodion qu'on a employé.

Le major Russell conseille d'appliquer sur la glace, avant d'y répandre le collodion, une couche de gélatine qui donne de la solidité au collodion.

Dans tous les procédés secs, il convient, avant de verser le bain révélateur à la surface de la glace, de passer sur les bords une couche d'un vernis épais, qui empêche l'eau de s'introduire entre la glace et le collodion. Il faut aussi, avant de développer, faire tremper la glace dans l'eau, pour distendre les pores du collodion et le préparer à recevoir le développement, et pour enlever les mucilages, les sirops, le tannin qu'on a répandu à la surface.

Selon nous, les deux derniers procédés sont les seuls qui puissent être recommandés. Le procédé Taupenot donne des épreuves plus claires, plus nettes que le second, quoique nous devions reconnaître que dans des mains habiles nous ayons vu le procédé du major Russell produire des clichés magnifiques.

Nous pensons que pour les reproductions, quand on ne les fait pas sur albumine sèche, les procédés Taupenot et Russell doivent être préférés aux méthodes au collodion humide, parce que toujours les reproductions exigent un temps de pose assez long, pour que la glace humide ait le temps de sécher, au moins en partie; et elle sèche inégalement, puisque par la pesanteur le liquide tend à couler à la partie inférieure de la glace (qui est toujours verticale dans le châssis), et que, par conséquent, on opère partie sur collodion sec et partie sur collodion humide, exigeant des temps de pose différente. Mais en outre, surtout si la glace est grande, il se fait par places des cristallisations d'azotate d'argent, qui plus tard au développement produisent des taches.

En ce qui concerne l'usage des glaces préservées au moyen de solutions sirupeuses, nous les rejetons pour les excursions, parce qu'elles retiennent à leur surface toutes les poussières qui voltigent dans l'air.

Avant de terminer ce que nous avons à dire de la photographie sur verre, rappelons qu'on a proposé comme véhicule des sels d'argent sensibles à la lumière : 1° le verre soluble additionné d'acide hydrofluosilicique; 2° le cuprammonium ou solution de cellulose dans une dissolution ammoniacale de deutoxyde de cuivre.

Mais nous ignorons si on a donné suite aux premiers essais qui ont été faits.

Rappelons encore que les images obtenues sur papier, sur albumine et sur collodion sont *négatives*, c'est-à-dire que ce qui est noir dans la nature vient blanc sur l'épreuve, et réciproquement; c'est un des avantages que présentent ces méthodes, puisqu'elles permettent avec un cliché d'obtenir, ainsi que nous l'indiquerons plus loin, un nombre quelconque d'épreuves *positives*, c'est-à-dire où la valeur et la position relatives des teintes sont rétablies.

Avec le collodion, en posant un temps assez court, en employant un bain d'argent faible et un révélateur fortement acide, on obtient des épreuves positives directes : c'est qu'en effet les épreuves obtenues sur collodion peuvent être regardées soit par transparence, soit par réflexion; plus les bains sont énergi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques, plus l'image présente d'opacité, et moins l'image réfléchie présente de vigueur; l'inverse a lieu lorsque l'image est seulement superficielle, comme celles qu'on obtient avec les bains faibles.

Pour faire ressortir l'image positive, on place derrière la glace du papier ou du velours ou un vernis noir, mais ces images sont miroitantes et ont presque les inconvénients des images daguerriennes primitives. Quelquefois, par une manipulation qui demande une certaine adresse, ces images sont détachées du verre et collées sur toile cirée noire.

Nous avons tous vu sur la voie publique des photographes exécutant des portraits par ce procédé, et les donnant pour 2 fr., 1 fr. et même 50 centimes. Dans certains cas, ce procédé peut être une ressource précieuse pour l'ingénieur, ayant à indiquer la situation d'un ouvrage, et qui n'aurait pas le temps nécessaire pour faire d'abord un cliché négatif, puis le tirage d'une épreuve positive.

Non contents d'avoir obtenu les images que donne la chambre noire, les photographes sont actuellement à la recherche d'un autre problème, celui de fixer les couleurs naturelles de ces images. Bien des essais ont été tentés, et quoiqu'on puisse espérer réussir un jour, la solution n'est pas encore trouvée.

Dans ces dernières années, M. Niepce de Saint-Victor, en employant sur une plaque métallique un vernis composé de dextrine et de chlorure de plomb, est arrivé à obtenir une fixité assez grande, mais non absolue.

D'un autre côté, M. Poitevin, en faisant réagir des sels acides de chrome sur du chlorure d'argent violet, disposé à la surface d'une feuille de papier, a pu imprimer par superposition toutes les couleurs d'un modèle plat et transparent. Après l'action du bichlorure de mercure, les couleurs conservent une certaine stabilité, mais elles s'effacent sous l'influence prolongée de la lumière.

On le voit, on ne peut pas désespérer obtenir les couleurs, et nous espérons que prochainement un expérimentateur heureux découvrira la solution cherchée, et alors la photographie aura fait le dernier progrès qui lui reste à réaliser.

Épreuves positives.

Le plus ordinairement le tirage des épreuves positives se fait sur du papier, dont la surface est recouverte d'une couche d'albumine, contenant du chlorure d'argent dans son épaisseur.

Ce tirage se fait par simple superposition du cliché négatif à la feuille de papier (le collodion au contact de l'albumine). Sur le papier, les parties transparentes du cliché donnent les noirs, et les parties opaques donnent les blancs. Comme nous l'avons déjà dit, il suffit ensuite de fixer l'épreuve : on se sert pour cela d'hyposulfite de soude; mais la couleur générale de l'épreuve est rouge, et pour l'obtenir avec un ton agréable, il faut faire ce qu'on appelle *le virage*, c'est-à-dire tremper l'épreuve dans un bain, qui ordinairement contient un sel d'or, qui lui donne une teinte variant du ton sépia à un ton noir pourpré ; puis on lave abondamment l'épreuve à l'eau pure pour enlever toute trace des bains employés et surtout de l'hyposulfite qui, au bout d'un certain temps, donne des sulfures produisant des taches sur l'épreuve. Cette méthode exige un soin minutieux dans les lavages et l'emploi de sels coûteux. Malgré les belles recherches de MM. Davanne et Girard, en France, et celles de M. Spiller, en Angleterre, trop souvent les photographes n'apportent pas assez d'attention à cette partie de leurs manipulations, et ils font une consommation exagérée de sels d'or et d'argent, pour produire des épreuves qui s'altèrent au bout d'un certain temps. Cependant de grands progrès se sont accomplis dans ces dernières années.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais ces progrès ne sont pas tels que l'on puisse considérer la méthode comme donnant des résultats complets, et on a cherché à y suppléer de diverses manières.

Au point de vue économique se présentent d'abord les épreuves obtenues avec les sels de fer, qui sont tous plus ou moins sensibles à la lumière, et dont Herschell, à ce que nous croyons, a le premier proposé l'emploi : le ferroprussiate, le citrate double de fer et d'ammoniaque, etc., etc.

M. Marion vend du papier tout préparé au ferroprussiate, donnant des épreuves bleues, qui ne répondent pas à la vérité à ce qu'on demande généralement, parce que l'image est bleue, mais qui sont très-suffisantes pour certaines applications : par exemple, pour la reproduction de plans, de constructions ou de machines, de cartes, etc.

Ce papier a de plus, sur le papier préparé aux sels d'argent, l'avantage de se garder indéfiniment sans autre précaution que de le tenir à l'abri de la lumière, ce qui permet d'en avoir toujours à sa disposition. La teinte bleue peut, d'ailleurs, être amenée en noir par l'immersion successive dans deux bains : l'un contenant 4 p. 100 de potasse ordinaire, l'autre contenant 4 p. 100 de tannin. Dans tous les cas, il suffit d'un simple lavage à l'eau pour enlever le sel de fer non impressionné.

Nous avons employé ce papier pour obtenir la reproduction de dessins exécutés sur papier calque, que nous n'avions pas le moyen de faire copier, et nous nous en sommes très-bien trouvé.

Plusieurs architectes, à Paris, se servent également de ce papier pour obtenir plusieurs copies des dessins originaux qu'ils exécutent.

Nous devons dire cependant que les épreuves n'ont pas le brillant de celles que donne le procédé au chlorure d'argent.

Les sels de fer et les sels d'argent ne sont pas les seuls qui soient impressionnables à la lumière. Outre les sels d'urane qui ont été préconisés par M. Woothly, il y a le permanganate de potasse; mais les épreuves manquent de vigueur : cependant c'est ce sel qui actuellement est le plus employé, parce qu'il a la propriété, étant mélangé à des matières albumineuses ou gélatineuses, de rendre ces substances insolubles dans l'eau lorsqu'on les expose à la lumière.

Cette propriété, que M. F. Talbot avait essayé d'utiliser pour obtenir des gravures sur des plaques métalliques (dans ce mode de gravure, la gélatine insoluble formait des réserves contre l'attaque des acides), a été utilisée en France par MM. Poitevin, Fargier et Testud de Beauregard; en Angleterre, par MM. Poncy et Swann de Newcastle, pour faire des épreuves sur papier, qui, par leur beauté, se rapprochent des épreuves au sel d'argent.

Voici les deux méthodes proposées par M. Poitevin : 1° Une feuille de papier était recouverte d'un mélange de bi-chromate de potasse avec une dissolution de gélatine ou d'albumine, qu'il laissait sécher dans l'obscurité ; puis il appliquait un cliché sur cette couche, qui s'impressionnait, c'est-à-dire dans laquelle les parties correspondant aux clairs de l'image devenaient insolubles, tandis que les parties correspondant aux ombres restaient solubles et perméables à l'eau ; en passant un rouleau à l'encre grasse sur la feuille de papier impressionnée, l'encre se fixait seulement aux parties devenues insolubles, et, en lavant le papier avec de l'eau, on obtenait, sans autre préparation, une image positive.

2° Dans la seconde méthode, M. Poitevin ajoute à la dissolution de gélatine chromatée une poudre colorante, insoluble; c'est ce mélange ainsi formé qu'il étend à la surface du papier. Sous l'action de la lumière, il se produit le même effet que dans la première méthode; la gélatine insoluble sous l'action de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lumière retient la poudre colorante, tandis que la gélatine soluble se dissout, lorsqu'après l'impression l'épreuve est plongée dans l'eau.

Ces deux méthodes, malheureusement, ne permettent guère de conserver les demi-teintes.

MM. Fargier et Swann ont perfectionné la dernière méthode, mais en sacrifiant un peu de la simplicité.

M. Fargier met la couche de gélatine colorée sur une glace; puis, après l'impression lumineuse, il verse à la surface une couche de collodion épais permettant de détacher la glace de l'image et de la reporter sur un support convenable (du papier gélatiné) facilitant les lavages. Ces lavages ont lieu, par conséquent, du côté qui n'était pas en contact avec le cliché, de sorte qu'en les arrêtant au moment opportun, on obtient les demi-teintes. Entre les mains de MM. Fargier et Charavet, cette méthode a donné des résultats remarquables.

Voici, d'après M. Davanne, comment opère M. Swann : « Il étend sur une feuille de papier une couche uniforme de gélatine contenant et tenant en suspension la matière colorante destinée à donner la teinte de l'épreuve. Cette préparation n'a aucune sensibilité. Lorsqu'on veut s'en servir, on applique la feuille gélatinée sur un bain de bi-chromate de potasse à saturation, puis on la fait sécher. Ce papier sensible est exposé quelques minutes sous un négatif. Partout où la lumière traverse le cliché, la gélatine, devenue insoluble sous l'action du bi-chromate de potasse, retiendra la matière colorante, et les parties insolubles seront plus ou moins épaissies, par conséquent plus ou moins teintées, suivant l'intensité lumineuse qui les aura frappées. Si on lavait l'épreuve en cet état, elle s'en irait à l'eau par lambeaux, car la lumière n'a frappé et insolubilisé que la face extérieure de la préparation; celle qui touche le papier n'a pas été impressionnée et n'est pas suffisamment adhérente; aussi, avant de dégager l'épreuve, on colle sur le papier insolé un papier au moyen d'une solution de caoutchouc, puis l'épreuve, ainsi prise entre deux papiers, est plongée dans l'eau tiède. La surface collée avec le caoutchouc reste adhérente, tandis que le premier papier qui supportait la préparation se détache à l'eau; la gélatine non altérée par la lumière se dissout en entraînant tout l'excès de matière colorante; les parties de gélatine devenues insolubles restent au contraire adhérentes au caoutchouc, en retenant la matière colorante qui forme l'image, et si le temps d'exposition a été convenable, une épreuve d'une grande finesse reste fixée au second papier; seulement cette épreuve est retournée et il faut la rétablir dans son vrai sens. On la couvre alors, du côté du dessin, avec une couche de gélatine ordinaire qu'on laisse sécher; on la coupe à la dimension voulue; on applique directement, en mettant la face gélatinée sur un bristol légèrement humide, et on donne un tour de presse (la presse est analogue à celle qui sert aux imprimeurs en taille-douce); l'image est de nouveau prise entre le bristol et le papier enduit de caoutchouc, mais on enlève ce papier en le mouillant légèrement avec un peu de benzine, et l'épreuve entière, avec toutes ses finesses et redressée dans son vrai sens, reste sur le bristol. »

M. Marion fabrique du papier gélatiné coloré pour cet usage, et l'amateur de photographie, en s'adressant à lui, s'évitera une manipulation assez longue et assez ennuyeuse.

La méthode Swann est appliquée par M. Jeanrenaud et surtout par M. Braun, qui avait exposé des reproductions de dessins de grands maîtres avec des teintes de diverses couleurs dont la réussite, selon nous, est complète.

On doit encore un autre procédé à M. Poitevin, basé sur l'emploi de substances hygroscopiques; il reconnut qu'un mélange de perchlorure de fer et d'acide tartrique, étendu sur le papier, n'est pas hygroscopique, mais qu'il le devient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapidement, si la lumière vient à le frapper. M. Poitevin propose donc « de placer un cliché négatif sur une surface de verre recouverte d'un mélange d'acide tartrique et de perchlorure de fer, d'exposer ces surfaces à l'action de la lumière, puis ensuite, dans l'obscurité, de promener sur le verre un pinceau ou blaireau contenant de la poudre de charbon ou une poussière quelconque. Cette poussière adhère aussitôt aux parties qui ont été impressionnées par la lumière et qui sont devenues hygroscopiques, c'est-à-dire sur les noirs de l'image positive. On verse alors une couche de collodion sur la lame de verre, puis on reporte sur une feuille de papier cette couche qui emporte avec elle tout ce qui, déposé sur le verre et sur le dessin, se trouve ainsi transporté sur papier. » (Extrait d'un rapport de M. Becquerel. Cette méthode a été appliquée par M. Léon Vidal et par M. Robin.)

M. Woodbury a utilisé différemment la propriété de la gélatine chromatée, pour faire des épreuves, en employant des matières colorantes insolubles.

Il prépare, soit par le procédé Poitevin, soit par le procédé Fargier, une épreuve; il est à remarquer que les parties qui ont subi l'action lumineuse sont en relief, puisque la gélatine n'a pas été dissoute et que les clairs sont en creux. Par la raison inverse, la gélatine formant l'image est assez dure pour pouvoir supporter une pression assez forte qui permet d'imprimer cette image sur une plaque de plomb bien dressée. On obtient donc un creux en plomb qui devient une sorte de moule dans lequel on verse de la gélatine colorée. A la surface, on place une feuille de papier à laquelle adhère la gélatine, dont les épaisseurs varient avec la profondeur du moule; mais, comme d'autre part les reliefs sont en raison inverse de l'intensité lumineuse, on a en résumé la reproduction de l'image primitive.

Ce procédé est appliqué par M. Bingham.

La méthode de M. Woodbury est un intermédiaire entre les procédés de tirage chimique des épreuves et ceux qui sont purement mécaniques, c'est-à-dire ceux dans lesquels un cliché étant obtenu, on le transforme ou bien on s'en sert comme de type pour faire une gravure sur métal, sur pierre, ou au moyen de laquelle on obtient des reproductions par les procédés de tirage de la lithographie, de la gravure en taille douce, ou même de la typographie.

C'était là le but que s'était proposé Nicéphore Niepce, mais qu'il n'a pu atteindre pour les images données par la chambre noire.

Nous allons essayer de faire connaître les essais qui ont été tentés dans cette voie et qui, à l'heure qu'il est, paraissent être couronnés de succès entre les mains de divers expérimentateurs habiles, parmi lesquels nous citerons : M. Garnier, qui a obtenu la médaille d'honneur; M. Poitevin, à qui a été décerné le prix fondé par le duc de Luynes; MM. Placet, Nègre, Baldus, MM. Tessié du Motay et Maréchal, etc.

Photogravure.

Dès l'apparition de la daguerréotypie, M. Donné, aujourd'hui recteur de l'Académie de Montpellier, songea à transformer la planche daguerrienne en planche gravée, en attaquant l'image au moyen de l'acide chlorhydrique, qui est sans action sur le mercure; mais les reliefs ainsi obtenus étaient trop faibles et l'usure de la plaque trop rapide.

M. Fizeau imagina d'augmenter le relief des parties recouvertes de mercure en les dorant à la pile électrique; il évitait le dépôt de l'or dans les creux obtenus en les remplissant d'une matière grasse, qu'il enlevait après la dorure, pour faire agir de nouveau l'acide; enfin, pour donner plus de résistance au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tirage, il déposait à la surface de la plaque, encore au moyen de la pile, une couche de cuivre.

La découverte des procédés de photographie sur papier et sur verre et la facilité d'obtenir un nombre indéfini d'épreuves avec un même cliché ralentirent pendant quelque temps les recherches au sujet de la gravure. M. Niepce de Saint-Victor pensa que le procédé qui avait servi à son parent, pour faire des reproductions de gravure, pouvait être appliqué avec les clichés transparents à l'obtention de planches permettant le tirage aux encres grasses. Et, comme lui (en 1853), il utilisa le bitume de Judée dissous dans l'huile de lavande.

Dans ce cas, on prend une image positive transparente qu'on applique sur la couche sensible répandue à la surface d'une plaque d'acier; après l'impression, on lave le bitume de Judée qui n'est pas devenu insoluble sous l'action lumineuse avec l'huile de lavande, de sorte que toutes les parties de la plaque correspondant aux noirs de l'image-type sont mises à nu, tandis que celles qui correspondent aux blancs sont recouvertes. Si on verse de l'acide à la surface, les noirs sont donc creusés, tandis que les blancs restent intacts, et la plaque d'acier encrée et soumise au tirage (en taille-douce) donne des épreuves sur papier.

Malheureusement les plaques ainsi gravées donnent des noirs et des demi-teintes empâtées, et pour qu'elles fournissent des épreuves réellement bonnes, elles ont besoin de retouches nombreuses, qu'il faut payer cher.

MM. Barreswill, Lemercier, Lerebours et Davanne ont apporté quelques modifications au procédé, et sont arrivés à des résultats qui méritent d'être signalés.

M. F. Talbot s'est servi de gélatine bichromatée dont les parties devenues insolubles sous l'action de la lumière servaient de réserves sur la plaque, contre l'attaque des acides; mais c'est à M. Poitevin que l'on doit le premier emploi pratique de la gélatine bichromatée pour obtenir des tirages à l'encre grasse. M. Pretsch, en Angleterre, a à peu près simultanément indiqué un procédé analogue à celui de M. Poitevin.

Le mélange de bichromate de potasse et de gélatine en dissolution, après avoir été exposé à la lumière, a la propriété de retenir l'encre grasse.

Sur une pierre, convenablement *grainée*, on dépose une couche de gélatine chromatée; on place par dessus un cliché négatif d'une épreuve photographique sur verre, et on expose le tout à la lumière qui agit sur la couche sensible à travers les parties transparentes du cliché : si ensuite on passe un rouleau encré sur la pierre, l'encre adhère sur les parties impressionnées, et il n'y a plus qu'à attaquer légèrement le fond avec de l'eau gommée acidulée pour avoir une pierre servant au tirage lithographique ordinaire. C'est M. Lemercier qui exploite ce procédé, et les lithographies qu'il a exposées étaient vraiment belles.

M. Poitevin a remarqué en outre que la gélatine exposée à la lumière perd la propriété de se gonfler à l'humidité : si donc, après avoir exposé sous un cliché une couche de gélatine chromatée on la porte à l'humidité, on obtient une image en relief dans laquelle les parties les plus saillantes correspondent aux clairs. On prend par la galvanoplastie une empreinte en cuivre de cette image en relief, et cette empreinte peut servir de planche pour un tirage typographique, si à l'origine on a employé un cliché positif, et un tirage en taille-douce, si on s'est servi d'un cliché négatif.

M. Negre a perfectionné le procédé de M. Niepce de Saint-Victor, c'est-à-dire qu'il utilise le bitume de Judée ; mais après une première attaque à l'acide il revêt les réserves d'une couche d'or, qui lui permet de graver ensuite la plaque aussi profondément qu'il le veut. La planche se tire en taille-douce.

M. Baldus, dont les épreuves sont justement admirées, a employé successive-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment deux procédés : d'abord il se servait de bitume de Judée à la surface d'une planche de cuivre ; sur la couche sensible il appliquait un cliché positif, il dissolvait le bitume non impressionné, puis il exposait pendant un temps assez long, aux rayons du soleil, l'image obtenue, afin de donner plus de fixité à la résine. Ceci fait, il plongeait la plaque dans un bain de sulfate de cuivre, en la mettant en communication avec un des pôles d'une pile électrique.

La plaque était-elle en communication avec le pôle négatif, il se déposait du cuivre sur les parties de l'image non protégées par la résine ; était-elle en communication avec le pôle positif, l'effet contraire se produisait et les parties non protégées se creusaient.

On avait donc à volonté ou une gravure en taille-douce ou un cliché typographique.

Maintenant M. Baldus fait usage des sels de chrome avec la gélatine : après l'impression il attaque les parties non protégées par la gélatine, au moyen du perchlorure de fer.

Il passe un tampon à l'encre grasse sur la planche qui retient l'encre là où la gélatine subsiste, puis il attaque de nouveau avec le perchlorure de fer : ce traitement est répété autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir une profondeur convenable. Suivant que l'on emploie un cliché négatif ou un cliché positif, on obtient une planche en taille-douce ou une planche typographique.

M. Garnier, qui a obtenu le grand prix, fait usage de gélatine bichromatée pour obtenir des images merveilleuses que nous avons admirées à l'Exposition : mais nous ignorons les détails des manipulations, si ce n'est que son procédé emprunte quelque chose de celui qui est suivi par les graveurs à l'aquatinta afin de retenir l'encre soit dans les noirs, soit dans les demi-teintes; que de plus par un mode d'aciérage pour ainsi dire galvanique, il protége les planches et peut même renouveler la couche de métal résistant toutes les fois que l'usure vient à se manifester.

M. Placet se sert de gélatine bichromatée comme intermédiaire, puis de la pile. Les épreuves sont très-remarquables comme finesse.

Citons encore M. Aucand Durand qui emploie, soit le bitume de Judée, soit la gélatine bichromatée, mais qui applique nettement des retouches toutes les fois que cela est nécessaire ; il y a là néanmoins une ressource précieuse pour l'exécution de gravures destinées à illustrer des livres.

Dans les pays étrangers la gravure héliographique semble avoir fait moins de progrès qu'en France.

Cependant nous devons signaler les gravures obtenues par M. Pretsch, ses procédés sont analogues à ceux de M. Poitevin, et les gravures de MM. Simonneau et Towey, cessionnaires du brevet de M. Asser, d'Amsterdam.

Le procédé de M. Asser, d'après M. Figuier, consiste à appliquer sur une feuille de papier un mélange de bichromate de potasse et d'amidon, puis à faire agir dessus la lumière à travers un cliché : le mélange devient imperméable à l'eau, partout où la lumière a agi, on le lave, on le sèche à une haute température, puis on le remet en présence de l'eau qui imbibe toutes les parties qui n'ont pas été impressionnées, on passe sur ce papier un rouleau chargé d'encre d'imprimerie, l'encre n'adhère qu'aux parties sèches et laisse intactes celles qui sont humides.

Il suffit de placer le papier sur une pierre lithographique pour y fixer le dessin qui peut être tiré à un grand nombre d'exemplaires. Ce procédé diffère de celui de M. Poitevin, en ce qu'il ne se sert pas directement de la pierre : il est plus compliqué et le report ne se fait pas sans altérer les finesses de l'image.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous croyons que le brevet Pouncy, en Angleterre, se rapproche beaucoup de celui de M. Asser.

Dans la plupart de ces procédés, la difficulté est d'obtenir le grain qui permette à la planche de happer l'encre grasse sans qu'elle s'empâte, nous avons dit que M. Garnier employait une méthode analogue à celle des graveurs à l'aquatinta. MM. Placet, Pretsch et Nègre obtiennent une sorte de grain qui se forme naturellement dans la préparation. MM. Drivet et Fontaine, qui ont exposé aussi des épreuves, obtiennent ce grain à peu près mécaniquement. MM. Poitevin et Asser emploient des pierres lithographiques qui sont *grainées*.

MM. Tessié du Motay et Maréchal ont voulu éviter cette difficulté. Ils versent à la surface d'une plaque métallique une couche épaisse d'un mélange de colle de poisson, de gélatine et de gomme, additionnée d'un sel de chrome imperméable à la lumière.

Ce mélange devient insoluble sous l'action de la lumière, et cela d'autant mieux qu'il est porté à une température plus élevée au-dessus de celle du milieu ambiant. On chauffe donc dans une étuve la plaque recouverte de la couche sensible à une température de 50°, pendant plusieurs heures. Cette opération donne de la solidité à la couche et lui permet de résister aux manipulations ultérieures.

On soumet alors la planche à l'impression lumineuse sous un cliché négatif, on la lave, et on la sèche. On peut alors l'encrer au rouleau et au tampon d'imprimerie. Les creux de la planche retiennent l'encre, tandis que les reliefs qui sont toujours humides la repoussent comme le ferait une pierre lithographique.

Ces planches fournissent un tirage d'environ 75 épreuves; aussi pour éviter l'emploi de clichés sur verre qui sont fragiles pour renouveler les planches servant au tirage, M. Tessié du Motay a-t-il imaginé de reporter sur papier une contre-épreuve du cliché, obtenue sur collodion au tannin, et fixée au papier au moyen d'une couche de gélatine.

Nous avons vu de très-beaux spécimens de reproduction obtenus par ce procédé, qui cependant ne nous semble pas devoir entrer dans la pratique courante.

En résumé les épreuves obtenues aux sels d'argent sont au point de vue artistique les plus complètes, et celles qu'il est possible d'exécuter partout avec le moins de temps.

Les épreuves avec les sels de fer (papier Marion ou autre) présentent l'avantage de n'exiger que peu de manipulation, mais elles ne peuvent être appliquées qu'à des usages spéciaux.

MM. Garnier, Nègre, Placet, Lemercier, Asser, ont présenté des images dont certaines peuvent rivaliser avec la gravure, et que l'économie de tirage permettra probablement dans peu de temps d'employer à l'illustration des ouvrages de librairie.

Enfin, les procédés de MM. Baldus, Pouncy, Amand Durand, colonel James, dont nous parlerons plus loin, nous semblent particulièrement applicables aux reproductions des dessins d'ingénieurs, des cartes, des gravures, en un mot des dessins au trait, sans demi-teinte ni autre.

Les épreuves sur papier ne sont pas les seules que produisent les photographes. Qui n'a pas admiré ces magnifiques épreuves sur verre albuminé, exposées par M. Soulier, par M. Ferrier, et par MM. Léon et Lévy, obtenues par des procédés analogues à ceux que nous avons décrits par les négatifs sur albumine? Ces épreuves, qui sont de véritables œuvres d'art, peuvent être appliquées aux croisées au lieu de vitres, en ayant soin de les préserver par un double verre; c'est également sur verre albuminé ou sur collodion préparé par le procédé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Russell ou le procédé Taupenot, que se font ces belles images transparentes pour stéréoscopes que l'on ne peut se lasser d'admirer, mais dont le prix, lorsqu'elles sont réellement réussies, est assez élevé.

Nous avons vu, en dehors de l'Exposition, des épreuves de ce genre, utilisées au lieu et place des verres qu'on fait passer ordinairement dans la lanterne magique, et l'effet, surtout lorsqu'elles avaient été enluminées avec des couleurs vernis, était véritablement surprenant. C'est là une application que nous voudrions voir se répandre. On montrerait ainsi aux enfants les tableaux des grands maîtres, représentant les faits qui ont illustré l'humanité, les portraits des hommes célèbres, la vue des villes, des contrées lointaines, etc., etc., et ce serait préférable à ces images grossières, où le grotesque le dispute à l'absurde.

Vitrifications photographiques.

Les procédés sur albumine ou sur collodion ne permettent d'obtenir sur verre qu'une image que le moindre contact peut érailler. On a cherché à imprimer l'image dans le verre lui-même. M. Moisson d'une part, et MM. Tessié de Motay et Maréchal d'autre part, avaient exposé des vitraux photographiques très-remarquables ; cependant ceux de M. Moisson avaient un ton jaune qui leur donnait un aspect moins satisfaisant que ceux de ses concurrents, qui ont eu une médaille d'or justement méritée.

Voici comment M. Tessié du Motay décrit la méthode au moyen de laquelle il obtient, ou par exposition directe dans la chambre noire, ou d'après un cliché, des vitrifications sur cristal, sur verre, sur émail, sur lave, sur porcelaine et sur faïence.

« 1° Dans cent parties de benzine, nous dissolvons quatre parties de caoutchouc. A cette dissolution nous ajoutons une partie de collodion normal (sans sel), dissous dans de l'éther. Ce composé est versé sur l'une quelconque des matières sur lesquelles nous voulons directement produire ou reporter une image photographique vivifiable ; nous le faisons ensuite sécher soit à l'air, soit dans une étuve, jusqu'à ce qu'il forme une couche pelliculaire très-adhérente.

« 2° Sur cette première couche ainsi desséchée, nous versons du collodion ioduré. Cette seconde couche s'unit entièrement à la première, et acquiert par le fait la résistance au moins égale à celle d'une feuille de caoutchouc de semblable épaisseur, résistance qu'aucun collodion ne possède.

« 3° Après avoir immergé la double couche ainsi préparée dans le bain de nitrate d'argent, nous générons l'image soit dans la chambre noire, soit par superposition.

« 4° L'image latente étant produite, nous la faisons apparaître, et nous la développons par l'un quelconque des agents révélateurs aujourd'hui en usage.

« 5° Nous fixons l'image révélée par l'action successive de deux bains contenant : l'un des iodocyanures, et l'autre des cyanures alcalins.

« 6° Nous trempons l'image ainsi fixée pendant quelques minutes dans une solution de sulfate de protoxyde de fer, d'acide pyrogallique ou de tout autre acide réduisant des sels d'argent.

« 7° Nous renforçons l'image par l'action de l'acide pyrogallique, de l'acide gallique, de l'acide formique ou de sulfate de protoxyde de fer, sur une solution de nitrate argentique acide. Ce renforcement exige en moyenne l'emploi de quatre à six bains renforçateurs pour les images destinées à être vues par réflexion, et de douze à quinze pour les images destinées à être vues par transparence.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Pendant cette opération de renforcement, les images sont en outre lavées, à trois ou quatre reprises, dans des bains alternés, contenant en dissolution des iodocyanures et des cyanures alcalins; puis tout aussitôt dans des solutions de protoxyde de fer, d'acide pyrogallique ou de tous autres acides réducteurs des sels d'argent. L'emploi consécutif d'iodocyanures et de cyanures alcalins a pour effet la dissolution complète des poudres argentiques non adhérentes précipitées sur la surface totale de l'image pour chaque bain renforçateur, et ce sans détruire le modèle primitif qui seul ainsi se renforce.

« Les lavages aux bains réducteurs, en rendant de nouveau neutre ou acide la surface de la couche métallisée, augmentent puissamment l'action ultérieure des bains de renforcement.

« 8° L'image photographique étant révélée, fixée et renforcée, nous la trempons, pendant une ou plusieurs heures, soit dans des bains de chlorure ou de nitrate de platine, soit dans des bains alternés de chlorure d'or et de nitrate de platine, soit encore dans des bains de chlorure d'or. Pendant ce trempage, l'argent de l'image est en partie remplacé soit par du platine, soit par un mélange de platine et d'or, soit par de l'or seul. Ces divers bains substitutifs de la couche d'argent ont pour but de faire varier ou la couleur ou la nature de l'image, après que celle-ci est vitrifiée. En effet, lorsque nous nous proposons d'obtenir au feu de moufle, par la réaction des fondants siliciques ou boraciques, des images de couleur noire, verte, nous immergeons au préalable ces images dans un bain de chlorure ou de nitrate de platine; lorsque nous voulons, au contraire, obtenir des images de couleur noire, nous les trempons consécutivement dans des bains de chlorure d'or et de nitrate de platine. Lorsqu'enfin nous désirons produire des images dorées, nous les substituons dans des bains contenan exclusivement des sels d'or.

« 9° L'image, au sortir du bain de platine ou d'or, est lavée dans un bain de cyanure alcalin ou d'eau ammoniacale au maximum de concentration; elle est ensuite recouverte d'un vernis de caoutchouc, d'essence grasse ou de gutta-percha, et soumise à l'action du feu de moufle, qui brûle les matières organiques et met les métaux à nu.

« 10° Enfin, l'image ainsi débarrassée du collodion et des autres matières organiques, est couverte d'un flux silicique ou boracique, et soumise au rouge orangé à l'action du feu qui la vitrifie.

« Cette méthode..... est pratiquement d'une application facile, grâce à l'emploi de la pellicule combinée de caoutchouc et de collodion, qui seule permet de soumettre l'image sans qu'elle se déplace ou se déchire à un grand nombre de renforcements et de lavage. Artistiquement elle se recommande, d'une façon générale, par ses applications multiples à la décoration de toutes les matières siliceuses et, d'une façon spéciale, par son application sur le cristal ou sur le verre; car par elle on obtient, sur ces deux substances, des images vitrifiées visibles soit par réflexion, soit par transparence, qui, jusqu'ici, n'ont été produites par aucune méthode photographique connue.

« Scientifiquement enfin, elle fait connaître la propriété qu'ont les bains alternés de cyanures et d'iodocyanures alcalins de dissoudre en entier : 1° l'argent pulvérulent ou non complétement réduit, qui reste constamment uni à l'argent, après la révélation et la fixation de l'image, et qui résiste à l'action dissolvante des hyposulfites, de l'ammoniaque et même des bains de cyanure alcalin employés seuls; 2° de dissoudre également en entier les précipités organiques non adhérents aux images photographiques elles-mêmes, en laissant intact le métal qui forme l'image, et qui dès lors se renforce seul; elle permet ainsi de constater que l'argent pulvérulent ou non complétement réduit qui résiste à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'action dissolvante chez les hyposulfites de l'ammoniaque et des cyanures, ainsi que les précipités métalliques non adhérents, engendrés par la précipitation de l'argent des bains renforçateurs, restent particllement indifférents à l'action substitutrice des bains de platine et d'or. »

La méthode de MM. Tessié du Motay et Maréchal est la plus récente de celles que nous connaissions; mais avant eux, dès 1854, M. Lafon de Camarsac produisait des épreuves vitrifiées sur émail ; il obtient ces épreuves en enfermant des matières colorées inaltérables, et réduites en poudre impalpable, dans une couche de substance impressionnable à la lumière et adhésive. L'emploi des matières colorées peut avoir lieu soit avant, soit après l'exposition à la lumière de l'enduit sensible.

Dans tous les cas, la matière photogénique est éliminée, après l'exposition au feu, et il ne reste à la surface que des couleurs inaltérables.

Dans cette application, on se sert de toutes les couleurs employées dans la décoration céramique; aussi les émaux de M. Lafon de Camarsac peuvent-ils présenter toutes les teintes possibles avec une grande richesse de ton.

C'est par milliers que l'on doit compter aujourd'hui les émaux de M. Lafon de Camarsac, qui rivalisent avec tout ce qu'on a obtenu de plus beau dans l'industrie des émaux.

M. Poitevin, que nous avons déjà eu l'occasion de citer pour ses méthodes de photolithographie, de tirage d'épreuves au charbon, en se servant soit de gélatine chromatée, soit du mélange de perchlorure de fer et d'acide tartrique, qui devient hygroscopique sous l'action de la lumière, a appliqué ce dernier procédé à l'exécution d'émaux photographiques. Il dépose le mélange sur une plaque céramique et l'impressionne à travers un cliché. On saupoudre alors la plaque avec des matières colorées et vitrifiables sous l'action de la chaleur. Ces matières s'attachent sur les parties humides ; on porte alors la plaque dans le four à porcelaine et l'on obtient de très-belles images, sur lesquelles pourtant l'emportent celles de M. Lafon de Camarsac.

A côté de ces produits, nous devons citer encore ceux de MM. Deroche et Cousin, de M. Payard, de MM. Pinel et Prechardière, de M. Kaiser, en France de M. Grüne, à Berlin ; de M. Letti, à Vienne ; de MM. Mort et Schroeder, en Danemark. Cependant il semblerait que quelques-unes de ces vitrifications auraient été retouchées après coup.

C'est, croyons-nous, par des méthodes analogues à celles de M. Lafon que la plupart de ces photographies ont été émaillées, sauf celles de M. Grüne, dont le procédé a plusieurs points communs avec celui de M. Tessié du Motay. Voici comment M. Davanne a résumé la méthode : « Étant donné un ornement, un dessin quelconque, M. Grüne prend à la chambre noire ou autrement une image de la dimension nécessaire; cette image, obtenue en argent, est transformée en or par voie de substitution, puis collée sur la pièce que l'on veut décorer, et ensuite passée au moufle pour la cuisson. On peut trouver dans ce procédé une ressource pour obtenir les dessins les plus compliqués aussi facilement que les plus simples et arriver ainsi à une décoration facile et économique, si toutefois le mode d'opérer est aussi simple et pratique qu'il semble l'être en théorie. »

Enfin, citons encore les vitraux photographiques de M. Joubert, de Londres, obtenus par la méthode de M. Lafon de Camarsac et les produits qu'obtient M. Poitevin, en utilisant le gonflement de la gélatine chromatée et le gonflement des parties de cette gélatine qui n'ont pas reçu l'action de la lumière pour faire des moulages en plâtre, sur lesquels il coule ensuite de la barbotine de porcelaine comme pour faire des lithophanies, dont les creux sont remplis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

postérieurement d'une matière vitrifiable légèrement teintée, qui, par ses différentes épaisseurs, produit le dessin.

Nous avons encore à parler de quelques applications spéciales de la photographie. Nous la voyons chaque jour employée à l'exécution de portraits, plus ou moins retouchés, plus ou moins enluminés, obtenus directement ou agrandis; à ce point de vue la photographie n'est pas toujours de l'art, mais c'est au moins une industrie qui a pris un grand développement et qui, directement ou indirectement, donne lieu à un certain mouvement commercial.

Nous en pouvons dire autant des paysages, surtout de ceux qui sont employés pour le stéréoscope.

La photographie sert chaque jour à la reproduction des œuvres des grands maîtres, qui jadis étaient enfoncées au fond des musées, et n'étaient connues que par des gravures dans lesquelles le talent du graveur n'était pas toujours suffisant pour faire ressortir les mérites de l'original, ou bien en altérait le sentiment.

Parmi les photographes qui s'occupent de reproduction de tableaux, nous devons signaler M. Bingham, dont nous admirons chaque jour une page nouvelle chez nos marchands d'estampes, à Paris. Nous citerons aussi MM. Michelet, Collin, Richebourg, etc., en France; MM. Schauer et Milster, en Prusse; M. Fierlants, en Belgique; M. Naya, à Venise, etc., etc.

Il ne faut pas croire que les reproductions de tableaux soient faciles; il y a bien des essais à faire avant de réussir : il faut que les oppositions de lumière et d'ombre soient ménagées et que les diverses couleurs, qui ne sont pas également photogéniques, viennent également. Quelquefois il est nécessaire d'avoir recours à des artifices particuliers : par exemple, d'éclairer le tableau original avec de la lumière colorée, ménager convenablement les temps de pose, faire des collodions spéciaux, dans lesquels on cherche à introduire à la fois et dans les proportions voulues les sels d'argent sensibles, les uns sous l'action d'une teinte, les autres sous l'action d'une autre teinte.

La difficulté est tout entière dans l'obtention d'un cliché, ainsi que la démontré le docteur Vogel, de Berlin, en exposant dans un même cadre les différences de ton que donnent les diverses couleurs primitives.

La photographie a reçu une large application à la cartographie et à la géodésie; nous avons nous-même réalisé cette application pour faire des réductions de plans à diverses échelles, et nous nous en sommes très-bien trouvé.

Cette application a été faite dans bien des pays; nous indiquerons ici le procédé suivi en Angleterre. Nous extrayons ces renseignements du *Record of the great Exhibition*, publié par *the Practical mechanics' Journal*.

Après une longue discussion pour déterminer les échelles convenables pour le plan général de l'Angleterre, ou ce qu'on appelle *the Ordnance survey*, on a adopté les échelles ci-après, sur lesquelles ont été exécutées les cartes des quatre comtés du nord de l'Angleterre et de plusieurs comtés d'Écosse :

Pour les villes 1/500 ou 0.002.
Pour les paroisses (dans les districts cultivés), 1/2500 ou 0.0004.
Pour les comtés 6 pouces par mille ou 0.0000947.
Pour le royaume 1 pouce par mille ou 0.0000158.

Pour obtenir cette série de plans, il faut que ceux qui sont dessinés d'abord à une grande échelle soient réduits à une échelle plus petite, et l'emploi du pantographe ou toute autre méthode ancienne aurait, dans l'exécution d'un travail aussi important, été trop lente et trop onéreuse; de plus, pour placer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les grandes tables nécessaires à l'usage des instruments, il aurait fallu faire des additions considérables aux locaux disponibles.

Le directeur qui, d'après les expériences faites en 1855, avait reconnu l'exactitude des résultats obtenus au moyen de la photographie, et s'était assuré de la possibilité de leur application au but qu'il se proposait, avait enseigné cet art à quelques *soldats* placés sous ses ordres et depuis tous les plans ont été réduits par ce procédé.

En 1858, l'exactitude des plans réduits par la photographie fut mise en doute dans la Chambre des communes, et une commission dont M. Roderick J. Murchison était le président, fut nommée pour faire un rapport sur ce sujet.

Dans son rapport, la commission établit « que la plus grande erreur dans une partie quelconque du plan ne dépasse pas le 1/400 d'un pouce ou 0m,00006 dans l'angle du rectangle, et même cette erreur si faible ne s'étend pas très-loin.» C'était reconnaître l'exactitude des plans. Mais le rapport établit que l'économie annuelle, résultant de l'introduction de la photographie, s'élevait à plus de 1,600 livres par an (40,000 francs), et il faut compter maintenant 2,000 livres, 50,000 francs; on économisera sur l'ensemble du travail au moins un million.

Nous allons décrire maintenant comment on fait les réductions. On trace sur une glace dépolie un rectangle de la dimension que doit avoir le plan réduit, ainsi par exemple, un rectangle de 9 pouces sur 6, pour un plan original dessiné sur une feuille de papier dont le cadre en dedans des marges a 3 pieds sur 2 (c'est la réduction à 1/4). On *met au point*, au centre du plan original, avec l'objectif et la glace dépolie parallèle au plan, et cela de manière que le cadre coïncide exactement avec les lignes tracées sur la glace dépolie.

On se sert du procédé ordinaire au collodion humide pour obtenir le négatif; et comme, lorsque la glace dépolie est enlevée, la glace collodionnée prend sa place, le négatif a nécessairement les dimensions voulues exactes. Comme le but est de produire un négatif avec des lignes aussi nettes que possible, on augmente l'intensité des noirs du négatif en plaçant celui-ci dans une cuvette contenant une dissolution de bichlorure de mercure (sublimé corrosif) et on le retire dès que la surface devient blanche, puis on verse au-dessus une solution étendue de sulfhydrate d'ammoniaque. On obtient ainsi une couleur presque noire opaque ; puis on lave, on sèche et on vernit le négatif.

Les images que l'on obtient des négatifs en question sont extrêmement belles et plus parfaites que le dessinateur le plus habile ne pourrait les dessiner même avec des semaines, et même dans quelques cas, avec des mois de travail.

C'est là un grand et singulier avantage de l'emploi de la photographie clairement démontré; car, comme l'échelle des plans originaux est si grande qu'elle permet l'emploi de timbres pour écrire les noms, les chiffres, les arbres, ces plans originaux sont faits par une classe inférieure de dessinateurs et à peu de frais, tandis que la photographie réduite donne un beau plan dessiné au prix d'un shelling environ seulement, et on obtient les plans à deux, trois ou quatre échelles, et à un prix qui ne dépasse pas le prix que coûterait un seul plan à petite échelle.

Il est impossible d'apprécier l'importance de l'aide que la photographie apporte au point de vue de la rapidité et de l'économie pour la production de copies réduites des plans du service de l'*Ordnance survey*. L'*Ordnance survey* vend annuellement plus de 100,000 cartes, et il aurait été matériellement impossible de produire les planches de la série sans l'aide de la photographie.

Ayant obtenu une réduction exacte d'un plan sur une surface sensible, il est nécessaire de la tracer à la main avec une encre composée de noir de fumée, de homme et d'eau, et de transporter à la surface d'une plaque de cuivre vernie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour la gravure, ou avec une encre lithographique pour faire un tirage sur zinc ou sur pierre.

Pour éviter ce travail on a eu recours, à l'*Ordnance survey*, au procédé au carbone chromaté, et les spécimens qui ont été exposés prouvent le haut degré de perfection qui a été obtenu, soit par la photozincographie, soit par la photolithographie.

La propriété du bichromate de potasse en dissolution avec la gomme ou la gélatine de rendre ces substances insolubles sous l'action de la lumière, est la base du procédé qui est à la fois simple et peu dispendieux.

2 1/4 onces de bichromate de potasse sont dissous dans 10 onces d'eau chaude, et cette solution est mêlée avec 3 onces de gélatine la plus fine, dissoute dans 4 onces d'eau chaude.

Ce mélange est versé dans une cuvette maintenue au bain-marie, à une température d'environ 100°.

Une feuille de papier « bank port » est mise à la surface du mélange en prenant soin d'établir un contact parfait avec le liquide, en allant d'angle en angle.

Après le séchage du papier, il convient de répéter l'opération une seconde fois pour être certain d'avoir une couche parfaitement uniforme. Quand le papier est sec de nouveau on le met à la presse sur une feuille d'acier chaude afin d'obtenir une surface lisse et égale.

Le papier ainsi préparé est alors placé dans un châssis positif sous le négatif, et exposé à la lumière pendant une ou deux minutes, ou jusqu'à ce que la marge du papier autour de la glace ait acquis une teinte brune.

Pour la préparation du papier et pour toutes les opérations ultérieures, il faut avoir soin de ne pas se mettre à la lumière, parce que la composition est si sensible que toute la surface deviendrait insoluble et ne pourrait plus servir.

Le papier est alors couvert d'encre en le passant deux ou trois fois sous la presse, sur une plaque de zinc ou une pierre chargée d'encre lithographique. Toute la surface du papier, ayant été ainsi couverte d'encre, on fait flotter le papier sur une cuvette pleine d'eau, l'encre en dessus. Après une ou deux minutes, l'eau traverse le papier, et dissout la composition par laquelle la lumière n'a pas agi à travers le dessin sur le négatif, et il est alors mis dans une cuvette plate vide, il est lavé, puis frotté avec une éponge pour enlever la portion soluble et l'encre qui y est attachée. Après ce premier lavage partiel, l'épreuve est remise pendant une ou deux minutes dans l'eau chaude avec le dessin en dessous, pour achever de dissoudre la composition. Quand on l'a lavé de nouveau avec l'éponge, le dessin paraît parfaitement net et distinct : on le lave encore à l'eau chaude, puis il est séché.

L'épreuve, ainsi préparée, est prête à être transportée sur une plaque de zinc ou sur une pierre lithographique.

On donne à la plaque de zinc un grain, au moyen d'une molette fine, de sable et d'eau, on dépose l'épreuve sur cette surface, puis on la passe une fois ou deux à la presse. Le papier est alors humecté avec une éponge et enlevé de la plaque à laquelle il abandonne l'encre. La planche est alors acidifiée comme pour la zincographie. On peut tirer 1,500 impressions de la planche sans qu'elle soit trop détériorée.

Si on fait le report sur pierre, on suit le procédé ordinaire de l'autographie.

La photographie a apporté un secours puissant à l'étude des chartes anciennes, des palimpsestes, des papyrus, étude qui ne pouvait être faite sans danger de détérioration pour l'exemplaire quelquefois unique qu'on possédait, tandis qu'une fois un cliché obtenu on peut en avoir autant de copies qu'on le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

désire ; copies souvent plus complètes et plus lisibles que l'original, parce que les sels employés en photographie, plus sensibles que la rétine, décèlent des différences de tons que l'œil ne saisit pas et par suite font réapparaître des traits qui semblaient être effacés par le temps; on a proposé, en Angleterre, pour les reproductions de ce genre, une méthode appelée photopapyrographie.

Ce procédé, dit l'auteur à qui nous en empruntons la description, a beaucoup de valeur, et dans peu de temps, il sera généralement appliqué à la production de copies identiques d'actes ou de documents légaux dont il ne faut qu'une ou deux copies.

Par ce procédé on obtient la copie désirée par le procédé au chromo-charbon, évitant ainsi de transporter l'épreuve sur le zinc ou la pierre avant l'impression. Il est seulement nécessaire de mettre la plaque sensible dans la chambre, avec la couche de collodion en dehors au lieu d'être en dedans comme à l'ordinaire. L'image sur l'épreuve au charbon est donc renversée, et il suffit de passer l'épreuve sous la presse pour obtenir un fac-simile de l'original sur papier ou sur parchemin.

L'application de la photographie à l'architecture participe à la fois de celle qui a été faite aux paysages et aux reproductions de tableaux ; mais si, dans les deux premiers cas, de légères déformations ne sont pas un inconvénient majeur, pour l'architecture il faut avoir recours aux objectifs les plus parfaits ; il faut surtout, quand on fait des clichés d'après nature, choisir son point de vue à une distance suffisante du monument à reproduire, ou à une hauteur telle que l'image soit obtenue sans que l'on soit obligé d'incliner l'appareil, c'est-à-dire en laissant l'axe optique parfaitement horizontal ; règle qui, disons-le en passant, n'a guère été observée par les photographes qui avaient le privilége d'opérer dans l'enceinte de l'Exposition, où, si on s'en rapportait à leurs travaux, il n'y aurait guère eu de constructions à plomb.

Comme exemples de travaux réussis, il y avait la cathédrale d'Amiens, reproduite dans des dimensions colossales, par M. Duvette ; les études architectorales de M. Mauguin ; les reproductions de travaux d'art, ponts, viaducs, etc., de M. Collard et de M. Terpereau.

M. Collard et M. Terpereau se sont fait une spécialité dans ce genre, et ils ont été chargés par divers ingénieurs et architectes de l'exécution de photographies, donnant à diverses époques l'état d'avancement de travaux importants en cours d'exécution.

Toutes les industries qui ont recours à l'art décoratif peuvent donner lieu à des applications de la photographie. Nous ne reviendrons pas sur ce que nous avons déjà dit au sujet des vitraux colorés, des émaux, de la décoration, des poteries, des bijoux photographiques de M. Dagron. Nous avons vu récemment la photogrophie employée pour obtenir des dessins de fantaisie sur étoffes ordinaires ; antérieurement, on avait appliqué les méthodes photographiques sur la soie blanche, et les épreuves convenablement montées servaient à faire des écrans, des éventails, etc. Citons dans ce genre les spécimens exposés par M. Laffon, par M. Disdéri et par M. le marquis de Béranger.

La photographie est aussi utilisée par les industriels pour faire connaître les modèles qu'ils exécutent dans leurs ateliers. C'est ainsi que de tous côtés, dans le palais du Champ de Mars, beaucoup de constructeurs avaient complété leur exposition par des photographies représentant les machines construites par eux et que le manque de place ne leur avait pas permis d'exposer ; que des fabricants de meubles de luxe ont pu faire voir des modèles qui n'étaient plus en leur possession, etc., etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous regrettons seulement que dans la plupart de ces photographies on n'ait pas indiqué, comme l'avait fait M. Robert de Sevres, l'échelle à laquelle étaient ces photographies, de manière que le visiteur pût se rendre compte de la dimension réelle des objets.

Il est pourtant si simple de placer à côté du modèle que l'on photographie une mesure divisée d'une façon bien visible, que nous avons lieu d'être étonné que la plupart des photographes négligent cette petite précaution.

Rappelons encore que la photographie peut venir en aide au graveur sur métal, sur bois et même au sculpteur, non pas simplement en lui rappelant les formes du modèle, mais en l'aidant matérialement, si nous pouvons nous exprimer ainsi, à l'exécution de son œuvre.

M. Willème, qui, dans l'Exposition, occupait un pavillon séparé dans le parc, a imaginé la *photosculpture*. Voici en quoi elle consiste :

Nous empruntons la description à M. Saint-Edme.

« Le modèle est posé sur un piédestal rigoureusement au centre d'une enceinte de 10 mètres de diamètre, et recevant le jour par en haut; le mur est percé, à hauteur convenable, de vingt-quatre ouvertures, situées sur une même circonférence, par lesquelles visent un même nombre d'objectifs photographiques; un système mécanique permet d'ouvrir et de fermer à la fois les vingt-quatre écrans qui protégent les glaces sensibilisées. L'instant du tirage est indiqué par un coup de sifflet, et les vingt-quatre objectifs fonctionnent aussitôt; à un second signal, les obturateurs s'abaissent. On développe et on fixe les épreuves obtenues. Le modèle est donc reproduit photographiquement dans vingt-quatre directions angulaires, espacées de 15°. Les épreuves sont alors classées six par six dans des cadres, et numérotées toujours par ordre. Il faut amplifier ces épreuves (on a recours au mégascope simple) pour les avoir au double de la grandeur que doit avoir la sculpture; *des artistes* sont spécialement chargés de les dessiner sur papier; on dresse ensuite ces dessins sur planches verticales, de manière à ce qu'ils ne présentent aucun pli.

« On installe une masse de terre glaise sur un plateau circulaire mobile autour de son centre, dont la circonférence est divisée en vingt-quatre arcs égaux, correspondant chacun par conséquent à la position d'un objectif.

« De sorte que, pour chaque déplacement d'une division du plateau, l'axe parcouru est de 15°.

« Un pantographe, disposé convenablement, porte un bras qui agit sur le bloc de terre glaise, au moyen d'une lame ou même d'un fil métallique; l'autre bras porte un stylet à l'aide duquel on suit le contour extérieur d'une des images grandies de la photographie.

« Par exemple, la photographie obtenue avec l'objectif n° 1, auquel correspond la division n° 1 du plateau : c'est la vue de face. Tandis que le stylet suit rigoureusement les lignes du dessin, la lame taille dans le bloc une silhouette exacte et réduite à moitié; on passe ensuite à la vue de derrière et aux vues latérales, en ayant soin de faire correspondre chaque division du plateau avec la photographie obtenue au moyen de l'objectif portant le même numéro.

« Les vingt-quatre silhouettes s'inscrivent ainsi dans le bloc, et comme elles sont suffisamment rapprochées, leur ensemble donne la reproduction fidèle du modèle.

« La statue n'est pas *finie* lorsque cette opération est achevée; les retouches sont indispensables et exigent la main du sculpteur. »

Si les sculpteurs sont habiles comme ceux qui entourent M. Willème, les produits peuvent rivaliser avec des œuvres d'art, bien que l'ébauche ait été ob-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tenue mécaniquement. Mais nous doutons fort que des sculpteurs médiocres obtiennent même quelque chose de passable.

Nous avons dit plus haut que la photographie avait été appliquée aux recherches micrographiques; c'est là une de ses applications les plus utiles, puisqu'elle substitue à la main du dessinateur qui doit représenter ce qu'il a vu ou ce qu'il croit avoir vu dans le microscope, une opération matérielle, dans laquelle, avec du soin, on peut éviter toute chance d'erreur. Nous n'insisterons pas sur ce sujet, qui sort du domaine de l'ingénieur; mais nous citerons les belles études de M. Bertsch, à qui l'on doit de très-grands progrès dans cette branche de la photographie, les collections de photographies micrographiques de M. Lakerbauer, représentant les liquides et les tissus de la vie animale et végétale, la collection de M. Neyt, de Bruxelles.

En passant, nous citerons encore l'application de la photographie aux études ethnographiques.

L'exposition spéciale de la Société ethnographique était des plus remarquables. Nous pensons pouvoir revendiquer pour M. Rousseau, un des savants attachés à notre Muséum, l'idée première des collections de ce genre.

Enfin, nous avons admiré, comme reproductions d'objets d'histoire naturelle, plusieurs belles collections de plantes, faites en Allemagne, par divers artistes, et sur lesquelles on peut étudier au moins les caractères généraux des formes extérieures, comme si l'on avait sous les yeux les plantes elles-mêmes.

Les sciences exactes ont trouvé aussi, dans la photographie, un instrument qui peut leur venir en aide dans bien des circonstances : c'est ainsi qu'elle a été employée à enregistrer les résultats donnés par les instruments météorologiques qui, avec elle, peuvent fonctionner indépendamment de l'appareil, dont le réglage était souvent une difficulté. Parmi les appareils construits sur ce principe, citons ceux installés à l'observatoire de Greenwich et à Kew, en Angleterre.

L'astronomie s'est servi de la photographie pour noter les instants des passages des astres au méridien, pour obtenir l'image des étoiles fixes et celle des planètes, l'image des astres à déplacement rapide, tels que la lune et les comètes; l'image du soleil, des divers aspects de sa surface, soit dans le temps ordinaire, soit pendant les éclipses. A l'Exposition, M. Rutherford, de New-York, a fait voir une image agrandie de la lune, sur laquelle on peut constater tous les détails visibles de notre satellite.

Il est à regretter que M. Warren de la Rue, le savant photographe anglais, n'ait pas montré les épreuves du même genre qu'il a faites, non plus que les épreuves stéréoscopiques de la Lune, de Mars, de Saturne, de Jupiter, obtenues en prenant deux de ces épreuves successivement, après qu'elles s'étaient déplacées d'un angle convenable par rapport à la station, pour donner dans le stéréoscope l'effet du relief. Ainsi, pour Saturne, les images ont été prises à trois ans et demi d'intervalle; pour Mars, elles ont été faites à deux heures de distance.

MM. Bond, Crookes, Hartimp, Hodgson, le père Secchi, M. Secrétan, Léon Foucault, Airy, Schmidt, Dallemayer, etc., se sont occupés soit de construire des appareils propres aux recherches de ce genre, soit de l'exécution des épreuves, et ils sont arrivés à montrer des phénomènes que les observations télescopiques ordinaires n'avaient pas encore fait connaître.

Dès la découverte de la photographie, le problème d'appliquer la photographie, la chambre noire à la topographie, à la géodésie et au levé de plans fut posé. M. Laussedat, chef de bataillon du génie, et M. Auguste Chevallier, ancien chirurgien requis à l'hôpital du Gros-Caillou, que la mort vient d'enlever récem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment aux études qu'ils poursuivaient avec une ardeur et une persévérance que le succès était près de couronner, ont proposé chacun une solution différente du problème.

Nous ne savons à qui des deux attribuer la priorité des recherches dont nous admirons le résultat; ce qu'il y a de certain, c'est qu'en 1854, dans une notice publiée par le *Mémorial du Génie*, M. Laussedat conseillait l'emploi de la chambre *claire* pour obtenir des vues *perspectives exactes*, au moyen desquelles, par les procédés ordinaires de la géométrie descriptive, on pouvait dresser des plans et même déterminer les altitudes.

Il résulte d'une seconde notice qui a paru dans la même publication, qu'en 1852, M. Laussedat avait songé à se servir de la chambre noire dans le même but; mais que c'est en 1861 et 1862 qu'ont eu lieu les premières expériences officielles.

En 1858, M. Chevallier soumettait à l'examen de la Société d'encouragement un premier appareil qui donnait déjà des résultats satisfaisants, et qu'il n'a cessé de perfectionner depuis cette époque.

M. Chevallier emploie un appareil d'une disposition spéciale, tandis que M. Laussedat se sert de la chambre ordinaire, sauf quelques légères modifications de détail, qui sont d'ailleurs plutôt des additions que des modifications. Nous exposerons d'abord son système.

Laissons parler M. Laussedat lui-même [1] :

« Les vues de paysage qui se dessinent au fond de la chambre obscure ont des perspectives coniques, sur des tableaux plans, telles qu'on les définit en géométrie, et jouissant par suite des mêmes propriétés que ces dernières.

« D'après la théorie des lentilles, le centre optique de l'appareil n'est autre chose que le sommet de la perspective conique, ou ce qu'on appelle ordinairement *le point de vue;* le pied de la perpendiculaire abaissée de ce point sur le plan du tableau se désigne sous le nom *de point principal*. Quand le tableau est vertical, et c'est une condition que nous supposerons toujours remplie, *la ligne d'horizon* de la perspective est la ligne suivant laquelle le plan horizontal, passant par le point de vue, coupe le tableau. Comme nous n'avons à opérer (rappelons qu'il s'agit de lever de plan) que sur des paysages composés en général d'objets assez éloignés de l'appareil pour que leurs images se forment toutes dans le même plan focal (plan focal principal de l'objectif), *la distance du point de vue au tableau* restera invariable.

« Cette distance est un élément important en ce qu'il détermine la longueur de la partie des rayons visuels (lumineux) comprise entre le point de vue et le tableau, c'est-à-dire les longueurs des lignes de visée. »

Si donc on prend une photographie sur laquelle on a indiqué par un moyen quelconque la ligne d'horizon, le point de vue et le point principal, et que de plus on connaisse la distance focale de l'objectif employé, on pourra déterminer au moyen de cette photographie les angles azimuthaux de tous les points représentés. En effet, il suffira de placer cette photographie sur une feuille de papier, de sorte que la ligne d'horizon corresponde à ce qu'on appelle la ligne de terre tracée sur la feuille de papier, d'indiquer convenablement sur la feuille de papier la position du foyer de l'objectif (il est sur une perpendiculaire à la ligne d'horizon passant par le point de vue et à une distance égale à la distance focale); puis d'abaisser de chacun des points représentés sur la photographie des per-

1. Voir pour plus de détail le Mémoire de M. Laussedat, sur l'application de la photographie au lever des plans, 1864 (*Mémorial du Génie*).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendiculaires sur la ligne d'horizon, et de joindre par des droites les pieds de ces perpendiculaires à la projection du foyer, les angles faits entre les droites ainsi conduites sur les angles azimuthaux ; ceci n'a pas besoin de démonstration (en admettant que l'objectif ne donne pas de déformation).

Si donc de deux points de vue, dont on connaît la distance, on a pris deux images représentant un même paysage, en plaçant les deux images sur la feuille de papier de telle sorte que leur distance soit proportionnelle à la distance réelle qu'avaient les objectifs au moment de l'opération photographique et en les orientant de manière que les projections des axes optiques fassent entre elles l'angle de ces axes, l'intersection des lignes azimuthales, tracées sur la feuille de papier, donnera la projection et la distance (à l'échelle adoptée) de chacun des points vus à la fois sur les deux images.

De plus, puisqu'on connaît la distance focale de l'objectif, à la distance des objets vus et qu'on peut mesurer sur l'image la hauteur de chacun des points au-dessus de la ligne d'horizon, il est possible de déterminer l'altitude de chacun des points par les formules connues de l'optique, ou bien au moyen d'une construction graphique empruntée aux méthodes de la géométrie descriptive.

Nous ne pouvons entrer ici dans plus de détails sur la méthode de M. Laussedat, qui, on le voit, serait des plus simples si les objectifs ne produisaient pas de déformations. Malheureusement la plupart des objectifs présentent cet inconvénient que M. Laussedat a su tourner habilement, mais en compliquant les constructions graphiques.

Voici comment il opère (fig. 25, page suivante) :

« Supposons la ligne d'horizon H N et le point principal P tracés sur une épreuve positive QRST, et prenons par distance OP déduite des mesures relatives au point I dont la direction s'éloigne de l'axe en cherchant par la construction ordinaire l'angle P O 4 compris entre le point principal et le point 4 situé au bord de l'épreuve, c'est là que les déformations sont le plus considérables : on voit que l'angle P O 4 serait trop petit de l'angle 0 4 O' formé par les deux lignes qui vont du point 4 au centre O et au point O', O' P étant la distance (focale) du point de vue déduite des mesures relatives au point 4 [1].

« Or, si on élève au point 4, sur la ligne d'horizon une perpendiculaire 4 4' égale à OO', c'est-à-dire à la différence des demi-distances calculées Op et O'P, et que l'on joigne le point O au point 4', P O 4' sera l'angle corrigé compris entre les deux objets du paysage dont les points P et 4 sont les images.

« En opérant d'une manière analogue sur les points intermédiaires 2 et 3 on obtiendrait les points 2' et 3' qu'il faudrait joindre au point O pour avoir les angles correspondants corrigés de l'erreur produite par l'objectif, et l'on pourrait en joignant ces différents points par un trait continu tracer *une courbe d'erreurs* pour toutes les directions horizontales.

« Mais, comme on a souvent besoin de prendre plusieurs vues consécutives pour embrasser une assez grande étendue du panorama, il est préférable de choisir comme distance constante du point de vue au tableau celle O' P qui est déduite des bords de l'image ; afin de pouvoir raccorder plus facilement les épreuves successives, il suffit d'ailleurs, dans ce cas de transporter la courbe devenue au-dessus de la ligne d'horizon d'une quantité égale à la distance OO'.

« Après avoir construit, de l'autre côté du point P, une courbe symétrique de

1. Nous avons dit précédemment que les déformations étaient dues à ce que, pour les rayons obliques sur l'axe de l'objectif, le plan focal n'était pas le même que pour les rayons voisins de cet axe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

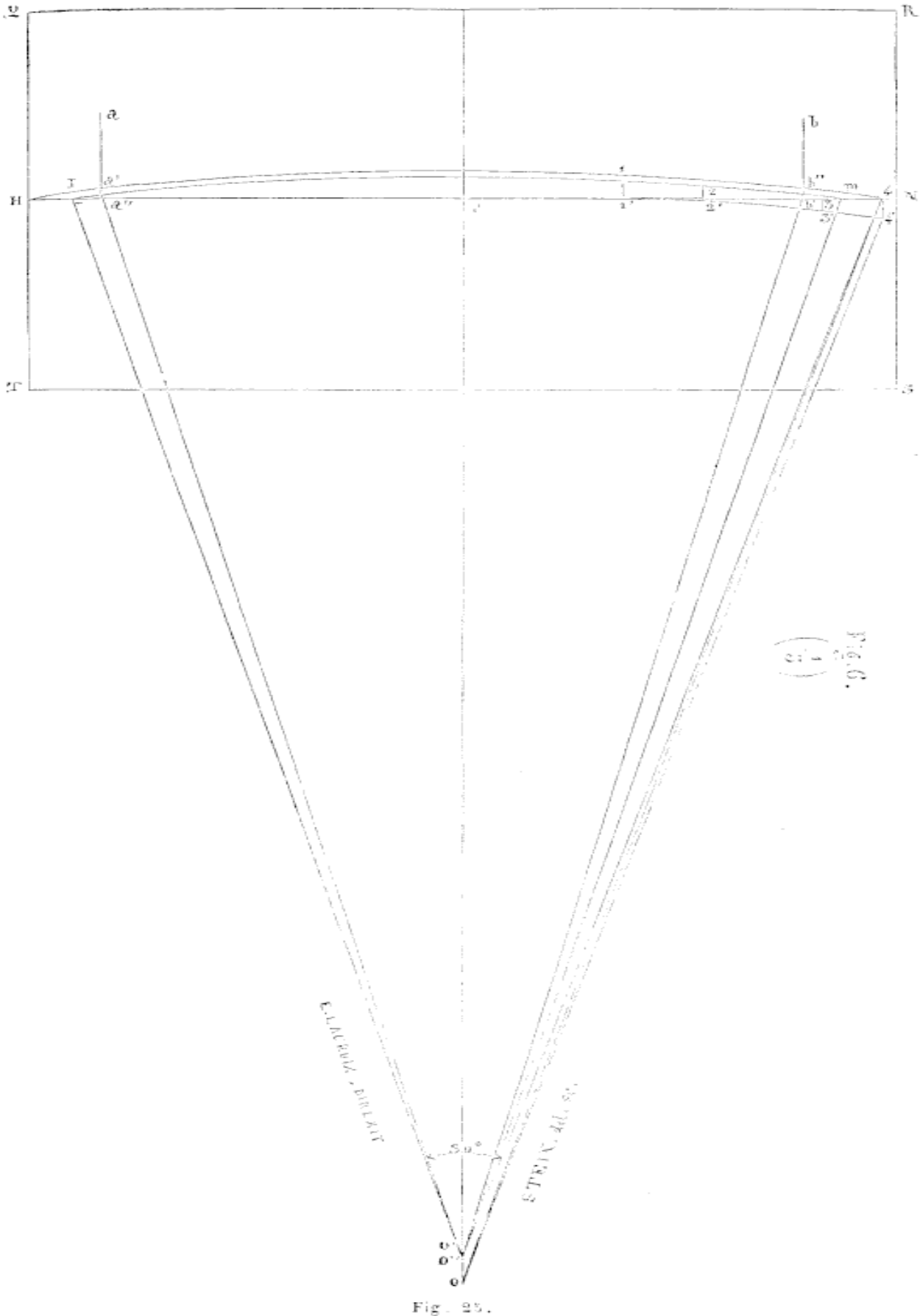


Fig. 25.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la première pour trouver l'angle compris entre deux points quelconques a et b exactement réduits à l'horizon, il suffira d'abaisser de ces deux points des perpendiculaires sur la ligne d'horizon et de joindre les points d'intersection a' b' de ces perpendiculaires avec la courbe d'erreur au point O' : l'angle a' o' b' sera l'angle cherché.

Telle est la correction principale qu'il suffit de faire le plus ordinairement, surtout si, comme le recommande M. Laussedat, on limite les épreuves à n'embrasser qu'un champ de 30°. Il y en a d'autres dont il y a lieu de tenir compte lorsqu'on veut opérer tout à fait exactement : nous renvoyons pour les détails au mémoire de M. Laussedat.

Nous nous bornerons à décrire seulement les modifications qu'il a apportées à la chambre noire pour servir aux levers topographiques.

D'abord elle est montée sur un pied analogue à ceux qui servent pour porter les instruments de géodésie ordinaire, c'est-à-dire portant un plateau avec des vis calantes, et qui permet de lui donner un mouvement de rotation autour d'un *axe vertical*.

A la base de l'axe vertical est fixé un cercle horizontal divisé avec vernier sur lequel on mesure les angles dont on fait tourner la chambre par plusieurs visées successives d'une même station.

L'instrument porte un niveau à bulle d'air et à lunette disposé sur l'une des parois latérales de la chambre, la lunette peut tourner dans un plan vertical et par suite servir à faire des visées sur des points de repères à diverses altitudes.

Enfin, et c'est un point important, le châssis qui contient la glace ou le papier sensible porte quatre aiguilles fines indiquant deux directions perpendiculaires l'une à l'autre, et qui donnent l'une la ligne d'horizon, l'autre la direction du plan vertical passant par l'axe optique, le point d'intersection étant lui-même le point de vue ou le point principal de l'image obtenue.

C'est avec cet instrument que M. Laussedat a exécuté le magnifique plan avec courbes de niveau des environs de Grenoble qu'il avait exposé.

Voici l'appréciation que fait de sa méthode M. Laussedat lui-même :

« En présentant la méthode des perspectives planes [1] comme la meilleure à employer quand on veut appliquer la photographie à l'étude du terrain, nous n'avons cherché ni à exagérer les avantages de cette méthode ni à dissimuler ce qu'elle a d'incomplet. Il serait peu raisonnable, en effet, d'espérer découvrir sur des vues aussi parfaites, aussi détaillées qu'on voudra les concevoir, ce qu'on ne voit pas sur le terrain à moins de le parcourir en tous sens. Ce n'est donc pas à vrai dire à la méthode elle-même qu'il faut s'en prendre s'il reste des lacunes à combler, et les plans qu'elle *aide* à construire, car il en serait nécessairement de même avec tout autre procédé fondé sur l'emploi de la photographie, et nous ne craignons pas d'affirmer qu'aucun de ceux qu'on a imaginés jusqu'à présent ne réunit au même degré ces deux conditions capitales, la simplicité et l'exactitude.

« En tout état de cause, l'art du photographe nous paraît destiné à rendre de très-grands services dans les reconnaissances militaires, et nous pensons qu'on ne doit plus se priver de son secours particulièrement lorsqu'on aura à opérer dans des pays lointains, dont la topographie est peu connue. »

1. MM. Martens et Garella avaient pensé pouvoir appliquer les vues panoramiques au lever des plans. M. Porro a imaginé un instrument au moyen duquel les images étaient également reçues sur une surface courbe, nous n'avons pas su découvrir comment était construit cet appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil de M. Aug. Chevallier est tout spécial pour le lever des plans. Nous ne décrirons par ici les diverses transformations[1] qu'il a subies avant d'arriver à la disposition qu'il a actuellement. Il donne directement les angles azimuthaux, tels qu'on les obtient en se servant soit de la planchette, soit des graphomètres, soit de la boussole, c'est pourquoi M. d'Abbadie l'a désigné sous le nom de *planchette photographique;* celui de rapporteur ou graphomètre photographique aurait été peut-être plus exact.

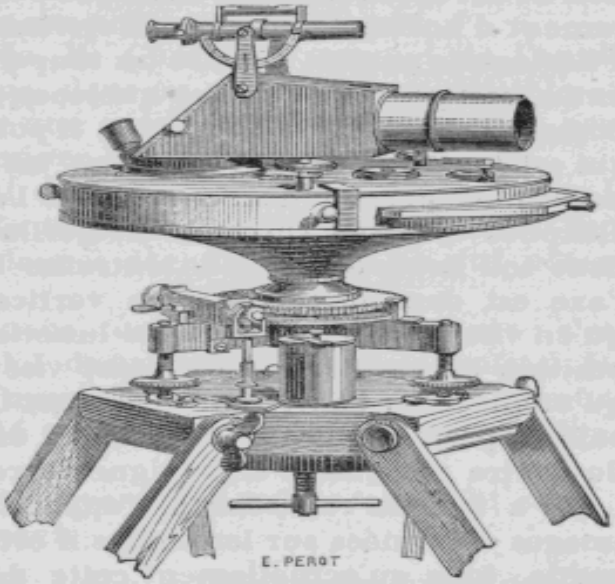


Fig. 26.

Il consiste, dans sa partie principale, dans la combinaison d'un prisme et d'une lentille telle que l'image vient se faire sur un plan horizontal, comme dans certaines chambres noires primitives (employées par les dessinateurs) : cette partie optique de l'appareil est contenue dans un tube fixé sur un plateau qui peut recevoir par un mécanisme un mouvement de rotation automatique complet autour d'un axe vertical situé en dehors de l'axe optique : l'axe optique et l'axe vertical de rotation sont disposés dans un même plan vertical. Le plateau forme couvercle obturateur d'une chambre noire peu épaisse dans laquelle on glisse un châssis portant la glace sensible, et qui est maintenue solidement en place sur la tête de l'axe de rotation.

On conçoit qu'en tournant, l'appareil vise successivement chaque point de l'horizon et vient en laisser l'image sur la glace sensible. Mais toutes ces images superposées les unes aux autres se confondraient et M. Chevallier a limité à chaque instant l'impression lumineuse à celle qui peut se faire par une fente étroite, ménagée dans un écran qu'entraîne avec lui le plateau tournant : cette fente se trouve dans le plan vertical qui passe par l'axe optique et par l'axe de rotation, c'est-à-dire qu'elle est faite suivant la direction d'un rayon, de sorte qu'à chaque instant la glace reçoit et conserve seulement l'image des points qui sont dans ce même plan, et pour avoir l'angle azimuthal de deux points, il suffit de mesurer sur la photographie l'angle au centre que font les deux images de ces points.

S'il s'agit d'utiliser des épreuves ainsi obtenues à l'exécution d'un plan, on mesure simplement la distance de deux stations, et on opère avec les images obtenues des deux stations comme on opérerait sur le terrain avec la planchette.

En outre, pourvu que chacune des stations successives que l'on fera après les deux premières soient vues des deux stations précédentes, on pourra disposer sur le papier sur lequel on opère toutes les épreuves de manière à opérer dans le cabinet comme on opérerait sur le terrain, avec la boussole, le graphomètre ou le théodolithe, etc.; mais avec cet inconvénient de moins qu'il n'y a pas de chance d'erreur de lecture et qu'une fois une épreuve obtenue, il n'est pas nécessaire de retourner sur le terrain pour faire une vérification. Chaque épreuve donne en une seule pose un tour d'horizon complet, ce qui est nécessaire dans bien des cas.

Enfin une disposition de détail permet d'obtenir l'image et par suite l'angle azimuthal de signaux espacés les uns des autres, sans prendre les points inter-

1. La fig. 26 donne l'une de ces dispositions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

médiaires; c'est ce que l'auteur appelait *opérer par secteur*. Dans ce cas, l'écran portant une fente étroite est remplacé par un écran donnant une certaine ouverture qui permet de voir un peu de paysage à droite et à gauche du signal visé.

C'est M. Duboscq, l'habile constructeur dont nous avons déjà eu tant de fois l'occasion de parler, qui avait été chargé par M. Aug. Chevallier, de la construction de cet appareil : c'est dire que l'exécution ne laisse rien à désirer. Un mouvement d'horlogerie donne au système la rotation automatique, ce mouvement d'horlogerie permet de faire un tour d'horizon soit en 10 minutes, soit en 140 minutes, soit avec une vitesse quelconque intermédiaire entre ces deux extrêmes. Comme l'appareil de Laussedat, il porte un niveau, une lunette de visée, mais qui est tout à fait fixe, seulement un prisme qui peut tourner autour d'un axe horizontal permet d'amener dans l'axe de la lunette les points situés à des altitudes diverses. On peut diriger la lunette sur un point donné; or, comme dans son mouvement elle entraîne le plateau avec le système optique dont l'axe est dans le même plan vertical que l'axe de la lunette, il en résulte qu'en visant un point avec la lunette on est sûr d'obtenir sur la glace dans sa position exacte l'image du point visé : d'ailleurs des repères analogues à ceux qu'emploie M. Laussedat, mais dont l'idée première était réclamée par M. Chevallier, permettent de déterminer exactement sur l'image obtenue la position du centre optique et de la ligne correspondant à la ligne d'horizon.

On a fait un reproche à l'appareil de M. Chevallier, celui de donner des images déformées sur lesquelles il est difficile de lire. Ce reproche est fondé en partie, bien qu'actuellement cette déformation soit moindre qu'elle ne l'était sur les épreuves qui y ont donné lieu.

En effet, tous les points qui, dans la nature, sont compris dans un plan vertical, passant par l'axe optique, donnent leur image sur l'épreuve suivant une ligne rayonnante, et en outre, tous les points situés à un même niveau sont représentés par une ligne circulaire dont l'axe de rotation est le centre.

Nous reconnaissons qu'il faut une certaine habitude pour se rendre compte des déformations; mais cette habitude s'acquiert vite, et nous connaissons plusieurs personnes à qui il a fallu seulement quelques heures pour être au courant.

D'ailleurs, nous devons dire que cette déformation a, dans quelques cas, été exagérée par un mauvais choix des objectifs.

Le lecteur a compris que, quel que soit l'objectif employé, les angles azimuthaux sont toujours exacts, mais que la hauteur de l'image, la longueur du rayon, dépendent de la puissance de l'objectif, de son foyer ; souvent on a pris des objectifs trop forts qui donnaient à la hauteur une dimension exagérée par rapport aux dimensions horizontales. Nous avions signalé ce point à M. Auguste Chevallier la dernière fois que nous avons eu le bonheur de le voir, avant son départ pour Toulon, où il allait expérimenter son système avec les officiers de la marine. Nous ne savons s'il a pu, comme il en avait exprimé le désir, réaliser ce petit perfectionnement. La fatigue a déterminé une maladie qui est venue l'emporter au milieu de ses travaux. Nous le regrettons, parce que Chevallier était avant tout honnête, laborieux, persévérant, et qu'avec lui, certainement le problème aurait enfin reçu sa solution complète.

En résumé, les deux méthodes présentent chacune leurs avantages. Avec celle de M. Laussedat, il n'est pas besoin d'appareil spécial. Toute chambre noire, en quelques heures, peut recevoir les instruments accessoires qui la rendent propre à être appliquée au lever du plan, surtout si, comme on le dit, les objectifs de Steinheil, de Darlot, de Dallmeyer, ne produisent pas de déformation; mais, contrairement à l'avis de M. Laussedat, nous croyons que pour des opérations topographiques, le papier, qui s'allonge ou se rétrécit sous les influences de sé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cheresse et d'humidité, ne peut être employé. Nous adopterions exclusivement les plaques de verre et les procédés au daguerréotype pour des applications de ce genre.

Avec l'appareil de M. Aug. Chevallier on obtient exactement les angles azimuthaux, et si, ce qui est à vérifier, le papier s'allonge et se rétrécit également dans tous les sens, il pourrait être utilisé : cependant il nous semble évident qu'on doit préférer encore la photographie sur verre ou sur plaque.

Une légère modification de l'appareil de M. Chevallier permet de l'appliquer à la détermination d'angles altudinaux, dans ce cas la plaque sensible est placée verticalement ; par le calcul ou par une construction graphique, on peut d'ailleurs, comme dans la méthode, déterminer les côtes de hauteur.

Avec le système de M. Laussedat on peut se servir des procédés secs ; avec la méthode de M. Aug. Chevallier, à moins de poser un temps considérable, il faut recourir aux procédés humides, ou aux plaques daguerriennes, ce qui nécessite un matériel difficile à transporter.

Les deux méthodes présentent, selon nous, un inconvénient sérieux : c'est de ne permettre que difficilement l'emploi des signaux artificiels, mires, jalons, etc., parce qu'il faut les disposer à l'avance et en avoir un grand nombre sur le terrain si l'on ne veut pas être arrêté pendant l'opération photographique qui est si rapide.

Néanmoins un grand pas est fait et nous croyons que même, en l'état actuel, toutes deux peuvent être employées utilement.

Nous aurions aussi à rappeler les essais qu'on a faits pour substituer des lumières artificielles à celle du soleil. D'abord, la lumière électrique avec le régulateur de M. Foucault et le régulateur de M. Serrin, employée par M. Numa Blanc, dans son atelier, et par M. Nadar dans les catacombes de Paris ; la lumière Drummond, avec de la chaux ou de la magnésie ; la lumière produite par le magnésium avec la lampe de M. Salomon de Londres, utilisée par M. Piazzi dans l'intérieur des pyramides d'Égypte ; les lumières produites par la combustion de mélanges dans lesquels entraient du soufre et du phosphore, etc.

Tous ces moyens sont excellents..... quand on ne peut faire autrement.

Après avoir passé en revue les applications de la photographie, nous aurions encore à entretenir nos lecteurs des produits chimiques qu'elle emploie : nous laissons ce soin à celui de nos collaborateurs chargé de rendre compte des produits de ce genre ; tout le monde avec du soin peut les faire bons, il suffit au photographe pour avoir de bons produits de s'adresser à des fabricants consciencieux. Citons MM. Fordos et Gelis, Puech, Poulenc et Wittmann, Briois, Plessy, Meynier en France ; Rough en Angleterre ; Beyrig, Schering de Berlin ; M. Moll à Vienne.

Comme papiers destinés à la photographie, tout le monde connaît ceux de Steinbach de Malmedy, de MM. Blanchet frères et Kléber de Rives, de MM. Lacroix à Angoulême.

La maison Marion s'occupe spécialement de la vente des papiers photographiques qui sont de bonne qualité.

Enfin il y a un grand nombre d'accessoires de la photographie, tels que les cuvettes, la verrerie, les laminoirs, etc., etc., qui rentrent dans des industries plus générales qui ont été examinées ailleurs.

En résumé, depuis l'époque où Arago a fait connaître à l'Académie des sciences les procédés de Niepce, perfectionnés par Daguerre, chaque jour a amené un progrès nouveau pour la photographie : nous avons rappelé les principaux. Les images obtenues par des réactions chimiques vont être remplacées par des litho-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

photographies ou des gravures lithophotographiques ; il reste encore un pas à franchir, l'obtention d'images stables avec les couleurs naturelles.

En attendant, la photographie, par son bon marché, a répandu dans les masses le goût du beau ; elle a permis à tous de se faire une idée de l'aspect réel des pays lointains en en donnant l'image fidèle. Elle guide le peintre, le sculpteur, dans ses études ; vient aider le naturaliste, l'astronome, dans leurs recherches ; à l'ingénieur elle donne le moyen de fixer ses souvenirs, de constater l'état de ses travaux, de prendre l'image d'un engin qu'il pense pouvoir utiliser un jour et tout cela en économisant le temps et l'argent. Faisant donc une légère modification aux paroles par lesquelles nous avons commencé, nous dirons :

« *On sait maintenant* quelles ressources, quelles facilités elle offre pour l'étude « des sciences, et quant aux arts, les services qu'elle peut rendre ne sauraient se « calculer ! »

NOTE. Nous avons indiqué qu'avec les appareils de MM. Bertsch, Duboscq et Nicour on faisait usage des procédés à sec ; ces procédés sont aussi employés avec les chambres noires ordinaires, et, pour faciliter leur usage, on se sert de châssis spéciaux et de boîtes à glace dites boîtes à escamoter.

La *boîte à escamoter* est une boîte à glaces ordinaire, c'est-à-dire portant des rainures dans lesquelles on fait glisser les glaces. La partie supérieure de la boîte est fermée par deux planchettes à coulisse superposées, marchant chacune en sens inverse de l'autre et disposées à peu près comme le couvercle d'une boîte à domino ; seulement, l'une d'elles peut se replier en deux vers son extrémité pour pouvoir être appliquée contre la paroi de la boîte. Ordinairement, les extrémités des deux planchettes sont reliées l'une à l'autre par une sorte de petit châssis plat, dont les parois sont pourvues d'une fente permettant le passage des glaces. Ces fentes sont fermées par un obturateur ou tiroir qui est maintenu sur les fentes et ne les découvre que lorsqu'on agit sur le tiroir en sens inverse de l'action des ressorts. La boîte à tiroir, grâce à la double coulisse, peut donc être amenée au-dessus de chaque rainure contenant une glace, sans que le jour pénètre dans la boîte. Un tiroir de disposition analogue est appliqué à la partie supérieure du châssis qui reçoit les glaces pour la pose, et le tout est disposé pour qu'on puisse mettre en regard le tiroir du châssis et les fentes de la boîte à escamoter, ce qui permet de faire passer une glace de la boîte dans le châssis et réciproquement, sans que la lumière agisse sur elle. Le volet postérieur du châssis est muni de taquets qui, en tournant, appliquent exactement la glace contre les rainures qui fixent la position de la glace d'après la mise au point.

La boîte à escamoter que l'on doit, croyons-nous, à M. Belandin, est très-commode pour les touristes.

CAMILLE TRONQUOY,
Ingénieur civil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LXVIII

CUIRS ET PEAUX

TANNAGE. — CORROYAGE. — MÉGISSERIE, etc.

PAR **M. HENRI VILLAIN.**

I

HISTORIQUE.

L'art du *tannage* ou de convertir les peaux en *cuir* a été anciennement pratiqué et l'on en retrouve encore les notions premières chez les peuples les plus sauvages de l'Afrique et de l'Amérique septentrionale, dont nous avons vu les produits grossiers à l'Exposition du Champ de Mars.

Diverses nations se servent, à l'origine de leur civilisation, de la peau et du cuir pour toutes sortes d'usages. Homère, dans son immortelle *Odyssée*, s'exprime ainsi : « Ajax porte un bouclier d'airain semblable au flanc arrondi d'une tour; sept peaux de bœuf les unes sur les autres recouvrent le bouclier. Elles sortent des mains de Tychius, le plus habile des enfants de Néotichos dans l'art de tanner, de corroyer et de coudre le cuir. » Les Gaulois, au rapport de César, font avec les peaux les voiles de leurs bâtiments. D'autres peuples renferment dans des outres leurs boissons habituelles. Les cordes des arcs sont également préparées avec les nerfs des animaux. Les riches baudriers des Romains, les fins parchemins de Pergame, les magnifiques tapis de fourrures décrits dans l'histoire des Césars, les manuscrits dont parle Cicéron, une foule d'autres circonstances, attestent que dans l'antiquité l'art de la préparation des cuirs et des peaux, avec ou sans poils, fut porté à un très-haut degré.

Les Barbares qui se jetèrent sur l'empire romain, et qui y fondèrent un nouvel ordre de choses, connaissaient également cet art ; les peaux et les cuirs faisaient leurs principaux vêtements. L'art du tannage fut également très-brillant au moyen âge; il suffit de parcourir les monuments de l'époque pour s'en convaincre. Les fourrures, dont M. Rougét de Lisle, notre collaborateur, s'est longuement entretenu dans son article sur les *industries des vêtements*[1], sont des signes de distinction pour les habitants des villes. Le cuir entre dans la confection des uniformes des soldats. Les règlements et les lois s'occupent sans cesse des peaux et des cuirs. On trouve les premiers dans le *Livre des métiers*, publié du temps de saint Louis; ils précèdent de cent ans ceux de Philippe de Valois, qui sont donnés souvent, mais à tort, comme les plus anciens.

On voit, par les Ordonnances de saint Louis, l'importance que l'on attachait au travail des peaux. Ainsi les « escorcheurs de la ville de Paris sont exempts du guet, ainsi que les haubergiers, buffetiers, conréeurs de robes vaires, conréeurs de cordouan. » Les cinq métiers suivants, assavoir, comme dit l'Ordonnance : « tenneurs, baudrayers, sueurs, mergeissiers, bourriers de cuir à alun, » ont également des priviléges. Le registre des métiers et marchands, d'Étienne Boileau, contient, sous le titre LXXXVII, le règlement des corroiers (corroyeurs).

1. *Études sur l'Exposition universelle*, 14e fascicule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les règlements de Philippe de Valois prescrivent des mesures rigoureuses contre les tanneurs de mauvaise foi. Le cuir « mal conroié peut être ars devant la maison. »

On voit aussi à cette époque, par le grand nombre de corporations qui vivaient de l'industrie du cuir, l'immense consommation que l'industrie du moyen âge en faisait sous toutes les formes. Le fisc, profitant de cette consommation, taxait presque partout à l'entrée des villes ce que l'on appelait alors « le cuir à poil, » et s'en faisait un gros revenu.

Ces exigences du fisc à l'égard des cuirs ne firent qu'aller en augmentant, et, d'après le texte d'une des Ordonnances de saint Louis, on peut voir dans quelle erreur est tombée la Commission de l'Exposition de Londres, quand elle a placé en 1655 le commencement de l'impôt sur le cuir.

La marque des cuirs fut tout bonnement, d'après M. Knoderer, une mesure de fiscalité. La monarchie, malheureusement, ne respecta, sous le rapport de l'impôt, aucune industrie; elle fit rendre au cuir tout ce qu'il pouvait rendre. Sous prétexte d'abolir une foule de péages et de droits différents que supportaient les peaux et les cuirs, on établit, en 1759, une régie générale qui alla de tannerie en tannerie, de corroierie en corroierie, vérifier et marquer les cuirs. Une foule d'industriels ne purent résister à cet état de choses, et le nombre des tanneries notables, de 1759 à 1775, diminua des trois quarts.

La révolution abolit cette insupportable régie des cuirs. Elle fit plus : en déclarant la guerre à l'Europe, elle mit la France dans la nécessité de se suffire à elle-même dans cette branche d'industrie, comme dans toutes les autres. C'est de cette époque, où les tanneurs français, obligés de pourvoir aux besoins des armées, tentèrent de puissants efforts, que datent les recherches scientifiques sur les améliorations à introduire dans les anciens procédés. C'est depuis lors que l'on s'adressa à toutes les substances pour obtenir soit l'accélération, soit la perfection du tannage, aux acides, à la chaleur, au battage, à la vapeur, à mille et mille substances végétales, au cachou, à la kruméria, à la noix de Galle, aux oignons de scille, au sumac, aux clous de girofle, au thé noir, au thé vert, aux écorces de Winter et à une foule d'écorces différentes. On interrogea, pour ainsi dire, toutes les espèces végétales. On compara les procédés des différents pays, on expérimenta les tannages à l'orge, au seigle, au sucre, au suif, etc.; on eût volontiers remis sur le tapis le procédé des Kalmouks à la fiente d'animaux et au lait aigri. On fit également appel à toutes sortes de combinaisons. Il parut consécutivement des centaines de systèmes, et pas une année ne se passa sans qu'un nouveau brevet ne fût pris. Nous aurons l'occasion de parler des plus importants d'entre eux dans le cours de ce travail.

Avant de nous occuper des procédés employés aujourd'hui pour le tannage des cuirs et des résultats que nous avons pu remarquer à l'Exposition, nous croyons utile de dire quelques mots des matières tannantes et d'entrer dans quelques détails sur l'organisation de la peau et sur les différentes peaux qu'on emploie dans l'industrie.

Les peaux et leur organisation.

La peau des animaux se compose :

1° De l'épiderme ou cuticule, qui est un tissu sec, élastique, transparent et garni de poils;

2° Du tissu réticulaire, que l'on considère comme le siége des papilles nerveuses et de la matière colorante qui donne à la peau sa couleur;

3° Du derme ou vraie peau, qui est une membrane plus ou moins épaisse,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formée de fibres entrelacées et comme feutrées, douées d'élasticité, et qu'on peut arriver à convertir en gélatine par l'action de l'eau bouillante.

4° D'une matière albumineuse, formant les bulbes qui doivent alimenter le poil, ce qui fait dire que les poils contiennent une huile colorante, des sels terreux et de l'albumine.

En tannerie, le derme, ou substance qui produit la gélatine, peut se diviser en deux parties, l'une plus molle que l'autre, quoique de même nature : la partie molle occupe les extrémités de la croupe de l'animal, le ventre et la partie du col vers la tête.

Lorsque les opérations préliminaires au tannage sont défectueuses, c'est dans les parties molles que l'on découvre d'abord les défectuosités, qui se montrent çà et là sous forme de taches cornées, dures et noires comme de l'écaille; ce n'est que rarement que ces taches se montrent dans les parties fortes de la croupe, des reins, des flancs et des épaules.

Les peaux s'imprégnent d'eau et se putréfient rapidement dans les lieux humides. Exposées à l'air sec, elles se dessèchent et acquièrent une dureté et une roideur qui en rend l'usure par le frottement prompte et facile. L'art du tanneur consiste à faire perdre à la peau ces inconvénients, en la transformant en cuir. Le cuir est plus dur, plus résistant que la peau. Mis en contact avec l'eau, il s'en imprégne comme le ferait une éponge, mais il la perd bientôt par l'évaporation. La peau, au contraire, plus lente à se gonfler d'eau, la conserve ensuite longtemps et peut en éprouver des altérations profondes.

Les peaux livrées annuellement aux tanneurs proviennent[1] :

1° De bestiaux abattus pour la consommation intérieure;

2° De bestiaux morts naturellement;

3° De chevaux morts naturellement ou qu'on abat lorsqu'ils deviennent impropres au service, ou qu'ils sont atteints de maladies contagieuses;

4° De peaux salées importées;

5° De peaux sèches importées, à poils ou sans poils.

Les peaux importées proviennent des États barbaresques, de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud, de Cuba, des îles du Cap-Vert, du Sénégal, de Russie.

Les peaux indigènes sont immédiatement portées, à l'état frais ou vert, de chez le boucher, chez le tanneur; les peaux de cheval, obtenues dans les ateliers d'équarrissage, sont dans cette catégorie. Les peaux fraîches, qui doivent être transportées à quelque distance, et même celles que le tanneur reçoit et qu'il ne peut immédiatement mettre en œuvre, reçoivent une salaison. Il y a des tanneurs qui emploient 5 kilogrammes de sel pour une peau moyenne de bœuf en été, et un peu moins en hiver. Généralement, on emploie 2 kilogrammes de sel par peau, qui doit être conservée pendant huit jours, et 4 kilogrammes pour celle que l'on veut conserver pendant un mois. Les peaux de Buénos-Ayres, de Montevidéo, etc., destinées à l'Europe, ayant un grand trajet à faire, se salent à raison de 7 à 8 kilogrammes par peau pesant de 30 à 35 kilogrammes. Le sel se met du côté de la chair; il doit être en gros cristaux pour qu'il se dissolve plus lentement. Les peaux salées dans l'usine sont entassées en meules cylindriques.

Les peaux sèches, qui nous arrivent d'Amérique, proviennent de bœufs sauvages, de bisons, de buffles, tués à la chasse. On ne prend malheureusement

1. Dans le commerce on emploie souvent le mot cuir pour le mot peau et réciproquement. Ainsi on dit des cuirs verts, pour des peaux fraîches; des peaux corroyées, pour des cuirs corroyés, etc., etc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas dans ces pays beaucoup de soins pour les faire sécher, ce qui occasionne parfois de grandes pertes aux tanneurs. Les hommes qui s'occupent de ce trafic, blancs ou nègres, mulâtres ou indiens, vraie mosaïque humaine, mais tous taillés sur le même patron qui est la paresse, prennent les peaux qu'ils ont dépouillées, et, par le moyen de chevillons plantés en terre, les tendent au soleil, la chair en dessus, à une hauteur de 15 a 20 centimètres au-dessus du sol; or, il en résulte que l'action très-forte du soleil saisit la peau par la chair, tandis que le côté du poil, qui est tourné vers la terre, se trouve mouillé par la précipitation de l'humidité du sol attirée par la chaleur, et qui se condense sur le poil. Il est certaines époques, dans la saison d'été, où cette chaleur humide occasionne une fermentation si active dans le milieu de l'épaisseur de la peau, qu'elle se pourrit sans que l'œil le plus exercé puisse apercevoir l'altération. C'est pourquoi il n'est pas rare de voir ces mêmes peaux sortir des bains de chaux, dans lesquels le tanneur les a plongées, en se dédoublant comme si leurs différentes parties eussent été collées ensemble.

L'addition du sel aux peaux fraîches, pour les conserver, accroît d'abord leur poids; mais au bout d'un certain temps, le sel a absorbé une partie de l'humidité des peaux et s'est écoulé, le contact de l'air en a enlevé une autre partie; ces peaux, sans être sèches, sont devenues plus légères et leur poids diminue moins au tannage; c'est pourquoi, à poids égal, on les paye plus cher que les peaux sèches.

Les peaux de veaux sans tête se payent également plus cher que celles avec la tête; car cette dernière, n'ayant pas de valeur commerciale, vient inutilement augmenter le poids.

Les cuirs secs de Buénos-Ayres, les plus lourds, pouvant donner des cuirs forts au tannage, sont payés à un meilleur prix que les plus légers. Les cuirs parfaitement secs, tels que ceux qui proviennent de l'Amérique méridionale, gagnent au tannage 1/5 de leur poids. Les peaux fraîches, au contraire, perdent dans cette opération à peu près la moitié de leur poids : c'est ce qui explique le haut prix apparent des premières, prix qui, comparé à leur rendement, est, en réalité, un peu inférieur à celui des peaux fraîches.

Les peaux de bœuf, de buffle, sont employées pour la fabrication des cuirs forts, c'est-à-dire des cuirs pour semelles. Celles de buffle, préparées à l'huile, servent en outre dans l'équipement militaire et à la confection des cuirs à rasoir.

Les peaux de vache, de veau, donnent les cuirs mous, désignés dans le commerce sous le nom de *molleterie*.

Les cuirs de cheval, de mulet, donnent de mauvaises semelles; ils ne sont guère employés que pour les empeignes. Celui de taureau, très-épais et très-spongieux, est généralement scié; la fleur sert pour les capotes de voitures, et la chair pour la semelle la plus intérieure et qu'en terme de métier on nomme *première*. Les vachettes des Indes s'emploient pour la fabrication des ceinturons.

La peau du bison, ou bœuf illinois, sert à faire des tapis à pieds, des chancelières, etc.

Les peaux d'agneaux, que l'on tire principalement du centre et du midi de la France, de l'Espagne, de l'Italie, sont mégies ou chamoisées pour la ganterie; les plus estimées sont celles qui nous viennent de la Perse, de l'Ukraine et de la Crimée. Le chevreau s'emploie aussi pour la ganterie, surtout pour les gants glacés.

Les peaux de chamois, préparées par les chamoiseurs, très-estimées pour leur solidité et leur souplesse, servent à faire des culottes et des gants. La peau de chevreuil se prépare, pour le même usage, en couleur de chamois. Ce qu'on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nomme dans le commerce peau de daim vient du chevreuil de la Louisiane et du Canada; outre les emplois précédents, elle sert aussi à garnir les touches de piano et à frotter les objets d'or ou d'argent.

Les peaux de brebis, moutons et béliers, servent aux cordonniers, aux maroquiniers et aux parcheminiers.

Les chamoiseurs obtiennent de la peau de cerf un cuir souple et durable.

Les peaux de chèvre, de bouc, servent, dans le Midi, à faire des outres pour transporter les vins, les huiles, et autres denrées alimentaires; préparées à l'écorce, elles sont employées pour la chaussure; préparées au sumac, on les utilise pour les maroquins. — Les peaux de chiens corroyées servent à la fabrication de la chaussure et à divers autres usages. Celles de sanglier et de cochon sont fort employées dans la bourrellerie et la sellerie. — Les tambours se font avec les peaux de bouc, de chèvre et de loup. — La peau d'âne sert à faire le parchemin et le chagrin. Les peaux de cygne sont destinées aux éventaillistes.

Sous le nom de *galuchat*, les gaîniers emploient les peaux de raies et de squales. — Les peaux de poissons (valrus ou autres), tannées à fond, sont très-employées en Angleterre pour le polissage de l'acier et des objets de coutellerie, les garnitures des pompes d'épuisement et les courroies.

Des substances tannantes.

Toutes les matières astringentes peuvent servir à tanner les peaux. Le tannin, substance astringente par excellence, se rencontre dans une foule de végétaux. En France, on emploie le plus généralement l'écorce de chêne. Réduite en poudre plus ou moins fine, elle constitue ce que l'on appelle le *tan*.

L'écorce du chêne à trochets (*Quercus glomerata*) est la plus estimée. Dans les Basses-Pyrénées on se sert d'une espèce de chêne blanc appelé, en Béarnais, tanzi (*Quercus tanza*), auquel on attribue la bonne qualité des cuirs d'Orthez. Dans le Languedoc, on emploie en grande quantité l'écorce du chêne noir, ou garouille, ou chêne à kermès (*Quercus coccifera*); elle convient bien pour les cuirs forts, mais comme elle rend les cuirs roides, elle ne peut servir pour le tannage des peaux destinées aux empeignes; elle communique une odeur très-prononcée aux cuirs qu'elle a servi à tanner.

On exploite généralement les taillis de chênes de 18 à 30 ans. Les écorces recueillies depuis plusieurs années colorent les peaux en rouge, ce qui est un grave inconvénient commercial. L'expérience a démontré que c'est au printemps, quand la séve est en pleine activité, qu'on doit enlever l'écorce. Davy a démontré directement, par l'analyse, que l'écorce de chêne, enlevée au printemps, contenait 6,04 de tannin pour cent, tandis que celle enlevée en automne n'en donnait que 4,38 pour cent. Du reste, on comprend que l'époque de la récolte doit être plus ou moins avancée, suivant que la saison l'est elle-même plus ou moins. Généralement, pour enlever l'écorce, on en coupe une portion circulaire aux deux extrémités du tronc, puis on l'enlève par bandes longitudinales, en la fendant de haut en bas. On la sèche lentement à l'ombre, puis on la met en fagots pour l'expédier.

M. Joseph Maître, de Châtillon-sur-Seine, a récemment imaginé d'écorcer les bois au moyen de la vapeur. Son procédé, que l'on voyait mis en pratique à l'exposition de Billancourt, paraît devoir donner des avantages incontestables. Dans les expériences faites pendant toute la durée de l'Exposition, l'opération a toujours réussi quand le bois se trouvait à l'état normal, c'est-à-dire, dans la limite d'âge et dans les conditions de végétation qui constituent l'écorce marchande. La décortication s'opère alors complétement et bien plus facilement que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sous l'action de la séve, quand le bois a été bien préparé ou, en d'autres termes, saturé de vapeur à un degré convenable. Cette opération, plus prompte avec du bois fraichement abattu, réussit également avec le bois exploité depuis quelque temps.

Il semble résulter que la vapeur opère, comme la séve ascendante, en ramollissant la couche mixte qui sépare l'écorce de l'aubier. Cette pénétration de la vapeur s'explique d'ailleurs par les mêmes raisons physiologiques, la capillarité de l'aubier, la force d'expansion de la vapeur, etc. Mais, pour la vapeur comme pour la séve, l'écorce reste imperméable dans sa contexture propre. On pouvait dès lors prévoir *à priori* que la vapeur ne modifierait pas la qualité de l'écorce, qu'elle n'affecterait ni son tissu cellulaire, ni conséquemment le tannin qui y est concentré, et c'est, en effet, ce que l'expérience a démontré.

Des expériences comparatives, suivies dans tous les détails du tannage, ne laissent aucun doute sur l'aptitude réelle de l'écorce obtenue par le nouveau procédé. Des peaux, prises au hasard dans le séchoir de M. Montmirel, tanneur à Châtillon-sur-Seine, ont été préparées avec le tan obtenu à la vapeur, en même temps que d'autres peaux, prises également au hasard dans le même séchoir, étaient préparées avec de l'écorce obtenue en séve. Les écorces étaient d'ailleurs de la même forêt et de la même coupe. Livrées au commerce, les peaux tannées avec l'écorce à la vapeur ont été reconnues aussi bonnes que celles tannées avec l'écorce obtenue en séve; elles étaient même plus blanches et pesaient de 3 à 4 pour cent de plus.

Les premiers essais de ce nouveau procédé de décortication ont été faits avec un appareil des plus simples. Il se composait d'un cylindre vertical en tôle, divisé en deux compartiments. Dans le compartiment inférieur, se trouvait le foyer; au-dessus, était le récipient d'eau, la chaudière proprement dite. Le couvercle de cette dernière était percé de deux trous auxquels s'adaptaient des tubes en tôle; la vapeur pouvait ainsi pénétrer alternativement dans deux récipients ou tonneaux dans lesquels se plaçait le bois à écorcer.

L'appareil exposé à Billancourt était plus complet, plus énergique. Il sortait des ateliers de MM. Gagey-Seguin, ingénieurs-constructeurs à Dijon. Sa forme était plus en rapport avec celles que la mécanique recommande pour toute chaudière à vapeur. A sa partie basse, se trouvait le foyer avec retour de flamme; au-dessus le récipient d'eau, puis une caisse en bois garnie de tôle, divisée en deux compartiments, pouvant chacun contenir un demi-stère de bois. Un châssis avec liteaux à claire-voie sépare seul la caisse du récipient d'eau. Toutefois, à la partie inférieure de cette caisse, se trouve un registre, en tôle galvanisée, qui permet d'ouvrir et d'intercepter alternativement toute communication de vapeur entre la chaudière et l'un ou l'autre compartiment, de manière à pouvoir les recharger de bois sans interruption ou chômage. Un double cylindre, emboîtant la cheminée, reçoit l'eau destinée à l'alimentation.

La préparation du bois s'obtient en quinze minutes avec une pression de 4 à 5 atmosphères.

L'écorce, ainsi obtenue, est blanche et très-nette. Le bois, mat, sans filaments, conserve toute sa qualité de bois d'hiver, sans gerçures, dans l'état qui suit l'opération; les produits sont moins humides, et, par conséquent, plus faciles à sécher que sous l'action de la séve.

L'écorce sèche est mise en bottes. Les dimensions et le poids de ces bottes varient d'une localité à l'autre; elles pèsent, en moyenne, de 16 à 18 kilogrammes. Il faut 25 stères de bois de chauffage, de qualité moyenne, pour produire 100 bottes d'écorce. Le rendement est donc de 4 bottes par stère.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En supposant le prix du stère de bois à 14 francs, et un travail en forêt, voici comment on peut établir le prix de revient de l'opération :

Frais d'approche du bois coupé à l'appareil, 25 stères à 0f.30 par stère.	7f 50
Combustible (bois ou charbon).	10 00
Eau, chargement et transport.	3 75
Main d'œuvre, écorçage complet.	18 13
Séchage et liage (200 harts à 0f.60).	1 20
25 stères se réduisent à 22, donc perte de 3, à 14 francs.	42 00
Ajoutons 1 franc de moins-value par stère décortiqué.	22 00
Total des frais.	104 58
On obtient 100 bottes d'écorce valant	200 00
Différence en plus-value au profit de l'opération.	95f 42

Soit 3 fr. 82 par stère.

Ce procédé est, comme on le voit, très-avantageux et permettra le libre écorcement dans toutes les coupes soumises au régime forestier, puisqu'il peut se pratiquer sur du bois abattu dans les délais réglementaires.

Pour appliquer avantageusement l'écorce de chêne au tannage de peaux, il est nécessaire de favoriser l'action dissolvante de l'eau par une pulvérisation plus ou moins parfaite. Cette pulvérisation ou broyage s'exécute, soit sur les lieux mêmes au moyen de moulins à pilons mus par la vapeur ou le vent, soit dans les tanneries à l'aide de cylindres concasseurs et de moulins.

Une bonne écorce se reconnaît à sa couleur. Elle doit être blanche à l'extérieur, rouge à l'intérieur, raide et sèche du côté du bois, se casser facilement, offrir peu de parties ligneuses, et avoir une saveur très-astringente. On peut, du reste, s'assurer facilement de la valeur d'une écorce, soit en l'essayant en petit sur quelques peaux, soit en y dosant directement le tannin.

Beaucoup de méthodes sont employées pour le dosage du tannin; nous n'en indiquerons que deux qui jouissent du double avantage d'être très-exactes et très-expéditives.

1° *Méthode de Gerland.* — Elle est fondée sur la propriété que possède une solution d'émétique, additionnée de chlorure ammonique, de précipiter complétement le tannin sans réagir sur l'acide gallique. On dissout 2 gr. 611 d'émétique, desséché à 100°, dans une quantité d'eau telle que la solution fasse un litre. Chaque centimètre cube de cette liqueur peut précipiter 0 gr. 005 de tannin.

Cette solution normale d'émétique, ajoutée à une solution de tannin, n'y produit aucun changement; mais si l'on additionne cette dissolution de chlorure ammonique, le tannate d'antimoine se précipite immédiatement sous forme d'un précipité volumineux cailleboté qui, agité fortement, se dépose avec une grande rapidité, laissant la liqueur surnageante très-claire et limpide, de telle sorte qu'il est facile de constater si une goutte de solution d'émétique y produit un nouveau précipité. Le nombre de centimètres cubes de la solution d'émétique, employés pour précipiter le tannin d'un poids donné d'écorce de chêne ou d'une autre substance tannante, indique la quantité réelle de tannin contenue dans cette écorce ou dans cette substance. En recueillant, lavant et séchant le tannate antimonique, on a un moyen de contrôle.

2° *Méthode du docteur Wagner.* — On prend une solution titrée de sulfate de cinchonine, formée de 4 gr. 523 de sulfate, dissous avec de l'eau, de manière à faire un litre. Cette solution est un peu acidifiée au moyen de l'acide sulfurique, et légèrement colorée par de l'acétate de rosaniline. Un centimètre cube de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cette solution correspond à 0 gr. 01 de tannin ou acide tannique. On fait bouillir 10 grammes d'écorce de chêne ou de la substance à essayer dans de l'eau distillée. La décoction doit être filtrée et diluée de manière à former 500 centimètres cubes; on en prend alors 50 centimètres cubes que l'on précipite avec la solution de cinchonine. La rosaniline est précipitée aussi bien que la cinchonine par l'acide tannique; l'opération est terminée lorsque la solution conserve sa couleur rouge. De la quantité de liqueur titrée employée, on déduit le poids du tannin.

Lorsque le tan a été épuisé par son action sur les cuirs, il n'est plus qu'une poussière végétale inerte. On l'emploie alors comme combustible, en le faisant sécher à l'air et en le tassant dans des moules circulaires en bois ou en fer de 13 à 16 centimètres de diamètre sur environ 27 millimètres de hauteur. On forme ainsi ce que l'on appelle les mottes à brûler. Le même tan, en poudre, mélangé avec du poussier de charbon, sert à alimenter les chaufferettes. Le tan épuisé sert encore, sous le nom de *tannée*, à former des couches épaisses dans les serres chaudes pour donner et conserver aux plantes la chaleur dont elles ont besoin.

Les écorces de chêne sont employées pour la tannerie, non-seulement en France, mais encore en Angleterre et aux États-Unis. Ces pays emploient également, mais en moindre quantité, les écorces de bouleau, de sapin, de l'aune et du châtaignier. Les tanneurs de Philadelphie emploient avec grand succès le *quercitron* ou chêne jaune. Le sumac est aussi très-employé, surtout pour les peaux destinées à la maroquinerie. Tout ce qui, dans le commerce, porte le nom de sumac, est la feuille d'un arbre, arbrisseau, arbuste ou simple plante, de la famille des térébinthacées, séchée et réduite en poudre plus ou moins grossière. Le plus estimé provient du *Rhus coriaria*, ou sumac des corroyeurs. Les diverses variétés de sumac du commerce sont :

Le *sumac de Sicile*, qui se présente sous la forme d'une poudre plus ou moins fine, bien tamisée, d'un beau vert tendre et velouté, tirant sur le jaune, et d'une odeur agréable, assez pénétrante, rappelant celle de la violette. Le plus estimé se récolte aux environs de Carieri, dans le val di Mazzara, à sept lieues de Palerme.

Le *sumac de Malaga*, qui est en poudre fine, chargée de bûchettes petites, assez bien écrasées, contenant souvent des semences de la plante; sa couleur est d'un vert-jaunâtre, et son odeur très-forte;

Le *sumac de Porto* est en poudre grossière et chargée de sable; les bûchettes sont mal écrasées; il a, du reste, la couleur et l'odeur du précédent;

Le *sumac de Donzère* ou *fauvis*, qui se prépare aux environs du Rhône, à Donzère et à Montélimart. Il est assez estimé et se présente en poudre grossière d'un vert foncé sombre, ayant une forte odeur de tannin et une saveur acerbe et astringente;

Le *sumac de Redon*, qui est le produit d'une plante, appelée herbe aux teinturiers, herbe au noir, et plus particulièrement redon ou redoul (*Coriaria myrtifolia*), qui croît spontanément dans tout le midi de la France, et principalement sur les bords du Lot, du Tarn et de la Garonne. C'est le plus mauvais de tous les sumacs; il se présente sous la forme d'une poudre nette, douce au toucher, d'un vert tendre et d'une odeur herbacée.

La préparation des sumacs consiste à faire sécher les tiges au soleil, à en séparer les feuilles par un battage au moyen de bâtons ou de fourches. Ces feuilles sont ensuite réduites en poudre sous des meules verticales analogues à celles qu'on emploie dans les huileries. Le sumac est alors prêt à être livré au commerce. Pour le transporter on l'enveloppe dans des balles de toile. Les sumacs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étrangers se vendent par balles de 50 à 60 kilogrammes, et les indigènes par balles de 100 à 150 kilogrammes.

L'Algérie produit plusieurs espèces de sumac très estimés : le *Rhus coriaria*, le *Rhus glabra*, le *Rhus pentaphylla*, etc. Leur exploitation, bien entendue, serait une source de profits pour nos colons.

Les tanneurs autrichiens emploient avec succès les galles, dites *Knoppern*, qui paraissent produites par un insecte particulier qui s'attaque aux glands du *Quercus pedunculata* et du *Quercus pubescens*.

Nos colonies de la Martinique, de la Guadeloupe, de la Guyane, produisent plusieurs substances tannantes, entre autres : l'écorce du chêne des Antilles (*Catalpa longissima*), du manguier (*Mangifera indica*), des conocarpes (*Conocarpus arborea*), des *Bucida*, du badanier (*Terminalia catalpa*), les écorces et les feuilles du palétuvier (*Rhizophora mangle*), les écorces du moureillier ou bois-tan (*Malpighia spicata*), du pois doux (*inga dulcis*).

Les cuirs tannés au mangle sont tous spongieux, très-blancs, mais impropres à donner des semelles qui garantissent de l'humidité. Le mangle rouge donne des cuirs qui imitent ceux tannés au cachou, et qui sont meilleurs que ceux tannés au mangle blanc quoique un peu durs et secs.

L'île de la Réunion donne les écorces du bois noir (*Acacia lebbeck*), du *flao* (*Casuarina equisetifolia*), du bancoulier (*Aleurites triloba*), du bois de natte (*Imbricaria maxima*), du faux benjoin (*Terminalia mauritiana*). — Les palétuviers sont aussi très-abondants à la Nouvelle-Calédonie, et les bancouliers à Tahiti. La Guyane britannique fournit les écorces du *Mora excelsa*, du *Spondias lutea*, du *Lecythis ollaria* et de divers *Nectandra*.

On donne le nom d'*Algoraba* aux semences du *Prosopis pallida*, qui sont très-riches en tannin et très-employées au tannage des peaux dans l'Amérique du Sud, et surtout à Valparaiso.

Dans l'Inde, on emploie les écorces du bauhinier (*Bauhinia variegata*) et le *tarwar* ou écorce du *Cassia auriculata*.

Les fruits du mirobolan citrin (*Terminalia chebulu*) et du *Terminalia bellerica* sont également très-usités dans l'Inde.

Les *noix d'Arec*, qui font l'objet d'un commerce très-important dans toute l'Asie méridionale, sous la dénomination impropre de noix de bétel, contiennent beaucoup de tannin. On en exporte annuellement de Ceylan de 3 à 4 millions de kilogrammes, ayant une valeur de 900,000 à 1,200,000 francs. C'est le fruit d'un gracieux palmier que Linné a nommé *Arecca catechu*, parce qu'il croyait qu'il produisait le cachou. Ce dernier, très-riche en tannin et très-employé par les tanneurs et les teinturiers, est préparé avec le cœur du bois et les feuilles de l'*Acacia catechu*.

Les Indiens emploient en outre l'écorce de l'*Acacia arabica*, nommé écorce de Babool.

Les écorces de l'*Acacia catechu*, de l'*Acacia farnesiana* et de l'*Acacia horrida*, servent pour le tannage, au cap de Bonne-Espérance.

Les tanneurs nubiens emploient les gousses de l'*Acacia nilotica*, nommées nib-nib. Les écorces de l'*Acacia dealbata* et de l'*Acacia melanoxylon* sont très-usitées en Tasmanie, où ces arbres sont nombreux et atteignent de grandes hauteurs.

Le *Divi-divi*, ou *Libi-divi*, est la semence du *Cæsalpina coriaria ;* elle fait l'objet d'un commerce important à Maracaïbo, Rio-Hache et Savanille.

Le *Kino* est une exsudation très-employée pour le tannage au Bengale, et que fournit le *Sterocarpus marsupium*. En Afrique, on connaît aussi un Kino produit par le *Sterocarus erinaceus*. Au Gabon, on fait un *Kino* excellent avec la séve d'un *Myristica*, que les naturels appellent *Combo*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le *gambir* est une préparation qu'on obtient aux Indes, en faisant, par l'ébullition et l'évaporation, un extrait du bois de l'*Uncaria*. Le gambir tend, chaque jour, à prendre en Angleterre une importance plus considérable que le cachou.

Toutes ces substances astringentes figuraient à l'Exposition, et il serait à désirer que la plupart d'entre elles fussent mieux connues en France. L'art du tannage tirerait sans doute un grand profit de leur étude bien approfondie, et des essais que nos tanneurs feraient de ces matières, comparativement à celles qu'ils emploient habituellement.

Il serait aussi à désirer que nous puissions acclimater dans nos climats certains arbres du Nord, comme l'*Abies canadensis*, qui donne une écorce très-employée dans l'Amérique septentrionale; ou bien certains arbres du Midi, comme le *Quercus ægilops*, qui, dans le cupule de son gland, contient l'avelanède ou valonée, avantageusement employée pour le tannage en Angleterre, en Turquie et dans certains autres pays. L'attention devrait aussi se porter sur les écorces du *Larix europæus*, très-usitées en Écosse pour tanner les cuirs destinés à la reliure, et sur celles du *Betula alba*, aussi employées dans le même pays pour la préparation de quelques cuirs légers.

Travail des peaux et tannage.

La bonté d'un cuir dépend, non-seulement de la nature de la peau et de ce qu'on appelle proprement le tannage, mais encore d'une infinité d'opérations qui demandent d'autant plus de soins qu'elles doivent concourir à sa qualité.

Cuirs mous. — Ces cuirs, comme nous l'avons déjà dit, se préparent avec les peaux de vaches, de veaux et de chevaux.

Aussitôt que le tanneur a reçu les peaux, il en retranche l'*émouchet*, c'est-à-dire les parties inutiles, telles que les oreilles et la queue, après quoi il les jette dans une eau courante. Cette opération, appelée *trempage*, a pour but de ramollir et de nettoyer les peaux, de détremper le sang et les ordures qui peuvent être adhérentes. Quand elles sont fraîches, il suffit généralement d'une immersion de deux à trois jours et de quelques rinçages; mais, lorsqu'elles sont sèches ou salées, le *trempage* dure beaucoup plus longtemps. Il faut en outre les sortir chaque jour des bains pour les fouler aux pieds et les *crauminer*, c'est-à-dire les étirer sur le *chevalet*, afin de bien les assouplir et de les priver parfaitement des matières étrangères. Quelquefois même il faut les plonger dans des laits de chaux faibles, les retirer pour les travailler de nouveau, etc. Ces diverses manipulations sont nécessaires pour les ramener à un état à peu près semblable à celui des peaux fraîches ou *vertes*, comme on les appelle habituellement.

Lorsque les peaux ont été convenablement lavées ou assouplies, on s'occupe de les débourrer, c'est-à-dire de les débarrasser de leurs poils. Pour cela, il faut d'abord les gonfler et dilater leurs pores, ce qui se fait au moyen de plusieurs procédés, dont les principaux sont connus sous le nom de travail à la chaux, travail à l'orge ou au seigle, travail à la jusée, et travail à l'échauffe.

1° Le travail à la chaux, appelé aussi *plainage*, *plamage* et *pelanage*, consiste à faire passer successivement les peaux dans quatre ou cinq cuves ou *plains*, contenant un lait de chaux plus ou moins fort. On commence par un *plain mort*, c'est-à-dire par une cuve déjà épuisée par une opération précédente; on continue par les *plains faibles* ou *moyens*, et on termine par un *plain neuf*, c'est-à-dire n'ayant pas encore servi.

On comprend que chaque plain, après avoir été neuf, devient à son tour faible et mort, ou, en d'autres termes, que la marche des cuves est fondée sur le système d'épuisement méthodique ou par rotation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque plain, ou pelain, peut contenir 120 à 300 peaux, suivant les dimensions de celles-ci. Le plainage dure ordinairement de deux à trois mois. Dans cet intervalle, on retire, tous les huit jours, les peaux des cuves, et on les laisse en piles, pendant huit autres jours, sur leurs bords; c'est ce que l'on nomme *mettre en retraite*.

Le plain mort étant épuisé au moment où on retire les peaux, on le revivifie en y ajoutant de la chaux parfaitement éteinte, et exempte de grumeaux qui auraient le grave inconvénient de trouer les peaux. Il devient alors plain neuf.

La quantité de chaux employée est de 6 hectolitres, pour 120 à 150 peaux de moyenne grandeur.

2° Dans le travail à l'orge, au lieu de traiter les peaux par la chaux, on les met en contact avec une eau dans laquelle on a délayé une pâte aigrie de farine d'orge. On nomme *passement*, dans cette méthode, ce que l'on appelle plain dans la précédente. On procède, du reste, de la même manière, c'est-à-dire qu'on commence par un passement mort pour finir par un passement neuf, en passant par les passements intermédiaires. Cela fait, on immerge les peaux dans l'eau pure, et l'on introduit entre chacune d'elles deux ou trois poignées de tan : c'est ce que l'on appelle donner le *passement rouge*. On met en retraite deux fois chaque quinze jours. Les cuirs soumis à ce traitement sont dits *cuirs à l'orge*. On leur donne le nom de *cuir de Valachie*, ou façon Valachie, quand, au lieu de les soumettre à des passements froids, on les prépare dans un passement bien chaud, et que le passement rouge est fait avec du *gros* ou *regros*, c'est-à-dire du tan haché gros comme le doigt. En employant de la farine de seigle au lieu de farine d'orge, on obtient les *cuirs façon de Transylvanie*. On peut également employer la farine de maïs; cette dernière semble même devoir être préférée.

3° Dans le travail à la jusée, on emploie de l'eau qui s'est acidifiée en séjournant sur de la *tannée*, ou tan plus ou moins épuisé. On emploie toujours plusieurs passements dont la force, d'abord très-faible, augmente graduellement, et dont le dernier, dit *coudrement*, est fait avec du tan neuf. L'opération dure ordinairement sept ou huit mois, et deux fois par jour, soir et matin, on met les peaux en retraite pendant trois heures. Les cuirs ainsi traités portent le nom de *cuirs à la jusée*.

4° Le travail à l'échauffe est peu employé pour les cuirs mous; nous aurons l'occasion d'en parler en traitant des cuirs forts.

Quel que soit le mode de travail auquel on ait donné la préférence, quand on reconnaît que le poil peut s'enlever avec les doigts, tout en faisant éprouver une certaine résistance, on fait tremper les peaux dans l'eau pour les nettoyer; puis on les place sur le *chevalet*, et l'on promène de haut en bas, sur chacune d'elles, un couteau émoussé, dit *couteau rond*, ce qui suffit pour les épiler entièrement. Les peaux ainsi débourrées et rincées se nomment *cuirs en tripe*. On passe alors au *travail de rivière*, qui consiste à écharner les peaux, c'est-à-dire à détacher avec un couteau, semblable à une plane, la chair et les autres impuretés qui peuvent souiller chacune de leurs faces, à rogner les parties inutiles, particulièrement les bords qui sont plus épais que le reste, à les *queurser*, c'est-à-dire frotter avec une pierre à aiguiser appelée *queurse*, afin de faire disparaître les inégalités qui se trouvent du côté de la fleur ou du poil, et enfin à les *recouler*, c'est-à-dire les presser avec un couteau rond jusqu'à ce que les matières qu'elles peuvent retenir soient entièrement chassées, et que l'eau de lavage soit entièrement limpide. Il est bien entendu qu'on passe les peaux à l'eau après chaque opération ou *façon*. La dernière, qui consiste à recouler, porte quelquefois le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nom de *grande façon*. Un ouvrier peut dans sa journée donner les façons à une douzaine de peaux. Ces différentes façons données aux peaux remplissent en outre un but important : celui de dégorger, autant que possible, les pores de la peau de la chaux qu'ils retiennent toujours quand on procède par le pelanage. Malheureusement, on n'y parvient jamais entièrement ; il en reste toujours une certaine proportion qui résiste à tous les efforts des ouvriers, et qui vient plus tard contrarier la réaction du tannin, en formant avec celui-ci un composé insoluble qui durcit le cuir.

Les veaux pesant, par exemple, 7 kilogrammes à 7 kilogrammes et demi, donnent, par le travail de rivière, 1 kilogramme à 1^{k},50 de déchet.

Quand on emploie le procédé à la chaux, la seule action de la chaux n'est pas suffisante pour amener les peaux à un état tel qu'elles puissent être mises en contact immédiat avec le tan. Il est nécessaire auparavant d'opérer leur gonflement, en les passant dans le jus de tan aigri ou jusée. Ensuite on commence la combinaison avec le tannin, en les plongeant dans des cuves contenant une dissolution de tan neuf. Le contact de la peau avec le tan doit commencer avec beaucoup de prudence, de peur de mal préparer la superficie du tissu et de laisser l'intérieur mal tanné, creux ou d'apparence lâche.

On commence donc, pour cette raison, à introduire les peaux dans des cuves contenant une dissolution tannée acide et faible, marquant 0,4 à l'aréomètre. La tannée, comme nous l'avons déjà dit, provient du tan qui a perdu la plus grande partie de son tannin dans les fosses, et qui, par un long séjour à l'air, s'est altéré et ne donne plus que des dissolutions faibles. On a soin, pendant les trois ou quatre premiers jours, de mettre les peaux en retraite ; à chaque nouvelle immersion, on ajoute un ou deux paniers de tannée, pour donner plus de force au liquide, et, à chacune de ces additions, on prend la précaution d'agiter les peaux pendant deux ou trois heures. C'est dans ces liqueurs que la peau commence à se combiner avec le tannin, et à prendre la couleur jaunâtre orangée que tout le monde connaît. Après la dernière addition de tannée, on laisse les peaux en repos pendant trois ou quatre jours ; puis on les porte dans une nouvelle série de cuves contenant une dissolution de tan neuf, marquant 0,9 à l'aréomètre. Après avoir augmenté à deux ou trois reprises la densité du jus de tan, et avoir à chaque fois agité les peaux pendant deux ou trois heures, on laisse les peaux dans un repos complet pendant une quinzaine de jours. Le travail des cuves dure, en tout, à peu près de vingt-cinq à trente jours. On l'abrége quelquefois, en ajoutant dans les dernières cuves un peu d'acide sulfurique à 66 degrés.

Après ce travail, les peaux sont aptes à recevoir l'action directe de l'écorce de chêne ou du tan. C'est par le coudrement que les peaux prennent de la couleur et qu'elles se gonflent ; elles commencent à se tanner dans les passements ; mais elles n'y éprouvent qu'un tannage très-superficiel et très-borné.

Le *tannage proprement dit* s'exécute en plein air dans de grandes cuves en bois, enfoncées en terre, ou dans des fosses en maçonnerie. Ces cuves ou ces fosses ont ordinairement 3 mètres de diamètre, et autant de profondeur ; elles peuvent contenir de cinquante à soixante peaux. Ces dernières y sont disposées en couches alternatives avec l'écorce de chêne réduite en fragments plus ou moins fins. Avant de *coucher* les peaux, on place sur le fond de la fosse une couche de vieux tan d'environ 15 centimètres d'épaisseur. Sur cette couche, on place un lit de peaux, puis un lit de tan, puis un nouveau lit de peaux, et on continue ainsi jusqu'à ce que la fosse soit remplie ; par cette disposition, les deux faces de chaque peau se trouvent immédiatement en contact avec le tan. Au-dessus de la dernière couche de tan, on place une couche de tannée, épaisse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 33 centimètres environ, et que l'on nomme le *chapeau*, sur lequel on place des planches que l'on assujettit avec des pierres qui exercent une compression utile.

La cuve ou fosse étant ainsi disposée, on y fait arriver, à la partie supérieure, de l'eau déjà chargée de tan; cette eau humecte toutes les parties, dissout le tannin, le porte sur la peau et détermine ainsi la combinaison de la peau avec le tannin. Le cuir reste trois mois dans cette première écorce, ou *première poudre*, qui doit être très-fine, afin de ne pas bosseler le cuir. On relève alors les peaux, et on les dispose en sens inverse entre de nouvelles couches de tan neuf, de sorte que les peaux qui étaient au fond, où le tannin est plus abondant, se trouvent dessus. Cette *seconde poudre* est plus grossière que la première. Au bout de trois à quatre mois, l'opération est terminée; on dit que le cuir est *tanné à cœur*, c'est-à-dire jusqu'à l'intérieur. Chaque fosse ou cuve peut contenir de six à sept cents peaux.

Au sortir des fosses, les cuirs sont portés au séchoir, où on les suspend à des perches ou à des crochets disposés pour cet usage. Leur dessiccation doit être lente; aussi place-t-on d'habitude le séchoir à l'ombre et à l'abri des courants d'air. Quand les cuirs commencent à devenir roides, on les *dresse* en les étendant sur une surface unie, où, après les avoir frottés avec du tan sec, on les frappe avec la plante du pied pour en détruire les inégalités. Enfin, on les met en presse pendant vingt-quatre heures sous des planches chargées de pierres. Ceux qui ne sont pas assez fermes, ou qui *tirent au grain*, c'est-à-dire qui sont crispés ou foncés, sont *maillés* ou battus avec des maillets de bois sur des tables de pierre bien unies. Cette opération a pour but de rendre les surfaces bien lisses. On appelle *cuirs plaqués* les cuirs qui l'ont subie.

On reconnaît que le cuir est parfaitement tanné, par l'examen de sa tranche nouvellement coupée. L'intérieur doit être luisant, avoir de la *verdure*, c'est-à-dire être marbré, et ne pas présenter en son milieu une raie blanche appelée *corne* ou *crudité des cuirs*. Les cuirs qui présentent ce caractère n'ont pas été assez nourris par l'écorce, et leur tissu est lâche et poreux.

Après avoir été pressés, les cuirs sont livrés en *croûte* aux corroyeurs, c'est-à-dire sans autre opération.

La peau de cheval rentre, comme nous l'avons déjà dit, dans la catégorie des peaux destinées à donner des cuirs mous. Cependant, comme les procédés de tannage qui lui conviennent diffèrent un peu de ceux que nous venons d'indiquer, nous allons les passer rapidement en revue. Ces peaux se tannent d'ailleurs avec une grande facilité, et on peut produire des cuirs très-beaux en cinquante jours de travail.

Les peaux de cheval sont mises à *dessaigner* pendant une nuit; puis on leur fait parcourir successivement trois plains à la chaux. Pour cent quarante peaux, on recharge le plain neuf de 6 hectolitres de chaux; elles ne doivent rester qu'un jour dans chaque plain. Le pelanage dure donc trois jours en tout. Les peaux, après cette opération, sont lavées à fond dans une eau courante; puis on les soumet à l'épilage et aux différentes opérations des chevalets.

Après le dernier lavage, les peaux épilées, écharnées et travaillées en rivière, passent à l'atelier des cuves de jusée. Elles restent six, huit et même dix jours en hiver, dans les premiers passements; pendant cette période, on les relève de temps en temps, et pendant les deux ou trois premiers jours surtout, on les relève jusqu'à huit ou dix fois. Le jus de ce premier passement marque 0°,6 à l'aréomètre de Baumé. Arrivées dans le second passement, les peaux ne sont relevées qu'une fois par jour; le jus y marque 0°,9. Au bout de neuf à dix jours, on leur donne un troisième passement, dans lequel elles restent le même temps;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le jus marque alors 1°,2. Enfin, on donne, avec un jus de 2 degrés, un quatrième passement, qui dure douze à quatorze jours. Pendant cette dernière période, on jette dans chaque cuve deux corbeilles de tan neuf de 25 kilogrammes par jour, jusqu'à concurrence de sept corbeilles. En sortant du quatrième passement, le cuir de cheval est tanné ; on l'étire sur des tables de marbre, puis on le suspend, au moyen de crochets, au plafond d'un séchoir à air libre, pour lui faire perdre l'humidité surabondante. Il est alors livré au corroyeur avant son entière dessiccation.

Ce procédé est très-simple ; mais son emploi demande une attention intelligente et soutenue. C'est ce qu'on appelle un *tannage à la flotte*, parce que, en effet, le cuir y est tanné flottant dans les cuves.

Une peau de cheval, pesant 10 kilogrammes, en perd trois au travail de rivière, et en gagne quatre au tannage. Son poids devient donc 11 kilogrammes.

TANNAGE DES GROS CUIRS. — Les manipulations que l'on fait subir aux peaux destinées à donner des *cuirs forts* diffèrent, en plusieurs points, de celles que nous venons d'indiquer pour les cuirs de molleterie ; les modifications sont occasionnées d'abord par la plus grande épaisseur de la peau et par les difficultés plus grandes qui s'opposent à la combinaison du tannin, et ensuite par la différence des usages des cuirs.

Ainsi les cuirs de veaux, de moutons et de vaches, doivent généralement être souples, doux et moelleux au maniement ; les cuirs de bœuf, de buffle, etc., étant destinés à fournir les semelles des chaussures, ou à d'autres emplois analogues, doivent conserver une rigidité convenable.

Le pelanage est supprimé, du moins dans le plus grand nombre des fabriques. On y substitue l'ébourrage à l'échauffe, qui s'obtient à l'aide d'une légère fermentation putride que l'on fait subir aux peaux entassées. Cette opération, assez dégoûtante, se fait dans des chambres échauffées, et dont les matériaux sont à l'abri de la pourriture. Il est si difficile de régler les effets de cette fermentation, qu'on est obligé, surtout en été, de saler les peaux. Au bout de plusieurs jours, l'épiderme de la peau est assez désagrégé pour qu'on puisse enlever les poils, opération qui se pratique avec les mêmes outils qui sont employés pour ébourrer les peaux destinées à donner des cuirs mous.

En 1838, M. Delbut, tanneur à Saint-Germain, fit connaître le procédé de *débourrage à la vapeur*, qui était employé depuis longtemps, par les praticiens de Montbéliard. Dans ce procédé, l'échauffe est ordinairement une chambre voûtée, parfaitement construite en matériaux inaltérables, et ayant 3 mètres de hauteur sous clef, 3m.50 de longueur, et 3 mètres de large. La vapeur est amenée sous un faux plancher, et elle pénètre dans la chambre par de nombreux orifices ménagés dans le plancher supérieur. L'eau condensée dans la chambre s'échappe par ces orifices. Le plancher inférieur est disposé de manière à en faciliter l'écoulement ; il est en pierres bien cimentées, le faux plancher est en bois.

La température de l'échauffe est maintenue entre 20 et 25 degrés ; il faut avoir soin de bien la régler, car, on le sait, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, la gélatine peut se dissoudre, et cet accident occasionne des picotements sur la peau. Au bout de 24 heures, l'opération est terminée ; les poils peuvent s'enlever par les procédés ordinaires ; seulement, pour faciliter l'action du couteau, on saupoudre le poil avec du sable très-fin. C'est à un commencement d'altération superficielle qu'il faut attribuer la chute du poil des peaux qui ont passé à l'échauffe.

Après l'ébourrage et les différentes façons, les peaux passent à l'atelier des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuves où on leur fait subir le travail de gonflement ; ce gonflement s'obtenait autrefois par le travail à l'orge dont nous avons déjà parlé, mais ce travail avait beaucoup d'inconvénients, car les passements étaient sujets à varier avec les changements de température, et les diverses influences atmosphériques. Un temps orageux suffisait quelquefois pour donner au cuir une mauvaise qualité.

Aujourd'hui, on emploie généralement le travail à la jusée, qui se fait dans un train de huit cuves en bois ; chacune des cuves contient une dissolution de tannin à un degré de concentration déterminé. On commence par faire passer les peaux suffisamment préparées dans la liqueur la plus faible, et qui est à peine acidulée; puis on les fait plonger successivement dans les sept autres cuves ou passements, jusqu'à celui qui renferme la liqueur au degré le plus élevé.

Autrefois chacun des passements durait de 25 à 30 jours, et chaque jour, matin et soir, on relevait les peaux, on les laissait égoutter pendant trois heures, et on les replaçait dans les cuves. On a considérablement abrégé le travail des passements, en augmentant l'acidité du jus par l'addition d'acide sulfurique en quantité plus ou moins grande, suivant que l'on veut aller plus ou moins vite. L'acide sulfurique ne se met pas dans le premier passement. Il n'est ajouté, de peur de *surprendre* les cuirs, que dans les suivants. C'est un reste du procédé Seguin, sur lequel nous aurons un peu plus loin l'occasion de dire un mot. L'acide sulfurique facilite, il est vrai, et abrége singulièrement la préparation des peaux, mais c'est souvent aux dépens de la bonne qualité des cuirs.

Les eaux acides employées pour le gonflement des grosses peaux se préparent donc au moyen de vieux tan, placé dans des cuves, et sur lequel on fait filtrer de l'eau à deux reprises, puis on ajoute de l'acide sulfurique jusqu'à ce que la liqueur marque 10 à 12° au pèse-acide.

Lorsque les peaux sont suffisamment gonflées, on les immerge dans de nouvelles cuves contenant une dissolution de tan neuf. On évite de remuer les cuirs dans cette opération qui porte le nom de *refaisage*, et qui sert d'intermédiaire entre le gonflement et la mise en fosse. Elle commence le tannage à la surface du cuir. On a soin d'activer l'action des liquides, en y ajoutant à diverses reprises du tan neuf, et en prenant la précaution de les bien remuer pendant deux ou trois heures, à chaque nouvelle immersion.

Enfin, lorsque les peaux ont pris de la couleur, on les couche dans les fosses, où elles restent 18 mois à 2 ans. Pendant ce long espace de temps on retire les peaux à plusieurs reprises pour les recoucher entre des couches de nouveau tan. La proportion d'écorce qu'il faut employer varie beaucoup. Les cuirs de boucherie de Paris, qui sortent de l'abattoir avec cornes et crânes, pesant 50 kilogrammes, une fois tannés et séchés à fond pèsent 25 kilogrammes. Ils ont consommé de 150 à 175 kilogrammes de tan. Quelquefois il suffit de 130 kilogrammes répartis en quatre poudres, savoir : 40 kilogr. pour la première et 30 kilog. pour les autres.

En province les cuirs varient beaucoup de poids. En Bretagne, ils sont faibles, à Bordeaux, ils sont forts; aussi trouve-t-on des différences de 18 à 27 kilog.

Au total, on ne consomme pas beaucoup moins de 300 kilog. d'écorce pour 100 de cuir supposé frais, et le poids de celui-ci s'élève à 150 kilogrammes par le tannage.

En France, on abreuve peu les fosses, tandis qu'en Angleterre on y ajoute tant d'eau, qu'on peut dire que les peaux sont constamment plongées dans un bain de tan : ce dernier procédé donne de bons cuirs, mais d'une couleur foncée que le commerce français n'aime pas.

Les cuirs tannés sont immédiatement montés dans des séchoirs à air libre qui terminent les bâtiments de toutes les tanneries ordinaires. Là, on les nettoie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur des tables de bois au moyen de brosses ordinaires. On a bien imaginé, pour ce travail, des brosses cylindriques mues mécaniquement, mais elles n'ont pas été, nous ne savons trop pourquoi, généralement adoptées; il doit cependant y avoir avantage à s'en servir.

Après le nettoyage, on laisse le cuir se dessécher pendant plusieurs jours; puis, comme il n'est pas destiné au corroyage, on lui fait subir une dernière opération, le *battage* ou *martelage* qui lui donne la fermeté nécessaire, et qui en adoucit les surfaces.

Dans beaucoup de tanneries, le martelage s'exécute encore à la main avec un marteau en fer ou mieux en laiton, et sur des tables en pierre dure polie, ou en marbre, et quelquefois sur des tables en fonte parfaitement dressées et unies.

L'emploi du fer ou de la fonte présente parfois un grave inconvénient, celui de noircir les cuirs par la réaction du tannin sur le fer.

Dans quelques tanneries plus grandement montées, le martelage s'obtient au moyen d'un marteau à queue, mû par une roue à cames, et analogue aux martinets employés dans la fabrication du fer. Seulement le stoc sur lequel s'appuie le cuir est chauffé au moyen d'une enveloppe annulaire en tôle, dans laquelle on brûle des mottes de tan. Un semblable marteau peut préparer quatre cuirs et demi par heure.

M. Sterlingue a remplacé ce procédé de martelage par un système mieux étudié. Il employait une espèce de piston formé d'une forte flèche en bois, armée à sa partie inférieure d'un disque épais en laiton. Ce piston, mû par sa partie supérieure au moyen d'un levier qui reçoit lui-même le mouvement d'une roue à cames, retombe avec une assez grande vitesse sur le cuir que l'on a placé sur un disque en cuivre chauffé à la vapeur. Un ouvrier promène sans cesse le cuir, de manière à ce qu'il reçoive uniformément la percussion du pilon.

Une petite machine oscillante adaptée à chaque appareil transmet le mouvement à la roue à cames.

Cette méthode, comme la précédente, a le grave inconvénient d'occasionner un ébranlement général dans tout le bâtiment. Les appareils sont peu à peu disloqués et exigent, par suite, de fréquentes réparations. On doit donc apporter à leur construction une très-grande solidité, et les placer au rez-de-chaussée sur de bonnes fondations. Ces marteaux ont été perfectionnés par M. Bérendorf.

Des divers procédés de tannage.

Depuis un demi-siècle toutes les industries qui mettent en œuvre la peau des animaux ont fait d'immenses progrès. C'est un fait incontestable.

A côté de chacun de ces progrès se trouve le nom d'un homme de science, car le temps a heureusement fait justice des préjugés que soulevait toute immixtion de la science dans l'industrie. Aujourd'hui la science est un flambeau qui éclaire le monde entier, tout s'illumine par elle, plus de secret dans les arts; ce qu'elle invente, elle le dévoile, elle le met à la portée de tous pour le profit de tous.

De nos jours il y a réellement solidarité complète entre la science et les arts. Chez quelques-uns le doute existe encore; il ne tardera pas à se dissiper. Ce doute, prudent résultat de l'antagonisme de l'esprit d'initiative et, par conséquent, aventureux du savant, avec l'esprit conservateur ou de routine qui anime l'industriel, a du reste son utilité. Suivre le savant quand même, dans tout ce qu'il avance, alors même que ses assertions sont dictées par la meilleure foi du monde, c'est s'exposer souvent à de graves mécomptes. Repousser ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avis, c'est rester stationnaire, et rester stationnaire alors que tout progresse, c'est la ruine, cette mort de l'industrie.

Il y a donc pour l'industrie un juste milieu à prendre : écouter les conseils de la science et essayer sur une petite échelle les faits qu'elle avance.

Beaucoup d'efforts ont été tentés pour améliorer les opérations du tannage, pour les simplifier et les régulariser. Certes, les cuirs que l'on fabrique aujourd'hui ont toutes les qualités désirables, mais la tannerie n'a pas pour cela dit son dernier mot, loin de là. Il ne suffit pas d'améliorer les produits, il faut encore les obtenir promptement et au meilleur marché possible. C'est vers ces résultats que doivent se porter tous les efforts des savants et des praticiens intelligents.

Nous allons donner la description des principaux procédés qui ont été proposés dans le but de perfectionner le travail de la tannerie. Le lecteur verra ainsi les progrès déjà réalisés et ceux qu'il reste encore à obtenir.

Procédé Séguin. — Avant la Révolution française, personne ne s'était avisé d'obtenir des cuirs tannés en moins de deux ans. Mais la Révolution n'avait pas le temps d'attendre aussi longtemps. Carnot organisait la victoire, il fallait des souliers aux héroïques volontaires qui allaient la chercher. Les chimistes se mirent à l'œuvre. Guyton de Morveau fabriqua des cuirs de semelle en huit et même six mois, et, pour y parvenir, il employa le premier l'alun et les autres sels d'alumine. A ce propos, disons qu'on n'a pas assez remarqué combien les savants ont puissamment secondé la Révolution, combien aussi la science et l'industrie ont dû de découvertes et de progrès à ce tout-puissant aiguillon, la nécessité.

Séguin, collaborateur et ami du célèbre et malheureux Lavoisier, était déjà connu par d'honorables travaux quand il se livra à l'étude du tannage. Ce fut lui qui, le premier, ayant distingué l'acide gallique du tannin, fit connaître la propriété dont jouissait celui-ci de se combiner avec les matières animales, notamment avec l'albumine et la gélatine, et de former une substance inaltérable qui est la base des cuirs. Cette précieuse découverte donna la clef du tannage.

Si le procédé imaginé par Séguin n'a pas complétement répondu à l'attente générale, il n'en a pas moins porté un grand jour sur la fabrication des cuirs servi de base à un grand nombre d'autres méthodes, qui n'en sont que de modifications plus ou moins intelligentes.

Séguin opérait le gonflement des peaux à l'aide d'eau acidulée par l'acide sulfurique. Il parvint ainsi, suivant le rapport qui fut fait alors au Comité de salut public, à obtenir en 48 heures ce gonflement. Au sortir de ce passement acide, Séguin plaçait ses peaux dans une dissolution très-faible de tan. Il les laissait dans cette dissolution pendant une heure ou deux seulement, le temps de donner de la couleur à la fleur; puis il les levait et les plongeait dans une dissolution tannique plus forte que la première, en continuant ainsi jusqu'à la fin du tannage.

Procédé Vauquelin. — On commence par plonger les peaux dans de l'eau, et on les y laisse pendant 24 ou 48 heures, suivant le temps, en ayant le soin de renouveler l'eau une ou deux fois.

Au sortir des cuves de trempage, on place les peaux dans une espèce de foulon dont la caisse, animée d'un mouvement de va-et-vient, fait à chaque instant varier la place où tombent les coups. Là, elles reçoivent, en effet, pendant une demi-heure ou une heure, l'action de pilons qui, aidés par un faible jet de vapeur, les assouplissent beaucoup. Ensuite on les porte dans une étuve fermée de toutes parts, où on les soumet, pendant douze heures, à l'action directe de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vapeur vésiculaire à la température de 30° environ. Cette étuve doit être voûtée et solidement construite en bons matériaux bien cimentés. Au sortir de l'étuve, les peaux sont immergées pendant 24 heures dans de l'eau tiède. Si l'eau était trop chaude, elle pourrait altérer les peaux, et l'on n'obtiendrait plus que des cuirs de qualité inférieure.

Après ces opérations, les peaux sont disposées pour l'ébourrage qu'on peut pratiquer suivant la méthode ordinaire avec le couteau rond, ou bien en se servant d'un tonneau ou cylindre de 2 à 3 mètres de diamètre, garni intérieurement d'un grand nombre de chevilles en bois, arrondies à leurs extrémités. Ce tonneau ou cylindre est renfermé dans un cylindre plus grand et clos, qui reste fixe. Les peaux étant placées dans le cylindre intérieur, on fait tourner celui-ci pendant à peu près une heure. Ce cylindre est fermé aux deux bouts par des grillages au travers desquels le poil passe pour se rassembler dans l'espace vide entre les deux cylindres; d'où on le retire bien propre et prêt à servir aux bourreliers.

On procède ensuite à l'écharnage qui se fait au moyen d'une machine, nommée *tondeuse*, tellement combinée, que toutes les parties plus épaisses et superficielles de la peau sont enlevées avec une grande facilité ; ces déchets servent à la fabrication de la colle.

Après l'écharnage on lave les peaux, soit en leur donnant une façon, soit en les repassant dans le grand tonneau garni de chevilles dont nous venons de parler.

On les ramène ensuite au foulon, où elles sont travaillées à l'eau tiède pendant une heure. On règle la température nécessaire à cette opération en faisant arriver un jet de vapeur dans la bâche du foulon ; un autre tuyau amène l'eau froide.

Au sortir du foulon, les peaux, assouplies et gonflées, sont placées dans un grand tonneau muni d'un axe armé de bras, et l'on verse sur elles du jus de tan d'une densité déterminée (ce jus est obtenu en faisant digérer 75 kilogr. de tan avec 210 kilogr. d'eau). Les peaux sont continuellement remuées dans cette liqueur par les bras de l'axe; ce dernier est mis en mouvement au moyen d'un renvoi de la machine à vapeur. Ce coudrement, ou mise en couleur de la peau, dure environ trois heures.

On empile ensuite les peaux dans des cuves, et on les soumet à l'action de liqueurs de plus en plus fortes. Pendant les trois premiers jours, on les relève trois fois par jour, et, de plus, chaque jour on les place dans la bâche du foulon, où elles reçoivent l'action des foulons pendant une demi-heure ou une heure. Les pilons pétrissent pour ainsi dire les peaux, les assouplissent, et les rendent plus propres à recevoir de nouvelles liqueurs tannantes, en expulsant le jus précédent retenu dans les pores de la peau. Après chaque foulage, les peaux sont placées dans le tonneau à bras, et mises en contact avec des jus de tan de plus en plus forts au fur et à mesure que les opérations se répètent.

En définitive, les peaux, après le coudrement, sont alternativement portées du tonneau à bras au foulon, et de celui-ci au tonneau, etc. Dans l'un des appareils, elles sont soumises à l'action du tan; dans l'autre, le tan est forcé de pénétrer puis de se dégorger par la pression énergique que l'on fait subir aux peaux.

Au bout de douze à quinze jours, les peaux sont à peu près tannées. Il ne reste plus, pour leur donner tout le tannin nécessaire, qu'à les mettre en contact avec du tan neuf en poudre. Ce dernier travail se fait, comme à l'ordinaire, en interposant entre chaque couche de peaux une couche de tan neuf pulvérisé.

Par ce procédé on a pu tanner des peaux de bœuf en 90 jours, des peaux de vache en 60 jours, et des peaux de veau en 30 jours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Procédé Ogerau. — Dans une cuve à double fond, on dispose couche par couche les peaux préparées, c'est-à-dire épilées et gonflées, à la manière ordinaire ; entre chaque couche, on a soin d'interposer du tan, qui, tout en cédant son tannin, doit aussi rendre la masse entière perméable à l'eau. La cuve étant aux trois quarts remplie, on y fait arriver, pour la première opération, de l'eau pure, et, pour les suivantes, une jusée faible ayant servi à une précédente opération. Le liquide pénètre peu à peu la masse et vient se réunir entre les deux fonds, d'où il s'écoule à volonté dans un réservoir inférieur. Là, une pompe le reprend au besoin et le remonte à la partie supérieure de la cuve. On établit ainsi une circulation continue ; toutes les couches du liquide renfermé dans la cuve ayant dû se déplacer, il en résulte que celles qui étaient en contact avec le tan, et qui étaient saturées de tannin, sont venues se mettre en contact avec les cuirs. Au contraire, celles qui imbibaient les peaux s'en sont écoulées après avoir cédé leur tannin et sont, par cela même, tout à fait aptes à en reprendre une nouvelle quantité à l'écorce qu'elles vont rencontrer.

Conduite de cette manière, l'opération dure environ un mois ; au bout de ce temps, il faut vider la cuve, renouveler le tan et recommencer le même travail. Une troisième poudre est indispensable pour terminer le tannage ; elle se donne comme la première et la seconde.

Ainsi on monte trois fois la cuve avec du tan neuf, et on soutire tous les jours une partie du liquide pour le reverser à la surface des cuves. L'ensemble du travail, y compris le travail de rivière et les passements, ne dépasse guère quatre mois

Procédé Sterlingue. — Les cuves sont enterrées et analogues à celles employées par M. Ogerau. La liqueur tannante qui se réunit dans le double fond est prise là par un tube en bois, au moyen duquel elle remonte jusque vers le sommet de la cuve, d'où elle coule par une ouverture latérale dans la cuve suivante. Il en résulte que tout liquide ajouté à la surface de la première cuve oblige une quantité de liquide égale, provenant du fond de cette cuve, à remonter par le tube et à s'écouler dans la cuve suivante, qui en éprouve à son tour le même effet, et ainsi de suite d'une cuve à l'autre.

Il résulte de cet ensemble de dispositions que, si on avait dix cuves contenant chacune les peaux à tanner, avec environ trois fois leur poids d'écorce on pourrait tous les dix jours en évacuer une et en recharger une nouvelle. Il faudrait donc douze cuves pour le train, dont dix en travail et deux en vidange ou en chargement.

S'il s'agissait d'un tannage à la flotte, ce travail serait sans difficulté. En représentant l'ordre des cuves par les chiffres suivants :

Eau → 1 2 3 4 5 6
12 11 10 9 8 7 ←

l'eau marchant dans le sens indiqué par les flèches et les peaux marchant dans le même sens qu'elle, tandis que les écorces seraient dirigées en sens opposé, rien ne serait plus facile que d'arriver à un tannage rapide et régulier ; mais il faudrait s'assujettir à des remaniements fréquents des cuves, puisqu'il faudrait séparer les peaux, à mesure qu'elles se tanneraient, des écorces, à mesure que celles-ci s'épuiseraient.

C'est pour parer à cet inconvénient et pour arriver à un tannage plus parfait et plus rapide, que M. Sterlingue a été conduit à introduire dans ce procédé l'emploi des jus concentrés, en remplacement d'une partie des écorces qu'il supprime.

Mais la concentration des jus est sujette à de nombreuses difficultés ; le tannin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'altère à chaud, au contact de l'air, d'une manière profonde et perd ainsi une partie de ses propriétés tannantes.

M. Sterlingue a imaginé un autre procédé, il y a une dizaine d'années environ.

Ce procédé consiste à tanner les peaux sans les soumettre préalablement au gonflement par les acides, ainsi que dans un nouveau mode de traitement de ces peaux pour les débourrer. Il comprend également une méthode perfectionnée de tannage, dans laquelle chaque peau est d'abord soumise séparément à l'action du tan, l'emploi de la vapeur d'eau, l'injection d'une liqueur tannante et, enfin, une disposition et une construction nouvelles des fosses.

Pour préparer les cuirs épais, ceux de semelles, par exemple, on procède, après le travail de rivière ordinaire, à un débourrage à la vapeur; mais, pour cela, au lieu de passer les peaux dans une étuve, on les soumet à l'action de la vapeur dans des fosses perfectionnées, dont voici la description :

Ces fosses sont construites en bois et consolidées par des cercles en fer. Elles ont la forme d'un cône tronqué, c'est-à-dire qu'elles ont un diamètre plus grand à la partie inférieure qu'à la partie supérieure; les parois ont, du reste, une très-faible inclinaison. Les peaux sont tendues sur des châssis circulaires en bois qu'on descend dans la fosse, où ils sont guidés à leur descente par des nervures ou règles établies sur les parois internes. Ces guides sont indispensables, en raison même de la forme conique des fosses. On ferme alors la fosse avec un couvercle, et on introduit la vapeur dans le bas à travers un faux fond percé de trous et disposé dans la partie inférieure. On règle avec soin la température, et, à cet effet, on établit des tuyaux partant du fond de la fosse et s'ouvrant sur les parois à des hauteurs différentes. Les peaux sont soumises à l'action de la vapeur pendant 10 à 15 heures; au bout de ce temps, on les sort de la fosse, elles sont alors propres à être débourrées et écharnées à la manière ordinaire.

La peau est alors tendue sur un châssis ou sur une table et dressée à la main ou autrement, pour en faire disparaître les défauts ou les inégalités, lui donner la forme, la dimension ou l'épaisseur convenables, opérations faciles en raison de la flexibilité de la gélatine.

Dans cet état, chaque peau est placée séparément dans une sorte de caisse très-basse, sur une couche d'écorce de tan; on la recouvre d'une autre couche d'écorce et on descend la caisse dans la fosse. Il faut employer 45 à 46 kilogrammes d'écorce pour une peau pesant 50 kilogrammes. Quand la fosse est remplie avec ces caisses, on la ferme avec son couvercle et on fait arriver la vapeur par le double fond. La température de la fosse étant élevée de 15 à 16 degrés centigrades, on arrête l'introduction de la vapeur et on y verse, jusqu'à ce qu'elle soit remplie, du jus de tan pesant 1°.6 à l'aréomètre.

On s'assure de la température et de la force des solutions, à diverses profondeurs, au moyen des tubes latéraux dont il a été question tout à l'heure. Au bout d'une quinzaine de jours, on peut soutirer la liqueur, ouvrir la fosse, en extraire les peaux, les enlever des caisses, les empiler dans des fosses ordinaires, où elles s'égouttent, tandis que le jus qui n'est pas épuisé est introduit dans des cuves pour en extraire le tannin.

On répète alors l'opération, mais les caisses ont plus de hauteur et peuvent contenir jusqu'à cinq ou six peaux les unes sur les autres, avec des couches de tan interposées (elles ont à peu près trois fois la hauteur des autres). On fait arriver, cette fois, la vapeur très-lentement, pour qu'elle puisse se condenser en partie et ouvrir ainsi les pores de la peau; de plus, cette vapeur condensée macère le tan et le prépare à abandonner son tannin à la liqueur qui viendra le baigner. Lorsque la température est d'environ 15°, on arrête la vapeur et on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplit la fosse avec une infusion de tan marquant 4°.8 à l'aréomètre. Au bout d'une quinzaine de jours, on soutire la liqueur et on procède à l'ouverture de la fosse, comme précédemment. On peut répéter l'opération une troisième et même une quatrième fois, si on le juge nécessaire, en ayant soin d'augmenter chaque fois la dose du tannin. Le jus de tan qui s'écoule des peaux est recueilli dans un canal commun ; on le réchauffe à la vapeur dans des cuves, pour en alimenter les fosses.

Les peaux, au sortir des fosses, sont prêtes à être séchées et battues.

Procédé Spilsbary. — On débarrasse les peaux de leur poil, et on les écharne à la manière ordinaire ; on examine attentivement l'état dans lequel elles sont, et si on aperçoit des trous, on les recoud avec soin, de manière à ce qu'il n'y ait pas de solution de continuité.

On prépare ensuite trois châssis de bois de la même grandeur, dont les bords sont fixés par des vis; on place une peau sur le premier châssis, et on l'étend jusque sur ses bords ; on pose par-dessus le second châssis, de manière que les bords des deux châssis serrent la peau tout à l'entour et la tiennent ferme ; on installe, de la même manière, une peau sur la surface supérieure du deuxième châssis, et, au moyen du troisième, on fixe cette seconde peau. On serre alors fortement les châssis ensemble, au moyen d'écrous et de boulons qui traversent des oreilles ou anses placées sur les bords externes des châssis, et qui fixent la peau d'une manière convenable pour lui faire subir l'action de la liqueur tannante.

Il se trouve, par conséquent, y avoir entre les deux peaux un espace dans lequel, les châssis étant relevés debout, on introduit le liquide tannant au moyen d'un tuyau qui descend d'un réservoir supérieur, tandis que l'air s'échappe par une soupape qu'on ferme quand le sac est rempli. Le robinet supérieur demeure ouvert pour maintenir une communication avec le réservoir du liquide, de sorte que la pression de la colonne liquide force la liqueur à traverser les pores de la peau par une infiltration lente; le tannin se trouve ainsi en contact avec toutes les fibres indistinctement. L'effet de cette pression se manifeste par un suintement constant sur la surface extérieure des peaux.

Lorsqu'on juge l'opération terminée, on ferme le robinet supérieur; on ouvre le robinet inférieur pour faire écouler le liquide restant, on détache les châssis et on porte les peaux à sécher après avoir enlevé les bords qui étaient pris entre les châssis.

Procédés William Drake. — Les peaux, préparées comme à l'ordinaire, sont plongées dans une liqueur légère de tan, et, en les tournant et les maniant à diverses reprises, elles y reçoivent un premier tannage, avant d'être soumises à l'infiltration à plat. On place ensuite deux peaux, autant que possible de la même grandeur et de la même forme, grain contre grain , et on coud exactement et tout autour les bords qui se correspondent avec du fil ciré de cordonnier, de manière à en former un sac assez solide pour conserver la solution de tan. On suspend alors le sac à des chevilles au moyen des cordes cousues à ses côtés. On laisse à l'extrémité supérieure du sac une ouverture, pour y introduire un entonnoir au moyen duquel on verse la liqueur de tan froide, jusqu'à ce que le sac en soit plein. Après un certain temps, qui varie selon la qualité des peaux, la surface extérieure devient humide et des gouttelettes commencent à se former au-dessous du sac ; on les reçoit dans un vase convenable, et lorsqu'on a une quantité suffisante de ce liquide, on le verse de nouveau dans l'entonnoir, de manière que le sac soit entièrement gonflé.

Lorsque les peaux deviennent dures et fermes, quoique leurs parties soient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

également humides, on élève la température de l'atelier, qui a été toujours bien ventilé, de 20° jusqu'à 65°. On doit maintenir cette chaleur jusqu'à ce que les peaux soient devenues complétement dures et fermes sur tous les points ; lorsqu'elles commencent à noircir, et que la liqueur ne subit plus que peu de diminution, on peut regarder les peaux comme étant tannées. On vide alors le sac, en coupant au fond quelques points de couture, puis on étale les peaux et on rogne les bords.

Procédé Knowlys et Dnesbury. — Ces inventeurs accélèrent la pénétration du tannin dans les peaux, en les suspendant dans un vase fermé dont l'air est enlevé au moyen d'une pompe à air, pour être remplacé par une liqueur tannante.

Procédé de S. Cox. — Ce procédé, qui, d'après l'inventeur, a principalement pour objet d'abréger la durée du tannage, de manière à la réduire à neuf semaines, sans avoir recours aux ingrédients chimiques, consiste à appliquer simplement les jus ordinaires au moyen d'un appareil mécanique particulier, qu'on pouvait voir à l'Exposition. Tout le travail consiste à suspendre les peaux à l'intérieur d'un tambour ou d'un cylindre tournant, où elles se roulent ou se plient alternativement, puis se déroulent et se développent pendant qu'elles plongent dans la liqueur tannante. Ce travail présente un aspect assez curieux : on dirait une masse vivante qui grouille comme un amas de vers ou d'anguilles; les peaux se plient et se déplient en même temps que le jus en exsude, puis en sont absorbées de nouveau.

Le cylindre tourne à raison d'un tour par minute, et le travail donne aux peaux d'abord une forme concave, puis une forme convexe, et réciproquement, ce qui en ouvre et ferme alternativement les pores sur chacune des faces, et convertit chacun de ceux-ci en une sorte de pompe aspirante et foulante, qui dans le premier cas aspire le jus et dans le second le chasse, puis l'aspire de nouveau, et ainsi de suite. Le roulement de la peau dans le cylindre nettoie la surface ou l'orifice de ces pores, qui peuvent alors absorber un nouveau jus à la place de celui qui a été épuisé.

On a mis sous les yeux de la Société des Ingénieurs de Londres des spécimens de peaux tannées par ce procédé, en 7, 29 et 40 jours, et un même nombre de pièces tannées par l'ancien procédé en 19, 60 et 120 jours. L'avantage s'est trouvé en faveur du procédé Cox.

L'économie du temps est encore plus considérable pour le séjour dans les fosses ; ce séjour n'est que de 14 à 20 jours au lieu de vingt semaines.

Un autre avantage de ce procédé, c'est que les peaux une fois placées dans le cylindre n'en sont plus retirées qu'elles ne soient prêtes à être mises en fosse; le renouvellement du jus ne se fait que toutes les 48 heures.

En somme, d'après les expériences faites, on économiserait, avec cette méthode, les 4/5 du temps, ce qui donnerait un bénéfice d'environ 33 à 34 centimes par kilogramme de cuir.

Procédé Herepath. — L'inventeur s'est proposé d'opérer dans un temps donné une absorption plus prompte des principes de l'infusion du tan, en soumettant tour à tour les peaux à des agents mécaniques qui en expriment les infusions en grande partie épuisées, et en leur faisant absorber des infusions fraîches.

Les peaux sont cousues bout à bout, tête contre tête, ou queue contre queue, de manière à former une sorte de toile sans fin. Ce ruban de peau circule avec une vitesse de 2 mètres par minute. Dans cette circulation, il part de la fosse et passe entre des rouleaux tournant en sens inverse ; là, les peaux se trouvent exprimées par la pression du rouleau supérieur, et en partie dépouillées de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liqueur épuisée. Le ruban redescend ensuite dans la fosse, les pores ouverts et disposés à absorber une nouvelle quantité de la liqueur tannante.

Ce procédé donne de la densité au cuir, accélère le tannage et économise le principe tannant; seulement il convient de ne pas laisser retomber dans la même fosse le liquide exprimé par les rouleaux, mais, au contraire, au moyen d'une rigole, de le diriger sur d'autres fosses, de manière à rendre le tannage plus méthodique. En effet, dans ces fosses on pourrait passer des peaux en première eau qui se trouveraient alors en contact avec du jus déjà affaibli, tandis qu'on réserverait pour les cuirs déjà avancés la solution forte ou concentrée qui ne s'affaiblirait pas ainsi successivement et en raison inverse des progrès du tannage, ce qui aurait lieu forcément si le jus (épuisé en partie) retombait dans la fosse d'où il sort.

Cette manière d'opérer est, comme on le voit, un véritable tannage à la flotte.

Tannage Knoderer. — Ce procédé connu sous le nom de *tannage économique accéléré*, a fait beaucoup de bruit il y a une douzaine d'années. De l'eau, de l'écorce et du mouvement, telle était la devise de l'inventeur. Malheureusement ici, comme fort souvent, la méthode n'a pas donné tous les bons résultats qu'on avait un instant entrevus.

Ce procédé consiste essentiellement à mettre n'importe quelle espèce de peaux, lorsqu'elles sont travaillées de rivière, dans des tonneaux d'une dimension calculée soigneusement d'après les lois de la dynamique, pour les gros cuirs comme pour les petits, tels que veaux, chevaux, capotes et croupons. On remplit préalablement ces tonneaux à un peu plus de moitié avec du jus d'écorce marquant un degré déterminé au pèse-tannin. On ajoute à ce jus une certaine quantité d'écorce, calculée pour petites et pour grosses peaux, telles que bœufs, vaches ou taureaux; puis on ferme hermétiquement le tonneau, et on le fait tourner avec une vitesse également calculée sur l'expérience, et d'après les lois dynamiques. On ajoute ensuite une nouvelle quantité d'écorce pareille à la première, et on continue de même pendant 3 ou 4 jours. Au bout de ce temps, les peaux sont aussi avancées que si elles avaient subi trois passements. Alors, suivant les circonstances, on les place soit dans un autre tonneau contenant du jus plus fort, d'un degré qui doit varier avec la nature des cuirs, et on y ajoute la même quantité d'écorce qu'au commencement, ou on les laisse dans le même tonneau en doublant seulement la quantité d'écorce qu'elles ont reçue primitivement. On réduit le nombre d'heures de rotation, surtout lorsque les jus, par suite du frottement continu, sont arrivés à un degré assez élevé de chaleur. Une fois ce résultat obtenu on ne laisse plus marcher les tonneaux qu'un certain nombre d'heures sur 24, suivant la saison.

Sans doute, sans le mouvement, rien n'est possible en tannerie; mais le mouvement ne suffit pas. Il n'est pas, d'ailleurs, d'invention récente, puisqu'il était connu et appliqué par nos premiers faiseurs qui, en coudrant, arrivaient par la rotation à une obtention beaucoup plus prompte de la mise en couleur et de la prise du grain. Plus tard ont été mises en usage les *tonnes à coudrer*, puis les *moulinets* et *volants* placés sur les cuves.

Procédé Snyder. — L'inventeur prend les *peaux en tripe*, et les acupuncture sur toute la surface, c'est-à-dire qu'il les perfore au moyen d'un instrument présentant une surface armée de pointes ou aiguilles très-fines, en acier, dont il peut y avoir depuis 15 jusqu'à 45 au centimètre carré suivant l'épaisseur et la qualité des peaux. Ce travail a pour but, comme on le comprend, de faciliter l'absorption de la liqueur tannante en augmentant la porosité de la peau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit facilement le côté défectueux d'un semblable système, aussi n'a-t-il pas eu d'imitateurs.

Procédé Danois. — Cette méthode, connue sous le nom de *tannage au sippage*, consiste à coudre les peaux comme des sacs, à les remplir de tan et d'eau, à fermer les sacs et à les coucher dans des fosses pleines d'eau et de tan.

Deux mois suffisent dans ce procédé, pour arriver à un tannage complet.

Procédé darcet. — On a imaginé également plusieurs systèmes de tannage au moyen de substances minérales. Darcet est entré le premier dans cette voie ; il employait uniquement pour rendre les peaux imputrescibles et analogues aux cuirs, le sulfate de sesquioxyde de fer.

Ce procédé simple et économique, d'une durée très-courte, est basé sur la réaction suivante :

Une dissolution de sulfate de sesquioxyde de fer versée dans une solution de gélatine et d'albumine y produit un précipité abondant composé des mêmes éléments, et analogue à celui obtenu dans les mêmes conditions avec le tannin, de sorte que si on met les peaux, préalablement préparées, en contact avec le sel de fer, elles doivent se tanner comme si elles étaient en contact avec le tannin.

Les peaux sont laissées dans la liqueur ferrique pendant un temps qui varie suivant leur épaisseur ; ainsi trois jours suffisent pour les peaux minces ; tandis qu'il en faut de six à huit pour les peaux épaisses qui sont moins perméables à l'eau.

Nous bornerons là l'examen des divers procédés imaginés dans le but d'améliorer le tannage. Il y en a une infinité d'autres proposés dans le même but ; quelques-uns ne valent pas la peine d'être discutés, et chaque année en voit encore éclore plusieurs dont l'examen nous entraînerait trop loin.

Parmi ceux que nous venons de décrire, le procédé Ogerau, par filtration continue, et la méthode Sterlingue semblent se rapprocher le plus du but. On sait que les tanneurs de Paris ont décerné une médaille d'honneur à ce dernier, pour les progrès qu'il avait fait faire à l'art de la tannerie, et les cuirs Ogerau ont toujours été en grande réputation.

Le procédé Vauquelin n'a pas donné tous les résultats qu'on en attendait d'abord ; cependant nous croyons que l'alliance bien comprise des moyens mécaniques à l'emploi intelligent des matières tannantes doit amener la véritable solution du problème.

Dans les méthodes anglaises, par la pénétration forcée des liqueurs tannantes dans les peaux disposées en sac, on comprend que tous les points de la peau en contact avec le tannin sont séparés par les interstices qui donnent passage à la liqueur, de sorte que les cuirs se présentent comme de véritables réseaux criblés d'un nombre infini de pores. On a également reproché à ces procédés de distendre les peaux, de disjoindre les fibrilles qui les composent, et de les affaiblir considérablement, surtout quand elles présentent quelques endroits faibles.

Les procedés Cox et Herepath doivent pouvoir donner de bons résultats. L'exécution en est simple, et le travail est facile à diriger. Il pourrait se faire cependant que, dans le procédé Hérepath, la pression répétée des cylindres donnât promptement aux peaux une densité telle qu'elle s'opposât au progrès ultérieur du tannage. Les cuirs, pour la même raison, doivent perdre également une partie de leur souplesse et de leur élasticité, quoiqu'il soit possible que le passage et l'enroulage fréquent des cuirs sur les cylindres leur rendent en partie ce que la pression peut leur faire perdre sous ce rapport. C'est à l'expérience de décider.

Le procédé danois donne de bons résultats ; mais la main-d'œuvre doit êtr

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

considérable. Dans le procédé Knoderer, au contraire, la main-d'œuvre est beaucoup diminuée, et la surveillance du travail très-facile. Quant à l'emploi des sels minéraux, il a l'inconvénient de donner au cuir une qualité cassante à laquelle on ne peut obvier qu'en l'imprégnant constamment d'un corps gras. Cependant ce tannage doit présenter de grands avantages pour certaines espèces de cuirs.

Le problème général du tannage peut se formuler ainsi : Faire le meilleur cuir possible, et le plus économiquement possible, c'est-à-dire en diminuant la durée de l'opération, les difficultés de la main-d'œuvre et la consommation des matières tannantes.

En effet, en dehors du capital immense enfoui dans les fosses pendant une durée plus ou moins longue, les frais de main-d'œuvre sont excessifs dans les tanneries actuelles. Ainsi les peaux, au sortir du travail de rivière, sont placées dans des passements tout à fait usés, où elles restent pendant plusieurs jours. Si ce sont de petites peaux, il faut les faire tourner au moins pendant quatre à cinq heures par jour, au moyen d'une roue à palettes planes, mue par un engrenage direct. Cette méthode est, du reste, déjà un progrès qui n'a été réalisé, jusqu'à présent, que dans quelques tanneries; car, généralement, on remue simplement les peaux avec des perches. Il faut, en outre de cela, les relever des passements une ou deux fois par jour, et ce travail est continué pendant quatre, cinq, six ou huit jours, suivant la saison et la force des peaux et des passements. Après quoi on met les peaux dans d'autres passements moins usés, et on leur donne 1/2 à 1 kilogramme d'écorce par peau, suivant la force de cette dernière. C'est ce que l'on appelle un premier passement; il dure au moins huit jours et nécessite les mêmes opérations que nous venons de décrire. Un deuxième et un troisième passement se donnent de la même manière; puis on met en retraite pendant trois semaines ou un mois, avec 2 ou 3 kilogrammes d'écorce par peau, suivant sa force.

Cette opération exige deux journées d'un ouvrier habile pour 3 ou 400 pièces; de plus, lorsqu'on les couche en fosse, il faut encore donner de 5 à 15 kilogrammes d'écorce par peau, etc. Si les cuirs sont mal soignés dans les passements, ils restent toujours plats et filandreux, se tannent difficilement et donnent un poids beaucoup moindre que celui qu'ils devraient avoir, en raison de ce qu'ils pesaient primitivement. On comprend quelle main d'œuvre doivent absorber de si fatigantes et si nombreuses manipulations.

Le contrôle du travail est également très-difficile. Dans une tannerie un peu importante, il est impossible au chef de surveiller suffisamment les ouvriers chargés de coucher les cuirs en fosse, et encore moins de faire ce travail lui-même. Comme il est surabondamment prouvé qu'il est inutile de donner aux parties faibles de la peau, telles que le collet et les flancs, plus d'écorce qu'elles ne peuvent en absorber en raison de leur force, puisque tout ce qui leur est donné en trop est perdu complétement, et que, d'un autre côté, tout ce qui est jeté au delà des bords de la peau l'est à plus forte raison, il s'ensuit que le tanneur doit éprouver, dans la plupart des cas, une perte considérable d'écorce par chaque peau mise en fosse. Il éprouve cette perte, soit que la distribution du tan, qui exige une connaissance très-exacte de la peau, n'ait pas été bien faite, soit que l'ouvrier, par négligence, en ait jeté une bonne partie à côté des bords de la peau.

Par conséquent, tout ce qui conduira à diminuer la main-d'œuvre et la surveillance, sans nuire à la qualité du cuir, sera un progrès très-sérieux et bien désirable.

Le gonflement des peaux laisse beaucoup aussi à désirer, soit par le temps employé à le produire, soit par les moyens mis en œuvre pour arriver à ce ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sultat. La vapeur demande une attention soutenue dans son emploi, et les liqueurs acides une grande modération; l'acide sulfurique, à dose trop élevée, brûle les peaux et rend le cuir d'un mauvais usage : c'est ce qui est arrivé pour les cuirs préparés rapidement par Séguin. En tout cas, il est toujours prudent de ne pas employer cet acide tout seul, mais de le faire entrer, à petites doses, dans des jus de tannée plus ou moins chargés.

Le gonflement est une opération importante, qui doit s'opérer par la fixation d'une grande quantité d'eau; il rend la peau demi-transparente. C'est à cette préparation que succède le tannage. C'est par le gonflement qu'on obtient l'isolement des fibres, qui rend la peau perméable aux liquides, et, conséquemment, accessible aux dissolutions tannantes.

Le travail des peaux à la chaux présente beaucoup d'inconvénients. D'abord la chaux, pendant son long contact avec les peaux, en altère plus ou moins le tissu, pénètre dans ses pores et y demeure obstinément à l'état de chaux caustique, de carbonate de chaux et de savon calcaire insoluble formé avec les matières grasses dont la peau est toujours imprégnée.

Les nombreux lavages à l'eau et les façons que l'on donne à la peau ne la débarrassent qu'imparfaitement de cette chaux qui nuit sensiblement au tannage. Elle s'oppose à la facile pénétration du tannin et à sa combinaison parfaite avec la peau. Cette résistance qu'oppose la chaux à toutes les manipulations est si vraie, que les peaux les mieux tannées en conservent toujours une certaine quantité, et que les corroyeurs, et surtout les fabricants de cuirs vernis, sont obligés de *purger* les peaux par un travail particulier, à l'aide duquel ils en font sortir une crasse abondante.

Le débourrage, par la fermentation putride, tel qu'il se pratique pour les gros cuirs, est mauvais, et les soins les plus grands ne peuvent empêcher qu'une partie des peaux n'en soit gravement détériorée.

On a cherché, par plusieurs moyens, à remédier aux inconvénients que présente le débourrage des peaux. Nous allons passer rapidement en revue les principaux :

Méthode Turnbull. — Pour se débarrasser de la chaux qui reste toujours dans les peaux, M. Turnbull, se basant sur la propriété que possèdent le sucre et la chaux de se combiner ensemble et de former des sucrates de chaux solubles, avait proposé une méthode de tannage au sucre et à la sciure de bois. Ce procédé, qui date de 1840, n'a pas été généralement adopté; il présente, du reste, beaucoup d'inconvénients.

Méthode Bœtger. — Dans ce procédé, la peau verte ou reverdie est retournée, la fleur par-dessus, et étendue sur une table de pierre ou de bois; puis on imprégne légèrement le poil avec une bouillie de sulfure de calcium, au moyen d'une cuiller ou d'une truelle de bois qui sert à faire pénétrer la substance jusqu'à la racine des poils, et à bien enduire ceux-ci. On travaille de la même manière une autre peau qu'on place ensuite poil contre poil sur la première. Ces deux peaux sont finalement recouvertes de quelques planches qu'on charge de pierres. Au bout de deux heures on peut enlever facilement le poil. M. Lindner a proposé dans le même but l'emploi de la chaux du gaz.

Le docteur Bœtger a également reconnu que le sulfhydrate de calcium, ou simplement l'acide sulfhydrique jouissaient de la propriété de détacher en peu de temps les substances pileuses qui recouvrent la peau des animaux.

C'est en se basant sur l'emploi que certaines congrégations religieuses de l'Orient font du Rhusma, ou mélange d'orpiment (sulfure jaune d'arsenic) et de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaux caustique, que le docteur allemand avait été amené à étudier l'emploi des sulfures calciques.

Méthode Boudet. — M. Boudet supprime complétement la chaux et la remplace par un alcali plus soluble, et partant plus facile à enlever par les lavages. Il emploie dans ce but la soude, qui se trouve dans le commerce à meilleur marché que la potasse. Pour 1,000 kilogrammes de peaux, on emploie 20 kilogrammes de carbonate de soude cristallisé (cristaux de soude du commerce) et 15 kilogrammes de chaux éteinte qu'on met dans une bassine avec 500 litres d'eau. Il se forme du carbonate de chaux insoluble, et l'alcali devient caustique. Au bout de deux ou trois jours, les peaux immergées dans cette liqueur s'épilent très-facilement.

L'expérience seule peut démontrer si la qualité du cuir obtenu n'en est pas altérée ; si le tissu, tellement gonflé, ne reste pas un peu lâche, même quand le tannage est complet, enfin si les cuirs conservent à l'air toutes leurs propriétés.

Le procédé de Boudet est employé dans beaucoup de tanneries. On l'a cependant accusé de fournir des cuirs gonflés d'eau, qui se perd au magasin au détriment de la qualité du produit comme de son poids.

Procédé américain. — A l'inverse du procédé défectueux à l'échauffe, cette méthode de débourrage s'exécute à froid. On place les peaux dans une cave ou cellier, ayant 4 mètres de profondeur, 4 mètres de longueur et 3 mètres de largeur. Les murs de cette cave, dont la crête du toit doit être de niveau avec le sol, sont construits en pierres, en briques, ou encore formés par un bâti de charpente sur lequel on cloue des planches d'une bonne épaisseur.

Pour parvenir à cette fosse on ménage un chemin ou couloir d'environ 2 mètres de longueur, qu'on ferme avec une porte à chaque extrémité. Celle qui donne accès au dehors doit être construite à doubles parois, remplie de tannée à l'intérieur, de manière à intercepter l'air sec et à l'empêcher de pénétrer dans la cave. Un viaduc ou une rigole carrée construite en planches, de 28 à 30 centimètres de largeur, s'étend à partir du centre du plancher de la cave jusqu'à 15 à 20 centimètres au delà, et est placée à 1m.20 au-dessous de la surface du terrain. Cet appareil a un double but : il sert de conduit de décharge pour les eaux d'égouttage de la cave, et, en même temps, il laisse passer l'air froid chargé de vapeur destiné à prendre la place de celui qui se trouve raréfié, et, par conséquent, à entretenir un courant constant au moyen d'un ventilateur que l'on place au sommet.

Sur la crête s'étendent, dans toute la longueur de la cave, deux rangées de planches, posées de champ, et espacées entre elles de 5 centimètres.

La distance qui les sépare reste libre ou ouverte ; c'est par là que s'opère la ventilation ; mais on recouvre tout le reste du toit avec de la terre sur une épaisseur d'un mètre. Cette couverture en terre, posée sur la cave, a pour but de maintenir une basse température dans celle-ci, de manière que l'opération de l'épilage puisse se faire sans échauffement et sans fermentation.

On amène de l'eau de source ou de puits au moyen de tuyaux ou de gouttières qui rampent intérieurement le long de la corniche des parois verticales, afin que le liquide, s'écoulant en petite quantité, forme sur les murs une nappe humide, ou tombe en pluie fine, en donnant naissance à des vapeurs qui saturent d'humidité l'atmosphère de la cave.

La température ordinaire de l'eau de source ou de pluie étant généralement de 10° centigrades, et l'eau s'évaporant à toutes les températures, il est évident que si on la fait affluer en quantité suffisante, l'évaporation absorbera, de son

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

côté, une assez grande quantité de chaleur pour maintenir la température uniforme dans la cave.

Dans une cave bien conditionnée, bien humide, où la température ne marque pas plus de 7 à 12°, et où la circulation de l'air humide est parfaitement établie, le débourrage peut se faire en 6 ou 12 jours. Quand la température s'abaisse au dessous de 7°, il faut clore en partie le ventilateur; si, au contraire, elle s'élève au-dessus de 12°, il faut introduire une plus grande quantité d'air froid, ou faire tomber une plus grande quantité d'eau.

On place les peaux dans cette cave en les suspendant par la tête à des crochets de fer, distants de 5 à 6 centimètres et fixés dans des barres de bois établies à la partie supérieure, dans toute la longueur du cellier. Il faut avoir soin de tenir les peaux parfaitement ouvertes.

Le débourrage s'opère ici par un simple ramollissement des tissus de la peau et des racines des poils, ce qui fait que les peaux peuvent conserver une souplesse et une douceur qu'elles perdent presque toujours par les autres modes d'épilage.

Ce procédé est employé dans les grandes tanneries des États de New-York, du Maine, de New-Hampshire, et dans toute la Pennsylvanie septentrionale. Nous voudrions le voir expérimenter en France.

A toutes ces difficultés il faut ajouter le *reverdissage*, dont nous allons dire quelques mots.

La tannerie emploie une immense quantité de matières premières que l'abatteur a fait sécher en leur faisant perdre de 55 à 60 pour cent de leur poids frais. Cette dessiccation a pour objet de faciliter le transport de la matière, en éloignant d'elle, autant que possible, les causes d'avaries et d'altérations diverses. Elle s'obtient ordinairement en étalant aux ardeurs du soleil les cuirs tendus sur des piquets comme des peaux de tambour. Dans les Indes, les peaux de bœufs et vachettes sont préalablement enduites d'une pâte d'alun et de chaux pour résister plus sûrement aux éléments destructeurs d'un climat et d'un soleil sans rivaux.

Du tissu blanc si pâteux et si moëlleux, la *sèche de fonds* en fait un parchemin sec et dur, elle le réduit à un état de *quasi-corne* transparente. Nul ne saurait douter que la peau, dans cette dessiccation, n'ait subi certaines modifications dans sa composition intime que le reverdissage ne peut atténuer entièrement, et qui donne à ces peaux, converties en cuir, certains défauts et certaines qualités que ne présentent pas les peaux qui n'ont pas subi de dessiccation.

Reverdir est donc l'opération qui consiste à ramener une peau sèche à son état de *verdeur* primitive, à l'état frais enfin, état qu'elle présentait au moment où elle avait été enlevée du corps de l'animal.

Lorsqu'il s'agit de peaux convenablement séchées à l'ombre et avec le soin qu'on y apporte généralement en Europe, l'opération ne demande que l'expérience et l'habitude ordinaire secondée des soins indispensables, qui sont : laisser la peau le moins possible dans l'eau corrompue, pour qu'elle soit plus généreuse de rendement et qu'elle reste exempte de *bas de fleur*; ne pas ménager les coups de foulon, pourvu qu'ils ne soient pas *trop précoces*, de peur d'amener de nombreuses *cassures de la fleur;* se conformer aux exigences de la saison et du climat; enfin ne présenter la peau aux plains que lorsqu'elle a repris, dans toutes ses parties, tous les caractères physiques de la peau fraîche. Là se réduisent les conditions exigées pour le reverdissage des peaux européennes. Mais quand il s'agit des peaux de l'Afrique, de l'Inde ou de l'Amérique du sud, des difficultés de tous genres surgissent. La trempe est insuffisante : les tissus de la peau ont été tellement cornés par la dessiccation que la fermentation commence sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent avant que le ramollissement soit arrivé au point nécessaire. A une température de 20 à 25° le ramollissement s'accélère, il est vrai, mais la décomposition triple de vitesse. De là des cuirs qui abondent en corne, car le tannin ne se combine pas avec les parties cornées; de là des cuirs sans rendement, des cuirs durs, plats, âcres, à fleur chagrinée, d'un accès des plus ingrat au corroyage, et dont le consommateur aura nécessairement à se plaindre.

On voit, par ce que nous venons de dire, combien il y a de difficultés à vaincre pour arriver à la perfection dans l'industrie qui nous occupe.

Le tannage n'est, du reste, qu'une création purement empirique, et une industrie uniquement née de la pratique. Les diverses méthodes pour tanner les peaux ne sont même que des rameaux sortis d'un même sol par un développement rationnel, mais offrant un caractère primitif et local. Ce sont les empreintes nationales d'une même industrie, qui s'est servie des moyens qu'elle avait à sa disposition, empreintes qui dominent encore dans la pratique actuelle. Nous voulons parler des cuirs hongroyés, du cuir de Russie, du chamoisage, qui n'est, à l'origine, qu'une préparation que les Indiens chasseurs et les éleveurs font subir aux peaux avec la cervelle ou la graisse des animaux qu'ils abattent; du tannage à la noix de galle, de la préparation du maroquin, qui est la méthode de tannage de l'Orient, du tannage à l'écorce de chêne, qui est celle de l'Occident, etc.

Il est assez difficile, du reste, dans l'état actuel de nos connaissances, de se former une idée bien nette sur la nature et les caractères du cuir et du tannage. Il y a bien des choses, dans cette industrie, qui ne sont pas d'accord avec les faits généraux; beaucoup qui conviennent au tannage des gros cuirs et que repoussent la mégisserie et la chamoiserie qui s'en rapprochent, et réciproquement.

M. Payen a cherché, par des analyses délicates, à jeter un jour sur cette grave question. Il semble résulter de ses expériences :

1° Que le derme de bœuf contient des parties résistantes fortement agrégées, et des parties douées d'une agrégation plus faible et de propriétés particulières;

2° Que le tannin, pendant son action sur la peau, se combine avec les parties les moins agrégées du derme et avec les parties les plus résistantes; qu'en tout cas, la saturation arrive bien longtemps avant le temps assigné à un bon tannage, et qu'elle exige pour les deux parties des quantités de tannin considérablement moindres que la gélatine;

3° Que les parties les moins agrégées du derme forment avec le tannin un composé soluble dans l'ammoniaque, altéré par cette dissolution et laissant dégager de l'azote quand on l'évapore à siccité;

4° Que les effets d'un tannage trop prolongé déterminent la dissolution graduelle des parties faiblement agrégées, unies au tannin, et, par suite, l'augmentation relative des quantités de matières fibreuses résistantes. Le produit dans ce dernier cas doit donc être à la fois plus souple (ou moins cassant) et plus tenace;

5° Enfin, que la partie soluble et friable, qui reste interposée dans les cuirs tannés, est instable; dans sa dissolution, elle peut entraîner des solutions notables de la matière azotée. C'est ainsi, sans doute, que la partie peu agrégée du derme est graduellement enlevée pendant la longue opération du tannage [1].

1. La question des capitaux engagés étant une des plus graves de la tannerie, nous croyons devoir appuyer spécialement ce résultat de l'analyse scientifique, qui est sans doute le nœud gordien de la tannerie. On peut, en effet, résumer ainsi une partie du problème : trouver, par des moyens autres que ceux usités aujourd'hui, à éviter le long travail des fosses, tout en laissant au cuir ses qualités essentielles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Corroyage des cuirs.

Après avoir été tanné, le cuir qui n'est pas destiné à la confection des semelles doit subir diverses préparations, avant de pouvoir être utilisé par les cordonniers, les bottiers, les selliers, les bourreliers, les coffretiers, les gaîniers, les relieurs, etc. Pour les besoins de chacune de ces industries, le cuir doit avoir des qualités spéciales; ce sont ces qualités que doit lui donner le corroyeur. Il obtient ces résultats en détrempant le cuir dans de l'eau, en le foulant et lui faisant subir quelques manipulations pour l'assouplir, en le passant à l'huile, en le mettant en suif, en le teignant, en le lissant, etc. Le cuir, suivant sa destination, doit également recevoir un apprêt différent; de là, une foule de préparations qui compliquent le corroyage et qui en font un art à part, exercé le plus souvent dans des ateliers tout à fait distincts des tanneries. C'est ainsi que le corroyeur prépare les cuirs étirés, les cuirs lisses, les cuirs en suif, les cuirs en huile, les cuirs en cire, enfin les cuirs auxquels on conserve le plus possible leur couleur naturelle.

Chacun de ces apprêts demande quelques modifications dans la marche du corroyage; cependant toutes les préparations préliminaires leur sont communes. C'est donc par leur description que nous allons commencer.

Les peaux que le corroyeur reçoit sèches et dures, c'est-à-dire les cuirs en croûte, après avoir été débarrassées de toutes les parties inutiles qui absorberaient, en pure perte, une partie du travail et des ingrédients employés dans le corroyage, doivent être assouplies par le défonçage. Ce travail consiste à ramollir les cuirs avec de l'eau, puis à les fouler aux pieds jusqu'à ce qu'ils soient assez maniables pour être travaillés. On leur donne alors sur le chevalet différentes façons qui ont pour but de nettoyer la peau du côté de la chair, de l'écharner, de lui donner partout à peu près la même épaisseur, enfin de l'amincir plus ou moins, suivant que l'on veut lui donner plus ou moins de souplesse. Ces façons se donnent au moyen de différents couteaux. Les uns, dont le tranchant est émoussé, servent à nettoyer les parties les plus minces; les autres servent à *drager* ou *drayer*, ou *dérayer*, c'est-à-dire à enlever du côté de la chair toute la superficie de la peau. Le couteau à revers, que l'on emploie dans ce cas, a cela de remarquable que le fil du tranchant est rabattu à angle droit avec la lame de telle sorte que, pour s'en servir, celle-ci doit être menée perpendiculairement à la peau. On remplace quelquefois ce couteau par un instrument appelé *lunette;* c'est un couteau de forme annulaire, dont la lame a de 6 à 8 centimètres de large; le vide central sert à passer la main. La lame n'est pas plane; elle est un peu courbe et c'est le dos que l'ouvrier promène sur la peau.

La lunette enlève une pellicule plus mince que le couteau à revers; on l'emploie donc lorsqu'on ne veut pas trop affaiblir le cuir. Pour en faire usage, la peau doit être librement suspendue et ses rebords doivent avoir été drayés préalablement. La lunette ne sert, du reste, que pour le milieu du cuir, qui est toujours plus mince que les autres parties.

Lorsque les peaux ont été nettoyées et drayées, on les tire à la *paumelle*. Ce travail a pour but d'assouplir les cuirs et de leur donner le grain. La paumelle est en bois dur; elle a environ 30 centimètres de long sur 10 à 12 de large. Le dessus est plat et uni, mais le dessous est bombé dans le sens de la longueur, de manière que la plus grande épaisseur se trouve au milieu. Cette partie bombée est sillonnée sur sa largeur par des cannelures peu anguleuses. Le dessus de la paumelle est muni d'une poignée de cuir dans laquelle l'ouvrier passe sa main. Pour s'en servir, on plie un quartier de peau, fleur contre fleur, on avance la paumelle sur la chair, et on la retire fortement en ramenant le quart de peau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui frotte par soubresauts sur le milieu de la paumelle. On répète la même opération sur les trois autres quarts du cuir. En faisant la même manipulation sur la fleur, on rabat le grain qu'on vient de former et on rend la peau plus lisse et plus douce. Quelquefois ces opérations ne se font qu'après la teinture. On donne un grain plus ou moins fin, suivant que les cannelures sont aussi plus ou moins fines. Lorsqu'on veut adoucir davantage la peau et relever légèrement le grain que l'on a détruit en passant la paumelle du côté de la fleur, on fait usage d'une paumelle en liége, plate et sans cannelures.

Enfin, une dernière opération commune à presque tous les cuirs est l'*étirage*, qui a pour but de rendre autant que possible le cuir uniforme dans toutes ses parties.

L'*étire* est une plaque en cuivre ou en fer, suivant que l'on craint ou non de colorer les peaux. La partie qui doit frotter sur la peau est terminée en tranchant arrondi ; l'ouvrier tient à deux mains la partie opposée enchâssée dans un morceau de bois, et râtisse avec force les endroits épais, ceux où il reste encore de la chair et du tan ; il rejette les parties les plus épaisses du côté des plus minces, en un mot, il rend la peau plus égale, plus compacte, plus dense, plus souple. Cette opération demande une grande habitude.

Certains cuirs sont, immédiatement après l'étirage, livrés au commerce sous le nom de *cuirs étirés* ; nous citerons entre autres les cuirs de petit veau ou de vache, qui servent à faire les semelles d'escarpins, les premières semelles des souliers, etc.

Cuirs en suif. — On les prépare avec les cuirs de vache ou de veau. Après les différentes opérations que nous venons de décrire, on flambe légèrement les cuirs à un feu clair, pour que la matière grasse qu'on veut y introduire ne se fige pas immédiatement après son application. On étend la peau sur une table, puis on l'imprègne de suif chaud à l'aide d'un gros pinceau formé par la réunion de morceaux de laine. Le suif s'applique des deux côtés de la peau, davantage du côté de la chair. Il ne doit être ni trop, ni pas assez chaud ; dans le premier cas, il brûle le cuir ; dans le second, il pénètre mal. Après la mise en suif, on met tremper le cuir pendant huit ou dix heures, puis on le foule et on finit par passer la paumelle du côté de la chair et par rabattre le grain, afin d'écraser la fleur.

On place alors la peau, chair en dessous, sur une table, on la tend à force de bras, puis on l'unit avec l'étire ; on essuye la fleur avec des débris de cuir provenant du drayage, pour enlever l'excès de graisse ; enfin, on la noircit avant de la laver ; le noir serait moins beau, si le cuir était sec.

Le noir se donne avec une dissolution de sulfate ou d'acétate de fer, ou mieux avec de la bière aigrie dans laquelle on a fait digérer de la limaille de fer. On donne une première couche de noir, au moyen d'un torchon de laine ou d'une brosse en crin de cheval ; on replie la peau et on laisse pénétrer la couleur. Quand elle est à moitié sèche, on donne une seconde couche, puis, dans les mêmes circonstances, une troisième qu'on laisse complétement sécher.

Après la mise en couleur, on donne le grain avec la paumelle ; mais, auparavant, il est préférable de donner une couche de bière aigrie. On dégraisse la peau en la frottant avec une vieille couverture, puis on fait reparaître le grain avec une paumelle fine. Enfin, on lustre la peau avec une décoction d'épine-vinette que l'on étend sur la fleur avec une étoffe bien unie, qui ne puisse pas la rayer ; on répète ces diverses opérations, jusqu'à ce que le cuir ait pris l'aspect qu'il doit avoir.

Les vaches, ainsi préparées, servent aux selliers, aux bourreliers, aux coffretiers, etc. On réserve les plus belles pour recouvrir les voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les veaux en suif se préparent d'une manière analogue; seulement, comme ils sont plus faibles, on les ménage plus et on leur donne moins de graisse. Des veaux pesant 19 à 20 kilogrammes la douzaine prennent environ 6 kilogrammes à 7k.500 de suif ou l'équivalent, car ils se préparent presque tous en huile.

Veaux et vaches en huile. — On a employé pendant longtemps, pour cette préparation, l'huile de poisson pure, mais maintenant on préfère généralement se servir du dégras des chamoiseurs, dont nous parlerons plus loin. Ce dégras est plus épais que l'huile ; il nourrit mieux la peau et lui donne plus de douceur. Pour l'employer, on le mélange ordinairement avec son poids d'huile.

Une peau de vache boit trois kilogrammes de dégras. Les veaux en exigent davantage, proportionnellement à leur poids. Une douzaine pesant 14 kilogrammes prend environ 5 kilogrammes de dégras ; mais on observe à cet égard des différences notables. Tel veau léger de Bretagne ne prend que 200 grammes de dégras, tandis que les veaux de Paris pourront en exiger jusqu'à 2 kilogrammes.

On applique le dégras sur la peau encore humide, afin que l'huile ne pénètre que peu à peu et à mesure que le cuir sèche. Quand le cuir est sec, on le décrasse en le foulant, puis on le recharge; mais cette fois avec plus d'huile que de dégras, et on le foule de nouveau. Enfin, pour dégraisser la fleur, on frotte la peau avec une brosse trempée dans une lessive faible de potasse et on la met de suite en noir. Après le premier noir, on passe la paumelle en travers; on donne un deuxième noir qui termine la teinture, puis on laisse le cuir se dessécher à froid. Une fois sec, on le foule et on le passe à la paumelle de bois ; on le déborde, on le pare à la lunette, puis on le passe à la paumelle de liége ; enfin, on donne sur la fleur une dernière couche d'huile qui rehausse la couleur noire.

Quelquefois on veut conserver aux cuirs, veaux ou vaches, leur couleur naturelle, même après la mise en suif ou en huile ; dans ce cas, il faut prendre beaucoup de précautions dans toutes les opérations et choisir pour ce travail les peaux les plus belles et surtout exemptes de taches. Lorsqu'on les a mises en suif ou en huile, on se contente quelquefois de les lisser avec l'étire, mais le plus souvent on passe rapidement sur la fleur une couche légère d'une couleur préparée avec de la graine d'Avignon et du safran infusés dans de la bière. Pour éclaircir cette couleur sèche, on frotte la peau avec un linge blanc.

Les peaux de chien et de mouton se travaillent à peu près de la même manière, mais avec plus de ménagements.

Progrès de la corroierie.

Il y a 75 ans, on ne connaissait pour la cordonnerie que la partie ordinaire; on finissait le cuir de fleur, on le laissait lisse, on en faisait sortir un grain naturel, ou on lui faisait un grain factice, au moyen d'une paumelle fine ou d'une étire dentelée. Les peaux que l'on employait du côté de la chair étaient parées à la lunette et encore assez légèrement, et conservaient un velu qui nuisait au coup d'œil : c'étaient les veaux blancs, vaches de Bretagne, etc.

Mais l'importation en France, par quelques ouvriers anglais, du *drayoir*, ou couteau à revers, a fait subir toute une révolution à la corroierie. Avec cet outil, on est parvenu à raser si bien le cuir, qu'au lieu de rester velu comme il l'était, on en a fait du cuir lisse comme une glace. De là la naissance du veau ciré en France, où il a été perfectionné. A la même époque, à peu près, on a commencé à se servir de la peau de cheval sur fleur; cette peau a eu une grande vogue pour la chaussure, mais le veau ciré l'a éclipsée; on ne l'emploie que dans les cam-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnes pour la chaussure de femme ; la peau de cheval a aujourd'hui un autre emploi, dont nous parlerons plus loin.

On a blanchi le veau ciré au couteau pendant très-longtemps, maintenant on emploie l'étire qui opère plus vite et enlève moins de cuir.

En 1809, on imagina le refendage des cuirs ; mais on ne refendait alors que des peaux de moutons destinées à la chapellerie et à la reliure. En 1840, on construisit une machine à refendre, qui refendait les cuirs tannés, et, après celle-ci, on en imagina plusieurs autres de différentes formes qui refendaient les cuirs verts et les cuirs tannés. Toutes ces peaux refendues doivent cependant être finies au couteau.

C'est encore au couteau que l'on doit de faire des peaux minces comme du papier et d'une égalité parfaite, et qui servent pour filatures, cardes, chapellerie, reliure, etc. La machine à refendre a l'inconvénient de détériorer un peu la peau, mais cet inconvénient est bien compensé par l'avantage que donne la croûte.

Une autre invention dans la corroierie c'est le vernis, qui n'a pas tardé à prendre un développement considérable, et sur lequel nous aurons à revenir tout à l'heure.

La fabrication des tiges est ancienne et très-importante ; aucun article n'entre plus avant dans la consommation des classes pauvres et des classes riches : aussi est-il intéressant, sous le rapport du prix et de l'économie domestique qui peut résulter d'une bonne fabrication, d'adopter les moyens qui assurent la plus grande souplesse au cuir et sa plus grande durée.

La confection des tiges de botte ne commença à être vraiment passable que vers 1825 : on l'a perfectionnée depuis, et, en 1840, elle atteignit, pour ainsi dire, son apogée. C'est vers cette époque que parut la machine à cambrer qui joue aujourd'hui un si grand rôle ; il y a, en effet, avec cette machine, une grande économie de main-d'œuvre.

La sellerie a fait également des progrès immenses. Les cuirs jaunes, bruns ou noirs qu'elle emploie sont très-beaux. Mais la peau qui a fait le plus grand progrès, est, sans contredit, la peau de cochon, qui n'était travaillée jadis que pour le mondage des grains, et pour la couverture des malles de voyage, et qui aujourd'hui est employée pour la sellerie de premier ordre. Hâtons-nous d'ajouter que la tannerie contribue beaucoup à sa bonté.

Dans la carrosserie on n'employait autrefois pour capotes que les petites vaches, il en fallait deux ou trois pour couvrir une voiture. Aujourd'hui on se sert de la peau de bœuf refendue, et une seule suffit. Autrefois aussi, on ne faisait que des capotes grasses et elles étaient lourdes, chargeaient la voiture et manquaient de coup d'œil. Aujourd'hui on n'emploie plus guère que des veaux vernis, et les capotes sont plus belles et plus légères.

La croûte ou dédoublage a l'avantage de pouvoir remplacer le gros cuir d'autrefois, que l'on appelait cuir lisse, cuir à garde-crotte, à gouttière, à visière, etc.

La peau de cheval est aujourd'hui principalement employée en vernis, et remplace avantageusement la peau de chèvre et la peau de mouton ; on l'emploie aussi pour la cordonnerie.

Malgré la grande concurrence que le cuir noir fait au cuir de Hongrie, celui-ci a conservé une grande importance dans le commerce, et sa préparation s'est sensiblement améliorée.

La chèvre n'avait aucune valeur au commencement du siècle ; à cette époque on n'avait pas encore trouvé le moyen de la tanner convenablement. Le chevrier faisait un travail excessif : c'était le crépissage à la paumelle, la mise au vent, le janchage, la mise en noir, la mise en huile, et la peau n'était finale-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment ni d'un beau noir, ni d'une bonne qualité. Un peu plus tard, la tannerie fit quelques progrès ; on continua cependant à donner les mêmes façons, et on se servit de l'épine-vinette pour nettoyer la fleur ; on se servait de billes de billard pour faire monter le vif à force de bras ; un peu d'huile de lin et la peau était un peu plus recevable. Vers 1825 environ, Paris avait le monopole de cette industrie ; Marseille lui envoyait ses produits bruts dans de bonnes conditions. On retrancha quelques façons, le crépissage, entre autres, qui lui est nuisible, ce qui est le contraire pour le veau. Après plusieurs expériences, on eut la certitude qu'une peau crépie était moins noire et perdait du poids ; on employa aussi le bois de campêche et on eut un noir beaucoup plus beau. La machine à lisser vint remplacer la roulette qui, elle-même, avait remplacé la bille de billard. On faisait alors des grains naturels imprimés, droits, carrés, en losange, etc. Cet état de choses dura jusqu'en 1843 à peu près, époque où la chèvre chagrinée fait sa réapparition. Nous reviendrons sur ce sujet tout à l'heure en parlant de la fabrication du maroquin.

Cuir de Russie. — Le cuir de Russie, ou *youfte*, qui présente d'habitude une couleur rouge foncé, et qui répand une odeur aromatique assez agréable, a le double avantage de ne pas moisir et d'être inattaquable par les insectes.

On travaille les peaux à la manière ordinaire, puis on prépare une pâte faite avec 20 kilogr. de seigle environ, pour 200 peaux, et on la met fermenter avec du levain ; on délaye cette pâte aigrie avec une quantité suffisante d'eau, et on en forme un bain pour les peaux. Elles restent dans ce bain pendant 40 heures. On les met alors dans de petites cuves de passement où elles restent pendant 15 jours, après quoi on les lave à la rivière.

On plonge ensuite les peaux dans une cuve pleine d'une décoction d'écorce de saule (*Salix cinerea* et *Salix caprea*), à une température assez basse pour qu'elle ne détruise pas les fibres animales, et on les manie et on les presse pendant une demi-heure. On répète cette manipulation deux fois par jour pendant une semaine. On renouvelle alors l'infusion et on s'en sert pendant une deuxième semaine pour les mêmes peaux. Ensuite on les expose à l'air pour les sécher, puis on les teint en rouge avec du bois de santal, et on les corroie avec l'huile empyreumatique de bouleau, substance à laquelle le cuir de Russie doit ses qualités particulières.

On obtient cette huile en France, en distillant l'écorce de bouleau dans des alambics en cuivre, et en condensant les produits volatils dans des tuyaux plongés dans l'eau froide.

Les peaux s'imbibent plus également quand elles ne sont pas tout à fait sèches. On doit avoir soin de ne pas en mettre trop, de peur qu'elle ne passe à travers la peau et ne tache le côté du grain. On emploie généralement les croupons de veaux à la fabrication du cuir de Russie.

C'est à MM. Duval et Grouvelle qu'on doit l'introduction de cette industrie en France.

Cuirs hongroyés. — Pour cette espèce de cuir, on remplace le tan par du chlorure d'aluminium, obtenu par la réaction du sel marin sur l'alun, et on imbibe le cuir avec une quantité suffisante de suif.

Le chlorure d'aluminium conserve la matière animale sans altérer le tissu ; le suif empêche la dessiccation du cuir, et lui donne la souplesse et l'onctuosité qui le rendent propre aux usages des selliers et des bourreliers.

Le cuir de Hongrie se prépare avec une grande rapidité. Deux mois suffisent pour mener le travail à bonne fin. Toutes les peaux peuvent être traitées par ce procédé, mais, en France, on ne prend que les cuirs forts et épais, et on donne la préférence aux bœufs du Limousin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On remplace généralement l'épilage par un rasage très-soigné. Un ouvrier ne peut guère raser plus de 12 à 15 cuirs dans une journée. Lorsque les peaux ont été lavées, coupées par moitié, rasées et mises à tremper pendant 24 heures dans la rivière, on les passe dans un premier bain composé, pour chaque peau pesant 35 à 40 kilogr., de 2k.500 à 3 kilogr. d'alun et de 1k.500 à 2 kilogr. de sel dissous dans l'eau. Le chlorure d'aluminium, qui se forme ainsi, est préférable à l'alun employé seul ; il maintient dans les cuirs une grande souplesse. L'immersion se fait à chaud dans une cuve qui peut contenir 6 demi-cuirs.

Pour mieux faire agir la dissolution, et pour assouplir en même temps les peaux, l'ouvrier les piétine en parcourant l'auge dans toute sa longueur. On les place ensuite dans une autre auge contenant de l'eau chaude, et là on piétine de nouveau. Les mêmes opérations se continuent une seconde fois pour que la peau soit bien imprégnée du chlorure d'aluminium. Les cuirs sont ensuite mis à tremper pendant huit jours dans de l'eau alunée ; on les fait enfin sécher, soit à l'air, soit dans une étuve, mais avant qu'ils aient perdu toute leur humidité, on les plie en deux, en les étendant bien pour effacer les plis, et on les met en piles. Quand ils sont suffisamment secs, on les piétine encore pour les assouplir, puis on les blanchit au soleil. C'est alors qu'on applique le suif fondu et assez chaud. Le graissage a lieu dans une étuve où l'on maintient une assez haute température pour que le suif conserve longtemps sa fluidité, et que l'eau retenue par les sels puisse s'évaporer. Chaque demi-cuir consomme au moins 1k.500 de graisse, soit 3 kilogrammes pour le cuir entier. Quand les cuirs sont graissés, deux ouvriers les prennent successivement et les tiennent, pendant une minute au plus, à quelque distance d'une grille couverte de charbons ardents, et la chair tournée du côté du feu. Les peaux flambées sont déposées successivement sur une table rapprochée du feu, on les recouvre d'un linge, et finalement on les suspend dans un étendoir où on les laisse juste le temps suffisant pour obtenir le durcissement de la graisse.

C'est à l'initiative de Sully, ministre de Henri IV, que l'on doit l'introduction en France de l'industrie des cuirs hongroyés.

Peaux mégissées. — Le mégissier travaille les peaux de moutons, d'agneaux, de chevreaux, et les peaux en laine pour faire des tapis ou des housses. Le chlorure d'aluminium est encore ici la base de l'opération. L'épilage se fait avec un mélange de chaux et d'orpiment que l'on applique du côté de la chair ; 24 heures suffisent pour que les poils tombent.

Après l'épilage, on place les peaux dans un bain que l'on appelle *confit*, et qui est destiné à les gonfler. Anciennement ce confit se préparait avec la fiente des chiens, des poules ou des pigeons, maintenant on emploie à cet usage du son délayé dans de l'eau ; 20 kilogrammes de son suffisent pour 100 peaux de moutons. En Amérique le confit se prépare avec de la farine de maïs, ou des racines de manioc aigries.

Les peaux ou *cuirets* sont immergées dans le confit pendant 3 semaines en hiver, et seulement 2 à 3 jours en été. La fermentation développe de l'acide lactique qui opère le gonflement. On les immerge ensuite dans une solution chaude d'alun et de sel. Pour 100 peaux, suivant leur grandeur, on emploie de 6 à 9 kilogrammes d'alun et de 1k.500 à 2 kilogrammes de sel.

Les peaux destinées à être passées en blanc sont alors *mises en pâte*. Pour cela on prend, pour 100 peaux, 6 à 7 kilogrammes de farine et 50 jaunes d'œuf ; on y ajoute la liqueur saline tiède qui a servi plus haut, et on pétrit le tout à force de bras jusqu'à consistance de miel. Les peaux trempent une nuit dans ce bain ; le lendemain on les relève pour les suspendre aux perches d'un séchoir, où l'on pousse la dessiccation le plus rapidement possible. La pâte blanchit la peau, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplace l'huile ou la graisse que l'on emploie dans le corroyage. Elle adoucit la peau, et l'empêche de devenir cassante par la dessiccation. Les peaux ainsi préparées sont étirées au moyen du *palisson* ; leur longueur reste la même, mais leur largeur est augmentée de plus d'un tiers. Pour que ce travail se fasse bien, on redonne un peu d'humidité aux peaux, en les trempant dans un baquet d'eau.

Les peaux mégissées sont surtout fabriquées pour la ganterie et la doublure des souliers.

Progrès de la mégisserie. — Il est positif que l'art du mégissier était connu en France depuis très-longtemps, du moins quant à la préparation des peaux d'agneaux et de chevreaux. Cette industrie était déjà florissante dans le commencement du dix-huitième siècle. La France possédait alors de nombreux troupeaux de chèvres qui pourvoyaient abondamment aux besoins de ses fabriques. Les étrangers venaient également vendre leurs peaux en poil à nos mégissiers, pour les racheter ensuite sous forme de gants. Ces derniers étaient recherchés dans tous les pays, et jouissaient d'une faveur justement méritée. Grasse, Grenoble, Poitiers, Blois, étaient les villes principalement en possession de cette industrie. La révocation de l'édit de Nantes obligea la majeure partie des ouvriers mégissiers à s'expatrier, et ils allèrent porter leur industrie en Angleterre, en Italie, en Allemagne et même en Russie. Plusieurs fabriques ne tardèrent pas à se monter dans ces pays et à s'alimenter au moyen des troupeaux de nos montagnes. Une autre cause vint s'ajouter à cette émigration désastreuse. Le gouvernement, effrayé du rapide déboisement des forêts, ordonna la destruction des chèvres qui lui furent signalées, entre autres causes, comme une de celles qui contribuaient le plus au dépérissement des jeunes arbres dont elles mangeaient les bourgeons. Cet ordre fut exécuté avec tant de rigueur, que non-seulement on ne permit plus le pacage dans les bois sous peine de mort pour ces animaux, mais que même la maréchaussée chargée de l'exécution pénétra jusque dans les maisons pour les tuer.

Alarmés d'un pareil état de choses, les gantiers de Grenoble présentèrent, en 1784, une requête au roi, pour exposer leurs doléances et démontrer que leur industrie était menacée d'une extinction totale, si l'exportation des peaux en poils et mégissées se continuait. Ils conclurent en demandant la prohibition absolue des peaux d'agneaux et de chevreaux à la sortie, et l'entrée libre pour celles venant de l'étranger. Un édit du 13 avril 1786 frappa d'une taxe considérable à la sortie, eu égard à la valeur de la marchandise à cette époque, les peaux en poils et mégissées. Comme toutes les prohibitions, le remède fut pire que le mal, et un arrêt du conseil d'Etat, en date du 21 septembre 1788, amena le retrait de l'édit.

En 1793, cette industrie, devenue libre comme toutes les autres, reprit son essor et reconquit rapidement sa supériorité sur les fabriques étrangères.

La mégisserie, limitée encore en 1816 à la fabrication de nos produits indigènes et de quelques pays limitrophes, a pris un accroissement prodigieux depuis 1827. Vers cette époque, M. Boudard père appliqua avec tant de supériorité le système des couleurs fixes, employé par les Anglais, que bientôt on vit arriver à Annonay une très-grande quantité de peaux de chevreaux de toutes les parties du monde. La Suisse, l'Italie, l'Allemagne, les Indes orientales, et même l'Irlande y apportèrent leur contingent pour le reprendre ensuite converti en gants.

Il n'y a guère qu'une vingtaine d'années que les gantiers de Paris sont parvenus à faire fabriquer leurs peaux d'une manière convenable. On ne comptait à cette époque qu'environ 200 ouvriers mégissiers à Paris. Ils ne travaillaient que le veau pour sac, quelques housses, et la peau de mouton en blanc et en basane. Ces dernières sont employées dans la cordonnerie, la sellerie, la bourrel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lerie, la reliure, les jouets, les soufflets d'orgues et d'accordéons, etc. Cette partie a toujours été et est encore exploitée partout en France. Mais depuis que la peau pour ganterie se fabrique à Paris, ainsi que le veau mat pour chaussures, le nombre d'ouvriers a constamment augmenté, et est actuellement de plus d'un mille.

Grenoble a eu ses succès et ses revers ; elle compte encore aujourd'hui quelques fabriques. La ville de Milhau (Aveyron), après avoir occupé longtemps la première place, se l'est laissé ravir peu à peu par Annonay (Ardèche) qui compte aujourd'hui de 2 à 3,000 ouvriers, et dont les produits jouissent d'une réputation universelle.

Chamoiserie. — On emploie, le plus généralement, les mêmes peaux que dans la mégisserie, seulement on choisit les plus belles et les plus fortes.

Ces peaux, préparées comme à l'ordinaire, sont passées au confit de son. Au sortir de ce bain elles reçoivent de l'huile de poisson. Pour cela, on les étend sur une table, puis un ouvrier plonge ses doigts dans l'huile, et secoue celle-ci sur la fleur jusqu'à ce qu'il y en ait une quantité suffisante pour humecter toute la surface de la peau. La peau est ensuite pliée en quatre, façonnée en pelotte, et soumise dans une auge à l'action d'un moulin à pilon. Cette auge est creusée obliquement dans une forte pièce de bois ; le pilon ne se meut pas perpendiculairement, il décrit un arc de cercle, et vient frapper dans l'auge sous un angle d'environ 45°. La tête du pilon est taillée en *redants* de manière à avoir plus d'action sur les peaux. Elles reçoivent le choc pendant 1 heure 1/2, 2 heures et même 3 heures suivant les besoins. On repasse les peaux plusieurs fois dans l'auge en ayant soin de les huiler toutes les fois que cela est nécessaire, et de les éventer chaque fois qu'on les sort de l'auge.

On les place ensuite dans une étuve afin de rendre l'huile plus fluide, puis on leur donne au chevalet une façon pour enlever au couteau émoussé le reste de fleur ou de l'épiderme. On procède alors au dégraissage avec une lessive de cendres ou mieux de potasse, marquant 2° à l'aréomètre de Baumé. On fait tiédir cette lessive et on y laisse les peaux pendant une heure, puis on les tord. Le résidu de cette opération porte le nom de *dégras*, et est utilisé, comme nous l'avons dit, par les hongroyeurs.

Les peaux dégraissées et desséchées se trouvent un peu dures et racornies ; on leur donne toute leur souplesse en les travaillant au palisson.

Ainsi le caractère particulier imprimé à la peau chamoisée destinée aux vêtements, à la gainerie, et aux touches de piano, est une extrême souplesse obtenue par l'emploi de l'huile, qui ici remplace le tannage.

Outre les peaux que nous avons citées plus haut, on emploie encore les peaux de cerfs, d'élans, de daims, de chamois, de rennes, de boucs, de chèvres, de bœufs et de vaches. Les daims qui viennent d'Amérique sont les plus recherchés par les culottiers et les fabricants de pianos. Cette peau est devenue rare et d'un prix élevé.

Dans le cours du siècle dernier on fabriquait de très-grandes quantités de peaux de chamois en Allemagne et en France avec de jeunes boucs. La coutume était alors pour les cavaliers, et surtout pour les paysans et les bûcherons, de porter des culottes et des gilets de peau. L'armée en consommait de grandes quantités ; la ganterie en faisait beaucoup usage, aussi y avait-il d'importantes chamoiseries à Niort, à Strasbourg, à Grenoble, à Annonay et Maringues. Avec l'Amérique, l'Auvergne et le Dauphiné alimentaient ces usines.

Il se faisait alors, comme aujourd'hui, beaucoup de buffles avec les peaux de vaches et bœufs. La consommation de cet article varie beaucoup suivant l'état de paix ou de guerre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La substitution du drap au chamois pour les vêtements, du feutre au daim pour les pianos a ralenti la fabrication.

Peaux d'Astrakan. — A Astrakan on prépare de la manière suivante les peaux d'agneaux employées comme fourrures. Les peaux étant bien nettoyées sont mises dans une forte décoction d'écorce de bouleau où elles restent pendant 24 heures. On les retire, on les tord, et on les enduit du côté de la chair avec une bouillie de farine d'orge. Ensuite on les roule en mettant deux peaux chair contre chair et on les laisse ainsi fermenter pendant quelques jours. On les nettoye et on les enduit de nouvelle pâte jusqu'à quatre fois. Ainsi préparées, les peaux sont extrêmement souples et le poil ne s'en détache jamais. On introduit dans ces peaux une sorte de matière amylacée dont les grains facilitent le glissement des fibres dans tous les sens.

Les peaux pour la *ganterie de Suède* se préparent d'une manière analogue; seulement on les colore par l'infusion directe de saule qui leur communique une odeur particulière, puis on les assouplit avec de la farine de seigle.

Maroquins.

Historique. — De toutes les préparations et manipulations que l'on fait subir aux peaux et aux cuirs, la fabrication du maroquin est, sans contredit, la plus intéressante et la plus difficile. C'est, avec le vernis, la partie luxueuse des cuirs ; elle se fait remarquer par la vivacité de ses couleurs et la variété de ses nuances ; elle exige non-seulement, de la part du praticien, une connaissance parfaite de la fabrication des peaux, mais encore des notions chimiques pour la préparation et l'application des couleurs.

Si les procédés de tannage, de corroierie et de mégisserie remontent à une époque ancienne, il n'en est pas de même de la teinture des peaux. Il est constant que ce n'est que vers le milieu du siècle dernier que l'on commença à en teindre quelques-unes.

Des essais furent faits par Barrois et quelques autres tanneurs pour imiter les cuirs coloriés de Russie et les maroquins rouges et jaunes du Levant ; on faisait aussi quelques bruns à l'aide du campêche, mais on n'avait que des procédés fort imparfaits. Le plus souvent, les couleurs étaient appliquées avec la brosse et le chiffon ; il en résultait des produits très-défectueux, aussi en était-on réduit à tirer les beaux maroquins du Levant ou de l'Angleterre. Ce fut seulement à la fin du siècle dernier, que Fauler et Kemph fondèrent à Choisy une usine spécialement affectée à la fabrication du maroquin.

Avec la cochenille et à l'aide d'une composition qui resta longtemps leur secret, avec une manipulation simple et beaucoup plus facile que celle décrite par Delalande, sur la manière de teindre en rouge dans le Levant, ces fabricants livrèrent aux consommateurs des rouges écarlates, connus depuis sous le nom de *rouges de Choisy*. Ils furent bientôt reconnus supérieurs pour la beauté et l'éclat à tous ceux importés de l'étranger. En effet, la fixité de cette couleur est telle, qu'elle peut résister pendant plusieurs jours à l'action astringente du sumac, et que les acides ne peuvent l'altérer.

Peu après, on obtint des couleurs plus variées et plus unies avec le campêche, le brésil et le bois d'épine-vinette ; mais ce n'est que de 1815 à 1820 que les maroquiniers réussirent à teindre en bleu au moyen de la cuve d'indigo préparée à peu près comme celle qui sert à teindre la laine. Jusque-là tous les essais avaient été infructueux. On ne produisait avec la solution d'indigo que des bleus de fausses nuances et qui étaient souvent brûlés. Il fallut tout d'abord trouver le moyen de détruire la couleur fausse et verdâtre que le tannage au sumac

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

communiquait à la peau. Cette difficulté vaincue, on arriva bientôt avec la cochenille à produire des violets, des pensées, des lilas et des couleurs légères très-brillantes, très-vives et d'une extrême solidité.

Ce fut aussi vers cette époque qu'à l'instar de ce qui se pratique en Allemagne on commença, à Strasbourg, à appliquer avec succès le *mordoré*, à reflets métalliques obtenu par la décoction du bois de campêche et à l'aide de certains sels. Cette nuance dorée et brillante fut fort recherchée, à l'origine, pour la chaussure. On réussit aussi à l'appliquer sur des chevreaux alunés qui, quoique très-minces, avaient une très-grande résistance. Actuellement, la consommation de cet article a diminué à l'extérieur, mais on en exporte toujours une certaine quantité, surtout pour les mers du Sud.

A cette époque encore, Choisy commença à livrer des nuances claires et très-variées, imitant ce qui se pratique sur les tissus. Cette application présentait de sérieuses difficultés, car la peau porte avec elle des imperfections que souvent le fabricant ne peut faire disparaître; les maladies, l'intempérie des saisons, le peu de soins apporté à l'élevage des animaux, rendent beaucoup de cuirs impropres à ce genre de fabrication.

La contexture de la peau s'y prête aussi difficilement. L'épiderme serré et épais, mince et mou, suivant les diverses parties de la peau, absorbe inégalement la couleur, qui ne peut être appliquée qu'à une température moyenne, pour ne pas altérer ou détanner le cuir. Ce travail exige enfin beaucoup de soins et d'intelligence de la part de l'ouvrier, pour arriver à fixer avec égalité sur la peau jusqu'à trois couleurs, afin d'obtenir des gris sans nuances et sans irrégularités.

Néanmoins, à force de recherches, de temps, de travaux, on est parvenu à vaincre ces difficultés et à produire des teintes délicates assorties aux étoffes de soie pour meubles, de satin pour bottines. Résultat remarquable auquel on ne serait jamais arrivé sans le secours de la chimie, qui a fait connaître les propriétés bien distinctes du tannin et de l'acide gallique.

Dans un écrit sur l'Exposition de 1827, Blanqui regrettait de ne pas y voir figurer des maroquins chagrinés et des grains du Levant, ne fût-ce que des peaux imprimées avec la planche. Effectivement, à cette époque, le chagrin se faisait seulement sur des morceaux découpés à la demande par des relieurs, à l'aide de planches gravées et chauffées qui s'appliquaient sur les cuirs à une température moyenne. Ce grain n'imitait que très-imparfaitement le véritable chagrin. Il n'avait ni la fermeté, ni la régularité désirable, et les gaîniers et relieurs ne pouvaient l'employer sans qu'il perdît beaucoup entre leurs mains.

Thouvenin, l'un de nos célèbres relieurs, fut le premier qui commença à chagriner le maroquin à la main. Après avoir découpé ses pièces, les avoir encollées et préparées convenablement, il les roulait avec le liége et la paumelle, et obtenait un grain ferme, serré et à pointe diamantée, qui fut immédiatement recherché par les amateurs de livres. Mais ce procédé était long, et rendu fort dispendieux à cause du déchet qu'il produisait.

Ce fut alors que des tentatives furent faites pour chagriner les peaux avant de les teindre. Mais ce grain qui ne se forme que par le renflement de l'épiderme de cuir, et par un travail qui exige beaucoup d'adresse de la part de l'ouvrier, ne put s'obtenir d'abord que très-imparfaitement, les parties molles et faibles de la peau ne donnant qu'un grain très-irrégulier. Ce ne fut qu'au bout d'un temps assez long qu'on parvint à produire un grain égal, ferme, serré, mat au fond, brillant à la surface, et qui eut un grand succès.

Les Orientaux ont un moyen bizarre pour produire ce grain. Ils répandent à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la surface de la peau de la graine de moutarde, puis ils l'exposent au soleil du côté de la chair. La graine pénètre dans la peau et forme le grain, on l'enlève ensuite facilement.

Le maroquin à gros grain du Levant est dû à l'épaisseur et à la grossièreté de l'épiderme de leurs peaux de chèvre, plutôt qu'à un travail particulier. Le nôtre l'emporte par la régularité et la beauté de son grain.

Après les perfectionnements apportés dans la teinture et le corroyage, il restait une autre difficulté à vaincre. Il fallait obtenir une *séche* prompte et facile en toute saison. Les nuances délicates étant facilement altérées par la pluie, les temps pluvieux occasionnaient de fréquents chômages. La dessiccation doit cependant avoir lieu à l'air libre, l'étuvage altérant la couleur et corrodant le cuir. Friès imagina de placer dans les cours de la fabrique de longs fils de fer, sur lesquels on suspendait les maroquins de manière à pouvoir les faire glisser rapidement à un moment donné, comme cela se pratique pour les rideaux. Mais ce moyen était insuffisant, il ne pouvait s'appliquer qu'à une petite quantité de maroquins à la fois. Enfin Fauler résolut le problème en disposant un séchoir immédiatement au-dessus d'une étuve. Dans le séchoir était placé un ventilateur à ailes courbes, de Combes, mû par une machine à vapeur, avec une vitesse de 400 à 500 tours par minute. Le succès fut complet. Avec une étuve de moyenne grandeur, on pouvait enlever 300 à 400 litres d'eau en deux ou trois heures, sans que la température du séchoir dépassât 25°, et, par conséquent, sans danger pour les cuirs.

La maroquinerie forme aujourd'hui une industrie des plus prospères. Introduite en France vers le milieu du siècle dernier, elle a constamment suivi une marche ascendante : elle consiste dans l'application de toutes couleurs à la trempe sur les peaux de chevreaux, de veaux et de moutons. La souplesse du cuir, l'égalité et la solidité des nuances constituent son principal mérite : elle offrait beaucoup de difficultés, parce qu'on ne pouvait employer ni forts acides, ni grande chaleur, sans altérer les fibres et le tannage.

Fabrication. — Pour les peaux destinées à la fabrication du maroquin, la présence de la chaux, provenant du pelanage, est encore bien plus nuisible que pour les autres espèces de cuirs. Aussi, entre chaque façon, on fait dégorger les peaux dans un cylindre en bois, mobile sur un axe, à moitié plein d'eau pure, et garni intérieurement de chevilles de bois arrondies. Quelquefois aussi on les passe dans un bain de confit, l'acide lactique tendant à rendre la chaux soluble. Mais dans les grandes fabriques on fait usage de grands tambours, analogues aux daschwells que l'on emploie dans les fabriques d'indiennes.

Les peaux, débarrassées de la chaux qui les souillait, sont divisées en deux classes parfaitement distinctes. Les plus belles sont destinées à recevoir la teinture en rouge. Elles sont teintes avant d'être tannées. Pour les teindre on les plie en deux, chair contre chair, on en coud les bords aussi exactement que possible, puis on les plonge dans un mordant d'alun ou de chlorure d'étain. Ce dernier sel est préférable, il relève plus l'éclat de la couleur. Le mordant, suffisamment étendu d'eau, doit être tiède, on y plonge les peaux pendant quelques instants, on les fait égoutter, on les tord, puis on les façonne au chevalet pour faire disparaître les plis et expulser l'excès de mordant.

On emploie 3 à 400 grammes de cochenille concassée par douzaine de peaux. On délaye cette cochenille dans de l'eau additionnée d'un peu d'alun ou de crème de tartre, puis on la porte à l'ébullition pendant quelques minutes dans une chaudière en cuivre, on la passe ensuite à travers un linge fin. Le bain se divise en deux parties égales, pour qu'on puisse faire deux passements suc-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cessifs. La teinture s'applique sur la peau cousue, et placée dans une tonne de bois que l'on agite pendant une demi-heure; au bout de ce temps on renouvelle le bain de teinture. Les peaux teintes et rincées sont ensuite tannées. Le tannage se donne d'une manière tout à fait spéciale : on découd une partie du sac de la peau, de manière à pouvoir y introduire la quantité de sumac nécessaire; on le gonfle en insufflant de l'air, puis on ferme vivement l'orifice avec une ficelle. Les peaux ainsi ballonnées sont placées dans une grande cuve remplie d'une dissolution faible de sumac. On agite pendant quatre heures. Après les avoir relevées deux fois en vingt-quatre heures, le tannage est complet.

La seconde catégorie de peaux, celle qui est destinée à recevoir toute autre couleur que la couleur rouge, se tanne avant la teinture. On la tanne également au sumac, et le tannage s'effectue en vingt-quatre heures. Il donne à la peau une teinte d'un jaune orange uniforme. On sèche les peaux comme à l'ordinaire, et, quand l'on veut procéder à la teinture, on les fait revenir par l'eau et le foulonnage. Lorsque la teinture est donnée, les peaux d'une même couleur sont soumises à l'action d'une presse hydraulique, pour en faire sortir les liquides tinctoriaux qu'elles retiennent.

Les principales fabriques de maroquin, en France, ont leur siége dans les villes de Paris, Marseille, Strasbourg et Lyon. Les fabriques d'Orient, en dehors du Maroc, sont situées à Constantinople, Tunis, Larisse, Janina, Salonique, Smyrne, Nicosie, Chypre. En Russie, elles sont réparties entre les villes d'Astrakan, Kasan et Moscou; en Allemagne, ce sont les villes de Mayence, d'Offembach, de Cologne, de Brême, de Halle, de Breslau, de Berlin, de Vienne, qui ont le monopole. L'Angleterre possède aussi quelques fabriques; elles emploient avec succès, pour la teinture, l'orseille et les couleurs dérivées de l'aniline.

Cuirs vernis.

Historique. — L'application du vernis sur le cuir a pour but de le rendre imperméable et brillant; mais ce genre de travail présente de très-grandes difficultés; et, quoique depuis près de quarante ans l'on ait commencé à l'appliquer avec succès à la chaussure, quelques maisons seulement, en France et en Allemagne, ont pu livrer des cuirs bien appropriés à cet emploi.

En effet, pour que le vernis ne se fendille pas ni ne s'écaille, et puisse résister à l'action incessante du pied, il faut une homogénéité parfaite entre le cuir et le vernis, et surtout, que ce dernier soit combiné de telle sorte, que son élasticité se prête à la souplesse indispensable du cuir, et en suive tous les mouvements sans s'enlever ni se gercer.

L'Angleterre est la première qui, vers 1780, ait livré des cuirs vernis au commerce. Leur application aux harnais et aux voitures a été le complément du luxe, qui distinguait déjà la carrosserie et la sellerie de ce pays; mais les cuirs vernis qu'elle fabrique pour la chaussure laissent beaucoup à désirer.

M. Plummer introduisit en France, au commencement de ce siècle, la fabrication des cuirs vernis pour la carrosserie; l'excellence de ses produits les fit adopter immédiatement pour les voitures et les harnais. Plus tard, MM. Nys et Longagne, qui s'étaient appliqués à la fabrication du vernis pour chaussure, parvinrent enfin, vers 1830, à leur donner la solidité, la souplesse et le brillant nécessaire pour l'appliquer à l'usage de la cordonnerie; ce résultat amena une révolution complète dans la chaussure de luxe. L'usage s'en répandit rapidement, et l'Angleterre ne tarda pas à devenir notre tributaire.

Cette industrie, qui était nulle en 1816, se chiffre aujourd'hui, pour nos fabricants, par plusieurs millions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication. — Elle comprend trois phases bien distinctes, qui sont l'*apprêtage*, le *vernissage* et le *séchage*.

L'apprêtage a pour but de boucher tous les trous de la peau, puis de l'unir par des ponçages successifs, afin d'y faire un *fonds*. On emploie comme apprêt de l'huile de lin, dans laquelle on incorpore des matières pulvérulentes, telles que le blanc de Meudon, les ocres, le noir de fumée.

Voici la composition d'un bon apprêt :

On prend :	Blanc de plomb.....	10 kil.
	Litharge.....	10
	Huile de lin.....	1 hectolitre.

On fait cuire jusqu'à consistance sirupeuse.

Cet apprêt ainsi préparé est mélangé avec des ocres, de la craie ou du noir, suivant la finesse de la peau à *garnir*, puis étendu sur la peau avec une raclette en acier. Après trois couches successives données à des intervalles de plusieurs jours, pour que chaque couche ait le temps de sécher, on fait un *ponçage* ou *poli*, avec une pierre ponce, puis on donne de nouveau plusieurs couches d'apprêt pour que la peau soit bien également garnie; on ponce de nouveau, et l'on répète ces deux opérations jusqu'à ce que le fonds soit bien uni, sans former une couche trop épaisse, et soit cependant suffisant pour empêcher l'infiltration, dans la peau, des vernis et glacés subséquents. On conçoit, en effet, que si les matières huileuses pénétraient trop avant dans les tubes capillaires qui composent la peau, elles s'y durciraient sous l'influence de la chaleur, et ces tubes formeraient autant de petits bâtons cassants. Il faut que ces matières pénètrent assez avant dans les trous de la peau pour y adhérer, mais qu'on arrive le plus tôt possible à les retenir à la surface, et faire en sorte qu'elles s'y glacent en couches minces et liantes. C'est là un point essentiel pour arriver à une bonne fabrication.

Après cet apprêtage on donne, avec un pinceau appelé *queue de morue*, quatre à cinq couches d'apprêt sans ocre ou autres matières, mais coloré avec du noir d'ivoire broyé très-fin; on le délaye avec de l'essence de térébenthine pour faciliter l'application en couches minces. Ces dernières couches ont pour but de faire un fond bien noir et bien glacé, liant et souple, pour recevoir le vernis. Chacune de ces couches est séchée à l'étuve. Après un dernier ponçage fait avec un tampon de laine et de la ponce réduite en poudre impalpable, on procède au vernissage.

On compose un bon vernis de la manière suivante :

On fait cuire d'abord 10^{k} d'huile d'apprêt indiquée ci-dessus,
et 0^{k}.500 de bitume de Judée.
On y incorpore 5^{k} de vernis gras au copal.
Puis en remuant fortement, 10^{k} d'essence de térébenthine.

On peut remplacer le bitume par une quantité égale de bleu de Prusse ou de noir d'ivoire, suivant que l'on veut avoir, au lieu d'un reflet rougeâtre, un reflet bleu ou noir.

On laisse ce vernis déposé dans un endroit chaud pendant quinze à vingt jours, avant de l'appliquer.

Il faut prendre beaucoup de précaution avant et après le vernissage, pour empêcher que les poussières ne viennent souiller le cuir. On sèche dans une étuve chauffée à 45 ou 60° Réaumur, et on achève la dessiccation par une exposition de quelques heures au soleil.

Pour que le vernissage réussisse bien, il faut que le tannage et le corroyage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aient été faits avec beaucoup de soin. Il faut aussi que le dégras employé soit de bonne qualité et bien réparti sur la peau, mais pas en trop grande quantité. Un excès de dégras empêche le premier apprêt de bien sécher, et après le vernissage le cuir ne tarde pas à se ternir et à se couvrir d'une espèce de nuage graisseux, d'un aspect peu favorable à l'œil.

Parchemins.

Historique. — On sait, d'après Hérodote, que les Grecs écrivaient sur des peaux de chien et de mouton, dépouillées de leur laine, et Josèphe assure que la copie des livres saints, envoyée à Ptolémée Philadelphe par le grand prêtre Éléazar, était faite sur une membrane très-fine. A Rome, suivant Martial, quelques auteurs écrivaient leurs ouvrages *in membranis pellibus*. Il est donc bien évident que la connaissance du parchemin a précédé celle du papier.

Quelques-uns pensent que le parchemin fut inventé à Pergame, sous le règne d'Eumène, fils d'Attalus Ier, d'autres, et nous nous rangeons plus volontiers de leur côté, croient que ce fut à Pergame qu'on commença à le perfectionner, et que c'est de là qu'il prit le nom de *charta Pergamina*. En France, son nom primitif était *Pergami*, nom qu'il porte dans tout le Midi.

Avant la Révolution, l'Université de Paris avait un droit sur le parchemin; une rue de Paris était même consacrée spécialement à sa vente. « Tout le parchemin, dit Delalande, qui arrivait à Paris était porté à la halle des Mathurins ou à la halle du Recteur, pour y être vérifié et *rectorisé*, c'est-à-dire pour recevoir la marque du recteur qui percevait un droit de 20 deniers tournois pour chaque botte de parchemin. La confiscation et une amende arbitraire avaient lieu contre ceux qui cherchaient à se soustraire à ce droit et à cette marque. Cette perception de droit sur le parchemin, seul revenu du recteur, fut confirmée en 1547 par une ordonnance royale. L'origine de la marque ou timbre apposée sur le papier et le parchemin date de 1665. Cette mesure eut pour but d'assurer l'authenticité des actes, leur conservation et leur date. En 1680, les droits sur les parchemins furent de 20 sous pour chaque peau, et de 5 sous pour chaque petit *rôle* ou portion de peau. En 1690 et 1698, ces droits furent augmentés d'un tiers. En 1675, ils furent compris dans la ferme générale des Aides. Les maîtres parcheminiers de Paris formaient une corporation sous le nom de Confrères de saint Jean l'évangéliste. Il leur fut accordé une jurande et des statuts. »

Fabrication. — Le parchemin se fait par un procédé très-simple : on laisse séjourner la peau pendant un certain temps dans la chaux; on l'expose ensuite à l'air sur des cadres.

Pour que le parchemin soit bon, il faut qu'il soit serré et en même temps transparent, que la surface soit fine et unie. Le plus difficile est de l'amener à cet état par un raclage qui demande beaucoup d'adresse.

Le *vélin* se fait avec les peaux de veau ; le parchemin, avec les peaux d'agneau, de brebis, de mouton. Ce produit est destiné à l'impression des actes et titres de valeur, à la reliure et à recouvrir les caisses de tambours ou de timbales. Pour les tambours, on donne souvent la préférence aux peaux de loup.

Le *parchemin vierge* se prépare avec les peaux d'agneaux tirés du ventre des brebis mortes accidentellement ; il se rapproche beaucoup du vélin, mais n'a pas autant de force.

Le beau parchemin est blanc, fin, bien uni, bien dégraissé ; il ne doit être ni troué, ni taché. Il jaunit par l'exposition à l'air.

On colore quelquefois le parchemin, mais rarement. Il n'y a guère que les parchemins verts et rouges qui soient usités.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le vélin doit être blanc, sans aspérités, ni inégalités, ni taches, ni trous. Il est élastique, ferme et plus uni que le parchemin. La couleur des peaux que l'on met en œuvre influe sur celle du vélin obtenu.

Les vélins les plus chers proviennent de *velots* ou veaux mort-nés.

Le prix du vélin varie suivant son grain, sa blancheur, sa force et sa grandeur.

Rigoureusement parlant, le vélin n'est autre chose qu'une superbe qualité de parchemin, plus fort, plus grand, plus uni, qu'on ne destine, à cause de sa cherté, qu'aux ouvrages précieux. Il fut jadis employé pour les plus beaux manuscrits, comme il l'est encore pour quelques livres d'église de grand prix. Il est très-recherché par les dessinateurs, et c'est sur le vélin que sont tracés les plus célèbres dessins des grands maîtres. Les peintres en miniature s'en servent aussi; on en fait également usage pour la gouache.

Autrefois, le vélin d'Augsbourg avait une grande réputation. Les principales fabriques de parchemin et de vélin ont aujourd'hui leur siége aux environs de Paris, dans le Cher, dans les Côtes-du-Nord, à Bordeaux, Châteauroux, Issoudun, Coutances, Orléans, Strasbourg.

Cette industrie a perdu un peu de son importance. On fabrique, en effet, aujourd'hui des papiers très-forts, mais qui, cependant, ne résistent pas encore à la destruction du temps comme le parchemin.

Nous avons remarqué à l'Exposition les parchemins blancs et de couleur de M. Imbault, de Paris.

Examen des produits exposés.

L'exposition des cuirs et peaux présentait un magnifique coup d'œil.

Cuirs et peaux pour semelles, tiges et avant-pieds ; peaux de cheval, de taureau, de bœuf, de vache, de veau, vernies ou cirées; cuirs noirs, bruns, rouges, blancs, jaunes pour sellerie, bourrellerie ou chaussures ; peaux de mouton, de chèvre, de chien, de porc, d'éléphant, d'hippopotame, de phoque, etc., pour des emplois multiples ; maroquins aux couleurs chatoyantes ; chevreaux glacés ou mordorés en vernis étincelants, etc. Tout cela simplement tanné, lissé ou battu, colorié ou verni, argenté ou doré, en laine naturelle ou teinte, tout enfin avait trouvé sa place dans des vitrines élégantes.

Nos fabricants de cuirs forts *de pays,* on nomme ainsi les cuirs obtenus avec les peaux provenant des boucheries françaises, n'ont point de rivaux dans leurs magnifiques produits. La France est aujourd'hui si riche en bons fabricants de cuirs forts que nous sommes un peu gênés pour rendre justice à tous et équitablement ; citons cependant les cuirs de marque des *Durand frères,* de Paris, et des *Gallien,* de Longjumeau. Nous aurions aimé voir là au milieu des tanneurs français, dont il est le patriarche, M. Sterlingue, qui, sorti des bancs de l'Ecole polytechnique, appliqua ses connaissances sérieuses à la fabrication si difficile des cuirs forts.

Citons encore les fils *Herrenschmidt,* de Strasbourg, la maison *Ogerau frères,* de Paris et d'ailleurs, *Picot et C^e^*, du Mans, *Suzer,* de Nantes, etc.

Parmi les cuirs lissés, bœufs et vaches, citons les magnifiques produits de Château-Renault, fabriqués avec cette perfection qui étonne les tanneurs étrangers, et qui feraient croire que les peaux tannées se polissent comme le marbre, tant leur chair et leur fleur sont glacées. Du reste la peau lissée est maintenant traitée dans toutes les provinces de France, avec un succès que l'on doit signaler. Dans cette spécialité nous avons remarqué les maisons *Pelletereau frères*,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Brisset frères, etc., de Château-Benault, *Amic et Fauchier*, de Toulon, *Dezaux-Lacour*, de Guise, etc.

Les cuirs à semelles provenant de peaux étrangères, n'avaient pas beaucoup de représentants. On remarquait seulement quelques produits de Givet et de Rennes; les fabricants de Sierck et de Pont-Audemer s'étaient abstenus.

Les peaux provenant de l'Amérique du Sud sont les meilleures du monde; ce sont celles qui, dans le langage énergique des tanneurs, ont le plus de nature et de nerf. Dans ces immenses plaines du Rio de la Plata où les fourrages sont excellents et abondants, d'immenses troupeaux de bœufs paissent en liberté et acquièrent ainsi le développement complet de leur force. Les peaux de ces animaux, que malheureusement une marque de feu détériore toujours quelque peu, sont recherchées avec un empressement croissant par les jeunes fabriques de l'Amérique du Nord et par nos vieilles fabriques de l'Europe. Nous ne saurions nous passer des produits que Buénos-Ayres et Montévideo nous envoient chaque année et par quantités prodigieuses.

L'Inde nous envoie des chèvres et des vachettes. En Angleterre, on tanne annuellement plusieurs milliers de ces dernières peaux. Les peaux similaires de notre pays devenant de plus en plus rares, la France ne tardera pas sans doute à aborder, à son tour, cette fabrication sur une grande échelle. Le traitement de ces peaux exige, à la vérité, des études toutes particulières; mais rien n'est facile en industrie : il faut pour réussir beaucoup de persévérance, et des soins attentifs et intelligents.

Déjà les maisons *Odelin frères*, de Bar-sur-Aube, et *Bénard*, de Montrouge, tannent et corroient avec un grand succès les vachettes de Calcutta. Il est regrettable que ces maisons n'aient pas cru devoir exposer. Dans la vitrine de M. *Latouche-Roger*, d'Avranches, qui n'a exposé que des peaux en croûte, on voyait les peaux de l'Inde et de Buénos-Ayres, face à face avec des peaux similaires de notre pays, et les unes ne le cédaient en rien aux autres comme netteté, tannage et blancheur.

Le corroyeur, comme nous l'avons dit, a pour mission de donner aux peaux la souplesse et l'élégance. Les veaux cirés, avant d'offrir cette fleur unie et cette chair noircie, glacée, qui leur donne une apparence si agréable, ont subi diverses préparations que nous avons décrites dans le courant de ce travail. Ces travaux exigent des soins particuliers dans lesquels nos ouvriers français excellent, et que dirigent, avec une habileté remarquable, nos maîtres corroyeurs. Ils ont su rendre toutes les grandes villes des deux mondes tributaires de notre pays, et il n'y a pas d'éloges plus grands à leur faire.

Citons les *Durand frères*, *Leven père et fils*, *Marteau et Ce*, *Ogerau frères*, de Paris, l'excellente corroierie de *Milhau*, dont les produits sont universellement connus et recherchés sous les noms de *veaux de Bordeaux*, quoiqu'ils se fabriquent dans l'Aveyron; la corroierie d'*Aniane* (Hérault) qui marche sur les traces de celle de Milhau, sa voisine, et la corroierie nantaise représentée par les beaux produits de MM. *Vincent* et *Suzer*, de Nantes.

Il est encore une fabrication fort intéressante, c'est celle du veau mince pour filature, les fines courroies pour cardes, et les fortes courroies pour transmission mécanique.

Le développement toujours croissant des machines à vapeur appliquées au filage et au cardage a créé cette industrie. La préparation des cuirs pour cardes demande beaucoup de soin pour obtenir la souplesse voulue, et une très-grande netteté de fleur pour que le coton puisse facilement couler sur la carde sans y être arrêté.

La France excelle dans cette fabrication : il suffit pour s'en convaincre d'exa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miner les produits qu'avaient exposés MM. *Domer*, de Rouen, *Dezaux-Lacour*, de Guise, *Fortier-Beaulieu*, *G. Paillart*, etc., de Paris.

Pour la courroie de mécanique, citons MM. *Poullain frères*, *H. Rivière*, *Scellos*, etc., de Paris. Ce dernier avait exposé une courroie de 36 mètres de long sur 50 centimètres de large, faite de 102 lanières, large chacune de 2 centimètres, et reliées par d'autres lanières ayant chacune 2 mètres de longueur.

Nous avons remarqué aussi les beaux cuirs de buffle de MM. *Durand-Joumet*, de Paris, *Delaunay* et *Josse fils*, d'Enencourt-Léage, *C.* et *B. Durand*, de Trye-Château, et les cuirs de cheval de MM. *Lesaulnier frères* et *Reulos fils*, de Paris.

Pour les maroquins et les moutons maroquinés, la palme est toujours acquise à MM. *Bayvet frères*, les intelligents successeurs de M. Fauler, à Choisy-le-Roi, et à M. *Jullien*, de Marseille.

Citons encore les chevreaux mégissés de MM. *Ch. Fortin et Ce*, de Paris, et les cuirs hongroyés de MM. *E. Couillard* et *Vitet*, de Pont-Audemer.

Les veaux vernis pour chaussures, de la maison *Houette et Ce*, de Paris, jouissent d'une juste réputation. Cette maison a pris l'initiative pour tanner elle-même les cuirs de veaux destinés à sa fabrication. Ses agents vont sur tous les marchés du continent rechercher les veaux en poils les plus convenables pour le but qu'on se propose d'atteindre. Ces peaux sont ensuite tannées avec le plus grand soin, puis vernies et livrées à la consommation. La suppression des intermédiaires, la grande régularité du travail, lui ont permis de lutter victorieusement avec les cuirs allemands. On peut plier et froisser ses vernis en tous sens sans les altérer.

Enfin, avant de passer à l'examen des produits des autres pays, citons une industrie qui s'est développée rapidement depuis le commencement de ce siècle, c'est la préparation des peaux de chèvres tannées à l'écorce de chêne vert, mises en noir et chargées d'huile et qui servent pour la chaussure des femmes. Ce sont principalement les peaux de chèvres de Mogador qui sont employées dans le Midi à cette fabrication.

La France avait 112 exposants; elle a obtenu 11 médailles d'or sur 16 qui ont été attribuées à cette classe; 31 médailles d'argent, 52 médailles de bronze. Ses colonies ont reçu une mention honorable.

Angleterre. — Le tannage des cuirs au point de vue de l'utilité publique a une grande importance. La chaussure est salubre, saine et résistante suivant que le cuir est bien préparé. Il doit être serré, et bien pénétré par le tannin, afin d'être imputrescible, inaltérable dans l'eau, et, par suite, très-résistant à l'humidité. La qualité et la nature du cuir entrent pour beaucoup dans la valeur d'une peau tannée, mais les soins apportés dans les dernières opérations que le tanneur doit lui faire subir concourent à lui donner plus ou moins de prix. Les praticiens doivent, suivant la provenance des cuirs, leur faire subir des préparations appropriées à leur nature. Selon qu'ils viennent du nord ou du midi de l'Europe, de l'Amérique ou des Indes Orientales, les uns plus nerveux, les autres plus mous, ils doivent tous être traités différemment.

Les cuirs anglais *à semelle* sont tannés généralement à l'écorce de chêne, avec addition de vallonia, de libi-divi, de cachou et d'autres substances exotiques. Ils ont un aspect terne et brun qui ne satisfait pas l'œil, mais à la coupe on voit qu'ils sont réellement bien tannés.

Les Anglais n'admettent pas que le tannage d'un cuir fort puisse se faire en moins de 18 mois ou 2 ans; mais les cuirs ne sont pas serrés comme ceux de France, à cause du long séjour qu'on leur fait subir dans les plains ou dans les eaux, avant d'entrer en fosse: il en résulte que trop creusés par la chaux, ils acquièrent une grande souplesse, mais au détriment de la qualité. Ils sont, à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vérité, plus faciles à travailler que les nôtres, mais leur usure est bien plus rapide. Les cuirs anglais importés en France, à la suite du traité de commerce, à des prix inférieurs aux nôtres, n'ont pas satisfait les consommateurs ; soumis au battage pour opérer leur compression, ils sont restés gonflés et spongieux.

Les vachettes sèches de l'Inde sont bien traitées par les Anglais ; elles acquièrent une souplesse remarquable et font d'excellentes empeignes pour la troupe. Il est vrai de dire que, les recevant de première main, ils choisissent d'abord les plus belles, de sorte que nos tanneurs ne peuvent guère se procurer que les peaux qui n'ont pas été jugées convenables de l'autre côté du détroit.

L'Angleterre prépare beaucoup de cuirs corroyés. Dans ce pays on porte de fortes chaussures, sans doute à cause du climat : aussi le mode de travail usité par les corroyeurs anglais est fait pour résister à l'humidité ; mais les tiges sont plus grossières et plus chargées que les nôtres. Elles sont de longue durée, mais peu agréables, en ce qu'elles durcissent rapidement.

Les cuirs anglais pour sellerie et carrosserie sont très-bien faits, et travaillés avec un soin extrême. Ils sont souples, ont leurs surfaces très-unies, et offrent une très-grande résistance à l'emploi. La peau de porc est beaucoup employée pour la sellerie. En France, nos corroyeurs de Pont-Audemer excellent aussi à la préparer.

Les cuirs de chèvre ont un noir brillant et poli que n'ont pas ceux de France, mais ils sont moins souples que les nôtres. Les cuirs à cardes sont de bonne qualité.

Le climat de l'Angleterre ne se prête pas à la fabrication des veaux vernis pour chaussures. En effet les veaux, pour être convenablement vernis, doivent être exposés à l'air sec et au soleil, deux choses bien difficiles à obtenir sous le ciel humide et brumeux de la Grande-Bretagne.

Avec des moutons alunés dont la laine est nettoyée avec beaucoup de soin, les Anglais fabriquent de jolis tapis teints de diverses couleurs, pour appartements, voitures et wagons : les uns unis, les autres formant des dessins à l'aide de peaux d'agneaux préparées de la même manière, et bordées avec les mèches soyeuses de l'angora. Leurs moutons à laine bouclée se prêtent admirablement à ce genre de fabrication.

Les moutons sciés pour chapellerie ont pris un grand développement en Angleterre. Des quantités énormes sont traitées par ce procédé qui, en dédoublant le cuir, en augmente la surface de plus d'un tiers. On les emploie avec beaucoup d'avantages, en raison de leur peu d'épaisseur, pour la garniture de chapellerie, la doublure, etc. Nos cuirs de mouton moins épais que ceux d'Angleterre ne se prêtent pas aussi bien à la refente et ne donnent pas les mêmes résultats. L'Allemagne est mieux favorisée à cet égard.

Les Anglais préparent une grande quantité de peaux de poissons amphibies, ayant 3 ou 4 centimètres d'épaisseur, et qui sont destinées au polissage des objets de coutellerie, à la fabrication des courroies et aux garnitures des pompes d'épuisement. Ces cuirs sont trop spongieux pour la chaussure.

Les phoques, qu'ils vernissent et grènent en grande quantité, sont solides, mais grossiers, et ne conservent pas le brillant comme les veaux.

Les Indes anglaises avaient envoyé de beaux échantillons de peaux de buffle, de daim, de taureau ; on remarquait aussi les peaux de tigre du *Bundlekund*. M. *D. Tétu*, de la Rivière-Ouelle (Canada), exposait des peaux de marsouin et de loup-marin. La colonie de Natal était représentée par une belle collection de fauves : chacal, lion, lionne, léopard, chat-tigre, chat-gris, lynx ; Terre-Neuve, par des phoques, et Victoria par de très-beaux kangurous vernis.

En somme l'exposition anglaise était belle mais peu nombreuse. Elle ne comp-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tait que 53 exposants, dont 33 pour ses colonies. Elle a obtenu 12 médailles, dont 4 pour ses colonies, et 6 mentions honorables, dont 4 pour ses colonies.

ITALIE. — Depuis quelques années l'art du tanneur et le commerce des cuirs ont pris une importance considérable dans tous les Etats italiens. Les peaux les plus employées sont celles de vache et de veau, d'agneau, de chevreau et de mouton. Le travail des cuirs dans ce pays participe des méthodes anglaises et françaises.

Les tanneries de *Terra de Lavoro*, de *Terra d'Otrante*, de *Bénévent*, de *Calabre* ont été de tout temps célèbres par leurs peaux dorées et leurs cuirs. Aujourd'hui encore les semelles fortes, les basanes et les peaux, teintes et chagrinées, de *Castellamare* jouissent d'un certain renom.

On remarquait dans l'exposition italienne des cuirs tannés à la noix de galle et à la vallonia, des peaux d'agneau, de chevreau, de mouton tannées à l'écorce de pin, au fustet, à l'écorce de rouvre, au gland de chêne; des peaux d'âne, de belles vachettes blanches rasées, des peaux de castor chamoisées, etc.

L'Italie était représentée par 62 exposants; elle a obtenu une médaille d'argent, 5 médailles de bronze et 7 mentions honorables.

BELGIQUE. — Les principaux centres de tannerie sont, en Belgique : Bruxelles, Gand, Liége, Namur et Stavelot.

Les premiers progrès de la tannerie dans ce pays ne remontent guère avant 1788 ou 1789, et sont dus principalement à *Liéven Bauwens*, cet infatigable Gantois qui mit toute sa fortune et toute son initiative au service de son pays. Nommé maire de Gand en 1805, il reçut bientôt après, de Napoléon Ier, la croix de la Légion d'honneur pour les immenses services qu'il avait rendus à l'industrie. Il dépensa des sommes considérables pour arracher aux Anglais leurs procédés de préparation des peaux. Ses progrès furent tels, que plus tard Bauwens put fournir lui-même à l'Angleterre, tout en acquittant des droits de 30 p. 100, des produits supérieurs. En 1814, Bauwens était ruiné par toutes ses tentatives, mais la Belgique, du moins, avait en sa possession une industrie qu'elle a beaucoup améliorée et développée depuis. Ce fut surtout à partir de 1830, moment de sa régénération politique, que la Belgique donna une vigoureuse impulsion à son mouvement industriel. La fabrication des cuirs vernis y a été introduite en 1842.

Sur 48 exposants, la Belgique a reçu 5 médailles d'argent, 13 médailles de bronze et 4 mentions honorables.

ALLEMAGNE. — L'art de préparer les peaux est très-répandu dans toutes les parties de l'Allemagne. On y travaille bien et à bon marché. Pour les cuirs vernis surtout, les Allemands rivalisent avec nous. Depuis 30 ans cette industrie prospère chez eux. Favorisés par le climat, par le bon marché de la main-d'œuvre, et l'abondance de la matière première, n'ayant pas à subir l'intermédiaire des tanneurs, ils produisent à des prix inférieurs aux nôtres, et les nombreuses fabriques qu'ils ont su créer sur le Rhin nous disputent souvent avec avantage les marchés étrangers. Les peaux de veau du Zollverein sont fines et très-convenables pour cette destination. Leur vernis, cependant, est moins glacé que le nôtre, et leurs cuirs, sans doute trop amollis par le travail, ne produisent pas de chaussures aussi lisses que celles faites avec nos cuirs.

Signalons les chamois de M. *Mehlchmidt*, de Prague; les cuirs à courroie de M. *F. Kuchler* (Bavière), et de M. *Haul* (Autriche); les peaux de cheval de M. *A. Seehausen* (Prusse); les courroies et peaux pour sellerie de M. *J. J. Schlayer* (Wurtemberg); les maroquins de MM. *Mayer*, *Michel* et *Deninger*, de Mayence; les veaux mégissés de M. *Schwarzmann*, de Munich; les veaux vernis de M. *Cornélius Heyl*, de Worms.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici le tableau du nombre des exposants et des récompenses pour ce pays.

	Nombre d'exposants.	Médaille d'or.	Médaille d'argent.	Médaille de bronze.	Mentions honorables.
Prusse.	49	0	4	10	7
Autriche. . . .	43	1	10	10	3
Bade.	4	0	1	0	1
Wurtemberg.	10	0	1	3	3
Bavière.	9	1	1	2	2
Hesse.		2	5	3	3
Saxe.		0	1	1	0

SUISSE. — La Suisse a des produits de bonnes qualités. Les veaux de M. *Mercier*, de Lausanne, ont obtenu une médaille d'or.

Sur 19 exposants, la Suisse a reçu en outre 1 médaille d'argent, 3 médailles de bronze et 5 mentions honorables.

ESPAGNE ET PORTUGAL. — Expositions faibles : 18 exposants, 4 médailles et une mention honorable.

DANEMARK. — 11 exposants : 3 médailles et 2 mentions honorables.

GRÈCE. — 7 exposants, 1 médaille et 3 mentions honorables.

SUÈDE ET NORWÉGE. — 14 exposants, 1 médaille et 3 mentions honorables.

RUSSIE. — Son exposition était très-belle. On remarquait les magnifiques peaux d'agneau du *Reschetilovka;* les peaux de mouton de la belle race *Romanovskaya;* les peaux de renne, de M. *Ignace Kaneff*, de Siziale (gouvernement d'Arckangel); de nombreux échantillons de youfte rouge ou cuir de Russie; les courroies et les peaux pour sellerie de MM. *Varikhanoff frères;* des cuirs de bouvillon ; des peaux de daim et de brebis, et enfin de magnifiques peaux de tigre et de panthère, exposées par la *Société agricole du Caucase.*

Sur 67 exposants, la Russie a reçu 2 médailles d'argent, 8 médailles de bronze et 7 mentions honorables.

PRINCIPAUTÉS ROUMAINES. — 6 exposants, 1 médaille de bronze et une mention honorable.

TURQUIE. — Ce pays n'avait envoyé, pour ainsi dire, que des maroquins; nous faisons beaucoup mieux que les Turcs et beaucoup mieux aussi que les fabricants des autres pays orientaux. La Turquie comptait 145 exposants et a reçu 1 médaille de bronze et 2 mentions honorables.

ÉGYPTE. — On remarquait dans l'exposition du vice-roi des peaux de buffle assez bien préparées et des peaux de poissons pour semelles. Ce pays a obtenu une médaille de bronze.

PERSE. — La Perse avait des peaux de chagrin vertes, noires et blanches, du *Hamadan*. Le chagrin, du mot turc *sagri* qui veut dire croupe, est un cuir grenu, couvert de papilles rondes, serré, solide, propre à couvrir les boîtes, à faire des gaines, des étuis, des reliures, etc. Le véritable chagrin provient d'une espèce de *chien de mer*, nommé *Roussette;* mais les Orientaux l'imitent parfaitement avec la peaux des chevaux, des ânes, des mulets, des chameaux, surtout avec celle qui couvre la croupe de ces animaux. Le gris et le rouge sont les plus estimés. On le fabrique en Perse, en Syrie, à Constantinople, à Tunis, à Tripoli, à Alger, et même en Pologne.

On remarquait également dans l'exposition persane des peaux de gazelle du *Kirman*, et surtout les agneaux noirs de *Coum*, dits *astrakans*.

CONFÉDÉRATION ARGENTINE. — Deux exposants la représentaient avec des cuirs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et des peaux tannées avec l'écorce de *cébil*, des bois et râpures de *Quebrocho* pour le tannage des peaux, et des peaux des animaux sauvages de la Pampas. Elle a reçu 1 médaille d'argent et 1 médaille de bronze.

CHILI. — 2 exposants, 1 médaille d'argent.

BRÉSIL. — Exposition collective, 1 médaille de bronze.

RÉPUBLIQUE DE L'ÉQUATEUR. — Elle avait envoyé des peaux de caïman tannées et très-épaisses, des éperons et des cordes en cuir.

ÉTATS-UNIS. — Le commerce et la fabrication des cuirs existent depuis plus de deux siècles à New-York. En 1609, ils étaient placés dans un endroit qu'on appelle le marais (*Swamps*), et qui est situé dans l'île découverte par *Hendrick Hudson;* ils y sont encore aujourd'hui, bien que la configuration de la ville et du pays aient changé.

Le commerce des cuirs s'est développé dans tous les États de l'Union, et surtout à New-York dans une proportion considérable; il est même plus important là que dans aucune autre ville du monde. Malgré cela l'exposition des États-Unis était peu remarquable, et sauf quelques cuirs tannés avec le *hemlock* ou écorce de la cigüe, il n'y a rien à citer.

RÉSUMÉ. — En résumé, nous pouvons dire que la France l'emporte sur toutes les nations, pour la beauté et la bonne qualité de ses différents cuirs, et pour la grande régularité de son travail. Dans l'exposition française tout est beau, varié, excellent. La France a une telle réputation pour les objets de luxe et d'élégance, comme les maroquins, les peaux de chevreau coloriées, les peaux de veau teintes, vernies et corroyées, qu'elle a la supériorité pour tous ces produits.

Elle a également une supériorité marquée pour ses cuirs tannés qui sont solides et d'un usage général, surtout si on les compare à ceux des tanneurs anglais qui ont un sol qui produit les meilleurs cuirs de bœuf, et les meilleures écorces de chêne.

M. Blackmore, dans un rapport fait sur les cuirs et les peaux, à la commission royale anglaise, à propos de l'Exposition de 1862, s'exprimait ainsi : « Quand nous comparons nos produits naturels avec ceux de la France, nous constatons que ce pays a le droit d'être fier de tous ses tanneurs, et aussi de ses cuirs de bœuf appendus à la muraille dans la salle de l'Exposition. »

Nous n'ajouterons rien à ce tribut d'éloges sortant de la bouche d'un homme parlant au nom d'un pays fier, à bon droit, de son industrie.

HENRI VILLAIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XIX

LES INSTRUMENTS DE MUSIQUE,

PAR M. **FÉLIX BOUDOIN**[1]

IV

V. **Pianos.** (APPENDICE.)

Du clavier transpositeur. — Ce n'est pas d'aujourd'hui que les chercheurs se sont occupés de rendre transpositeur le clavier du piano. Mais, jusqu'ici, l'harmonium seul avait profité de ces inventions et de leurs perfectionnements successifs.

Il était plus facile, en effet, de rendre mobile un clavier d'harmonium, puisque, sur ce clavier, la délicatesse du toucher n'a rien à faire. Les touches s'attaquent toujours franchement et la soufflerie seule, dirigée par les pieds, commande à l'expression et produit toutes les nuances. Dans le clavier de l'harmonium, on a donc pu scinder les touches, à un certain endroit du levier, de façon à obtenir une transposition très-facile, suffisante pour cet instrument, mais inacceptable pour le piano.

Car, si dans le piano, au contraire, toute la sensibilité du jeu, tout le charme des nuances et l'exquise délicatesse des effets de *demi-teinte* résident dans la perfection de la mécanique du clavier, on voit qu'il est tout à fait impossible de songer à une solution de continuité quelconque dans la longueur du levier de la touche. Autrement, la transmission du mouvement serait ralentie et, de plus, le frottement et l'usage rendraient le clavier hors de service, au bout de très-peu de temps.

Du reste, on sait que tous les systèmes précédents, depuis l'origine jusqu'à maintenant, n'ont pu subsister à cause de tous leurs inconvénients; toujours à ce même point de vue qu'ils changeaient ou diminuaient plus ou moins notablement les qualités indispensables d'un bon clavier.

Nous avons à parler ici du piano transpositeur exposé par M. Burckhardt.

C'est un piano ordinaire; ouvrez-le, et vous constaterez que rien n'est changé à la construction habituelle. Le système transpositeur ne tient presque pas de place.

Les leviers des touches vont jusque sous le pied de la mécanique comme d'ordinaire; or, on sait que la mécanique repose simplement sur l'extrémité des leviers, sans y être attachée en aucune sorte.

Il ne s'agit donc que de trouver un moyen de faire glisser sans danger tout

1. Voir tome Ier, page 321; tome II, page 111; et tome III, page 208.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le clavier sous les bases des marteaux, de droite à gauche ou de gauche à droite.



Fig. 1.

Le facteur a fixé une tige de cuivre C dans la pièce de bois principale de la mécanique : autant de marteaux, autant de tiges de cuivre qui sont, évidemment, placées à la même hauteur.



Fig. 2.

Une planchette PP qui s'étend sur toute la largeur de l'instrument, le long des marteaux, est retenue en suspension par un essieu et peut, en basculant, soulever toute la mécanique, aux points C, à une hauteur de quelques millimètres, et voilà le moyen trouvé. Rien de plus facile que de faire glisser le clavier, puisqu'il ne supporte plus rien et qu'il n'y a plus à craindre le frottement.

Le clavier glisse donc sur deux rainures parallèles établies avec soin pour prévenir le frottement dur et par conséquent l'usure rapide qui s'ensuivrait. Son mouvement est réglé par demi-tons, au moyen d'un engrenage ou plutôt d'un barrage à dents qui marche avec le secours d'une clef. La clef communique également avec un volant dont la pression fait agir un levier, qui lui-même abaisse un crochet saisissant l'extrémité de la planchette PP et la faisant basculer de manière qu'elle soulève la mécanique.

Dans un tour de clef, il se produit deux opérations, non simultanément, mais successivement : c'est d'abord le volant qui fait basculer la planchette qui soulève les marteaux, pour préparer la marche du clavier ; la mécanique étant ainsi disposée, le clavier entre en mouvement et transpose d'un demi-ton, à gauche ou à droite.

La description semblera longue, peut-être, et pourrait donner à penser que c'est une grande affaire que de se servir du système Burckhardt. Point du tout ; que les amateurs se rassurent. Il suffit d'un tour de clef, comme celui qui ouvre une porte ou ferme un secrétaire.

VI. Instruments à cordes et à archet. — Instruments à vent en cuivre et en bois. — Instruments à percussion.

Tous ces instruments, à l'Exposition, étaient renfermés soigneusement dans leurs vitrines respectives. Il n'en pouvait être autrement, c'est évident, et le jury seul a pu et les faire essayer devant lui et distribuer des prix. Mais il devient difficile, dans ces conditions, d'établir une comparaison bien minutieuse entre les fabricants rivaux. On est obligé de se renfermer dans des considérations plus générales et, après une description sommaire de l'instrument type de chaque famille, nous n'aurons plus qu'à dire le progrès accompli dans telle ou telle partie de la fabrication.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Instruments à cordes et à archet. — Les instruments à cordes pincées sont évidemment antérieurs aux instruments à cordes frottées qui ne remontent pas au delà du cinquième siècle. Des premiers, il nous reste aujourd'hui : la *harpe*, la *guitare* et la mandoline. La harpe ne se fait presque plus que sur commande. Il n'y a plus guère que les mendiants italiens qui en jouent dans les cours de nos maisons ou dans les rues ; peu d'amateurs s'adonnent à l'étude de la harpe. Jouée sérieusement, elle s'emploie à l'orchestre dans les opéras, et dans quelques morceaux de musique religieuse. Les harpistes deviennent de plus en plus rares. Il n'y avait d'autre harpe remarquable à l'Exposition que celle de M. Erard.

La guitare et la mandoline ne sont en honneur qu'en Espagne, leur pays natal, et voilà comment il se fait que l'exposition espagnole contenait une nombreuse collection de ces deux instruments, de toutes les formes, richement ornés de dessins et d'arabesques capricieuses en marquetterie. Chez nous, ils sont tombés tout à fait en désuétude.

Nous savons que le violon proprement dit ne date que du quinzième siècle. Pendant longtemps, il ne servit qu'à faire danser et, en 1605, il fut employé, pour la première fois, par le compositeur *Monteverde*, dans son opéra d'*Orphée*. Il n'est entré définitivement dans les orchestres que vers la fin du dix-septième siècle.

Aujourd'hui qu'on a abandonné complétement la *viole* et la *viole* de *jambe*, les seuls instruments à archet employés sont ceux qui forment le *quatuor* : le *violon*, l'*alto*, le *violoncelle* et la *contrebasse*, le plus grave instrument de l'orchestre.

Le violon, dont tout le monde connait la figure, se compose de deux tables : l'une supérieure, la *table d'harmonie* ; l'autre inférieure, appelée *dos*. La table d'harmonie est percée de deux ouvertures, une de chaque côté du chevalet ; elles ont la forme d'un S, et s'appellent *ouïes*. On donne le nom d'*éclisse* à la partie intermédiaire qui unit ces deux tables. Sur la table d'harmonie est posé le *chevalet*, petite planchette découpée à jour qui sert à élever les cordes au-dessus du violon afin de leur permettre de vibrer librement à partir d'un même point. Les cordes passent sur le chevalet à distances égales, au nombre de quatre, et s'engagent dans une petite *coche* pratiquée à cet effet. Il est bon d'observer que l'arête du chevalet, qui soutient les cordes, offre une ligne courbe afin que l'archet puisse frotter à son aise sur une corde ou sur une autre sans crainte de toucher aux voisines.

Ces cordes qui sont de différentes grosseurs (puisqu'elles sont de même longueur), sont fixées, d'une part, à une pièce de bois appelée *queue*, et de l'autre, à des chevilles placées dans le manche. Elles vont d'un bout à l'autre de l'instrument, en rasant la surface d'une planche d'ébène qui est une partie intime du manche et s'avance sur la table d'harmonie sans s'y appuyer. Cette planche se nomme la *touche*, parce qu'elle sert de point d'appui aux doigts de la main gauche qui s'avancent, en pressant sur les cordes, pour obtenir les différents degrés de la gamme. On appelle *âme* un petit morceau de bois cylindrique qui se place dans l'intérieur du violon, au-dessous du chevalet ; son but est de soutenir la table d'harmonie contre la pression des cordes et de mettre en vibration toutes les différentes parties de l'instrument par la communication qu'il établit.

L'archet se compose d'une baguette coudée à ses deux extrémités de manière à tenir tendus les crins qui doivent frotter les cordes du violon. L'extrémité de l'archet qui se tient avec la main s'appelle *talon*, et est munie d'une vis pour serrer ou détendre les crins.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce n'est qu'en 1700 que la forme et la matière de l'archet furent fixées définitivement. Les archets les plus renommés viennent de *Tourte*, fabricant français qui vivait à la fin du dix-septième siècle.

Les luthiers se peuvent classer en trois écoles : Italiens, Allemands, Français.

En Italie, ce sont : Jean Paul Magini, Antoine Stradivarius, Guarnérius, Amati de Crémone, Landulphus, à la fin des dix-septième et dix-huitième siècles.

En 1567, Charles IX faisait commander des instruments à Amati de Crémone, quoiqu'il eût sous la main des luthiers habiles, Bocquay, Pierret, Despons. La Belgique expose précisément un violoncelle d'Amati, ayant appartenu à ce roi de France. C'est un très-bel instrument orné de peintures, aux armes du roi, et portant la trace de nombreuses réparations.

En Allemagne, c'est le nom de Steiner qui est le plus connu.

Les luthiers de Paris, qui travaillaient autrefois sous la surveillance de la Société des ménétriers, avaient cependant secoué cette tutelle, en 1559, et avaient été autorisés à s'ériger en communauté avec les autres fabricants d'instruments de musique.

Lupot le premier fit sortir la lutherie française de son infériorité, vers 1820, et ce ne fut qu'en s'attachant à observer, dans sa fabrication, les principes des Italiens. Ce sont eux qui, en effet, excellèrent d'abord dans l'art de construire les violons.

Le physicien *Savart* étudia sérieusement ces principes et en fit ressortir des règles certaines. Il détermina les rapports de sonorité entre les deux tables (dont l'une doit être en sapin et l'autre en érable) ; il calcula l'épaisseur de ces tables, la hauteur des voûtes ; il étudia le rôle de l'*âme*, indiqua la place exacte du chevalet, la place et la forme des ouïes, la forme et les proportions du manche, enfin de tous les accessoires.

C'est depuis cette époque qu'il a été reconnu que le violon était arrivé déjà à son plus haut point de perfectionnement, et tous les fabricants en sont tellement persuadés qu'ils ne visent plus qu'à imiter le plus fidèlement possible les meilleurs modèles que nous ont laissés les maîtres italiens de 1700 à 1800.

Aujourd'hui, la lutherie française est fort au-dessus de sa réputation et imite les types consacrés, aussi bien que les Italiens d'à présent. Nos meilleurs luthiers sont : Lupot, Chanot, Vuillaume, Bernardel qui font surtout des instruments de prix. Nous avons aussi la fabrique de Mirecourt (Vosges), la plus grande qui existe.

Mais la lutherie est un métier qui ne vivra bientôt plus que de réparations, car les violons, s'améliorant en vieillissant, n'ont pas besoin d'être remplacés.

Quant à la forme distinctive des violons de chaque école, les amateurs exercés et fanatiques savent seuls reconnaître, au premier coup d'œil, l'œuvre de tel maître de l'œuvre de tel autre. La forme italienne est plus gracieuse ; les tables sont plus bombées. L'allemand est plus plat et plus lourd. Le français, qui a sa forme spéciale dans la fabrique de Mirecourt, tient de l'un et de l'autre. Sans être aussi élancé que le violon italien, il s'éloigne cependant de la lourdeur allemande.

L'Exposition nous présente presque partout des imitations. En Bavière on trouve des violons passables à 3 fr. 75. Dans le grand duché de Bade, quelques rares instruments. L'Italie n'a rien que deux violons, toujours imitation Stradivarius. Par exemple, une prodigieuse quantité de cordes de boyau qui jouissent d'une réputation méritée. A côté de cela, un violon original, fruit de l'imagination d'un chercheur obstiné ; les ouïes sont remplacés par une ouverture ovale qui tient le milieu de la table d'harmonie et se ferme ou se découvre à volonté

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un couvercle dont le mouvement est modéré par le menton de l'exécutant. Ce n'est qu'une absurdité de plus, à notre point de vue. Les Italiens, en fait d'art, vivent beaucoup sur leur réputation.

Peut-être trouvera-t-on meilleure l'idée d'un abbé qui, dans la section de France, expose une contrebasse à une seule corde; l'archet n'a qu'à frotter régulièrement, le manche étant muni d'un petit clavier dont chaque touche pince la corde à des distances calculées pour obtenir les différents degrés de l'échelle musicale, pour la portée d'une voix ordinaire. Il va sans dire que cette invention est seulement applicable à l'accompagnement du plain-chant dans les églises de village.

Instruments à vent, en cuivre et en bois. Instruments à percussion. — Tous ces instruments, ceux de même espèce et de différents facteurs, se ressemblent à peu de chose près. Mais, interrogez chaque fabricant, de quelque pays qu'il soit : comme il y a telle partie de l'instrument que chacun fait à sa manière, telle petite modification insignifiante qui a obtenu son brevet, sinon des résultats positifs d'amélioration, chacun vous dira que rien n'égale ses produits particuliers, etc. Jugez de la difficulté pour établir comparaison entre tous ces gens-là, et surtout quelle absurdité ce serait que d'essayer seulement de parler d'eux. Nous nous occuperons donc, comme dans ce qui précède, des choses en général, et très-peu des gens.

Nous serions tentés de donner le prix aux instruments allemands, précisément parce qu'ils ne se sont pas jetés dans une voie de réforme et de changement quand même, comme chez nous. S'ils n'ont pas avancé, au moins n'ont-ils pas reculé. De notre côté, on perfectionne toujours, et à force de perfectionner les bonnes choses, on arrive à les faire très-mauvaises.

Un véritable progrès dans la construction des instruments de cuivre ne s'est manifesté que vers les premières années du dix-neuvième siècle. Cependant, la trompette et le cor étaient déjà pourvus de tubes mobiles dits de *rechange*. Mais, en 1770 seulement, ces deux instruments furent munis de clefs par Kolbel et les frères Braun; quant au système des pistons, il fut inventé en Prusse, par Blühmel et Stoelzel. L'invention des pistons a porté des modifications profondes dans les cuivres. Ce système consiste à faire parcourir à la colonne d'air, qui fait vibrer l'instrument, l'espace nécessaire pour obtenir un son qui soit un demi-ton, ou un ton, ou un ton et demi plus bas que le son obtenu sans piston. On arrive à ce résultat par le moyen du piston, qui met l'instrument en communication avec un tube auxiliaire. Avec le piston, tous les sons sortent clairs, bien mieux qu'avec les clefs qui donnent des sons un peu sourds, comme, par exemple, ceux de l'ophicléide.

Les principaux instruments de cuivre sont : le *cor d'harmonie*, le *cor* et le *cornet à pistons;* la *trompette droite*, les *trombones* à coulisse et à cylindres, le *clairon*, les *bugles* ou *saxhorns*, les *saxotrombas*, les *saxophones*. Le saxhorn, comme l'indique son nom, est originaire de l'Allemagne, de la Saxe, ce qui a pu permettre de le confondre avec le nom d'un facteur de Paris, encore plus célèbre par ses procès avec ses confrères que par le reste de sa réputation.

Ce fut l'Allemand *Hampl*, en 1760, qui imagina de boucher une partie du pavillon du cor, pour augmenter le nombre des sons. Les instruments à piston ne furent introduits en France que de 1825 à 1831, par Spontini. Mais nous n'usons que du cor d'harmonie sans pistons, abandonné par les Allemands; les artistes prétendent, et ils ont peut-être raison, que les pistons, surchargeant l'instrument, changent le caractère de ses vibrations.

Tous les instruments de cuivre se jouent au moyen d'un *bocal* pour embou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chure, à l'exception du saxophone, qui est pourvu d'un bec à anche, à l'instar de la clarinette.

On fabrique d'ordinaire les instruments de cuivres sans le secours de la mécanique. Le travail consiste à tracer, découper le cuivre, souder les tubes. On cintre les pièces détachées après avoir rempli de plomb les tubes, pour qu'ils se prêtent à toutes les formes possibles. Enfin, on fait l'assemblage par une soudure à l'étain, qui demande des précautions délicates. On fait quelques instruments en maillechort, mais ce métal est cassant; en argent, mais le son est moins bon. Pour les *pavillons*, il y a deux procédés de fabrication : l'un, plus simple, consiste à repousser le cuivre au tour; l'autre, plus dispendieux, à forger au marteau sur une bigorne; on dit que le repoussé manque de sonorité.

Dans cette branche du commerce français, nous trouvons une redoutable concurrence en Belgique et en Allemagne, d'où nous sont venus tous les perfectionnements importants.

C'est *Bohem*, de Munich, qui a réformé la flûte, en rendant la perce du tube conique dans la région de l'embouchure, et cylindrique dans la région du milieu. Quatorze trous disposés mathématiquement produisent, au moyen des clefs et des doigts, tous les sons de l'échelle chromatique. Des anciennes flûtes à bec, il ne reste plus que le *flageolet*.

Les *hautbois*, *cor anglais*, *baryton*, *basson* sont à bec et à anche à double languette. La *clarinette* se joue au moyen d'une anche battante contre la table d'un bec. Aujourd'hui la clarinette est pourvue de dix-sept clefs, système Bohem. Cette famille d'instruments, sous le rapport de la justesse de certains sons, surtout dans le grave, était très-défectueuse; depuis 1800 seulement, non pas la perfection, mais l'amélioration s'est fait sentir.

Dans les cuivres anglais, nous n'avons remarqué qu'un cornet dont les pistons sont très-doux sous le doigt; le ressort ne frotte pas contre les parois du cylindre, et il est soutenu dans son mouvement par une tige cylindrique qui le traverse dans toute la longueur.

Les cuivres allemands sont presque tous à cylindres.

En France, M. Gautrot et M. Sax se disputent la palme; mais la lutte n'est pas égale. De hautes protections et la faveur ont fait adopter exclusivement, dans les musiques de l'armée, les produits de ce dernier, monopole qui a dû l'aider puissamment à soutenir ses nombreux procès. En 1855, M. Girard, chef d'orchestre de l'Académie impériale, écrivait que : « en continuant à substituer, dans les orchestres tant militaires que civils, des instruments homogènes (système Sax) aux instruments à différents timbres, on entraîne l'art dans une voie fatale; que, pour exécuter la musique composée jusqu'à ce jour, on sera, dans un temps peut-être très-rapproché, obligé d'avoir recours à des instruments qui ne rendront nullement l'idée des auteurs. » Suivent les signatures d'hommes éminents et connus : Leborne, Bazin, Verroust, Cokken, Dieppo, Panseron, Batton, Tulou, Gallay, Klosé, professeurs au Conservatoire; Ch. Gounod, Albert Grisar et Victor Massé, compositeurs. Tous sont d'avis qu'on ne saurait trouver, dans les instruments de la maison Sax, cette variété et cette distinction des timbres, richesse des anciennes musiques militaires.

Les instruments à percussion dont on se sert à présent sont : la *caisse claire* ou *tambour*; le *fût* est en laiton avec deux cercles de bois aux extrémités, servant à tendre la peau avec le secours des cordes qui vont de l'une à l'autre; la *caisse roulante* dont le *fût* est moins allongé que celui du tambour; la *grosse caisse*, même forme avec proportions plus considérables; les *cymbales*, qui se fabriquent surtout en Turquie, où elles font l'objet d'un commerce considérable. Il s'en exporte annuellement pour plus de 40,000 francs. On n'est pas parvenu à les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

égaler dans le reste de l'Europe. Du *triangle*, il n'y a rien à dire. Le *chapeau chinois* tend à disparaître tout à fait. Les *timbales* remplacent le tambour et la grosse caisse à l'orchestre.

La confédération Argentine a exposé une timbale chromatique. Cette timbale est pourvue d'un système de touches, espèce de clavier dont le but est de modifier, sur-le-champ et sans tâtonnements, les sons de l'instrument. On ne sait peut-être pas tout le talent ou plutôt la grande habitude qu'il faut au *timbalier* pour accorder les deux timbales vivement dans les changements de ton d'un morceau de musique. Cette idée nouvelle est peut-être appelée à modifier non pas la timbale elle-même, mais la manière de l'accorder, qui est si difficile que cet instrument demande, dans les bons orchestres, un véritable artiste. M. Sax, lui, a présenté des timbales, sans caisse de cuivre, de véritables *tambours de basque ;* mais il prétend qu'elles ont plus de son. Il n'y a rien à dire.

Instruments de musique chez les peuples barbares.

Il y en avait un nombre incroyable au Champ de Mars. Les plus remarquables venaient de la Turquie, de l'Algérie et de l'Asie. C'est avec toutes les difficultés du monde que nous sommes parvenus à dessiner quelques croquis, en fraude pour ainsi dire.

En Turquie, des violons, des mandolines; le *Kanoun*, la *Ghaïda* (flûte de derviche), mais surtout les *zils*, c'est-à-dire la famille des tambours, timbales et cymbales. Ce sont les zils qui ont le plus d'importance à cause du grand commerce qu'en fait la Turquie fournissant, comme nous l'avons déjà dit, à la consommation de l'Europe entière. Ces zils se fabriquent avec un alliage particulier employé aussi pour les timbres d'horloge. Les musiciens ambulants se servent de curieux instruments appelés *chou'ara sazi*, *bulgari*, *daïré*, etc. Dans le pays on nomme ces gens-là des *chou'ara* (poëtes).

Les indigènes de l'Algérie ont trois catégories d'instruments, car il y a la musique des villes, la musique militaire et celle des habitants de la tente.

Dans les villes on a : la *kouitra*, espèce de mandoline à huit cordes; la *kamendja*, violon à quatre cordes; le *rebeb* violoncelle à deux cordes; le *kanoun*, sorte de harpe horizontale, l'antique psalterion; le *thar*, tambour de basque; le *derbouka*, tambour formé d'une poterie recouverte d'un parchemin; et le Djouak, flûte en roseau.

La musique militaire se compose : de la *kaïtra*, hautbois; du *téboul*, grosse caisse; des *naghats*, petits tambours plats qu'on frappe avec une baguette, et des *nar'arats*, cymbales. Cette musique marchait autrefois à la tête des cavaliers, immédiatement après les étendards; elle est encore en usage dans les *Goums*.

Quant aux habitants de la tente, ils n'ont point d'autres instruments que la grosse flûte en roseau appelée *guesba* et le *bendir*, espèce de gros tambour de basque.

A l'exception des tambours et de la guesba, qui sont fabriqués sous la tente, les autres instruments sortent des ateliers d'Alger et de Constantine.

Nos figures 2 et 3 représentent des tambours algériens. Le tambour (fig. 3), qui affecte une forme étrange, est fait d'un vase en terre cuite dont l'ouverture est recouverte par une peau. Une seconde peau est appliquée à l'autre extrémité et se divise en plusieurs pointes terminées par des liens qui vont s'attacher à la première et la tiennent tendue.

La figure 1 représente un *harmonica* des nègres de l'intérieur de l'Afrique. Comme on le voit, c'est une série de planchettes de dimensions différentes, atta-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chées sur un cadre en bois par des ligaments d'écorce. Le musicien obtient les sons au moyen de deux baguettes dont il se sert simultanément ou successivement à son gré. Tous les harmonicas se jouent de cette manière-là.

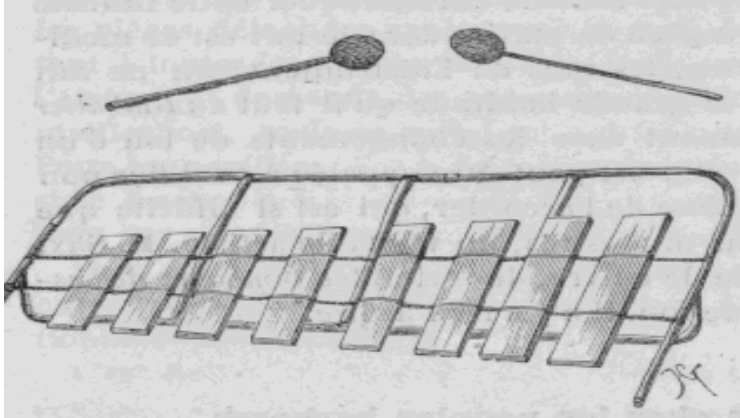


Fig. 1.

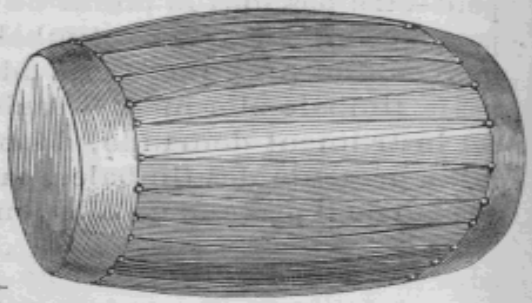


Fig. 2.

Dans quelques tribus, l'*harmonica* est composé de noix de coco enfilées et réunies sur un cadre, comme l'indique la fig. 4.

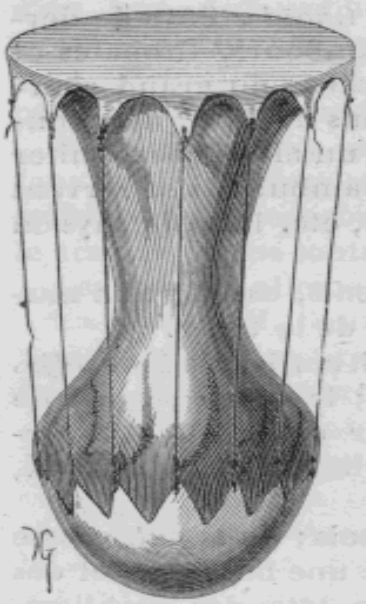


Fig. 3.

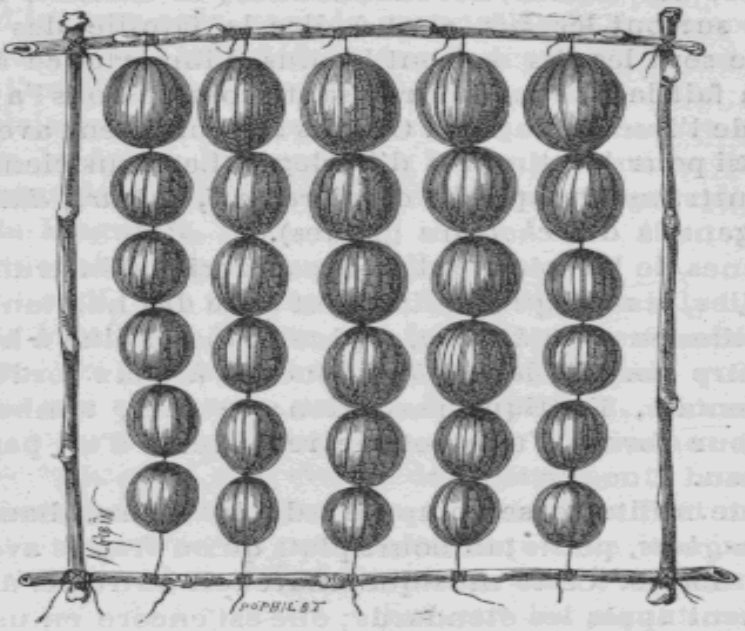


Fig. 4.

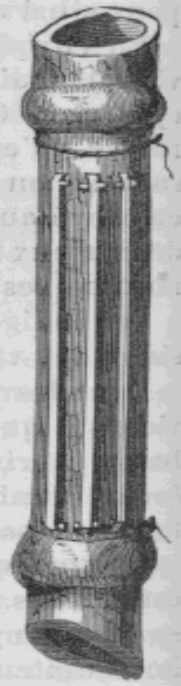


Fig. 5.

La figure 5 représente un *violon* africain tout à fait primitif. C'est tout simplement une tige de roseau dont on a soulevé l'écorce avec précaution, par bandes minces et soutenues à chaque extrémité, par des chevalets.

On prend deux de ces roseaux ainsi préparés, et on les frotte l'un sur l'autre. En France, du reste, les enfants de la campagne savent très-bien se construire des instruments tout semblables avec les tiges du maïs.

Beaucoup de ces instruments barbares qui figurent à l'Exposition sont tellement grossiers et primitifs qu'on a peine à s'imaginer que l'objet qu'on a devant les yeux soit capable de produire quelque son.

La Cochinchine accompagne souvent les siens de la figure d'une idole gros-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sièrement ébauchée, servant de manche à un violon ou d'appui à un tambour, ou à une espèce de harpe, comme l'indique notre figure 6 (*harpe fétiche*). Les prêtres (les *Griots*) ont su inspirer aux nègres une grande vénération pour ces instruments, qui sont classés au nombre des *Gris-Gris*, c'est-à-dire des génies incarnés. On trouve des instruments fétiches du même genre parmi les peuples de l'Australie.



Fig. 6.

L'Océanie nous a, du reste, montré un instrument tout primitif (fig. 7) : c'est le *nafa*, instrument de percussion fait d'un tronc d'arbre évidé. Lorsqu'un de leurs prêtres commence à frapper en cadence sur le *nafa*, les tribus s'assemblent et viennent former le cercle autour de l'inspiré. C'est au son du *nafa* que se prennent les grandes résolutions.

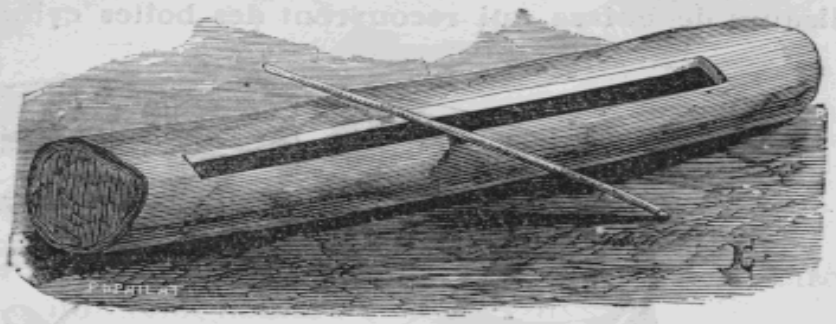


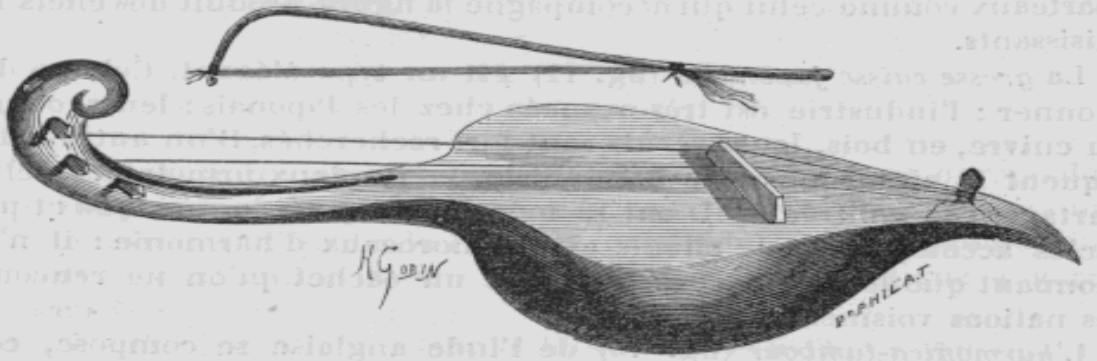
Fig. 7.

Les instruments asiatiques, en général, sont plus élégants de forme, la matière est plus dégrossie et, dans l'Inde surtout, ils sont même ornés de sculptures et de dessins qui ne manquent pas d'un certain goût.

Fig. 8.



Fig. 9.



Voici d'abord (fig. 8) un *violon indien* qui offre beaucoup de ressemblance avec le *violon japonais* (fig. 9) que nous avons représenté avec son archet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Japon a aussi un *harmonica* (fig. 10) beaucoup plus étudié que celui des Africains que nous avons représenté plus haut. Les planchettes sont tendues

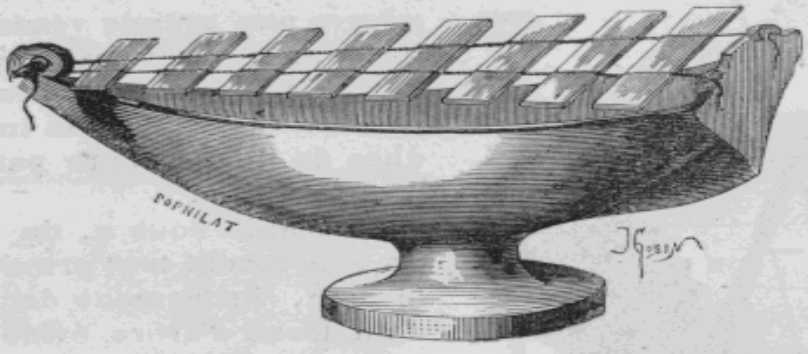


Fig. 10.

au-dessus d'un petit navire qui augmente la sonorité. Ceci n'est qu'un simple détail, mais ce détail montre combien la race japonaise est intellectuellement au-dessus des nègres de l'intérieur de l'Afrique.

Notre fig. 11 reproduit l'*harmonica tam-tam*. Cet harmonica est composé de disques de cuivre qui recouvrent des boîtes cylindriques de même métal. Ici

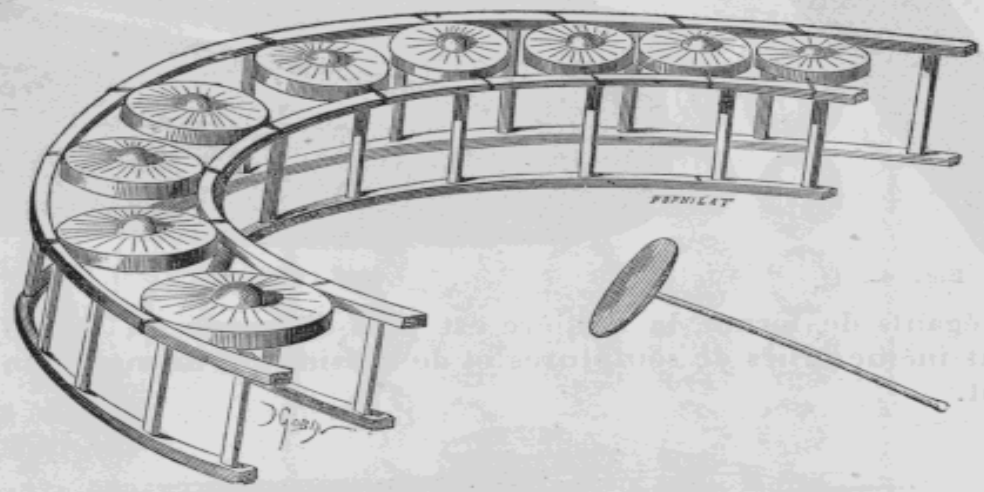


Fig. 11.

encore il y a entente des lois de la sonorité. Ce tam-tam, frappé avec deux marteaux comme celui qui accompagne la figure produit des effets harmoniques saisissants.

La *grosse caisse japonaise* (fig. 12) est un type élégant. Cela ne doit pas nous étonner : l'industrie est très-avancée chez les Japonais ; leurs ouvrages en fer, en cuivre, en bois, leurs vernis sont fort recherchés. D'un autre côté, qu'ils pratiquent le sintoïsme ou le bouddhisme — les deux principales religions qui se partagent la contrée — ils ont le même goût pour la musique et pour les spectacles accompagnés de chants et de morceaux d'harmonie : il n'est donc pas étonnant que leurs instruments aient un cachet qu'on ne rencontre pas chez les nations voisines.

L'*harmonica-tambour* (fig. 13) de l'Inde anglaise se compose, comme on le voit, d'une série de petits tambours, dont le diapason varie avec la grosseur. Il a évidemment beaucoup d'analogie avec le tam-tam Japonais, mais les sons de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce dernier sont plus retentissants. Nous regrettons de ne pouvoir donner d'autres spécimens des instruments de l'Inde, la contrée où les poëmes sacrés se chantent

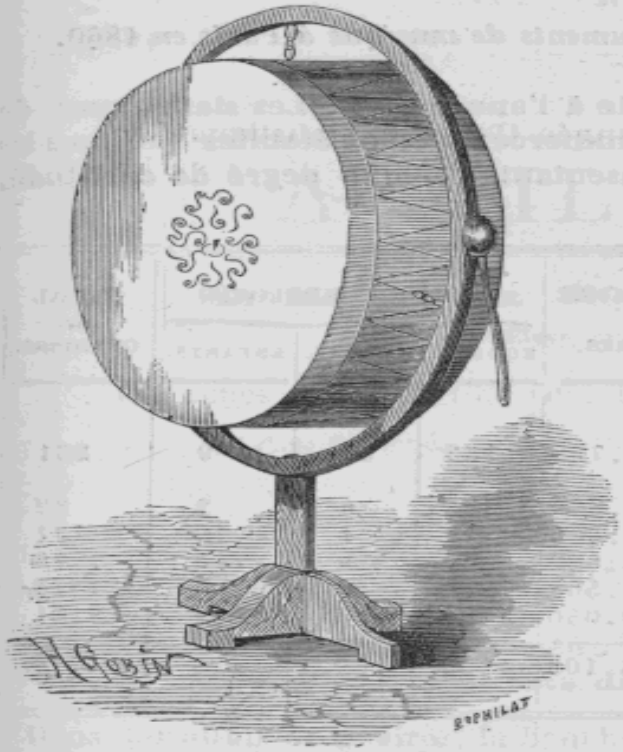


Fig. 12.

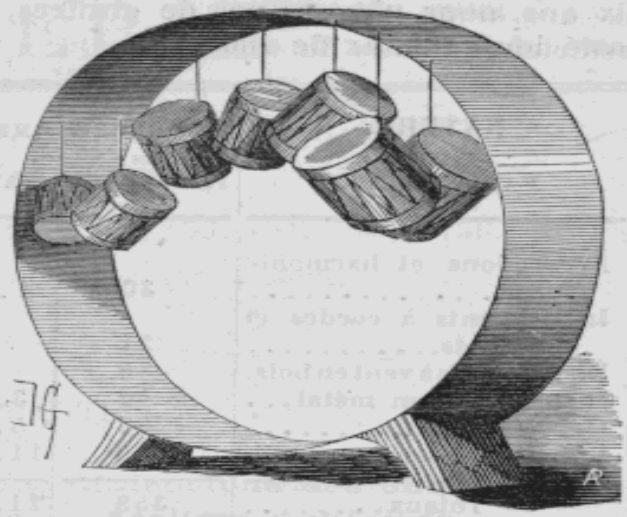


Fig. 13.

encore avec accompagnement de musique, et qui, par conséquent, doit être riche en types conservés depuis un grand nombre de siècles.



Fig. 14.

Il ne nous reste plus qu'un instrument tout primitif : c'est la *flûte* (fig. 14) de quelques peuplades indigènes de la *Guyanne*. C'est tout simplement, on le voit, un os, — un os de daim — percé de trois trous, qui rappelle les flûtes faites dans l'antiquité avec l'os de la jambe d'un cerf, instrument bien éloigné du simple roseau creux. Les voyageurs qui ont traversé, par une soirée silencieuse, les pays habités par les Tamanaques, les Guayvas, les Galibis, ont conservé le souvenir des sons étranges que tirait de sa flûte quelque chasseur indigène et que repercutaient au loin les échos des forêts de sapoteilliers et de palmiers.

Dans notre travail nous ne nous sommes pas occupé des instruments de musique au point de vue industriel. Voici un relevé qui présente de l'importance. C'est la statistique de l'industrie de la fabrication des instruments de musique à Paris en 1860.

(Voir le tableau de la page suivante.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

STATISTIQUE

de l'industrie de la fabrication des instruments de musique à Paris en 1860.

(La statistique qui va suivre se rapporte à l'année 1860. Les statistiques de cette nature, faites par la chambre de commerce, n'étant établies que tous les dix ans, nous n'avons pas de chiffres, présentant quelque degré de certitude, postérieurs à ceux de 1860).

NATURE DE LA FABRICATION.	NOMBRE des FABRICANTS.	IMPORTANCE des AFFAIRES.	OUVRIERS EMPLOYÉS			TOTAL des OUVRIERS.
			HOMMES.	FEMMES.	ENFANTS.	
Accordéons et harmoniflûtes.	30	1.234.703	166	56	9	231
Instruments à cordes et à archets.	21	320.900	80	»	2	82
Instruments à vent en bois.	35	25.330	110	1	10	121
Instruments en métal. . .	40	3.189.620	680	»	45	725
Orgues.	53	5.407.500	1490	»	23	1513
Pianos et harpes.	179	11.380.050	2064	3	34	2101
Totaux.	358	21.558.103	4590	60	123	4773

On n'a pas tenu compte dans la récapitulation des ouvriers, des apprentis qui travaillent dans différents ateliers. Ils étaient au nombre de 112. Le total des ouvriers employés dans la fabrication des instruments de musique à Paris, était donc de 4885 en 1860.

Comme renseignements généraux, nous voyons d'après les indications du jury d'admission de la classe 11, que la fabrication des instruments de musique représente une valeur de 20 à 23 millions de francs ; les *matières premières* importées en France figurent pour 5 ou 6 millions ; la moitié à peu près des produits fabriqués est écoulée par l'intermédiaire des commissionnaires pour l'exportation, ou s'expédie directement, sur commandes, dans le monde entier, mais plus particuliérement dans les deux Amériques, et surtout dans l'Amérique du Sud.

L'importation est presque nulle.

FÉLIX BOUDOIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ART MILITAIRE.

ARTILLERIE[1]

PAR **M. MICHEL ROUS**, CAPITAINE D'ARTILLERIE,
Ancien Élève de l'École polytechnique.

(Planches 102, 103, 105, 106, 107, 151, 152, 153, 154, 155 et 156.)

Ces planches ont paru avec les 24e et 25e fascicules.

DEUXIÈME PARTIE.

Affûts qui permettent de réduire les dimensions des embrasures. — Perfectionnements divers. — Ateliers militaires.

Dans les affûts ordinaires, la bouche à feu tourne autour de l'axe des tourillons pour qu'on puisse lui donner l'inclinaison convenable au-dessus de l'horizon et quelquefois au-dessous. Dans ce mouvement, chaque point de la volée décrit un cercle d'un assez grand diamètre pour les gros canons. Il en résulte que les sabords ou embrasures doivent avoir une hauteur relativement considérable et que les servants des pièces sont souvent trop découverts et très-exposés aux coups de l'ennemi.

On a imaginé des affûts spéciaux dans lesquels la pièce se meut dans le pointage comme si les tourillons étaient près de la volée. Considérons une tige rigide A B.

On peut lui faire prendre plusieurs inclinaisons, le point B restant fixe en plaçant des tourillons ou une charnière en B. On obtiendra le même résultat au moyen d'une courbe directrice sur laquelle la tige repose en C, de telle sorte que A, décrivant l'arc de cercle dont AB est le rayon, le point C se trouve toujours à la hauteur convenable pour que A' c' converge en B. C'est cette dernière solution qui a été adoptée ; des tourillons placés près de la bouche n'offriraient aucune solidité.



Fig. 1.

La fig. 3 pl. 103 représente un de ces affûts qui était exposé par l'amiral Halsted. Chaque flasque se compose de 2 pièces : 1° une fixe composée d'un montant, d'un arc-boutant et d'une semelle ; le montant porte une rainure circulaire, dont le centre est près de la bouche ; les tourillons sont engagés dans ces rainures et leur centre se trouve toujours à la même distance du point autour duquel on veut effectuer la rotation. 2° Une partie mobile autour d'un axe situé à la partie antérieure de la semelle et fixée à la vis de pointage. La vis de pointage est mue par une manivelle à laquelle elle est fixée invariablement ;

1. Voir t. V, p. 307.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle est supportée par une pièce munie de tourillons qui lui permet de prendre diverses inclinaisons, et elle traverse le bouton de culasse du canon. L'écrou mobile de la vis de pointage est muni de deux tourillons qui supportent le bouton de culasse. Enfin, la pièce mobile du flasque porte une rainure courbe qui supporte les tourillons et qui est tracée de manière que dans toutes les positions que prend le bouton de culasse, les tourillons soient à une hauteur convenable pour que la bouche ne change pas de place.

La fig. 4 et la fig. 5 représentent l'affût pivotant Heathorn construit d'après le même principe : dans la fig. 4, le dessin est inexact ; la vis devrait traverser le bouton de culasse ; dans d'autres modèles, il y a deux vis entre lesquelles est le bouton de culasse fixé à l'écrou mobile. On fait tourner les vis avec des engrenages et une manivelle. On voit, d'après les fig. 4 et 5, que ces affûts permettent de tirer au-dessus et au-dessous de l'horizon.

Ils peuvent présenter des avantages, mais ils sont d'une construction compliquée et coûteuse ; il est difficile de leur donner la même solidité qu'aux affûts plus simples qui sont en usage.

Il faut surtout remarquer la fatigue qu'ils imposeront aux servants et qui retardera souvent la manœuvre. Dans les canons ordinaires, le centre de gravité se trouve sur les tourillons quelquefois ; en général, il y a une prépondérance à la culasse qui varie depuis 1/8 jusqu'à 1/20 du poids de la bouche à feu ; c'est le seul poids qu'on ait à soulever. Au contraire, pour amener le canon de la position que marque la fig. 5 à celle que marque la fig. 4, il faudra soulever tout son poids. L'opération sera longue si l'on emploie un très-petit pignon ; dans le cas contraire, elle exigera des hommes un déploiement de forces considérable.

Nous nous sommes surtout occupés jusqu'à ce moment des perfectionnements récents apportés aux constructions de l'artillerie en Angleterre et en France. Nous avons signalé particulièrement la considération que méritent les efforts de l'industrie privée et les résultats qu'ils ont produits. C'est une question d'une importance capitale.

Dans ces dernières années, toutes les puissances militaires ont augmenté l'outillage et l'étendue de leurs arsenaux. On peut pourtant prévoir que beaucoup des dépenses qui ont été faites deviendront improductives ; dans un temps peu éloigné la plupart de ces établissements seront fermés et l'armement national sera fabriqué dans les ateliers des particuliers. Cette nécessité résulte de deux ordres d'idées très-différents.

Nous observerons d'abord que les fabrications militaires s'étaient imposé jusqu'ici la condition d'employer des procédés élémentaires susceptibles d'être pratiqués en campagne avec un outillage restreint. On comprenait que les travaux ordinaires formaient ainsi des ouvriers spéciaux, habitués à faire avec peu de moyens, et par suite très-capables d'effectuer à la guerre toutes les réparations du matériel dans toutes les circonstances. A ce point de vue, le système a donné des résultats d'autant meilleurs que beaucoup d'officiers d'artillerie possèdent des connaissances pratiques relativement aux fabrications. Pourtant il n'a pas toujours permis de suffire aux besoins de l'armement national, et la France vient d'en avoir des exemples frappants.

Dans toutes les expéditions le nombre d'ouvriers et d'armuriers militaires est insuffisant ; ce n'est qu'à force de dévouement que les troupes chargées des réparations peuvent accomplir leur tâche, et rarement aussi vite qu'on pourrait le désirer. Cela tient à ce que, au moment d'une guerre, il faut continuer et généralement activer les travaux des arsenaux, et qu'on ne fait partir avec les armées qu'un nombre d'ouvriers trop peu considérable.

Les commandes temporaires que l'on pourrait faire à l'industrie privée au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moment du besoin sont souvent mal exécutées. Les matériaux de choix ne sont pas toujours à la disposition des constructeurs ; ces derniers doivent faire hâtivement un travail auquel ils ne sont pas habitués. Enfin (c'est triste, mais l'expérience a prouvé qu'il en est quelquefois ainsi), certains constructeurs chercheront à faire des bénéfices exagérés sur une commande qui ne doit pas se continuer, et ils tromperont le plus possible les commissions qui n'ont pas toujours dans ce cas le temps et les moyens de reconnaître les fraudes.

De ces faits particuliers, beaucoup d'hommes spéciaux ont conclu qu'il est impossible d'avoir confiance dans l'industrie privée et d'attendre d'elle qu'elle fournisse dans de bonnes conditions le matériel d'artillerie. Il y a là une erreur grave. Les conditions ne seraient plus les mêmes si tout le matériel était demandé régulièrement aux ateliers de construction. Il n'est pas nécessaire de développer cette idée, et tout le monde comprendra que l'industrie qui fait nos navires, nos machines à vapeur, etc., ferait tout aussi bien nos affûts, nos voitures, nos canons et nos fusils.

Il suffirait de la certitude de commandes suivies pour que les particuliers s'outillent convenablement et exécutent régulièrement leurs marchés. Dans le cas d'une crise, il serait très-facile d'augmenter rapidement ces fabrications.

Aujourd'hui les progrès de l'industrie ont conduit les arsenaux à fabriquer au moyen de machines. Quels services pourront rendre en campagne des ouvriers qui ne sauront plus travailler qu'avec le secours d'un outillage compliqué ? La solution pratique serait de faire construire tout le matériel par l'industrie privée, et de n'avoir plus que des arsenaux de réparations, où travailleraient des ouvriers militaires employant les procédés les plus simples ; ces ouvriers seraient tous disponibles pour les cas de guerre.

L'emploi du fer et de l'acier, qui tend à se généraliser pour les affûts et pour les bouches à feu, est une raison puissante pour demander ces objets à de grands ateliers qui ont les moyens d'utiliser les matières qui peuvent ne pas convenir à l'artillerie. C'est ce qu'on a toujours fait pour les projectiles et les objets en fonte.

Ajoutons que les changements de modèles, qui peuvent devenir fréquents, imposeront de grandes charges à l'État. On a donné aux fabrications mécaniques une direction ruineuse en employant beaucoup de ces machines spéciales qui coûtent cher et ne sont bonnes qu'à produire un objet d'une certaine forme. A chaque changement de modèle il faudra modifier profondément l'outillage.

L'industrie particulière, au contraire, utilise tout, et elle est toujours en avance sur les ateliers de l'État pour les moyens qui permettent de produire bien et à bon marché.

Après cette longue digression qui nous a semblé utile, il reste à compléter l'énumération des progrès réalisés dans ces dernières années.

Nous devons citer : d'abord, en Angleterre, les travaux du major Palliser ; en Amérique, ceux de M. Rodman; et en Allemagne, ceux de M. Krupp.

Le major Palliser a trouvé un nouveau traitement de la fonte qui lui donne à la fois une dureté et une résistance suffisantes, pour qu'on puisse l'employer à faire des projectiles capables de percer les cuirasses des vaisseaux. Cette fonte est tellement dure qu'il est impossible de l'entamer avec les outils les mieux trempés. On fait prendre dans la fonte, à la base du projectile, un épais anneau de fer qu'on taraude et qu'on bouche avec une vis, après avoir introduit la charge d'éclatement.

Le major Palliser a également imaginé un moyen d'utiliser les anciens canons de fonte pour en faire des canons rayés. Il introduit un cylindre creux en fer dans l'âme du canon préalablement chauffé qui le comprime en se refroidissant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On a essayé, avec moins de succès, de couler de la fonte autour d'un cylindre creux en fer. La haute température à laquelle le fer est élevé dans ce cas, paraît diminuer sa résistance. Le procédé du major Palliser semble beaucoup plus sûr que l'emploi des cercles d'acier, pour consolider les bouches à feu destinées à tirer des projectiles cylindro-ogivaux, qui pèsent le double des boulets sphériques pour lesquels ces pièces avaient été construites. On peut dire que ces cercles n'empêcheront pas toujours les canons d'éclater, mais ils retiennent les éclats et augmentent beaucoup la sécurité des servants.

Les Hollandais ont employé un procédé assez ingénieux pour transformer leurs pièces de fonte en canons rayés. Le canon étant chauffé au rouge, on coule du bronze dans l'âme, puis la pièce est forcée à un plus petit calibre et rayée. Cette transformation ne peut pourtant être considérée que comme un expédient qui ne donne que des canons devant durer peu de temps et ne pouvant supporter que de faibles charges.

M. Rodman a obtenu pour les canons en fonte une résistance remarquable en les coulant autour d'un arbre creux, ouvert par un seul bout, qui réserve le vide de l'âme ; on fait couler de l'eau froide dans l'intérieur de ce tube. Il en résulte que le refroidissement commence par l'intérieur et que le métal acquiert une plus grande cohésion. L'expérience a constaté le succès de cette innovation hardie.

M. Krupp et les canons en acier.

M. Krupp occupe une place importante à côté de sir W. Armstrong et de M. Whitworth dans l'étude des nouvelles constructions d'artillerie. Son immense établissement d'Essen est le type des grands ateliers comme il faudra en organiser chez toutes les grandes nations, et qui pourront seuls fabriquer les puissants engins de guerre de l'avenir.

M. Krupp est avant tout fabricant d'acier, et à ce point de vue on peut dire qu'il occupe le premier rang. Le mélange de différents minerais soigneusement choisis donne des fontes convenables pour produire les diverses qualités d'acier. L'acier est obtenu en décarburant partiellement la fonte par le puddlage. Le produit du puddlage, mis dans des creusets avec une petite quantité de fer, donne l'acier fondu dont M. Krupp a singulièrement étendu les applications et qu'il peut produire au besoin en masses énormes.

La possibilité de fabriquer de grosses pièces d'acier résulte de la création d'un matériel considérable, d'un outillage puissant, de l'ordre parfait qui règne dans les travaux et de l'excellent choix d'ouvriers que des conditions favorables attachent à l'établissement.

Chaque creuset contient 20 kilog. au moins, et au plus 40 kilog. d'acier. On comprend que l'approvisionnement en creusets doit être énorme ; on compte environ 100,000 pièces dans les séchoirs. Pour fondre de grosses pièces il faut employer à la fois plusieurs milliers de creusets ; il est nécessaire que le métal soit versé dans le moule régulièrement, sans interruptions qui empêcheraient que tout se soude parfaitement pour former un seul lingot. C'est une opération qui s'exécute très-bien chez M. Krupp, et qui n'est réalisable qu'avec des mesures d'ordre précises rigoureusement exécutées.

Le lingot fondu est retiré de la fosse avec des grues et porté sous des marteaux pilons qui le forgent. Ces marteaux constituent un outillage unique dans le monde entier et ils donnent à l'usine de M. Krupp une puissance de production sans égale. Il y a plusieurs marteaux de 10,000 et 20,000 kilog ; il y en a un de 50,000 kilog. qui a coûté 2,500,000 fr. On dit que M. Krupp a l'intention d'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire un autre qui pèserait 100,000 kilog. et reviendrait environ à 5,000,000. L'établissement complet comptant 40 hectares de surfaces couvertes et environ 200 hectares en tout, a coûté plus de 50 millions. M. Krupp est seul propriétaire. Il ne faut pas s'étonner si, avec tous les éléments qu'un travail persévérant et une intelligence hors ligne ont su réunir, l'usine d'Essen fournit des pièces d'acier à tous les pays, même à l'Angleterre.

M. Krupp a commencé par construire des canons en acier sur commande, puis il a imaginé un système spécial de fermeture de culasse au moyen de coins. Ce système est moins simple que celui de sir W. Armstrong, mais il a parfaitement résisté au tir des plus grosses pièces. Les canons de M. Krupp et les canons prussiens emploient des projectiles revêtus d'une enveloppe de plomb qui se force dans les rayures.

Nous citerons quelques expériences :

Le canon de 9 pouces (228mm.6) est formé du canon proprement dit en acier fondu, renforcé par des cercles superposés. Il y a trente-deux rayures de 2mm.87 de profondeur (pl. 156). L'obturation est obtenue au moyen d'un culot en cuivre qu'on place derrière la cartouche avant d'opérer la fermeture avec le coin arroudi. Le canon pèse 14,950 kilog. Les projectiles pleins en fonte pesaient 125 kilog.

On se servit de poudre comprimée de quatre sortes :

1° Poudre prismatique à canaux, de l'artillerie russe (voir fig. 3, p. suivante); densité du grain, 1.65 à 1.70.

2° Poudre prismatique sans canaux de trois sortes, ayant différents poids spécifiques :

a — 1.68 à 1.72.
b — 1.73 à 1.77.
c — 1.78 à 1.82.

3° Poudre ordinaire prussienne à grains fins.

4° Poudre anglaise à gros grains pour canons rayés.

On s'est servi de deux espèces de gargousses pour la poudre prismatique, comme l'indiquent à l'échelle 1/4 les figures 4 et 5. Les gargousses pour la poudre en grains avaient 190mm.5 de diamètre.

Le canon placé sur un affût spécial, composé de deux flasques massives en fonte, était tiré dans une espèce de casemate en bois destinée à retenir les éclats. La vitesse initiale fut mesurée au moyen de l'appareil de M. Le Boulengé.

La poudre en prismes ne donna pas de résultats satisfaisants ; elle ne brûlait pas entièrement pendant le trajet du projectile dans l'âme. On en revint à la poudre en grains qui, à la charge de 19k.500 donna une vitesse initiale moyenne de 383 kil. Un appareil Rodman indiquait que la pression des gaz à l'intérieur du canon etait de 4,034 atmosphères.

Ces expériences furent continuées par un tir destiné à éprouver la durée du canon. On tira en tout 700 coups. Chaque soir on prenait avec de la gutta-percha l'empreinte de l'âme près du débouché de la lumière et à l'origine des rayures. Le matin, avant le tir, on mesurait le diamètre de la chambre.

Les résultats constatés sont :

1° En général, les qualités balistiques du canon après le tir de 700 coups sont les mêmes qu'au commencement des expériences ; les mesures qui ont été relevées en continuant le tir après cette épreuve de 700 coups indiquent pour la même charge la même vitesse initiale qu'auparavant.

2° *Augmentation des diamètres de la chambre.* — L'agrandissement qu'on a constaté après les 16 premiers coups est resté le même après les 700 coups.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'augmentation progressive des diamètres de la chambre, surtout à hauteur du culot du projectile et en avant du culot obturateur en cuivre, a été occasionnée uniquement par les stries qu'on remarque à ces endroits.

Fig. 3.

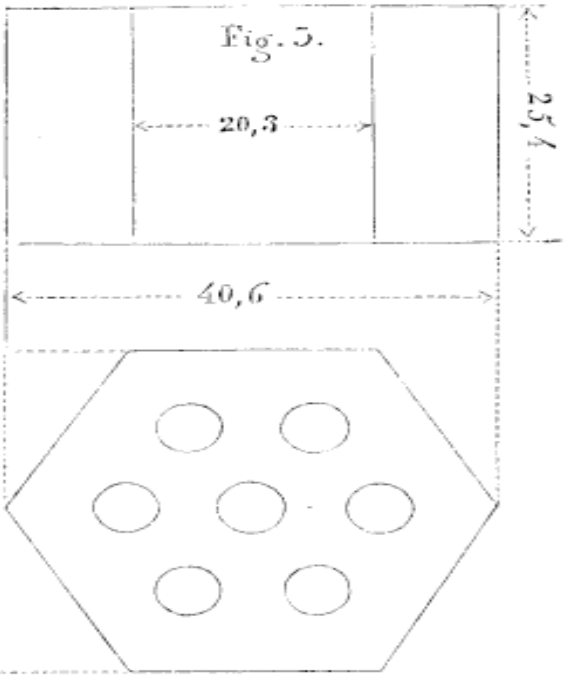


Fig. 4.

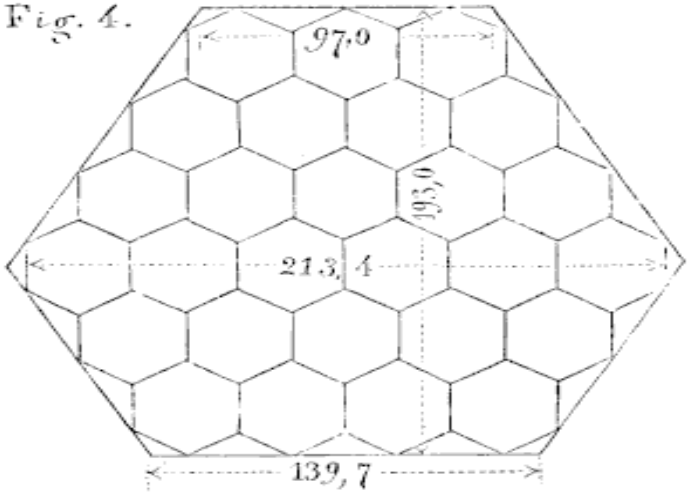
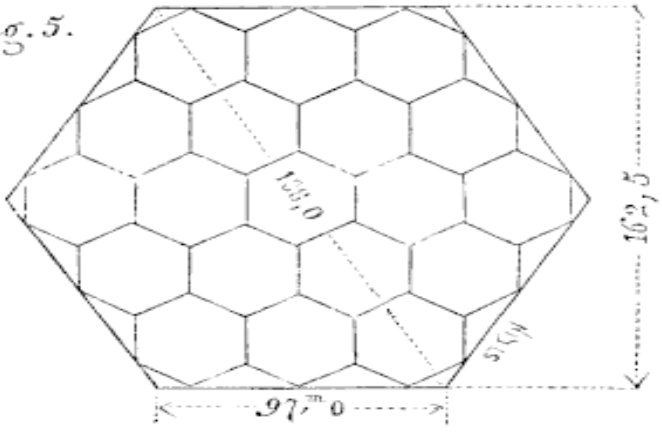


Fig. 5.



3° *Stries dans la chambre.* — Les stries observées en général dans les canons de fort calibre, vers l'origine des rayures, se sont montrées dans le canon considéré après 117 coups, mais assez faiblement; à partir du cent dix-septième coup, elles ont augmenté insensiblement en profondeur et en longueur, mais sans prendre après les 700 coups un caractère grave. D'autres stries plus faibles ont été reconnues, au-dessus et au-dessous de l'âme, à hauteur du culot du projectile et en avant du culot obturateur en cuivre.

4° *Grain de lumière et lumière.* — Après les 16 premiers coups, l'orifice inférieur de la lumière présentait déjà de petites stries formant entonnoir; et, autour du grain de lumière, qui était en cuivre rouge, on remarquait de petites stries circulaires. Ces stries n'ont fait qu'augmenter en ces deux régions, à mesure que l'on continuait le tir.

Après 88 coups, on a limé à la partie inférieure du grain de lumière pour faire disparaître toutes ces stries le plus possible. Cependant les mêmes stries ont reparu au bout de quelque temps, accompagnées d'autres petites stries rayonnantes, partant de la circonférence du grain de lumière. Ces stries se sont agrandies de plus en plus à chaque séance de tir. Après 237 coups, on les a enlevées le plus possible en limant et en râclant à leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

emplacement, mais comme on ne pouvait les enlever suffisamment, elles ont bientôt reparu de nouveau.

Après 290 coups, on a préféré remplacer le grain de lumière par un autre grain, et on a enlevé en même temps, au moyen d'une fraise, les stries rayonnantes. Ce travail n'avait pas encore été fait assez complétement, et les stries ont reparu après une journée de tir. Après 326 coups, un nouveau travail à la fraise n'a pas encore été suffisant. Mais, quand après 400 coups, on a fait complétement disparaître les stries par l'action de la fraise, elles n'ont plus reparu ; et après avoir constaté ce bon résultat, on a repris après 500 coups le même travail, qui a été poussé en tout jusqu'à 6m.4 environ de profondeur. Les espérances que l'on avait fondées sur cette opération se sont entièrement réalisées. Les 200 derniers coups n'ont pas dégradé le grain de lumière plus que ne l'avaient fait les 200 premiers. Aussi la lumière, dont l'orifice inférieur avait été arrondi, n'avait presque pas souffert. En général, la région de la lumière était en fort bon état après les 700 coups, de sorte qu'on n'avait aucune réparation à y faire pour continuer le tir.

Malgré cela, il sera préférable à l'avenir (et surtout pour les canons cerclés), de mettre le feu à travers le coin de fermeture, pour éviter l'affaiblissement du canon par le trou qui reçoit le grain de lumière.

5° *Fermeture.* — L'appareil de fermeture s'est toujours manœuvré avec une grande facilité, et, grâce à cela, il a été possible, le dernier jour, par exemple, de tirer 110 coups dans les conditions défavorables de l'affût, etc. Toutes les parties de l'appareil de fermeture ont été trouvées en parfait état et intactes après le tir des 700 coups. L'obturation par le culot en cuivre a été parfaite, aucune strie ne s'est manifestée sur la face antérieure de la mortaise qui reçoit le coin.

Les culots en cuivre se retiraient en général aisément à la main après chaque coup, 10 pour 100 seulement d'entre eux ont nécessité l'emploi de l'outil à ce destiné.

Les expériences ont donc démontré que :

1° La fermeture, dans ses proportions et dans sa construction, répond à toutes les exigences du service de l'artillerie.

2° L'obturation par des culots en cuivre est parfaitement pratique ; ce qui n'empêche pas que la capacité d'obturation de l'anneau Broadwell ne soit supérieure, et que ce dernier ne soit préférable pour les gros calibres, en tant que le surcroît d'effort sur la culasse occasionné par l'anneau Broadwell paraît admissible eu égard aux dimensions du canon.

Le canon de 9 pouces a été depuis l'objet de nouvelles expériences. C'est en effet un type de canon qui semble convenir parfaitement à la défense des côtes à la marine et dans tous les cas où, sans employer des poids exceptionnels pour les bouches à feu, on voudra produire de grands effets de pénétration.

« Le tableau suivant donne les résultats les plus remarquables de ces expériences à Essen : la vitesse initiale a été mesurée par l'appareil Le Boulengé, et la pression maxima des gaz par l'appareil Rodman.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NOMBRE des coups.	ESPÈCE DE POUDRE.	CHARGE.	DIAMÈTRE de la gargousse.	LONGUEUR de la gargousse.	VITESSE initiale moyenne.	PRESSION maximale des gaz.
3	Poudre ordinaire à grain de la fabrique de M. Ritter, à Altenkirchen, près de Kramm.	19 1/2k	0m.1905	0m.5842	354m. 1/2	3170
5	Poudre ordinaire à grain de la fabrique royale de Spandau...	»	»	»	357m	3160
3	Poudre prismatique de la fabrique de M. Ritter.....	»	27 primes par couche.	0m.5080	387m	3070
2	Poudre à canon anglais (large grained rifle powder), fabriquée par M. Ritter.....	»	0m.1905	»	381m	5950
2	Poudre à canon belge à gros grain de 0.016 à 0.019 de diamètre, fabriquée par le gouvernement belge	21 kil.	»	0m.6096	375m	2050
3	Poudre prismatique de M. Ritter.	21 kil.	27 prismes par couche.	0m.546	402m. 1/2	3070

« Poids du projectile : 125 kilogrammes; distance du projectile au coin de fermeture (l'emplacement pour brûler la gargousse) : 0m.762. La gargousse touchait toujours le coin de fermeture.

« De ces expériences, il résulte que :

« 1° Avec l'inflammation de la charge par le coin de fermeture, la poudre ordinaire donne des vitesses initiales beaucoup plus petites qu'avec inflammation par la lumière ordinaire.

« 2° La poudre anglaise (large grained rifle powder) donne une très-grande pression des gaz, et elle est par conséquent très-offensive.

« 3° La poudre prismatique donne, pour les deux canons de différentes manières d'inflammation, à peu près la même vitesse initiale; mais avec l'inflammation par le coin de fermeture, des pressions maximales si petites qu'on pourra élever, sans aucun inconvénient, la charge de 19 kil. 1/2 à 21 kilog. Cette charge a donné une vitesse initiale de 402 mètres 1/2, sans atteindre la pression qu'on a constatée pour l'inflammation ordinaire (4200 atmosphères).

« 4° La poudre à canon belge à gros grains donne, à charge égale, une vitesse initiale de beaucoup inférieure à celle que donne la poudre prismatique, mais en même temps des pressions encore beaucoup plus faibles. »

Dans les expériences du même canon, qui ont eu lieu en Russie avec 19k.500 de poudre ordinaire, la gargousse ayant un diamètre de 190mm.5, la vitesse initiale moyenne a été de 358m.5, et la pression moyenne des gaz de 3856 atmo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sphères. La charge était enflammée au centre, et, comme à Essen, on a trouvé une grande tension de gaz et une vitesse initiale qui est inférieure à celle que donne la position ordinaire de la lumière.

Avec la même charge et 215.9 de diamètre de la gargousse, on a obtenu la même vitesse initiale ; mais la pression intérieure était de 5100 atmosphères.

En employant 19k.500 de poudre prismatique, 27 prismes par couche, la vitesse initiale moyenne fut de 390 mètres, et la tension maximum des gaz 2904 atmosphères.

La pression relativement basse, obtenue avec cette poudre, décida les expérimentateurs à augmenter la charge jusqu'à 21k.310. La moyenne de dix coups donna 406 mètres de vitesse initiale et 2848 atmosphères de pression.

D'autres essais prouvèrent qu'il est indifférent d'enflammer la poudre prismatique en arrière ou près du projectile, pourvu que l'inflammation ait lieu au centre de la charge.

On pourrait encore augmenter cette charge de poudre prismatique et dépasser 21 kilog. jusqu'à la charge qui donnerait 4000 atmosphères de tension de gaz, pression que le canon de 9 pouces en acier peut supporter. On obtiendrait ainsi des vitesses initiales supérieures à 406 mètres. C'est là le problème à résoudre pour l'artillerie à grande puissance.

Avec les canons lisses, on pouvait obtenir 550 mètres de vitesse par seconde. Si l'on arrivait à donner une vitesse égale ou supérieure au projectile de 9 pouces, qui pèse 125 kilog., on disposerait d'une énorme force de destruction. On sait que cette force a pour mesure $1/2\ mV^2$, m étant la masse et V la vitesse ; la puissance de pénétration s'accroît rapidement lorsqu'on augmente la vitesse.

Les essais dont les canons de 4 en acier puddlé ont été l'objet par ordre du gouvernement prussien présentent un grand intérêt. La commission choisit trois canons sur quatre cents que M. Krupp avait en fabrication. Ces trois pièces étaient semblables, sauf les appareils de fermeture de culasse.

« Le but des expériences à faire était :

A l'esssai de la résistance du canon
B l'essai de la résistance de la fermeture } avec augmentation des charges.
C l'essai de l'obturation, avec de très-faibles charges et aussi avec des obturateurs construits en mauvaises matières.
D Constatation des parties les plus faibles de l'appareil de fermeture et du canon même jusqu'à l'éclatement par le tir à outrance.

« La fermeture du canon n° 1 était à double coin ; chacun des deux coins était rectangulaire dans sa section verticale. La broche à vis était forgée directement au coin postérieur, tandis que sa matrice était placée dans la manivelle en acier.

« La fermeture du canon n° 2 était également à double coin. Le coin antérieur était rectangulaire en coupe transversale verticale, le coin postérieur formait approximativement un demi-cercle. La broche à vis, formant une partie à part, avait sa matrice dans le coin postérieur. La fermeture du canon n° 3 était le coin simple de F. Krupp, combinaison de prisme et de cylindre massif et d'une seule pièce. Le coin était mis en mouvement et assujetti par une vis en spirale, dont la matrice était taillée directement dans le corps massif du canon.

« La coupe transversale la plus faible de la culasse du canon, au-dessus et au-dessous de l'ouverture taillée par le coin, était, dans tous les trois canons, d'environ 17,847 millimètres carrés. Les anneaux obturateurs, les plaques porte-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

obturateurs et la construction de la lumière étaient les mêmes pour chacun des canons.

« Aux expériences relatives à A et B, on a employé des boulets pleins, dont le poids, y compris l'enveloppe de plomb, était de 5k.250 ; à celles C, on a employé des obus non chargés, du poids de 4 kilog. pour les essais, et, pour la deuxième partie de ces essais, on avait préparé des plaques porte-obturateurs en fonte mauvaise et cassante ; pour les essais D, on a employé des boulets pleins à tête plate, pesant 5k.500, y compris l'enveloppe de plomb ; ensuite des suppléments de charges cylindriques en fonte, d'un diamètre de 0m.0761 et d'une longueur de 0m.314 (pesant 10 kilog.) et de 0m.628 (pesant 20 kilog.), ont été tenus en réserve,

« De chacun des canons, on a tiré les coups détaillés dans le tableau ci-après :

NOMBRE des coups.	CHARGE de poids en kilogrammes.	ESPÈCE de projectile employé.	SUPPLÉMENT de charge.	OBSERVATIONS.
10	1k.000	Projectile plein de 5k.250	0°	
10	0 150	Obus de 4 300	»	Essai de l'obturation avec de faibles charges
10	1 100	Projectile plein de 5 250	»	
10	1 120	»	»	
10	1 300	»	»	
10	1 400	»	»	
150	1 500	»	»	
1	1 500	»	»	Emploi d'un obturateur défectueux.
1	1 500	Projectile plein de 5k.500	Cylindre de 0m.314 pesant 10k	
1	1 500	»	» 0 628 » 20	
1	1 500	»	» 0 942 » 30	
1	1 500	»	» 1 255 » 40	(*)
1	1 500	»	» 1 569 » 50	
1	1 750	»	» 0 314 » 10	(**)
1	1 750	»	» 0 628 » 20	
1	1 750	»	» 0 942 » 30	
1	1 750	»	» 1 255 » 40	
1	1 750	»	» 1 569 » 50	
221 coups.				

« Pour arriver à l'éclatement du canon, on a continué le tir en augmentant le poids du projectile et la charge de poudre.

(*) « Le projectile, long de 1m.255, dépassait la bouche du canon de 0m.131 ; celui de 1.569 la dépassait de 0m.444 ; tous ces projectiles formaient une combinaison de pièces de 0m.314 et 0m.628 de longueur ; par conséquent, l'augmentation du projectile au delà de 1m.579 était impossible à réaliser en considérant la longueur totale de l'âme du canon.

(**) « La chambre se trouvait tout à fait remplie par la charge de 1k.750.

« Après ce tir, les canons étaient encore en parfait état, pas un ne montrait trace de destruction ; le dernier effort avait produit sur tous les trois, presque uniformément, un élargissement de diamètre de la chambre jusqu'à 0m.0026.

« Les fermetures, au contraire, se comportaient très-différemment, selon la différence de leur construction. Le meilleur résultat a été obtenu avec la fermeture du canon n° 3. Les parties n'avaient pas changé ; l'obturation est restée irréprochable jusqu'à la fin du tir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Quant à la fermeture du canon n° 2, ayant la même force que celle du canon n° 3, mais composée de deux pièces, elle était aussi parfaitement conservée ; pourtant l'obturation n'a pas été aussi bonne jusqu'à la fin du tir.

« La fermeture du canon n° 1 a confirmé ce que, d'ailleurs, sa construction faisait prévoir, que, tout en étant suffisante aux exigences du service, elle était la moins solide dans des épreuves plus rudes.

« Parfaitement intacte après les charges ordinaires, on a constaté déjà, après les premiers coups tirés à 1k.500 de poudre et à boulets pleins, que la vis forgée sur le coin postérieur s'est déformée. Cette flexion augmentait toujours et rendait l'ouverture et la fermeture du canon de plus en plus difficile. Après le cent cinquième coup tiré à 1k.500 de poudre, la vis se cassait. Pour ne pas interrompre le cours de l'expérience, on mit un coin postérieur de rechange, ainsi qu'une nouvelle manivelle, vu que la première ainsi que son écrou avaient également souffert.

« La vis du nouveau coin commença bientôt à se déformer également, ce qui causait un ralentissement croissant du tir, mais ne le rendait cependant pas impossible.

« Avec les coups à la charge de 4k.500 et les projectiles de poids croissant, toute la fermeture subissait une flexion constante. Cette flexion augmenta avec l'augmentation de la charge ; à la fin du tir, elle était si considérable, que le coin postérieur ne paraissait plus pouvoir toucher le coin antérieur que dans le cercle de l'âme.

« Là, la matière du coin s'était tellement refoulée que le cercle de l'âme se présenta en relief sur le coin d'environ un demi-millimètre. Il n'y aurait eu rien d'étonnant si, avec cet état anormal de la fermeture, la culasse avait été détruite.

« Comme la fermeture fléchie ne pouvait être ramenée qu'à force de coups que l'on y portait, et que la commission était convaincue que la solidité et la résistance des canons et des fermetures étaient plus grandes que l'on n'avait cru, on fit cesser le tir avec d'autant plus de raison qu'on ne pouvait pas prévoir une rupture avec ce canon, et encore moins avec les deux autres ; l'on ne pouvait en effet plus augmenter ni la charge, ni le poids du projectile par les raisons énoncées dans les observations précédentes.

« Les plaques en fonte qui portaient l'obturateur se cassaient comme on l'avait prévu et voulu ; mais la détérioration de la fermeture et du canon qui en résultait était si insignifiante, qu'elle ne gênait aucunement la continuation du tir. »

Les détails relatifs à ces expériences sont empruntés à des notes qui ont été publiées.

Il nous reste à parler de l'énorme canon de 1000, qui a si fort attiré l'attention publique à l'Exposition universelle. Ce canon et son affût sont entièrement construits en acier puddlé fondu ; la même matière sert à faire les projectiles. Le canon est rayé à rayures multiples, il se charge par la culasse, d'après le système breveté de M. Krupp ; les projectiles ont une enveloppe de plomb.

La fig. 103, planche 1, représente le gros canon de M. Krupp et son affût. Ce canon est destiné à la défense des côtes, et on espère qu'il sera un engin efficace contre les plus épaisses cuirasses de navire qui existent. Le tube cylindrique central, qui forme l'âme du canon, est fait d'un bloc massif d'acier puddlé fondu, étiré au marteau, qui pesait au début du travail 43,000 kilog., et qui pèse 20,000 kilog. après qu'il a été forgé, tourné et foré. Trois anneaux de renfort sont forcés sur le cylindre central, le dernier porte les tourillons et l'appareil de culasse, le tout formé d'une seule pièce sans soudure. Les an-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

neaux ou cercles sont de différentes longueurs, comme dans tous les canons construits de plusieurs espèces; l'ensemble diminue ainsi de diamètre vers la bouche, pour ainsi dire, par échelons. Toutes ces pièces ont été travaillées au moyen du marteau pilon à vapeur de 50,000 kilog.

Poids total du canon comprenant la culasse		50,000^{kg}
Poids de la pièce de culasse		762
Diamètre de l'âme		0^{m}.355
Longueur totale		5^{m}.34
Rayures	nombre	40
	profondeur	3^{mm}.8
Projectiles	poids du projectile plein en acier	550^{kg}
	poids de l'obus en acier	489^{kg}

Le poids de l'obus comprend :

Le corps de l'obus en acier fondu	381^{kg}.880
L'enveloppe de plomb	99 66
La charge d'éclatement	7 070
Total	489^{kg}.240

La charge de poudre est de 49^{kg}.8 à 58^{kg}.9.

L'affût pèse environ 15,000 kilog., et la plate-forme, qui ne figurait pas à l'Exposition faute d'un espace suffisant, pèse 25,000 kilog. Les organes nécessaires pour le service du canon sont disposés de telle sorte que deux hommes peuvent aisément donner l'angle et la direction pour tirer contre un vaisseau en marche.

La fabrication de cette bouche à feu a exigé seize mois de travail, continué jour et nuit. Quand le canon fut fait, il n'existait pas de trucks assez solides pour le transporter. M. Krupp dut en faire un spécial en acier, porté sur six paires de roues, et qui pesait vide 24,000 kilog.

Prix du canon seul	393,750 fr.
Prix du canon avec l'affût et la plate-forme	543,750

Un coup du gros canon coûterait environ :

Un projectile plein	3,200
Avec l'obus	2,400

Il faut observer qu'une pareille bouche à feu ne pourra résister qu'à un nombre limité de coups qu'il n'est pas possible de prévoir. Ce serait un grand résultat si ce canon tirait 400 coups, après lesquels la plate-forme et l'affût restant bons, le canon deviendrait sans valeur. Dans cette hypothèse, qui exagère certainement la durée que peut avoir ce canon, le prix donné ci-dessus devrait être augmenté, par la dépréciation et l'usure du canon, de 1,000 francs par coup.

Beaucoup de gens s'étonnent qu'on ait eu l'idée de fabriquer des canons de 543,000 fr., dont chaque coup coûtera 3,000 à 4,000 fr. De pareils engins ne sont certainement pas destinés à se multiplier beaucoup. Mais ils ont leur raison d'être, maintenant que l'on construit des vaisseaux cuirassés qui reviennent à plus de 5 millions. On cessera de faire des bouches à feu aussi coûteuses lorsque l'artillerie, continuant ses progrès, sera certaine de défendre les ports et les côtes contre les navires blindés, avec des canons d'un poids et d'un prix inférieurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant donne les renseignements principaux sur les bouches à feu que fabrique M. Krupp.

DÉSIGNATIONS DIVERSES.	CANON de 9 pouces.	CANON de 6 pouces.	CANON de 6 livres, système Wahrendorff.	CANON de 6 à double coin Prussien.	CANON Prussien de 4.	CANON de 4, d'après le modèle du canon de montagne Français.
Poids du canon, comprenant l'appareil de culasse.....	127000kg	4572kg	429kg	429kg	274kg	97kg
Diamètre de l'âme ou calibre	228mm.6	152mm.4	93mm	93mm	78mm.5	86mm.5
Nombre des rayures.....	32	24	18	18	12	6
Longueur totale du canon..	4m 572	3m.657	1m.92	1m.92	1m.82	0m.960
Poids du projectile plein...	149kg.490	40kg.770	»	»	»	»
Poids de l'obus.....	124kg.575	»	6kg.704	6kg.704	4kg.300	2kg.600
Charge de poudre.....	18 à 20kg	4kg.530 à 5kg.436	0kg.566	0kg.565	0kg.500	0kg.300
Prix avec fermeture de culasse	75000f	28125f	2587f	2625f	2213f	600 à 700f

En général, le prix des canons d'acier varie de 6 fr. à 7f.50 le kilogramme.

Nous n'avons pas hésité à signaler l'importance hors ligne des travaux remarquables qui ont été exécutés en Angleterre et en Allemagne, pour les constructions du matériel de guerre. L'industrie française n'est pourtant pas restée étrangère à ce mouvement.

La fabrication de l'acier puddlé fondu a été organisée avec succès par MM. Pétin, Gaudet. On a pu voir à l'Exposition de 1867 des canons et de grosses pièces en acier fort réussies. Désormais, il est certain qu'avec des capitaux et un outillage plus puissant, ces produits peuvent être obtenus chez nous dans d'aussi bonnes conditions que les obtiennent nos voisins.

Nous devons aussi signaler les usines de M. Voruz aîné, à Nantes, qui comprennent des ateliers de construction : forges, chaudronnerie, une fonderie de cuivre et une fonderie de fer. Ces usines sont remarquables par la diversité des produits; elles peuvent fournir tous les éléments du matériel d'artillerie en fonte, bronze ou acier, les affûts, le harnachement, ainsi que les fusées des projectiles creux et les artifices de guerre.

M. Voruz peut produire 120,000 kilog. de projectiles par jour; il peut livrer par mois soixante pièces de campagne, trente pièces de 30 en fonte cerclée d'acier; l'outillage permet de fabriquer jusqu'aux pièces du calibre 27 centimètres pesant 21,000 kilog.

M. Voruz a imaginé un système très-simple de fusée à percussion, qui est représentée fig. 5, pl. 106.

b corps de la fusée.

f capsule, *i* plaque de sûreté.

c douille en composition d'étain, qui est vissée dans le corps de la fusée, de manière à maintenir la capsule et la plaque de sûreté.

e percuteur en zinc fondu dans un moule, comme la douille; on l'introduit dans la douille avant de fixer cette dernière au corps de la fusée.

k petite rondelle en plomb, *d* cire fondue.

Enfin un glacis de cire rouge est placé en *oo'*.

Nous allons maintenant donner quelques détails sur le matériel d'artillerie de plusieurs puissances.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ANGLETERRE.

Le matériel de l'artillerie anglaise comprend un très-grand nombre de bouches à feu diverses. Il compte des bouches à feu lisses ou rayées, en fonte, en bronze et en fer à rubans. Le système Palliser, pour utiliser les vieilles pièces de fonte, est entré dans la pratique. Mais c'est surtout d'après les idées de sir W. Armstrong que les nouveaux canons et les affûts en fer ont été construits. Les projectiles qui ont été adoptés sont dus à sir W. Armstrong, à M. Whitworth, au colonel Boxer, au major Palliser, etc.

L'artillerie de campagne se compose de pièces Armstrong, se chargeant par la culasse au moyen de la vis creuse, qui sont montées sur des affûts en bois très-bien construits, mais un peu compliqués. Une disposition qui consiste à déplacer la pièce latéralement au moyen d'une vis pour le pointage, paraît devoir être rejetée. L'emménagement des munitions dans les coffres est fait avec un soin minutieux, qui ne laisse rien à désirer. Le harnachement des chevaux est supérieur à celui des autres puissances.

L'artillerie de siége et de place comprend des canons Armstrong se chargeant par la culasse, avec le système à double coin, des canons Armstrong à rayures *Shunt* et les canons de Woolwich.

Dans ces dernières bouches à feu, construites d'après le système Armstrong, le système de rayure est à très-peu de chose près celui de la marine française. Les Anglais paraissent revenir complétement au chargement par la bouche pour les canons de grande puissance. On peut dire que sous ce dernier rapport leur matériel est de beaucoup le mieux entendu et le plus formidable.

ARTILLERIE AUTRICHIENNE.

L'empire d'Autriche a utilisé ses canons de bronze pour organiser son artillerie rayée. Les rayures sont dites *excentriques*, c'est-à-dire que la coupe transversale est analogue à celle de la fig. 4, pl. 156. Pour les canons de 3, de 4 et de 8, l'inclinaison des rayures, par rapport à la génératrice du cylindre de l'arme est de 8° 1/2. Les projectiles sont en fonte et enveloppés d'un alliage d'étain et de zinc, qui a la forme des rayures. L'inflammation des projectiles creux est produite par des fusées qui prennent feu dans l'âme et éclatent au moment du choc. Le feu est mis aux pièces au moyen d'étoupilles à friction.

Le canon de 3 de montagne est placé en travers sur le bât, tandis que nos obusiers de 4 sont portés suivant la longueur du mulet. La disposition autrichienne augmente la stabilité de la charge en abaissant le centre de gravité; elle permet de construire plus solidement le bât, dont les arcades ne sont pas entaillées à leur partie supérieure. Enfin le chargement et le déchargement semblent devoir être plus faciles. On pourrait dire que dans les passages étroits des montagnes les deux extrémités du canon peuvent heurter contre un obstacle situé sur le côté de la route, empêcher le mulet de passer ou produire un accident. Comme la longueur du canon n'est que de $0^{m}.95$, cette objection ne me paraît pas avoir une grande importance.

Le tableau suivant donne les renseignements les plus importants sur le matériel de l'artillerie autrichienne de campagne et de montagne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

	CANON de 3 DE CAMPAGNE.	CANON de 4 DE CAMPAGNE.	CANON de 8 DE CAMPAGNE.	OBSERVATIONS.
Calibre de l'âme	74mill.01	81mill.21	100mill.92	Le canon de 3 a 6 rayures de 3mill.95 de profondeur et de 39.9 de largeur.
Vent	1 .62	2 .19	2 .19	
Longueur de la partie rayée du canon	829 .71	1079 .94	1330 .17	—
Longueur de la partie lisse pour l'emplacement de la cartouche.	79 .02	131 .70	138 .28	
Longueur totale du canon, y compris le bouton de culasse	948 .24	1382 .85	1685 .76	Les canons de 4 et de 8 ont, le premier, 6, et le second 8 rayures de 4mill.38 de profondeur; les largeurs sont de 28mill.14 pour le 4, et de 28mill.32 pour le 8.
Angle de mire naturel	0°	27' 1/2	34'	
Poids	84kg.00	263kg.00	498kg.400	
Angle de tir maximum au-dessus de l'horizon	26°	23°	23°	
Angle de tir maximum au-dessous de l'horizon	6°	7° 1/2	8°	
Poids de l'affût avec roues	91kg.00		»	
Poids de la pièce avec avant-train et 4 servants		1492kg.00	2092kg.00 *	—
Voie	137mill.52	1m.53	1mill.53	* On suppose 5 servants pour le canon de 8.
Angle du tournant		93°	93°	
Prix	580 fr.	1776 fr.	2510 fr.	
Charge. Tir de plein fouet	0kg.204	0kg.510	0kg.910	
Charge. Tir plongeant	0kg.110	0kg.178	0kg.260	
Obus ordinaire. Charge d'éclatement	0kg.136	0kg.195	0kg.425	
Obus ordinaire. Diamètre	54mill.3	79mill.02	98mill.73	
Obus ordinaire. Hauteur maximum des ailettes	3mill.27	4 .38	4 .38	
Obus ordinaire. Poids de l'obus chargé	2kg.240	3kg.610	6 .568	
Obus ordinaire. Prix de la cartouche à obus	5 fr.	7 fr.	9f.50	
Shrapnel. (Les balles sont fixées par du soufre fondu.) Charge d'éclatement	0kg.042	0kg.061	0kg.123	Les balles de Shrapnel sont en plomb.
Shrapnel. Nombre de balles	55	80	40	
Shrapnel. Poids du Shrapnel chargé	3kg.00	3kg.990	7kg.700	—
Shrapnel. Prix	5f.50	8 fr.	10 fr.	
Obus incendiaire. Poids		3kg.590	6kg.840	
Obus incendiaire. Prix du coup		4f.50	6 fr.	
Boîte à balles en zinc. (Les balles fixées comme pour le Shrapnel.) Nombre de balles	34	56	56	Les balles de mitraille sont en zinc.
Boîte à balles en zinc. Poids de la boîte à balles chargées	2kg.270	3kg.370	6kg.28	
Boîte à balles en zinc. Prix d'un coup à mitraille	2f.32	5 fr.	8f.50	
Nombre de coups par pièce dans la batterie de guerre	112	156 (40 portés par l'avant-train et 116 par le caisson.)	128 (34 portés par la pièce et 94 par le caisson.)	
Nombre de pièces par batterie	4	8	8	

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant donne des renseignements sur le tir de ces bouches à feu :

ESPÈCE de BOUCHE A FEU.	PORTÉE DU TIR de plein fouet à obus ordinaires.		PORTÉE DU TIR plongeant avec des obus.		PORTÉES utiles du tir à Shrapnel.		PORTÉES DU TIR plongeant à obus ordinaires.		PORTÉE extrême du tir à balles.
	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum	minimum	maximum	
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	
Canon de campagne de 3	151	2277	379	1466	228	1138	»	»	228
Canon de campagne de 4	228	3415	379	1518	379	1518	378	1518	303
Canon de campagne de 8	228	3795	379	1518	379	1518	378	1518	379

Probabilité du tir des obus ordinaires contre une cible ayant 32m.13 de long sur 3m.78 de haut.

Nombre de coups pour 100 qui frappent la cible aux distances :

Espèce de bouche à feu.	379 mètres.	1518 mètres.
Canon de campagne de 3	91	30
Canon de campagne de 4	100	60
Canon de campagne de 8	100	70

Dans ces limites de petites portées, le tir a une justesse suffisante. Nous manquons de renseignements pour apprécier la valeur du système en tenant compte de toutes les conditions du service. Il semble pourtant qu'il a une valeur très-inférieure à celle des artilleries d'Angleterre et de France, même à celle de l'artillerie prussienne. Mais il offre à un très-haut degré l'avantage du bon marché, comme le lecteur a pu le voir d'après les prix que nous avons cités.

Nous sommes en mesure de donner encore les prix de revient de diverses parties qui complètent ce matériel.

Caisson à munitions pour batteries de 4	880 fr.
Harnachement pour 4 chevaux avec les deux selles de porteur, pesant 96 kilogrammes	372
Harnachement pour 6 chevaux, avec 3 selles de porteur, pesant 147 kilogrammes	496

Fusées de guerre.

Chevalet dont le pied a 1m.14 de haut, l'appareil de pointage ayant une hauteur de 0m.272, le tube de fusées long de 0m.329, pesant en tout 19k.880	160
Projectiles pesant de 4k.290 à 5k.410	10 à 11 fr.
Boîte à balles, contenant 21 balles en plomb, pesant en tout 5k.940.	13 fr. 50
Balles incendiaires, en fonte (5k.940)	13 50
Balles à éclairer, poids 8k.030	27 50

L'artillerie autrichienne paraît attacher une importance réelle à l'emploi des fusées de guerre qui sont désignées souvent sous le nom de fusées à la congrève. Il est pourtant certain que ces fusées ont produit contre nos troupes un effet insignifiant pendant la campagne de 1859.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les Autrichiens ont des fusées de 4 et de 6. Ils s'en servent pour lancer divers projectiles comme nous venons de l'indiquer et même pour tirer à balles. Ils ne paraissent pas les employer pour tirer à de grandes distances.

L'emploi des fusées de guerre date de la plus haute antiquité dans l'extrême Orient. On s'en est beaucoup préoccupé en Europe lorsqu'on a commencé à s'en servir. Depuis on n'a pas cessé de chercher à les perfectionner. Avant l'adoption des canons rayés, les fusées ont donné des exemples de portée et de pénétration supérieurs à ceux qu'obtenait l'artillerie ordinaire. Comme on peut les tirer au moyen d'un affût très-léger ou même sans affût, elles permettraient une très-grande mobilité aux troupes qui en seraient armées. A la limite les fusées pourraient être portées par des hommes, ce qui donnerait à l'artillerie le moyen de tirer de certaines cimes dominantes dont l'accès semblait lui être interdit.

La fusée est mue par la réaction que produisent les gaz d'une charge de composition tassée qui n'ont d'écoulement que dans une seule direction. La force impulsive est appliquée généralement à la partie postérieure du cylindre qui renferme la composition et qu'on nomme *le cartouche*. Comme cette force agit en arrière du centre de gravité, la fusée aurait une direction variable à chaque instant si l'on ne la munissait pas d'un gouvernail. Ce moyen de direction qui se compose d'une tige en bois est de l'avis de tous fort incommode, il complique les approvisionnements; de plus il remplit fort mal sa destination. Sous l'action d'un fort vent perpendiculaire à la direction du tir il se produit un changement de marche de la fusée qui, au lieu de continuer sa trajectoire, remonte contre le vent. Aussi a-t-on cherché à se passer de baguettes par des dispositions spéciales adoptées par plusieurs artilleries.

Pourtant le problème de la meilleure construction des fusées de guerre est encore à résoudre. On peut en ce moment faire contre l'emploi des fusées les objections suivantes :

1° Elles ont un tir incertain, leur service n'est pas exempt de tout danger; elles ne produisent aucun effet qu'on ne puisse obtenir plus avantageusement avec les projectiles des bouches à feu;

2° Elles coûtent cher et sont sujettes à se détériorer dans les magasins et dans les transports;

3° Elles ne peuvent fournir qu'un tir plongeant, parce qu'il faut les lancer sous un certain angle; autrement elles tomberaient sur le sol. Cela tient à ce que la tension des gaz est d'abord faible et qu'il faut un certain temps pour qu'elle arrive à son maximum. On retarde le départ en augmentant l'angle de tir, et l'on donne ainsi le temps aux gaz d'acquérir une force suffisante pour imprimer à la fusée une vitesse initiale dont elle ne pourrait pas se passer.

Il est juste de dire qu'un perfectionnement qui permettrait d'obtenir un tir régulier des fusées sans baguettes sous tous les angles aurait une grande valeur. Comme la fusée est soumise pendant une partie de son projet à une force accélératrice, quoiqu'elle n'ait jamais de très-grandes vitesses, elle est susceptible de fournir d'énormes portées. On perd moins de force par la résistance de l'air qu'avec les projectiles lancés par une bouche à feu.

Nous croyons devoir indiquer encore divers modèles qui ont été exposés au Champ de Mars par le ministère de la guerre d'Autriche.

MODÈLES D'AFFUTS DE CASEMATE POUR PETITES OUVERTURES D'EMBRASURES.

Le modèle exécuté d'après les plans du baron de Lenk fait pivoter la bouche sur un axe imaginaire, situé près du bourrelet de la bouche. L'affût proprement dit est en fer forgé. Il est placé sur un châssis en fer forgé reposant par devant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur deux roulettes fixes, au milieu et par derrière sur deux roulettes qui permettent la transposition.

Cet affût est fort massif, il peut être solide, mais il résulte d'une étude bien moins sérieuse que les affûts de même nature exposés par l'Angleterre. Il permet de tirer depuis 15° au-dessus jusqu'à 10° au-dessous de l'horizon.

La hauteur de l'embrasure n'est que 0m.68 tandis qu'elle devrait être de 1m.24, si le même canon était monté sur un affût ordinaire.

Un modèle d'affût marin, présenté par l'ingénieur anglais Eads, a été modifié par le capitaine Czadek pour le cas des casemates. Les flasques de cet affût sont composées de plaques de fer épaisses de 52mm.68, assemblées par des boulons. Cet affut est monté sur un châssis. Au moyen de deux roulettes qui tournent autour de deux arbres fixés excentriquement vers le centre des roulettes, on peut faciliter l'opération pour faire avancer la pièce, vers l'embrasure ou mettre en batterie. Le soulèvement et l'abaissement successif des tourillons se produit, suivant l'angle qu'on veut donner à la pièce à l'aide d'un système particulier de leviers fixés sur l'affût. Le canon pivote ainsi autour d'un axe imaginaire situé près de la bouche. Les rapports de longueur des leviers et les distances des tourillons sont réglés de manière que l'axe de rotation imaginaire du canon oscille le moins possible pendant qu'on donne l'angle de tir et que le canon entre pourtant assez loin dans l'embrasure. Pour une bouche à feu de 24, se chargeant par la culasse, et pour des angles de tir de 15° au-dessus jusqu'à 10° au-dessous de l'horizon, la hauteur de la section transversale de l'embrasure est de 0m.60.

ÉPROUVETTE, APPAREIL POUR MESURER LA TENSION DES GAZ DANS LE CANON.

Le chevalier F. d'Uchatius a employé un système fort remarquable pour mesurer la force brisante des matières explosives. Pour cela l'appareil est disposé pour que le choc des gaz enfonce un ciseau d'acier dans une plaque de zinc. On mesure avec un compas d'épaisseur l'entaille produite dans la plaque; puis on trouve dans un tableau dressé à cet effet la tension des gaz en atmosphères.

Pour obtenir les données de la table ci-dessus mentionnée, le même ciseau fut placé sur des plaques en zinc éprouvées, et chargé successivement, à l'aide d'une machine très-exactement construite du poids de 224, 236, 448, etc., et jusqu'à 3,360 kilogrammes; ensuite de 3,640, 3,920, etc., jusqu'à 5,040 kilogrammes. On éprouve l'égalité des plaques en zinc au moyen d'un poids qui tombe d'une hauteur de 316 millimètres sur un ciseau pareil à celui qui est employé dans le tir. Le poids étant de 0k.616, la longueur des entailles doit être 105 millimètres.

Pour mesurer la tension des gaz dans le canon, la surface du ciseau qui subit la pression n'est que de 8670 millimètres carrés; toutes les parties de l'appareil peuvent être adaptées successivement à diverses bouches à feu, excepté la pièce de rechange dont la longueur correspond à l'épaisseur du métal. L'anneau adapté à cette pièce sert d'anse lorsqu'on monte l'appareil et la vis sert à le fixer.

Un canon percé de 10 trous, dont le premier à hauteur du fond de l'âme et les autres à 1, 2,...9 diamètres en avant fournit à chaque coup dix marques sur les plaques en zinc. On peut en mesurant ces marques et les prenant pour ordonnées, les distances au fond de l'âme étant les abscisses, tracer une courbe qui donnera une idée exacte de la loi de variation des tensions pendant le trajet du boulet dans l'intérieur de la pièce.

L'exposition autrichienne contenait encore diverses machines-outils spéciales destinées aux fabrications de l'artillerie :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° Appareil pour éprouver les lames de sabre (système du mécanicien Mikolasch) ..... 760 fr.
Un homme peut éprouver 40 lames par heure, avec un effort de 11k.200 à chaque fois. L'élasticité des sabres est éprouvée en frappant trois coups du tranchant, trois coups à plat et un coup oblique contre des blocs. Le ressort des lames est éprouvé en le plaçant de côté sous un angle de 45°. L'appareil pèse 600 kilogrammes.

2° Machine de M. Mikolasch pour rayer les canons de fusil, rayant quatre canons en 20 minutes. Force nécessaire 0.35 de cheval-vapeur. Poids 1,406 kilogrammes..... 2000

3° Appareil Hensler pour achever les rais. Il achève trente rais par heure ; il faut une force d'un cheval vapeur. Poids 902 kilogrammes. 2000

4° Appareil conique de M. Borofka pour tourner les leviers de manœuvre, achevant six leviers par heure, avec une force de 0.3 cheval-vapeur. Poids 669 kilogrammes..... 780

5° Appareil de M. Borofka pour aléser les roues. Avec un effort de 11 à 14 kilogrammes un homme alèse cinq à six moyeux par heure. Le poids de l'appareil est de 35 kilogrammes..... 480

6° Appareil Borofka pour tourner les tiges en bois pour ridelles. 154 kil. 300

7° Appareil Goller pour tailler les saillies trapézoïdales pour l'assemblage des parois de caisses à munitions. Deux hommes font par heure les entailles de douze caisses. L'appareil fait 800 à 1,000 tours par minute, il exige 0.5 de cheval vapeur. Poids 1,019 kilogrammes... 2400

ÉTATS-UNIS.

Les renseignements suivants sont en grande partie le résumé du rapport du général Barry, sur l'organisation de l'artillerie de l'armée du Potomac :

Lorsque le général Mac-Clellan fut chargé du commandement de cette armée, le 25 juillet 1861, l'artillerie de campagne ne comptait pas plus de 30 pièces de calibres divers, dont quelques-uns ne convenaient pas à ce service (*unusual and unserviceable calibres*). Dans une même batterie, il y avait souvent des canons de calibres différents. En considérant que l'effectif de l'armée serait probablement porté à 100,000 hommes, la réorganisation de l'artillerie fut faite d'après les bases suivantes :

1° Il devait y avoir 2 1/2 ou 3 bouches à feu par 1000 hommes.

2° Le tiers de ces bouches à feu seraient rayées, les deux autres tiers à âme lisse. Les seuls canons rayés admis seraient ceux du modèle adopté par l'artillerie des États-Unis et de Parrott ; les bouches à feu lisses (excepté un petit nombre d'obusiers pour des services spéciaux) devaient être exclusivement le canon obusier de 12, ou canon de 12 léger français.

3° Chaque batterie avait 6 pièces ou au moins 4, toutes d'un même modèle.

4° Les batteries seraient affectées aux divisions et non pas aux brigades ; il devait y en avoir 4 par divisions. Trois de ces batteries étaient servies par des volontaires, la quatrième par l'artillerie régulière. Le chef de cette dernière batterie commandait l'artillerie de la division. Lorsque plusieurs divisions seraient réunies, la moitié des batteries composait la réserve de corps d'armée.

5° L'approvisionnement en munitions était fixé à 400 coups par pièce.

6° La réserve de l'armée entière devait se composer de 100 bouches à feu, sans compter un certain nombre de batteries montées légères, les pièces de position et l'artillerie à cheval.

7° Le train de siége comptait 50 pièces. Il y en eut plus tard jusqu'à 100 au siége

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Yorktown, en comptant les énormes masses des canons de 100 livres (45k.300) et de 200 livres (90k.600), et 12 mortiers de côte de 13 pouces (330 millimètres).

Plusieurs circonstances amenèrent aussi des changements en général peu importants au projet primitif d'organisation.

Le développement soudain et considérable que devait prendre le matériel d'artillerie ne permettait plus de se contenter des arsenaux et des fonderies particulières qui avaient jusqu'alors toujours suffi. On fit appel aux constructeurs qui purent fournir toutes les commandes, mais dans des conditions de fabrication très-souvent défectueuses. Les affûts étaient surtout mal construits, et beaucoup durent être remplacés par d'autres que l'activité des arsenaux avait réussi à produire.

L'histoire militaire n'offre aucun exemple plus frappant de la rapidité avec laquelle une nation industrieuse peut créer des engins de guerre.

Le 25 juillet 1861, l'artillerie de l'armée du Potomac n'avait que 9 batteries, comptant 30 canons, 650 hommes et 400 chevaux, le tout mal équipé. En mars 1862, lorsque la campagne recommença, on comptait 92 batteries, comprenant 520 canons, 12,500 canonniers et 11,000 chevaux parfaitement munis de tout pour une guerre active.

Au siége de Yorktown, le matériel de grosse artillerie comprenait :

2 canons Parrott rayés, de 200 livres (90kg.600);
11 — de 100 livres;
13 — de 30 livres;
22 — de 20 livres;
10 canons rayés de siége, de 4 1/2 pouces (114 millim. 3);
10 mortiers de côte, de 13 pouces (330 millim. 2);
10 mortiers de côte, de 10 pouces (254 millim.);
15 mortiers de siége, de 10 pouces;
5 mortiers de 8 pouces (203 millim. 2);
3 obusiers de 8 pouces.

En tout 101 pièces, auxquelles on ajouta plusieurs canons Whitworth.

Nous citerons les détails les plus intéressants relatifs au service et à l'effet des diverses bouches à feu.

Le 30 avril, la batterie nº 1 tira quelques coups avec les canons de 100 et de 200, qui se comportèrent bien, ainsi que leurs affûts et les châssis. Le tir parut satisfaisant; la plupart des obus à percussion n'éclatèrent pas. On éprouva les plus grandes difficultés à armer les batteries avec ces lourdes pièces; il fallut souvent faire tirer un grand nombre d'hommes pour suppléer les chevaux qui se rebutaient. Lorsque toutes les batteries étaient prêtes, la place fut évacuée avant qu'on eût commencé le feu. On trouva pourtant dans les ouvrages 53 canons en bon état, et 3 canons qui avaient éclaté.

Le fort Sumter était situé dans la rade de Charleston, dans une île qui se trouvait à égale distance des îles Morris et Sullivan. Il se composait d'un tracé pentagonal solidement construit en maçonnerie; les deux tiers des canons étaient dans des casemates, les autres tiraient à barbette. L'armement comptait 68 bouches à feu :

6 canons de 24 livres;
41 — de 32 livres;
10 — de 42 livres;
8 obusiers de côte, de 8 pouces:
3 columbiads de 10 pouces.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au moment où les États du Sud proclamèrent la séparation, le fort Sumter était commandé par le major Anderson, qui refusa de le remettre aux nouvelles autorités. Après deux jours de feu, la place n'était plus tenable, et les défenseurs furent obligés de se rendre.

Les ingénieurs du Sud s'empressèrent de perfectionner ces fortifications au moyen de masques et de traverses en terre ; ils eurent soin d'en enlever tous les matériaux combustibles. Ils remplacèrent les canons les plus légers par des columbiads de 10 pouces et des canons Brook de 7 pouces. De plus, toutes les approches par eau de la ville de Charleston furent obstruées, et de nouvelles batteries établies aux points favorables.

Après la première attaque, qui fut dirigée par l'amiral Dupont, le 7 août 1863, la flotte du Nord fut obligée de se retirer, ayant perdu un vaisseau. Les pièces à barbette avaient seules souffert; le dommage des maçonneries était relativement peu considérable. Pourtant on continua à construire des traverses pour parer les coups qui frapperaient à revers, et on augmenta les abris et les magasins à l'épreuve des bombes.

Les troupes du Nord renouvelèrent leur attaque avec des batteries de terre. On dirigea contre ce fort Sumter le feu de 9 batteries, comprenant 4 canons de 8 pouces, 2 canons Whitworth de 80 livres, 8 canons de 6 pouces 4, 2 de 10 pouces, 2 mortiers de 18 pouces, en tout 18 pièces, auxquelles se joignirent celles des monitors.

Le feu commença le 17 août, et il fut continué jusqu'au 23 pendant 7 jours. A ce moment, le fort Sumter n'était qu'une ruine, et il ne restait plus qu'un canon en état de tirer. Les batteries avaient lancé 5000 projectiles, dont la moitié environ était arrivée dans le fort.

La garnison du fort Sumter s'occupa, avec une activité remarquable, à réparer en partie ses fortifications. Bien qu'interrompue par un autre bombardement, qui commença le 30 août et dura 4 jours, elle put encore repousser un coup de main dans la nuit du 26 septembre.

Pendant ce temps, de nouveaux préparatifs formidables étaient faits par les fédéraux, maîtres de l'île Morris, ainsi que des batteries Wagner et Gregg. Le bombardement, effectué par des batteries de terre et par des monitors, recommença le 26 octobre. Le feu était bien dirigé; sur 455 obus tirés par les monitors, 315 éclatèrent dans le fort. L'effet des obus de 15 pouces (381 millimètres) était extraordinaire (*hardly describable*, dit le capitaine Stevens dans son rapport). On voyait sauter à une grande hauteur des débris d'affût, de charpente ou des portions de la maçonnerie. Le fort n'avait plus que quelques pièces de campagne, qu'il mettait à l'abri pendant le jour, et qui étaient mises en batteries la nuit pour le cas d'une attaque avec des chaloupes.

On peut considérer que le fort était hors d'état de se défendre à partir du 23 août 1863. Il n'a tenu si longtemps qu'à cause du courage de ses défenseurs, et aussi par la difficulté que l'attaque avait à y débarquer des troupes.

Dans l'attaque du fort Morgan, un boulet de 100 livres, tiré par un canon Parrot, de 2730 mètres, produisit dans le mur d'enceinte une ouverture de 60 centimètres environ de diamètre, et il eut assez de force pour pénétrer ensuite dans le mur du réduit. Les mêmes effets irrésistibles de la grosse artillerie contre la maçonnerie se retrouvent dans l'attaque du fort Gaines, du fort Jakson, du fort Palaski, etc. Ces exemples prouvent l'inefficacité complète des forts construits en briques et en pierre, ainsi que la nécessité de couvrir les escarpes par des masques en terre dans les fortifications régulières. Cette question est à l'ordre du jour en Europe, et elle est l'objet des préoccupations des officiers du génie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les masques de terre sont la seule protection sérieuse qu'on puisse préparer contre la nouvelle artillerie. La dernière guerre d'Amérique offre à ce sujet des exemples remarquables d'ouvrages mal construits, qui ont résisté longtemps sans grand dommage au feu des plus grosses bouches à feu.

Les expériences faites en Angleterre et en France confirment pleinement l'impossibilité de résister, derrière des maçonneries, aux effets de la nouvelle artillerie.

On s'est beaucoup occupé dans le public des énormes canons employés en Amérique. Pour la guerre de campagne, la mobilité est une condition trop essentielle pour qu'on puisse augmenter beaucoup le poids des pièces. Mais pour la marine, pour la défense des côtes, et dans certains cas pour les siéges, il faudra à l'avenir de lourdes pièces de gros calibre.

La fabrication des canons américains et surtout leur tracé ont laissé souvent à désirer. Dans aucune guerre, on n'a vu autant de canons éclater. Il est juste d'ajouter que jamais on n'a vu de plus hardis canonniers.

Nous ne pouvons pas donner la description, même résumée, des nombreuses pièces qui ont été imaginées aux États-Unis, souvent dans des conditions contraires aux théories. Nous nous bornerons à signaler un canon qui a figuré à l'Exposition universelle de 1867, et qui promettait des résultats que l'expérience n'a pas confirmés en France. Il est construit pourtant d'après des données ingénieuses.

Canon Ferris (Planche 153).

M. Ferris s'est proposé d'augmenter la vitesse initiale des projectiles, et par suite leur puissance et leur portée. Pour cela, il a cherché à disposer son canon de manière à consommer utilement une quantité de poudre considérable; il évalue la charge qu'il peut employer au quadruple de celle qui est en usage.

Il détermine la quantité de poudre à employer, il construit un canon, se chargeant par la culasse, susceptible de résister à la force de l'explosion, et en même temps il règle le poids et la forme du boulet.

Il emploie des projectiles pleins de deux formes différentes, suivant qu'il veut obtenir de grandes portées ou avoir, au contraire, une grande puissance de pénétration à des distances rapprochées.

Pour ce dernier cas, il emploie le boulet d'acier à tête plate. La forme de la tête serait désavantageuse si ce projectile devait faire un long trajet dans l'air; mais elle offre d'excellentes conditions pour la pénétration, comme l'ont prouvé les expériences faites à Shœburiness, avec l'obus de semblable forme imaginé par M. Whitworth. Le boulet Ferris est cylindrique sur sa plus grande longueur; à sa partie postérieure, il se termine par une tige d'un plus petit diamètre qui porte un disque de 4 millimètres d'épaisseur. Cette espèce de gros anneau circulaire sert à fixer le plomb qui entre dans les rayures et détermine la rotation.

Le projectile, pour les grandes portées, est aussi muni d'un anneau de plomb à sa partie postérieure. Cet anneau abandonne le projectile après un court trajet dans l'air.

L'élévation en perspective, qui est dans la planche 153, représente le petit canon qui était à l'Exposition, et qui paraît avoir donné des résultats remarquables.

Nous traduisons les détails suivants d'une note imprimée par M. Ferris :

« Le premier essai fut fait, le 29 mai 1863, au Navy-Yard, à Washington, en présence du président Lincoln et du ministre de la guerre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Essais pour les portées.

Sous l'angle de tir de 4°, on obtient 2593m.50.
Poids du boulet : 1k.699. Poids de la charge : 0k.699.

Essais pour la pénétration, 16 juin 1868.

Distance du but	45m.50
Poids du projectile	1k.699
Poids de la charge de poudre	0k.699
Pénétration dans le fer forgé	76mm.2

« La vitesse initiale constatée à West-Point fut de 660 mètres par seconde.

« Sous l'angle de 35°, dans un tir qui eut lieu à Fire-Island-Beach (New-York) du 1er août au 4 septembre 1863, le projectile destiné aux grandes portées, qui pèse 1.k359, fut lancé, par 24 onces de poudre (0k.699), à la distance de 14.409 mètres. »

FRANCE.

Nous indiquerons rapidement la composition du matériel français; nous donnerons aussi quelques prix, comme nous l'avons fait pour les autres pays. On pourra se convaincre que chez nous la tâche difficile de pourvoir à l'armement des troupes a toujours été remplie avec méthode et intelligence. L'artillerie française s'est surtout occupée de ménager la dépense sans pourtant compromettre en aucune façon le bien du service.

1° *Artillerie de campagne et de montagne.* — Un équipage de campagne se compose de batteries et de parcs. Un certain nombre de batteries accompagnent les troupes dans tous leurs mouvements; on les nomme *batteries de division.* Les *batteries de réserve* sont réunies pour pouvoir produire de grands effets dans les batailles au moment et sur l'emplacement que les circonstances déterminent. Il y a des *réserves de corps d'armée* et la *réserve générale,* dont le général en chef dispose seul.

Les parcs comprennent des approvisionnements de munitions, des rechanges, des munitions pour l'infanterie. Il y a un parc par corps d'armée. Le grand parc qui doit approvisionner les autres parcs et les troupes, dispose d'un matériel attelé dont l'importance varie avec la nature des communications et l'éloignement des places de dépôt.

On compte dans une armée française au moins 2 bouches à feu par 1,000 hommes d'infanterie et de cavalerie. Deux batteries montées de 4 sont attachées à chaque division d'infanterie ; une batterie à cheval de 4 est attachée à chaque division de cavalerie. Les autres batteries sont réparties entre les réserves de corps d'armée et la réserve générale; ainsi, par exemple, une armée de 135,000 hommes composée de trois corps d'armée aurait besoin de 40 batteries et d'environ 12,000 canonniers.

La batterie de 4 transporte avec ses caissons 240 coups par pièce et celle de 12 seulement 186.

Les approvisionnements totaux de munitions, en comprenant les parcs, sont environ de 500 coups par pièce de 4 et de 400 coups par pièce de 12. La batterie de 4 rayé de montagne n'a qu'un approvisionnement total de 159 coups par pièce.

Chaque corps d'armée traîne avec lui un équipage de pont. Un équipage de réserve suit la réserve générale.

2° *Artillerie de siége.* — Les bouches à feu qui entrent dans les équipages de siége sont les canons de 24 rayés : il y a deux modèles, le 24 long et le 24 court; le canon de 16 qui n'a pas encore été rayé; le canon de 12 de campagne pe· t

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi utilement être employé dans les siéges ; enfin les mortiers et l'obusier à âme lisse de 22 centimètres.

3° *Artillerie de place.* — Elle comprend les canons de 24, de 16, de 12 long spécialement destiné aux places, les pièces de campagne, des mortiers. Ces pièces sont montées sur affûts de campagne, de siége, ou sur l'affût particulier pour les places qui permet de pointer rapidement sur un but mobile et qui élève la bouche à feu de manière à ne pas obliger à entailler le parapet. Les hommes qui servent la pièce sont ainsi mieux couverts contre les coups de l'ennemi.

4° *Artillerie de côte.* — Elle a généralement des pièces pareilles à celles des vaisseaux. L'affût est semblable à celui de place, en fonte de fer. C'est à cette destination que doivent être employées les plus grosses bouches à feu.

Il n'est pas possible de signaler les perfectionnements qui sont à l'étude dans un moment où chaque jour apporte son projet. Nous citerons pourtant l'affût en acier porté sur patins (pl. 103 fig. 6) qui a donné dans nos écoles de bons résultats pour le canon de 4 de montagne ; cet affût est d'une manœuvre facile et il limite le recul.

5° *Artillerie de marine.* — On emploie la fonte pour cette artillerie dont les pièces peuvent avoir un poids plus considérable que celles de l'armée de terre qui sont destinées à être transportées sur affûts roulants.

La marine emploie aussi des pièces plus courtes que les canons et montées sur des affûts particuliers. On les nomme *caronades.*

L'inflammation de la charge est produite, sur les vaisseaux, au moyen d'une étoupille fulminante qu'on enflamme par le choc d'un marteau ou *percuteur* fixé sur la pièce et qu'on fait jouer en tirant brusquement un cordeau.

L'affût marin des canons lisses est en bois ; il se compose de deux flasques formées de plusieurs pièces superposées et réunies par des entretoises et des boulons. Il est supporté par des roulettes massives qui rendent facile la mise en batterie. Le recul est limité au moyen d'une *brague* ou gros cordage qui est fixé solidement des deux côtés au bordage du navire et qui embrasse la culasse du canon à laquelle on donne dans ce but une forme particulière.

La figure 2 planche 103 représente cet affût et la nouvelle pièce de marine se chargeant par la culasse. Les canons rayés de la marine sont renforcés par des cercles d'acier.

Le matériel d'artillerie français est composé de pièces de bronze et de fonte. Aucune pièce en acier n'a encore été adoptée. A ce sujet une explication est utile.

Nous observerons d'abord que la France possédait en 1865 :

ARTILLERIE de TERRE.	10,980	canons de bronze, valant.....	36,459,680 fr.
	2,546	canons obusiers de bronze, valant.....	5,102,560
	3,153	mortiers en bronze, valant.....	4,341,876
	3,671	obusiers en bronze, valant.....	8,456,308
	3	pierriers en bronze, valant.....	5,640
MARINE.	1,944	canons en bronze, valant.....	991,811
		Total.....	55,357,875

Ces pièces sont comptées dans les approvisionnements généraux situés sur le territoire qui ne comprennent pas le matériel embarqué sur les vaisseaux et celui qui peut se trouver dans les dépôts hors du territoire.

Il y avait lieu de ne pas négliger une valeur d'environ 60,000,000 fr. et de ne la remplacer par une autre que si l'on ne pouvait pas faire autrement. Ce n'est nullement le cas pour les pièces de campagne et de montagne qu'il n'y a aucun

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inconvénient à faire en bronze. Ces canons résisteront moins longtemps aux efforts de la poudre que s'ils étaient en acier, mais ils offrent la sécurité la plus grande aux servants, qui n'ont jamais à craindre que la pièce éclate sans qu'on en soit averti par des dégradations progressives toujours faciles à reconnaître. De plus ces bouches à feu peuvent, sans rien perdre de leur justesse, tirer plus de coups qu'on n'en tirera jamais dans les plus longues campagnes. Le canon de bronze hors de service est refondu, et avec peu de frais on renouvelle ce matériel.

Nous indiquerons les prix de fabrication des pièces de bronze tels qu'ils ont été publiés pour 1838.

	CANONS.					OBUSIERS.				MORTIERS.		
Désignation des bouches à feu.	24	16	12 long.	12	8	22cm	16c	15c	12e de montagne.	32c	27c	22c
Prix de la fabrication.....	800f	700	570	420	340	600	500	400	140	540	450	260

Ces prix ne comprennent pas la valeur des déchets de fabrication.

Pour les bouches à feu de la marine et des côtes, ainsi que pour certains canons de siége et de place, l'acier et le fer à rubans devront remplacer la fonte. En attendant ce progrès nous avons utilisé notre ancien armement en consolidant les canons au moyen de frettes.

Il n'est pas inutile d'indiquer sommairement les effets que pouvait produire notre matériel de canons lisses qui entre encore pour une part considérable dans notre armement. On comprendra mieux quels progrès ont été réalisés par l'adoption des rayures et dans quel sens les études peuvent se continuer pour le perfectionnement des canons rayés.

Avec les pièces de campagne on comptait un coup par minute comme vitesse moyenne de tir. Le recul variait de 1m.50 à 10 mètres, suivant l'espèce de bouche à feu et la nature du terrain.

Les bouches à feu sur affût de siége ou sur affût de place peuvent tirer un coup chaque cinq minutes. Le recul n'excède pas 2 mètres pour les canons et 3m.10 pour l'obusier de 22 centimètres, tirant à la charge de 2 kilogrammes.

La vitesse de tir des pièces rayées est restée à peu près la même.

BOUCHES A FEU.	CHARGE de poudre en kilog.	POIDS du projectile.	VITESSE initiale.	PORTÉE MAXIMA.	
				angle de tir.	Portée.
		kilog.		degrés.	mètres.
Canon de 24.....	6.000	12.000	548	32.47	4650
— 16.....	4.000	8.000	544	31	3826
— 12 de place...	3.000	6.000	528	30 66	3500
— 12 de campagne	1.958	6.000	»	30.66	3500
— 8 —	1.225	4.000	»	29.97	3230
Obusier de 22cm.....	2.000	22.000	286	35.10	2470
— 16	1.500	10.525	328	34.13	2800
— 15	1.000	7.098	»	31.47	2270
— 12	0.270	3.900	»	35.15	1770
			Maxima.		Maxima.
Mortier de 32cm.....	5.385	72.000	272	45	3789
— 27	3.671	49.000	207	45	2306
— 22	0.979	22.000	134	45	1296
— 15	0.215	7.098	»	45	1100
Mortier à plaque de 32cm.	14.000	72.000	»	45	4000*

* La durée du trajet est de 31 secondes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tir à obus Shrapnel. — Les obus de 12 centimètres tirés avec l'obusier de montagne sont meurtriers jusqu'à 900 mètres, mais le tir manque de justesse au delà de 700 mètres. A cette distance, l'obus qui contient 65 balles de 38 au kilogramme, n'en met plus que 13 dans un panneau large de 40 mètres et haut de 2m.50.

Tir à ricochet. — En tirant de manière à toucher le sol un peu en avant du but en blanc, on obtenait avec les canons de 8, de 12 et avec les obusiers à petite charge, un ricochet rasant sur une longueur de 1,200 mètres. Les boulets et les obus font ainsi une série de bonds dans la direction de l'ennemi, ce qui permet sur le champ de bataille, si le terrain est favorable, de couvrir.

Avec les pièces de siége le tir à ricochet a une destination un peu différente. On tire à faible charge de manière à obtenir une trajectoire peu tendue afin de frapper sur le terre-plein d'une face d'ouvrage fortifiée en rasant la crête du parapet.

Tir à mitraille. — Il ne convient pas de commencer le tir à balles quand l'ennemi est à plus de 400 ou 500 mètres ; mais l'effet meurtrier des balles s'étend jusqu'à 750 mètres. A 700 mètres, quelques balles ont percé des panneaux en sapin de 54 millimètres d'épaisseur. Ces résultats sont fournis par les pièces de campagne.

Le tir à balles de l'obusier de montagne n'est efficace que jusqu'à 250 mètres; pourtant à 400 mètres les balles peuvent encore percer un panneau en sapin de 27 millimètres d'épaisseur.

Le tir à mitraille des pièces de siége n'a assez de justesse pour être efficace que jusqu'à 500 mètres ; dans ces limites il produit de grands ravages. On ne l'emploie utilement à 600 mètres que si le sol est favorable au ricochet. Les portées extrêmes des balles sont de 1500 mètres pour le 24 et le 16. A ces distances les balles traversent des panneaux de 54 millimètres d'épaisseur.

Valeur des diverses matières et pièces qui composent le matériel de l'artillerie.

On comprend que la valeur des matières et les frais de construction du matériel varient dans certaines limites ; les prix de revient que nous indiquons sont susceptibles d'augmenter ou de diminuer suivant les circonstances, mais en général de faibles quantités.

1° *Poudre.* — Les matières qui servent à faire la poudre sont le salpêtre, le soufre et le charbon.

Soufre	raffiné	0f 25
	pulvérisé	0 35
Salpêtre raffiné		1 10
Bois	de bourdaine pour charbon	0 12
	blanc	0 08
Charbon de bois	de bourdaine	0 44
	blanc	0 27
Poudre de guerre		1 50
Poudre de mine		1 10
Poudre de commerce extérieur		1 22
Poudre de chasse	fine, en boîte	2 50
	superfine	2 85
	extrafine	2 90

Pour les poudres de guerre qui sont renfermées dans des barils protégés par une deuxième enveloppe ou *chape*, les prix comprennent la valeur de l'embarillage et de la chape.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce que coûte un coup de canon.

ESPÈCES DE BOUCHES A FEU.		CHARGE de poudre.	PRIX TOTAL PAR COUP TIRÉ AVEC boulets ou projectiles massifs.	projectiles creux.	Obus Shrapnel.	mitraille.	projectiles spéciaux.
Artillerie de montagne.		kilog.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Obusier de montagne de 12cm.		0.270	»	2.15	3.50	2.32	»
Canon de 4 rayé de montagne.		0.300	»	4.14	»	»	»
Artillerie de campagne.							
Canon de 4 rayé de campagne.		0.350	»	4.46	»	4.57	»
Canon de 12 rayé de campagne (ancien canon obusier de 12).		1.000	»	»	»	»	»
Canon obusier de 12, non rayé.			4.15	3.81	5.05	8.75	»
Artillerie de siége et de place.							
Canon de 12 long. (lisse).....		2.00	4.50	»	»	6.09	»
Canon de 16 long. (lisse).....		2.66	6.00	»	»	7.34	»
Canon de 24 long. (lisse).....		4.00	9.50	»	»	10.60	»
Artillerie de côte.							
Canon de 30.....		5	11.65	10.57	»	12.60	»
Obusier de 22cm.....		6	»	15.74	»	15.00	»
Mortiers.	Poids des bombes.	(à chambre pleine).					Balles à feu pour éclairer.
De 15cm.....	7kg.098	0.215	»	3	»	»	»
De 22	2[illegible]kg.	0.979	»	8.60	»	»	22.50
De 27	49	3.671	»	21.40	»	»	26.00
De 32	72	5.385	»	32.20	»	»	36.50
Mortier de 32cm à plaque		14.000	»	49.00	»	»	»

ARTILLERIE PRUSSIENNE.

Les Prussiens ont adopté des projectiles avec enveloppe de métal mou, ce qui nécessite le chargement par la culasse. Le mode d'obturation qu'ils ont choisi est composé d'un système de 2 coins construits d'une manière très-différente de celle que sir W. Armstrong a employée pour les grosses bouches à feu.

Artillerie de campagne. — En temps de paix, chaque batterie a 4 canons sans caissons; en guerre elle a 6 canons, 6 caissons, 2 voitures de rechange, une forge. Les canons et les caissons sont attelés de 6 chevaux.

Les projectiles employés sont les obus ordinaires, les shrapnels, les obus à segments et les grappes de mitraille. Tous les canons rayés emploient des fusées à percussion. Les officiers d'artillerie se montrent très-satisfaits de leurs canons; pourtant on peut élever quelques doutes sur la sécurité qu'ils offrent, puisque dans la dernière campagne qui a été fort courte, 6 canons ont éclaté quoiqu'ils n'aient pas été soumis à un feu vif longtemps prolongé.

Les observations suivantes ont été produites par un officier de l'artillerie prussienne :

1° La construction de nos canons rayés est reconnue bonne;
2° Dans le tir d'une batterie de 4 du cinquième corps, la lumière de l'un des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canons fut chassée avec violence. Cet accident ne paraît pas avoir été produit par un vice de construction, mais plutôt par le mauvais service des canonniers;

3° Un canon de 4 éclata. La cause n'en est pas encore bien établie. Pourtant la pièce avait été frappée la veille par un boulet ennemi, ce qui peut avoir exercé une influence ;

4° On a généralement trouvé que le calibre de 4 était complétement suffisant pour les canons de bataille.

A cause de sa légèreté le canon de 4 doit être préféré au canon de 6;

5° Aux petites distances les canons de 12 à âme lisse furent d'un grand usage;

6° Les fusées à percussion des canons rayés fonctionnèrent bien ; il arriva pourtant, mais rarement, que des projectiles n'éclatèrent pas;

7° Un grand nombre de projectiles autrichiens n'éclatèrent pas;

8° Les canons de 4 autrichiens nous ont semblé très-supérieurs à leurs canons de 8 ;

9° Le feu de nos canons fut toujours supérieur à celui des Autrichiens.

Nous citons ces observations sans les commenter.

La campagne de Bohême permet de comparer le service des canons rayés à celui des anciennes bouches à feu. Dans l'armée prussienne, sur 96 canons attachés à chaque corps d'armée, il y en avait 60 rayés et 36 non rayés. Cet arrangement n'était pas fait à dessein, mais bien par nécessité, parce que la Prusse ne possédait pas un approvisionnement de canons rayés suffisant pour en armer toutes les batteries.

Après la guerre, quelques officiers demandaient qu'on conservât à chaque corps d'armée un certain nombre de canons lisses, d'autres ne voulaient plus que des pièces rayées. Les partisans des anciens canons disent que dans les limites de 700 à 800 mètres, le canon rayé n'offre aucun avantage sur le canon lisse, qu'il lui est même inférieur sous certains rapports. Ce n'est guère qu'à cette distance qu'on peut voir distinctement les colonnes d'attaque ; l'infanterie prussienne n'a pas en général ouvert son feu avant que l'ennemi fût à 300 mètres. Lorsque l'attaque se meut sur des terrains accidentés, elle peut être appuyée par des batteries qui suivent ses mouvements ; dans un terrain ondulé, tout ou partie des troupes peut être à l'abri du feu de l'artillerie postée à grande distance, lors même qu'elle serait placée sur un point dominant. Au contraire, l'artillerie qui ne cherche pas à tirer à grande portée, qui suit les troupes et tire devant elle dans la direction où elle sait que se trouve l'ennemi, peut produire de très-grands effets par ricochet. Dans ce cas, le boulet sphérique est très supérieur au projectile allongé qui n'offre aucune compensation ; car à ces distances et dans ces circonstances sa plus grande justesse ne donne aucun avantage. L'effet d'un boulet roulant le long d'une colonne est très-grand. Le projectile allongé, au contraire, ne fait qu'un petit nombre de bonds ; souvent il s'enfonce dans le sol de sorte que dans certains terrains il peut être sans effet après avoir frappé à peu de distance en avant du front de l'ennemi. Les Prussiens avaient donné des pièces de 12 lisses à leur artillerie à cheval, et ils en tirèrent de puissants effets.

Pourtant ils ont décidé de n'avoir pour la campagne que des pièces rayées qui se chargeront par la culasse. Il ne faut pas voir dans cette décision la preuve qu'ils sont convaincus de l'excellence de leurs canons se chargeant par la culasse: une grosse raison d'économie suffit pour décider à ne pas abandonner une pièce après qu'on en a fait faire un grand nombre de ce modèle. On comprend aussi qu'un gouvernement puisse se croire intéressé à soutenir que son système d'armement est excellent, quoiqu'il n'en soit pas convaincu. Pourtant les Prussiens,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout en vantant leurs canons se chargeant par la culasse, donnent une preuve indirecte en faveur des canons se chargeant par la bouche; car ils sont arrivés à dire que les arrangements compliqués des fusées à temps (qui pour les canons se chargeant par la culasse doivent être munis d'un système percutant), sont tels qu'ils en rendent l'emploi impraticable. Cet aveu est tout en faveur du chargement par la bouche qui permet d'employer des fusées à temps simples et économiques.

Les voitures d'artillerie ne sont peut-être pas assez solides pour résister dans les plus mauvais chemins.

Les planches 151 et 152 représentent les canons, affûts et voitures du matériel prussien de campagne. Voici les légendes de ces planches :

Planche 151, fig. 1 et 2. — Élévation et plan de l'affût 12 de campagne, avec sa pièce, son avant-train et tous les armements que nécessite le service. Le canon de 12 est lisse, et il se charge par la bouche.

Fig. 8 et 9. — Caisson à munitions avec son avant-train qui est le même que celui de l'affût. La fig. 10 représente une élévation de l'avant-train vu par derrière. Le caisson n'a qu'une caisse pour renfermer les munitions. Dans l'artillerie française, il y en a deux qui sont pareilles à celle de l'avant-train, ce qui présente de grands avantages.

Les canons de 6 et de 4 de campagne sont en acier ; ils sont rayés et ils se chargent par a culasse. L'affût, le caisson et l'avant-train des batteries de 6 sont en bois; ils sont légers et d'un bon service.

Les fig. 11, 12 et 13 indiquent en partie l'arrangement intérieur des coffres : fig. 12, pour l'avant-train, fig. 13 pour le caisson des batteries de 6. L'avant-train a un grand coffre divisé en compartiments (fig. 12); les compartiments latéraux renferment des logements cylindriques pour les projectiles qui ne peuvent pas se toucher latéralement. Les projectiles sont pressés de haut en bas, contre le fond du coffre, par un système de colliers et de vis que représente la figure 11. En fixant les obus avec un soin pareil, on peut les faire voyager tout chargés, les fusées percutantes en place, ce que les Anglais, qui emploient aussi des fusées à percussion, ont trouvé dangereux d'imiter. Le compartiment du milieu, divisé en deux parties, renferme les sachets de poudre. Le couvercle intérieur et la partie supérieure des cloisons portent divers objets, comme courroies pour attacher les leviers, clefs à fusées, mèche à étoupille, boîte à huile, pinces, marteau, etc.

Le caisson contient 34 obus ordinaires, 20 obus Shrapnel et 6 boîtes à mitraille : en tout, 60 coups. L'avant-train renferme seulement des charges pour 30 coups.

Les autres figures de la planche 151 sont relatives au matériel de 4 rayé de campagne.

L'affût (fig. 3) est en fer et à deux flasques ; les roues ont un moyen métallique; les figures *e* et *f* peuvent donner une idée de leur construction. Sur l'essieu, entre l'affût et la roue, sont deux siéges avec un marche-pied et un dossier qui reçoivent chacun un servant; ces deux hommes doivent souffrir, quand la pièce marche rapidement dans des terrains peu unis; mais ils peuvent descendre facilement et opérer avec rapidité la séparation des trains pour la mise en batterie. Ces siéges sont vus (fig. *r*) en plan et (fig. *s*) en élévation du côté de la bouche du canon.

La figure 4 représente l'avant-train de 4 de campagne.

La figure *a* est une coupe du canon qui laisse voir la mortaise qui reçoit l'appareil de fermeture, la chambre et la partie rayée de l'âme.

La figure *b* indique la forme des rayures près de la culasse et près de la bouche.

Les figures *m*, *n*, *o*, *p*, *g*, *h*, *k*, *l*, représentent la culasse à plus grande échelle et les diverses pièces qui servent à produire l'obturation. Comme dans le système Armstrong à coins, pour charger on ouvre la culasse en tirant la pièce qui traverse le canon de manière à faire correspondre son ouverture avec le trou cylindrique percé suivant toute la longueur du canon. Lorsqu'on a introduit le projectile et la charge dans la chambre, on repousse le coin et l'on serre avec la poignée et la vis. Nous avons parlé des obturateurs, en citant les expériences des canons de M. Krupp.

Les figures *c*, *d* et *q* représentent l'obus ordinaire, l'obus Shrapnel et la boîte à balles.

La figure 14 montre la disposition des munitions dans le coffre d'avant-train de 4 ; les compartiments du milieu renferment les sachets qui contiennent les charges de poudre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La planche 152 représente : 1° En plan et élévation, la voiture de campagne qui porte les rechanges. Plusieurs roues sont superposées sur l'avant-train.

2° Au-dessous, une forge de campagne à soufflet cylindrique, en élévation et en plan; vis-à-vis se trouve un autre modèle de forge portée sur deux roues et pouvant s'atteler d'un seul cheval. Ce dernier modèle est représenté par trois figures : plan, élévation latérale, élévation de la forge vue de derrière.

3° Les deux autres figures représentent en élévation et en plan une voiture à hautes ridelles, qui est couverte en toile; elle est destinée à transporter les vivres et les approvisionnements.

Le matériel de campagne comprend encore d'autres voitures; nous avons dû nous contenter de citer les principales.

Conclusions.

Quoique les questions relatives à l'armement des troupes aient toujours intéressé le public, elles n'ont peut-être jamais autant excité l'attention qu'à notre époque. Cela tient surtout aux perfectionnements considérables que les progrès des sciences et de l'industrie ont permis de réaliser dans ces dernières années. Dans une période de temps relativement courte, les inventions se sont multipliées, des principes nouveaux ont été produits; les modifications aux engins de guerre ont été si nombreuses et les effets destructifs si étendus que la défense des États est placée dans des conditions nouvelles.

De là, une avide curiosité, et même chez quelques-uns une certaine inquiétude de l'avenir. On s'effraye de la puissance des nouveaux armements, on calcule les énormes dépenses qu'ils occasionnent, l'immense consommation de vie humaine qu'il faudra faire dans les guerres futures. L'étude approfondie des faits conduit à des réflexions plus rassurantes que nous résumerons comme conclusion.

L'histoire de l'artillerie nous prouve qu'il arrive toujours un moment où sur une question d'armement tout le monde est d'accord. Lorsqu'un système est reconnu réellement bon il est accepté par tous; l'amour-propre d'avoir un système national cède à un intérêt de premier ordre.

Ainsi les perfectionnements des armes à feu firent abandonner partout les armures défensives, le mousquet, puis le fusil avec baïonnette devinrent d'un usage général; la lance a été abandonnée par les cavaliers; toutes les nations européennes n'ont pas adopté en même temps les diverses inventions; mais pour chacun des perfectionnements sérieux il y a eu un moment où ils ont été unanimement acceptés; sans aller chercher des exemples dans des temps reculés, au commencement du siècle, toutes les armées avaient des fusils à pierre dont les dimensions principales différaient très-peu, puis nous avons vu accepter avec le même ensemble le système à percussion, les rayures, les balles allongées de forme cylindro-ogivale. Enfin, en ce moment, tout le monde adopte le chargement par la culasse pour les armes portatives. Seulement il y a un nombre prodigieux de systèmes divers, chaque pays a le sien quand il n'en a pas plusieurs à l'essai. Chaque jour il s'en produit de nouveaux; l'esprit d'invention s'exerce et produit la diversité. Que conclure? Nous sommes dans une période de transition comme il y en a eu bien d'autres. Pourtant le rôle de ceux qui sont chargés d'assurer l'armement des troupes n'a jamais été plus difficile.

Il faut du reste observer que souvent une invention réussie peut être repoussée avec raison. L'armement d'une grande nation représente un capital considérable, il a nécessairement des qualités éprouvées. On ne saurait le changer pour un autre un peu meilleur; il faut qu'il y ait nécessité absolue d'adopter un système

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui présente des avantages considérables. Alors aucune dépense ne doit arrêter pour que les défenseurs du pays ne soient pas exposés à combattre à armes inégales. Ainsi, en ce moment, qu'une arme se produise réunissant à un degré éminent toutes les conditions qu'impose le service à la guerre, qu'elle soit plus simple, plus solide, plus avantageuse sous tous les rapports, non-seulement la France, mais tous les autres pays l'accepteront.

Pour l'artillerie proprement dite, aussi bien que pour les fusils, l'emploi des rayures en hélice est adopté par toutes les puissances. Faut-il voir dans cette unanimité, une preuve que cette disposition est définitivement satisfaisante? Il est permis d'en douter.

Le système des rayures produit une dérivation du projectile, il augmente la durée du trajet dans l'air et les pertes de force; il ne permet de donner qu'une vitesse initiale trop limitée à cause de la résistance que le projectile éprouve à parcourir l'âme du canon.

Si l'on devait se proposer d'utiliser le mieux possible une charge de poudre, la solution est très-bien réussie pour les cas où une grande force balistique n'est pas nécessaire.

Mais le problème général de l'artillerie doit être énoncé au contraire d'une autre manière. Étant donné l'effet à produire qui exige une force vive mV^2, déterminer le poids du projectile, sa forme et sa vitesse. En envisageant ainsi la question on est conduit à s'éloigner des chemins battus et à donner à un poids de métal la plus grande vitesse possible, dans certaines limites très-supérieures à celles qu'on atteint dans la pratique. Pour éviter des tensions de gaz de 5000 à 6000 atmosphères, il faut faciliter le parcours de l'âme au lieu de le gêner.

Il n'est pas possible de développer ici cette idée et d'indiquer des systèmes théoriquement avantageux qui ont été proposés et qu'il y aurait lieu d'expérimenter. Nous observerons seulement que le poids de la poudre étant toujours une fraction de celui du projectile, la voie que nous indiquons conduirait à obtenir un bagage d'artillerie beaucoup moins lourd.

Ce qu'il y a de certain en ce moment, c'est que l'armement et les munitions de l'infanterie coûtent deux fois plus cher qu'il y a quelques années; le prix du matériel pour la grosse artillerie augmente dans une proportion beaucoup plus forte. Les nouveaux engins de guerre sont d'une puissance et d'une justesse très-supérieures à ceux qu'on employait auparavant. Ils sont aussi plus difficiles à fabriquer; leur construction exige l'emploi d'un outillage perfectionné et le concours d'hommes instruits dans les sciences.

De ces conditions nouvelles on peut conclure que notre civilisation ne périra pas, qu'il ne se produira plus de ces anéantissements de sociétés policées dont l'histoire ancienne offre des exemples. La nation la plus éclairée, la plus riche et la mieux outillée sera aussi la plus sûre de défendre son indépendance. Si les batailles entrainent une plus grande consommation de vie humaine, on peut espérer que les guerres seront rares; dans tous les cas, elles seront nécessairement courtes.

Les anciens disaient qu'il fallait se préparer à la guerre pour avoir la paix. De nos jours il serait plus vrai de dire que c'est en développant les sciences, l'industrie, le commerce, en organisant les travaux de la paix, qu'un peuple se rendra fort, qu'il évitera la guerre en imposant le respect, en même temps qu'il se mettra en mesure de se défendre avec avantage.

MICHEL ROUS,
Capitaine d'artillerie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHEMINS DE FER

VOITURES ET WAGONS

PAR MM. **A.-C. BENOIT-DUPORTAIL** ET **J. MORANDIÈRE.**

(Pl. 191, 192, 193, 194, 195 et 196.)

INTRODUCTION.

Notre collaborateur, M. Jules Gaudry, a traité d'une manière fort remarquable les machines locomotives, qui sont assurément la partie la plus importante du matériel roulant des chemins de fer ; il ne nous reste plus à traiter, à M. Morandière et à moi, que les voitures et wagons que tout le monde connaît, qui ne présentent que peu de particularités d'une certaine importance, et sur lesquels il est par conséquent fort difficile de dire des choses intéressantes quand on s'adresse principalement à des hommes techniques. Nous serons donc le plus succincts possible.

Quoi qu'il en soit, nous croyons qu'il ne sera pas sans intérêt de jeter un coup d'œil rapide sur l'historique des chemins de fer, afin de nous rendre compte des progrès qu'ils ont amenés non-seulement dans l'industrie des transports, mais dans la civilisation en général, et de l'accroissement de la prospérité publique qui est résulté de leur création et de leur développement.

Bien que les premiers chemins à bandes de fer remontent à plus de deux siècles [1], et que la première tentative d'application de la vapeur à la locomotion ait été faite il y a presque un siècle [2], il n'y a encore que quarante-sept ans que l'on commença à employer la locomotive sur les chemins à bandes de fer pour le transport du charbon et du minerai [3] sur une assez grande échelle, et il n'y en a pas encore quarante « que l'on commença à se servir des chemins de fer comme voies de grande communication pour le transport des voyageurs et des marchandises de toute espèce [4]. »

Depuis cette époque et surtout depuis une vingtaine d'années les chemins de

1. « La première voie de cette espèce fut établie dès 1650, aux environs de Newcastle. » (PERDONNET, *Notions générales sur les chemins de fer.*)

2. Nicolas Joseph Cugnot, né à Void, en Lorraine, construisit, en 1769, un chariot à vapeur, avec lequel il fit plusieurs essais à l'arsenal de Paris, en présence de Colbert.

3. Sur le chemin de Dorlington à Stockton. — PERDONNET.

4. « Ce fut toutefois en 1828 seulement que parurent en même temps, sur les chemins « de fer de Liverpool à Manchester et de Lyon à Saint-Étienne, les premières locomotives « à grande vitesse. » (PERDONNET.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fer ont pris un développement considérable auquel on doit en grande partie l'augmentation de bien-être et de prospérité dont jouit notre époque, mais dont on ne se doutait certainement pas dans l'origine.

Il en est résulté que le matériel qui a servi à exploiter les premiers chemins de fer est devenu tout à fait insuffisant et que l'on a été conduit à le remplacer par un matériel plus puissant. Il faut bien le reconnaître, cependant, il ne s'est produit aucune modification radicale dans sa construction : c'est par l'augmentation des dimensions et par des améliorations de détails que sa puissance a été accrue ; les dimensions génériques des véhicules eux-mêmes et de leurs principales pièces ont été accrues ; on a fait un meilleur emploi des matériaux, on a remplacé certaines dispositions plus ou moins imparfaites par d'autres meilleures. En résumé, c'est par les progrès dans l'art de la construction que l'on est arrivé à satisfaire les besoins du trafic, et c'est l'examen de ces progrès que nous nous proposons de faire ici ; nous parlerons également des divers essais qui ont été faits pour l'amélioration du matériel et qui peuvent servir de point de départ pour arriver à une solution plus satisfaisante.

Nous avons divisé notre travail en quatre chapitres, savoir :

1er *Chapitre.* — Examen des véhicules exposés. Il se subdivise en trois parties, comprenant :

1° Les voitures françaises ;
2° Les voitures étrangères ;
3° Les wagons français et étrangers.

2e *Chapitre.* — Détails de construction. Ce chapitre renferme :

1° Les châssis ;
2° Les roues et essieux ;
3° Les boîtes à graisse et à huile ;
4° Les ressorts ;
5° L'éclairage ;
6° Les freins ;
7° Les pièces diverses.

3e *Chapitre.* — Généralités sur le matériel roulant. Ce chapitre contient :

1° Les dispositions générales des caisses de voitures ;
2° La description des voitures spéciales, telles que voitures à lits, wagons-dortoirs, voitures avec water-closets ;
3° Les wagons à marchandises.

4e *Chapitre.* — Résumé général et conclusions.

Avant de commencer notre examen, nous croyons devoir reproduire ici quelques renseignements statistiques qui donnent la mesure de l'importance des chemins de fer et des services qu'ils rendent.

La longueur totale des parties exploitées en France au 1er janvier 1866 était de 13,570 kilomètres, représentant une dépense totale de près de 7 milliards. Les lignes concédées et en cours de construction formaient en outre une longueur de 7,430 kilomètres. Le développement total du réseau concédé, et qui sera terminé dans quelques années, est de 21,000 kilomètres.

L'accroissement moyen annuel a été, dans ces dernières années en France, de 925 kilomètres, représentant une dépense de 400 millions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les recettes des six grandes compagnies, en 1866, se sont élevées à 596 millions, savoir :

Paris-Lyon-Méditerranée	193.931.070 fr.
Nord	82.660.185
Ouest	74.866.774
Orléans	103.527.187
Est	98.334.031
Midi	42.697.579
Total égal	596.016.826 fr.

Dans cette somme on peut estimer que le produit du transport des voyageurs entre pour un tiers, et le produit du transport des marchandises et des messageries pour les deux autres tiers.

Le prix du transport des voyageurs à un kilomètre, qui coûtait environ *vingt centimes* avant l'établissement des chemins de fer, ne coûtant plus actuellement en moyenne que *cinq centimes et demi*, il en résulte que le nombre de kilomètres, parcouru en France en 1866 par les voyageurs, a été, en nombres ronds, de 3 milliards et demi.

Le prix du transport d'une tonne de marchandises à un kilomètre, qui était aussi autrefois d'environ *vingt centimes*, ne coûtant aujourd'hui qu'un peu plus de *six centimes*, le nombre de tonnes transportées à un kilomètre a été de 6 milliards et demi.

Ces nombres donnent la mesure de l'immense activité que les chemins de fer ont produite, et qui est aujourd'hui quinze ou seize fois plus considérable que celle qui existait auparavant.

Est-il besoin de rappeler que, tandis que les diligences marchaient à peine à une vitesse de dix ou douze kilomètres à l'heure et les chaises de poste à quinze ou seize, les trains-omnibus de voyageurs font trente et quelques kilomètres, et les trains express près de soixante; et que les trains de marchandises les plus lents font plus de vingt kilomètres, tandis que le roulage n'en faisait que quatre!

Il est d'autant moins nécessaire d'insister sur de pareils résultats que tout le monde les connaît et en profite chaque jour.

Nous extrayons pour l'ensemble des chemins de fer, tant français qu'étrangers, les documents suivants du remarquable rapport de M. Flachat sur la classe 63.

L'Allemagne possède 19,760 kilomètres de chemins de fer, qui ont coûté environ 5 milliards, et qui se répartissent de la manière suivante :

Allemagne du Nord 9,279 kilomètres; Autriche 5,644 kilomètres; Bavière 1,328 kilomètres, et le complément pour le Wurtemberg, le duché de Bade, la Hesse et les autres États secondaires; le développement annuel du réseau allemand est d'environ 952 kilomètres et coûte 275 millions.

Le réseau de la Belgique a une longueur de 3,995 kilomètres; les 2,367 kilomètres exploités ont coûté 688 millions; le développement annuel est de cinquante kilomètres et la somme que l'on y consacre de 13 millions.

Les chemins espagnols forment un réseau de 7,018 kilomètres, dont 5,110 sont en exploitation et ont coûté 1,560 millions; la longueur que l'on construit actuellement chaque année est d'environ 150 kilomètres et représente une dépense de 30 millions.

La Russie ne possède encore que 4,513 kilomètres en exploitation; 1,649 autres kilomètres sont en construction et l'on en livre environ 400 par an à l'exploitation avec une dépense annuelle de 140 millions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Suède avec la Norwége possèdent un réseau exploité de 2,099 kilomètres, qui a coûté un peu plus de 200 millions.

Le réseau italien doit être de 8,928 kilomètres après un achèvement complet ; la longueur exploitée est de 5,104 kilomètres, et l'augmentation annuelle est de 200 kilomètres, et coûte 80 millions.

La longueur des chemins de fer suisses en exploitation est de 1,257 kilomètres ayant coûté 364 millions.

L'accroissement annuel des chemins de fer en Suisse, en Turquie, en Hollande, au Danemark, en Portugal et en Suède, est de 150 kilomètres et coûte 50 millions.

Comme nous l'avons dit, le réseau des chemins de fer français aura un développement de 21,040 kilomètres, représentant un capital de 9,328 millions ; la longueur aujourd'hui exploitée est de 15,750 kilomètres ; l'accroissement annuel est de 925 kilomètres et coûte 400 millions.

En totalisant les nombres qui précèdent, on voit que l'ensemble des chemins de fer européens, actuellement en exploitation, est de 76,539 kilomètres ; son développement annuel est de 3,604 kilomètres et coûte 1,428 millions.

L'Angleterre fait en outre construire, dans les Indes anglaises, un réseau de 7,950 kilomètres, dont 5,460 kilomètres sont déjà en exploitation. La dépense totale doit être de 2,042 millions.

Enfin le développement du réseau des États-Unis d'Amérique est de 75,645 kilomètres, dont 52,000 sont en exploitation.

Nous allons commencer maintenant l'étude du matériel exposé.

CHAPITRE PREMIER.

EXAMEN DES VOITURES EXPOSÉES.

---

§ 1. — Voitures françaises

Pour la France, nous avons réuni ensemble les voitures de même classe, au lieu de les grouper par constructeurs exposants, car ceux-ci n'ont fait qu'exécuter des plans et spécifications remis par les divers chemins de fer ; entrer dans les détails des moyens d'exécution sortirait de notre cadre, ou plutôt de notre partie, car ce serait parler des instruments de travail, du bois et du fer qui regardent une autre branche de cette étude générale de l'Exposition, ainsi que de l'organisation des ateliers de construction, ce que nous ne pouvons aborder ici. C'est dans cette appréciation, de la part des constructeurs limitée à l'exécution, que s'est renfermé le jury international des récompenses de l'Exposition, et c'est ce qui explique comment, tout en reconnaissant l'excellence de la construction, il n'a accordé aux constructeurs que des médailles d'argent.

Voici, du reste, comment se répartissent les divers véhicules par exposant, et suivant l'ordre du catalogue officiel.

1. Compagnie d'Orléans.	Voiture de 1re classe.
2. Compagnie de l'Est.	Fourgon à bagages avec frein électrique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3.	Compagnie de l'Est.	Voiture mixte à impériales fermées. (Constructeur Bonnefond et Cie.)
4.	Compagnie de l'Est.	Voiture de première à coupé-lit.
5.	Compagnie de l'Est.	Fourgon à marchandises[1].
6.	Compagnie du Midi.	Voiture mixte de 1re et 2e classe.
7.	Vidard.	Voiture à impériales fermées pour chemins départementaux. (Constructeur Gargan et Cie.)
8.	Vidard,	Wagon à train brisé[2]. id. id.
9.	Compagnie de Lyon.	Fourgon à messageries.
10.	Compagnie de Lyon.	Wagon à houille[3].
11.	Fell et Cie.	Voiture spéciale du Mont-Cenis. (Constructeur Chevalier-Cheilus.)
12.	Sue-Chauvin.	Wagons de terrassement[4].
13.	Bonnefond et Cie.	Voiture de 2e classe du chemin de l'Est.
14.	Bonnefond et Cie.	Voiture de 3e classe du chemin d'Orléans.
15.	Delettrez.	Voiture de 1re classe du chemin du Nord.
16.	Delettrez.	Voiture de 2e classe du chemin de l'Ouest (avec frein).
17.	Delettrez.	Voiture de 3e classe du chemin de l'Est.
18.	Chevalier, Cheilus et Cie.	Voiture de 1re à coupé-lit du chemin de Lyon.
19.	Chevalier, Cheilus et Cie.	Bureau ambulant de l'administration des postes.
20.	Chevalier, Cheilus et Cie.	Wagon à 8 tonnes pour houillères[5].

Comme nous venons de le dire, il nous a paru plus intéressant pour l'étude de rapprocher ensemble les wagons de même nature, et c'est pour cela que nous adopterons l'ordre suivant :

A	voiture de 1re classe :	Orléans	(no 1	de la liste ci-dessus).
B	—	Est	(no 4)	—
C	—	Nord	(no 5)	—
D	—	Lyon	(no 18)	—
E	voiture mixte de 1re et 2e classe	Midi	(no 6)	—
F	voitures de 2e classe	Est	(no 13)	—
G	—	Ouest	(no 16)	—
H	voiture de 3e classe	Orléans	(no 14)	—
I	—	Est	(no 17)	—
J	voiture mixte à 2 étages	Est	(no 3)	—
K	—	Vidard	(no 7)	—
L	voiture système Fell (1re classe)	Mont-Cenis	(no 11)	—
M	bureau ambulant des postes	Ouest	(no 19)	—
N	fourgons des trains de voyageurs	Est	(no 2)	—
O	—	Lyon	(no 9)	—

Pour compléter notre examen de l'Exposition de la section française, nous dirons aussi quelques mots sur divers dessins exposés.

P	dessins d'un train d'apparat pour l'Orient	(Gargan et Cie)
Q	dessins d'un train pontifical	(Delettrez père)
R	dessins d'un train d'apparat pour l'Espagne	(Chevalier-Cheilus)
S	— le Portugal	Id.
T	voiture du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse	(Molinos)

1, 2, 3, 4 et 5. La description est renvoyée au chapitre des wagons à marchandises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A. *Voiture de 1re classe de la Compagnie d'Orléans.*

La Compagnie des chemins de fer de Paris à Orléans a exposé la voiture à voyageurs de 1re classe, n° 435, pour trains de grande vitesse, construite dans ses ateliers d'Ivry-Paris. (M. Forquenot ingénieur en chef du matériel et de la traction; M. De Bonnefoy ingénieur des voitures; Thetard ingénieur des ateliers[1].) Cette voiture est du type ordinaire des voitures de 1re classe, en service sur les chemins de fer français, c'est-à-dire qu'on a cherché à réunir dans les véhicules de cette catégorie le plus de confortable possible, comme garniture, glaces, rideaux et stores, filets à bagages, etc...; et que, de plus, considérant que ces voitures composent presque exclusivement les trains rapides pour lesquels les conséquences des accidents sont les plus graves, on a garni et rembourré tout le pourtour du wagon jusqu'au dessus de la tête, y compris les portières et les montants : cette précaution n'est généralement pas prise chez les étrangers où les montants sont de bois d'essences diverses plus ou moins moulurés, d'un bon aspect à l'œil, il est vrai, mais dénotant une moins sage prévoyance.

Nous ne croyons pas pouvoir mieux faire que de reproduire la description suivante donnée dans une notice spéciale, distribuée par la Compagnie d'Orléans.

Notice de la Compagnie d'Orléans sur la voiture à voyageurs de 1re classe. — « Outre les voitures du type ordinaire, à trois compartiments de 1re classe, la Compagnie emploie des voitures à un ou à deux coupés. Parmi celles-ci, un certain nombre possèdent un coupé à 3 fauteuils-lits; d'autres, un coupé contenant un lit de malade et une place de fauteuil, avec water-closet. Toutes les voitures de 1re classe, construites depuis plusieurs années, ont reçu les améliorations dont la voiture exposée n° 435 offre les applications, et parmi lesquelles nous signalerons les suivantes :

« La charpente de la caisse est construite en bois de teck en raison de l'extrême résistance que ce bois offre à la pourriture. Pendant quelques années ce bois a été employé pour les panneaux, mais nous avons dû y renoncer à cause des difficultés qu'il y avait à les fabriquer et à les réparer. Aujourd'hui nos panneaux sont en tôle peinte et vernie.

« Les centres des roues sont en fer plein laminé. La Compagnie d'Orléans est la première qui ait mis en pratique ce système de roues, destiné à prévenir le soulèvement de la poussière. Elles résistent bien au service à grande vitesse. Elles sont fabriquées par l'usine de la Providence.

1. Voici sur les ateliers d'Ivry quelques renseignements extraits d'une brochure autographiée, distribuée par la Compagnie d'Orléans et relative aux objets composant son exposition.

« Les ateliers d'Ivry, fondés en 1839, munis d'un puissant outillage, occupent 1350 ouvriers de tous les corps d'état.

« Les ateliers de Tours et de Périgueux, qui font principalement les travaux de réparation ordinaire, occupent plus de 800 ouvriers.

« Cet ensemble de 2200 ouvriers est maintenu à toutes les époques de l'année : lorsque les travaux de réparation augmentent, ceux des constructions neuves sont momentanément ralentis.

« Depuis plusieurs années, la valeur des travaux de toutes sortes, exécutés annuellement dans ces divers ateliers, s'élève à plus de 6.500.000 francs, dont 5.000.000 pour les ateliers d'Ivry. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Au lieu d'un ressort unique de choc et de traction, nos voitures portent deux ressorts distincts, l'un pour le choc, l'autre pour la traction. Cette disposition assure le contact des tampons en marche et évite une cause du mouvement de lacet.

« Les rondelles en caoutchouc, interposées entre la caisse et le châssis, ont pour effet, non d'augmenter l'élasticité de la suspension, mais d'empêcher la transmission des vibrations produites par le roulement à grande vitesse. Cette disposition, adoptée depuis 1855, ayant été appréciée par les voyageurs, nous l'avons appliquée successivement à toutes les voitures de 1re classe. A l'époque de l'Exposition de Londres, nous en avons fourni les dessins à un ingénieur anglais qui nous en avait fait la demande, et qui depuis a propagé ce système sur les chemins de fer en Angleterre.

« C'est aussi dans le but d'amortir les vibrations que les brancards en bois ont été conservés au train, de préférence aux brancards en fer, employés habituellement pour les wagons d'une grande longueur.

« Nous avons également maintenu, malgré l'augmentation d'entretien qui en résulte, l'emploi déjà ancien de la garniture de velours aux châssis de glace. De tous les moyens employés pour détruire le bruit assourdissant occasionné par la trépidation des châssis vitrés, la garniture de velours est celui qui donne les meilleurs résultats.

« Nous attribuons à ces divers perfectionnements une diminution sensible de la fatigue des longs voyages à grande vitesse sur le réseau de la Compagnie d'Orléans. »

Nous n'avons que peu de chose à ajouter pour compléter les renseignements relatifs à cette voiture. La garniture est en drap gris-noisette; des têtières mobiles protégent la partie ou repose la tête; les stores et les rideaux sont en mérinos. Il y a des filets pour les menus bagages; 3 lampes éclairent la voiture. Les boîtes à huile sont à réservoir inférieur à huile, avec tampon par en dessous et réservoir supérieur à graisse avec tampons fusibles, disposition introduite et usitée pour la première fois en France par la Compagnie d'Orléans, Les tampons de choc sont à plateaux munis de bois.

Voici maintenant les principales conditions d'établissement de cette voiture :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture.....	6m.20
Largeur —	2m.60
Hauteur du plafond intérieurement au milieu.....	1m.90
Longueur moyenne d'un compartiment intérieur.....	1m.96
Nombre de places.....	24
Longueur du châssis extérieurement aux traverses.....	6m.00
Entraxe des essieux extrêmes.....	3m.50
Diamètre des roues au contact.....	1m.03
— des essieux au corps.....	0m.095
— — aux fusées.....	0m.072
Longueur des fusées.....	0m.150
Poids de la voiture vide (P).....	6,300k
Poids — en charge (24 × 70 + P) = ...	8,000k
Prix de la voiture, prise à l'usine.....	10,000 fr.
Prix par voyageur.....	416 fr.
Poids mort par voyageur.....	262k.

B. *Voiture de 1re classe à compartiment-lit, de la Compagnie de l'Est.*

La Compagnie de l'Est expose une voiture de 1re classe, à compartiment coupé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lit, construite dans ses ateliers de La Villette. (M. L. Vuillemin ingénieur en chef, et M. Boutard ingénieur de la carrosserie.)

Pour faire cette voiture, représentée par la fig. 1, pl. 191, on est parti du dernier modèle des voitures de 1re classe à 3 compartiments de la Compagnie, en prenant l'un des compartiments pour en faire un coupé-lit.

Dans certains compartiments, dits à fauteuils-lits, autrefois étudiés au Nord [1], reproduits à l'Est et surtout au chemin de fer d'Orléans, le lit est obtenu par une extension du siége ordinaire dont le devant roule sur le plancher de la voiture, tandis que le dossier descend dans une sorte de coulisse. Dans le modèle exposé, le chemin de fer de l'Est a adopté un principe tout nouveau : le siége qui a servi pendant le jour s'efface complétement le soir pour faire place à un lit qui existe indépendamment de lui. Lorsque le lit n'est pas déplié, le compartiment présente l'aspect d'un coupé de 1m.60 de profondeur environ, offrant 3 siéges de la forme ordinaire, c'est-à-dire 3 fauteuils indépendants, fig. 5 et 6, pl. 194. L'espace, placé entre les fauteuils du coupé et le compartiment suivant, est alors occupé par le lit qui en ce moment est placé verticalement, la tête en bas, et dont le fond, regardant le coupé, forme justement le dossier des fauteuils de jour. En tirant une poignée placée à la partie supérieure, l'ensemble bascule autour d'un point de pivotement situé vers le bas, et le siége de jour, entraîné par une coulisse d'une courbure convenablement étudiée à cet effet, se dérobe en s'abaissant sous le lit, comme le représente la figure 6, pl. 194. La partie opposée au fauteuil apparaît alors et se trouve placée horizontalement, offrant au voyageur un lit composé d'un sommier élastique, recouvert d'un matelas et d'un petit oreiller retenu par une courroie : l'oreiller et le matelas sont recouverts de coutil damassé. — La figure 6, pl. 194, montre qu'une fois le lit abattu, il reste encore en avant un espace libre d'environ 0m.40, permettant à chacun de circuler sans déranger ses voisins. — Le compartiment est abondamment pourvu de filets et patères pour recevoir les bagages et les vêtements. Les fenêtres de côté et de face peuvent être fermées hermétiquement au moyen de panneaux pleins en bois, intérieurement tendus de drap.

Ce compartiment ne comporte pas de water-closet, lequel est assez mal remplacé par une petite cachette, pratiquée dans le plancher et contenant un vase *ad hoc*.

L'éclairage est fait par une lampe de grand modèle.

Les coins d'avant du coupé sont arrondis, mais ne sont pas munis de glaces.

Les deux autres compartiments de 1re classe sont du type ordinaire français, et sont très-confortables surtout pour la longueur et la largeur.

Les accoudoirs sont mobiles pour permettre de s'allonger, en cas de besoin, sur la banquette, disposition imaginée par la Compagnie de l'Est depuis quelques années.

Le châssis est en bois avec longerons en fer.

Les roues sont en fer.

Les boîtes à huile sont du système Delannoy dont nous parlerons dans le paragraphe spécial aux boîtes à graisse.

Les marchepieds et mains-courantes sont disposés de manière à permettre la circulation des agents en marche. En outre, la voiture est munie de fils de communication électrique placés sous le châssis.

Dans cette voiture, comme dans tout le nouveau matériel de la Compagnie de l'Est, l'ouverture des portières n'est pas limitée par un tirant placé à la partie inférieure de la portière, mais celle-ci peut se développer entièrement, et pour

1. Voir le dessin dans le *Nouveau Portefeuille* de Perdonnet.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

éviter qu'elle ne vienne frapper sur les panneaux extérieurs, on a disposé à la hauteur de la ceinture un petit tampon-buttoir, garni de caoutchouc. — Ce système a été imité de l'Allemagne.

On a remarqué, sur beaucoup de châssis, des commencements d'incendie produits par des morceaux de combustibles incandescents qui viennent se loger dans tous les angles et sur les pièces du châssis; pour parer à cet inconvénient, toutes les pièces à dessus plat ont été garnies de sortes de faîtières en tôle. Cela est commun aux véhicules de toutes sortes des trains de voyageurs.

Les principales conditions d'établissement de cette voiture sont données dans le tableau ci-dessous :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture.....	6m.55
Largeur —	2m.80
Hauteur du plafond intérieurement au milieu.....	1m.96
Longueur moyenne d'un compartiment intérieur.....	2m.10
Nombre de places.....	19
Longueur du châssis extérieurement aux traverses.....	6m.50
Entraxe des essieux extrêmes.....	3m.60
Diamètre des roues au contact.....	1m.03
— des essieux au corps.....	0m.110
— — aux fusées.....	0m.080
Longueur des fusées.....	0m.160
Poids total de la voiture vide (P).....	7,500k
— — en charge (19 × 70 + P) =.....	8,830k
Prix de la voiture prise à l'usine.....	12,000 fr.
Prix par voyageur.....	630 fr.
Poids mort par voyageur.....	394k

C. *Voiture de 1re classe de la Compagnie du Nord.*

Voiture de 1re classe, dernier type de la Compagnie du chemin de fer du Nord, exposée par MM. Delettrez et Cie.

Cette voiture est à 3 compartiments et reproduit dans son ensemble le type général des 1res classes des chemins de fer français; comme détails elle présente quelques particularités dont la plus saillante est l'adoption de longerons en fer à double T. Le reste du châssis est en bois comme à l'ordinaire. Les plaques de garde sont en tôle découpée, comme on le faisait autrefois ; elles sont moins chères et paraissent tout aussi solides que les plaques en fer forgé dont l'emploi est cependant beaucoup plus général. Une fourrure en fonte, placée dans le creux du longeron, au droit de la plaque de garde, sert à consolider l'attache de celle-ci, qui se fait au moyen de 4 boulons traversant cette fourrure et le longeron.

La suspension de la voiture a été étudiée avec un soin tout particulier. Le ressort de la plus grande longueur employée jusqu'à ce jour (2m.00), comprend 8 feuilles d'acier de 0m.075 de largeur et de 0m.013 d'épaisseur, y compris une feuille supérieure dite soupente, destinée à assurer le travail de toutes les lames, et disposée comme le représente la figure 8 de la pl. 496. Cette feuille porte deux rouleaux distants d'environ 6 centimètres des rouleaux de la maîtresse-feuille, et également reliés aux mains de suspension. Il y a en outre une neuvième feuille, dite de *sûreté*, à peu de distance du longeron; elle ne fonctionne que dans les grandes oscillations, alors que le châssis s'abaisse au point de venir toucher sur elle. Pour améliorer encore la suspension, on a placé des rondelles de caoutchouc entre la caisse et le longeron, comme dans la voiture d'Orléans; il y a de chaque côté 4 supports, munis chacun de 2 ron-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

delles superposées, et répartis inégalement sous la voiture, l'expérience ayant montré qu'il ne fallait pas en mettre au milieu de la longueur de la voiture, et qu'il convenait mieux de les rapprocher des extrémités. Dans la voiture exposée, ils sont répartis deux par deux symétriquement par rapport aux essieux, comme dans la voiture du Midi, figure 5, pl. 191.

Dans l'intérieur de la caisse, on trouve les accoudoirs mobiles du type du chemin de fer de l'Est; — le coussin du siége repose sur une planchette articulée à un bout, et s'appuyant de l'autre sur un ressort assez flexible destiné à atténuer encore les oscillations du véhicule. Pour que cette disposition soit efficace, de même que les coussins à élastiques, employés en Allemagne, il faut des ressorts d'une tension suffisante sans être toutefois trop roides, c'est-à-dire un juste milieu qu'il est assez difficile d'obtenir.

Les panneaux extérieurs de la caisse sont en tôle plombée.

Pour éviter les chances d'incendie du châssis on a fait descendre de la voiture des tôles qui comprennent toutes les parties sur lesquelles les escarbilles pourraient se reposer.

Les fenêtres des portières sont garnies du châssis équilibré, introduit depuis longtemps dans toutes les voitures de 1re classe au chemin de fer du Nord. La glace en s'abaissant porte sur une réglette en bois rattachée, par des lanières passant sur des rouleaux, à un contre-poids en plomb, ce qui fait que la glace peut être arrêtée à n'importe quelle hauteur. Avec ce système il n'est plus besoin de tirettes.

Les plafonds des compartiments sont en citronnier avec encadrements et baguettes en érable ou en courbari.

Les boîtes de graissage sont à réservoir inférieur à huile par en-dessous, et à réservoir supérieur à graisse avec bouchons fusibles.

Les roues sont à centre plein, en fer laminé, avec bandages rapportés en fer, et essieux en acier fondu Krupp, ainsi que la presque totalité du matériel à voyageurs de la Compagnie du Nord.

Deux ressorts en lame servent pour le choc et la traction.

Les marchepieds et les poignées de la voiture permettent la circulation des agents pendant la marche, facilité dont la Compagnie se sert pour le contrôle de route.

La voiture est en outre munie de fils de communication électrique et de signaux d'appel dans le système Prudhomme, dont nous parlerons plus tard et qui fonctionnent au chemin du Nord sur tous les trains de vitesse.

Les principales conditions d'établissement de la voiture du Nord, sont :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	$6^{m}.340$
Largeur —	$2^{m}.60$
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	$1^{m}.76$
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	$2^{m}.05$
Nombre de places	24
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	$6^{m}.150$
Entraxe des essieux extrêmes	$4^{m}.000$
Diamètre des roues au contact	$0^{m}.935$
— des essieux au corps	$0^{m}.120$
— — aux fusées	$0^{m}.080$
Longueur des fusées	$0^{m}.170$
Poids de la voiture vide (P)	$6{,}962^{k}$
— en charge (24 × 70 + P) =	$8{,}600^{k}$
Prix de la voiture, prise à l'usine	10,420 fr.
Prix par voyageur	434 fr.
Poids mort par voyageur	283^{k}

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D. *Voiture de 1re classe à coupé-lit de la Compagnie de Lyon* (fig. 3 et 4, pl. 191).

MM. Chevalier et Cheilus exposent une voiture de 1re classe du modèle de la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée. Ce véhicule est à 6 roues comme tous ceux que la Compagnie emploie dans les trains de voyageurs pour le service de la grande ligne, c'est-à-dire des directions principales, comme Paris à Lyon, à Marseille et à Nice, Paris à Saint-Étienne et Lyon, Paris à Vichy et Clermont, Paris à Genève, Paris à Besançon et Neufchâtel. Sur les embranchements, au contraire, et surtout dans les trains de voyageurs de service local, cette Compagnie emploie de préférence du matériel à 4 roues.

Il est, du reste, généralement admis que, dans les trains de vitesse, les véhicules à 6 roues sont moins sensibles aux inégalités de la voie et plus doux. Si leur emploi n'est pas plus répandu, c'est que limité comme on l'est par le diamètre des plaques tournantes aujourd'hui posées, il est difficile de profiter des 6 roues pour y installer un véhicule présentant les mêmes rapports avantageux que les véhicules à 4 roues, en admettant dans chaque cas les mêmes charges maxima par essieu.

Dès l'origine, la Compagnie de Lyon avait établi ses installations de voies et son matériel avec une ampleur généralement citée à juste titre, et avait adopté pour ses plaques tournantes un diamètre permettant un écartement d'essieux extrêmes de 4m.00 et 4m.10. Cet écartement, plus grand que tous ceux admis ailleurs, permettait d'allonger un peu les caisses, et, pour utiliser autant que possible les 6 roues, la voiture de 1re classe, composée de 3 compartiments sur les autres lignes, fut ici composée de trois compartiments et d'un coupé. La voiture de l'Exposition reproduit cette disposition avec cette particularité, que l'on retrouve sur un certain nombre de voitures de la Compagnie, que le coupé est au besoin un *coupé-lit* [1]; elle présente en outre de nombreux perfectionnements de détails dont nous allons nous occuper. Son poids à vide est de 8,640k et elle peut être établie pour un prix de 12,000 francs : comme elle contient 28 personnes, il résulte des données ci-dessus que le prix et le poids par voyageur ne sont pas notablement au-dessus des prix et poids par voyageurs des véhicules à 4 roues, établis avec les mêmes perfectionnements et améliorations.

A l'Exposition, cette voiture était également munie du signal de communication par l'air dilaté à avertisseur pneumatique, système Jolly, exposé par MM. Chevalier-Cheilus et Cie, cessionnaires du brevet; ce système est en essai sur le chemin de l'Est et nous en parlerons dans le chapitre spécial aux communications entre agents des trains.

Les compartiments de 1re sont, comme tous ceux en service sur les chemins de fer français, entièrement garnis en drap gris, et rembourrés dans les diverses parties jusqu'au dessus de la tête, garnis de stores, rideaux, ventilateurs et filets. Le plafond est en bois de citronnier avec baguettes d'érables, dessinant des panneaux; la hauteur libre, au-dessus du plancher, n'est pas encore ce qu'elle pourrait être; les accoudoirs sont mobiles comme dans la 1re de l'Est.

Le coupé, qui dans son état ordinaire offre 4 places, peut se transformer en coupé-lit, en enlevant la séparation intermédiaire. Le coussin principal a la longueur de 3 places et repose sur un châssis de même longueur qui peut s'attirer un peu en avant. Du côté de la portière, le coussin reçoit une légère inclinaison au moyen d'une tringle de fer fixée au châssis de support (fig. 3 et 4 de la pl. 191). Un oreiller retiré de la banquette complète le lit qui est ainsi placé en travers et occupe 3 places. La quatrième place conserve son apparence

1. La Compagnie d'Orléans possède aussi depuis longtemps de semblables coupés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ordinaire et reste libre pour recevoir un garde-malade ou une autre personne. Le dessous de ce siége est disposé en water-closet.

Le coupé est garni de tablettes supérieures à hauteur d'appui et de tablettes inférieures pour appuyer les pieds, comme les coupés ordinaires de la Compagnie de Lyon.

Les panneaux extérieurs de la caisse de cette voiture ont été faits pour essai, en tôle d'acier Bessemer, bien moins oxydable que la tôle de fer, et l'on voyait près de la voiture des panneaux en tôle d'acier Bessemer, exposés par MM. Boutmy et Cie, découpés pour les fenêtres de côté des voitures de 1re, avec bords tombés à froid, et présentant un aspect très-satisfaisant [1].

Le châssis est entièrement en fer, les longerons sont en fer à section en double L, les ailes tournées vers l'extérieur, ce qui permet d'attacher les plaques de garde directement sur le longeron. Les traverses extrêmes sont en fer de même échantillon, reliées aux longerons par des fers d'angles. Les croix de Saint-André, en fer, sont formées de cornières courbées à chaud.

La caisse repose directement sur son châssis; et pour parer aux chances d'incendie, le dessous de la caisse a été garni d'un plancher en tôle mince, placé à quelques centimètres, parallèlement et au-dessous du plancher en bois de la voiture.

La Compagnie de Lyon a conservé les plaques de garde en tôle découpée comme la Compagnie du Nord, et la voiture exposée est munie de boîtes à graisse; toutefois la Compagnie de Lyon a environ la moitié de son matériel garni de boîtes avec dessous de boîtes à huile.

Comme dans la plupart des véhicules à 6 roues les ressorts de l'essieu du milieu ont une lame de moins que les autres; ils sont par suite plus élastiques et on évite ainsi que, par faute de soin dans le montage, la voiture ne vienne à être portée presque entièrement par l'essieu du milieu, auquel cas elle se trouverait en équilibre instable et les trois essieux deviendraient un inconvénient plutôt qu'une amélioration.

Deux ressorts en lames servent pour le choc et la traction.

Les principales conditions d'établissement de cette voiture sont contenues dans le tableau ci-dessous :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m 65
Largeur —	2m.60
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1m.77
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	2m.00
Nombre de places	28
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	7m.25
Entraxe des essieux extrêmes	4m.10
Diamètre des roues au contact	0m.93
— des essieux au corps	0m.100
— — aux fusées	0m.075
Longueur des fusées	0m.160
Poids de la voiture vide (P)	9,900k
— en charge (28 × 70 + P) =	11,860k
Prix de la voiture, prise à l'usine	12,000 fr.
Prix par voyageur	429 fr.
Poids mort par voyageur	353 kil.

1. Ces panneaux permettent de ne pas mettre de baguette de couvre-joint au pourtour de la fenêtre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

E. *Voiture mixte de la Compagnie du Midi* (fig. 5 et 6, pl. 191).

La Compagnie du Midi expose une voiture mixte, construite dans ses ateliers de Bordeaux. (Ingénieur en chef du matériel, M. Laurent à Bordeaux.) Cette voiture, à 2 compartiments de 1re classe et 2 compartiments de 2e classe, est un bon type de véhicule à 4 roues, et un progrès sur les voitures mixtes généralement employées, qui ne comportent qu'un compartiment de 1re classe entre deux compartiments de 2e classe et quelquefois, mais rarement, deux compartiments de 2e classe, un compartiment de 1re et un coupé. La voiture du Midi est également à remarquer pour son frein à levier du système Tabuteau.

La caisse est recouverte extérieurement en bois de teck, qui a été reconnu préférable à la tôle sous le climat du Midi où l'on trouve de grands écarts de température entre l'été et l'hiver : ce bois, une fois qu'il est sec ne joue presque plus. La carcasse de la caisse est également en teck.

Les deux compartiments de 1re classe sont identiques à ceux que nous avons déjà décrits pour les autres voitures françaises, ils sont munis de têtières comme dans la voiture d'Orléans. Les plafonds sont en citronnier. Ces 2 compartiments sont pourvus d'un appareil électrique d'appel, imité du système appliqué à la voiture du Nord.

Les deux compartiments de 2e classe sont pareils à ceux que l'on trouve sur les chemins de fer français, c'est-à-dire que le siége et le dossier sont rembourrés, et que la garniture monte jusqu'à hauteur de tête. Il y a des rideaux aux fenêtres qui sont toutes garnies de châssis vitrés mobiles. Le reste du compartiment est dépourvu de garniture, et est formé par les cloisons en bois, enduites de peinture. Il y a 5 patères.

Chaque compartiment peut contenir 10 personnes.

La voiture est éclairée par 4 lanternes.

Le châssis est entièrement en bois, et la caisse repose sur lui par l'intermédiaire de 4 ressorts en hélice, placés comme l'indique le dessin de la figure 5 et 6, pl. 191. Les roues sont à centre plein en fer laminé, avec bandages en acier.

Les boîtes à huile sont avec réservoir inférieur à huile et réservoir supérieur à graisse, sur lesquelles le ressort repose, comme au chemin du Nord, par une arête arrondie : seulement les deux tiges d'attache du Nord, réunies au-dessous de la boîte par un boulon unique, ont été remplacées sur le Midi par deux tiges boulonnées séparément à deux oreilles du dessous de boîte.

Le ressort de suspension, placé près de la guérite du frein, a une lame de plus que l'autre.

Le frein est à 8 sabots suspendus et articulés, commandés par un levier, système Tabuteau, pour lequel nous renvoyons au paragraphe spécial des freins. La guérite est placée en arrière du wagon, sur le côté droit.

Les marchepieds et poignées permettent la circulation extérieure des agents du train pendant la marche ; et sur le Midi, comme sur le Nord, le contrôle de route se fait pendant la marche.

Le tableau ci-dessous complète les renseignements que nous venons de donner sur cette voiture :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture.....		7m.10
Largeur —		2m.54
Hauteur du plafond intérieurement au milieu.....		1m.85
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur.	1re classe.	2m.03
	2e classe.	1m.54

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nombre de places	1re classe 16 / 2e classe 20	36
Longueur du châssis extérieurement aux traverses		7m.00
Entraxe des essieux extrêmes		4m.00
Diamètre des roues au contact		1m.01
— des essieux au corps		0m.130
— — aux fusées		0m.085
Longueur des fusées		0m.170
Poids de la voiture vide (P)		7,200k.
— en charge (36 × 70 + P) =		9,700k.
Prix de la voiture, prise à l'usine		10,600 fr.
Prix par voyageur		294 fr.
Poids mort par voyageur		200 k.

F. *Voiture de 2e classe de la Compagnie de l'Est* (fig. 7 et 8, pl. 191).

MM. Bonnefond et Cie ont exposé une voiture de 2e classe à 4 roues et à 4 compartiments du modèle récent de la Compagnie de l'Est, qui est encore plus confortable que les voitures justement citées de cette classe depuis longtemps en service sur le chemin de Lyon.

Outre une augmentation notable de toutes les dimensions en hauteur, longueur et surtout largeur, on a fait monter la garniture qui est en drap bleu, bien au-dessus de la tête, et l'on a disposé deux oreillères pour appuyer la tête, comme le représente la coupe transversale de la figure 8, pl. 191.

Les châssis vitrés sont de grandes dimensions, tous mobiles, et tous garnis de stores. Il y a des filets pour les menus bagages et des ventilateurs aux portières. — Celles-ci ont été cintrées dans le bas ainsi que le reste de la voiture, comme le montre la coupe, figure 8, pl. 191, afin de permettre de conserver aux marchepieds l'étagement ordinaire.

Les tapis sont en natte.

La voiture est éclairée par 4 lanternes.

L'extérieur de cette voiture formé de larges panneaux en tôle avec une seule baguette de ceinture est très-simple et d'un bon aspect.

Les longerons sont en fer à double T, et les traverses et croix de Saint-André, formant le reste du châssis, sont en bois.

Les plaques de garde sont en fer forgé. Les boîtes à graisse sont du système Delannoy.

Les essieux sont en fer, les corps de roue sont de la forme dite en étoile à bandages en fer rapportés.

Les tampons sont avec plateaux uniquement en fer. Deux ressorts en lame servent pour le choc et la traction.

La caisse repose directement sur le bâti.

Les marchepieds et poignées sont disposées de manière à permettre la circulation extérieure des agents du train.

Comme dans la 1re classe la portière en se développant vient butter sur un petit tampon en caoutchouc.

Les principales dimensions sont les suivantes :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m.17
Largeur —	2m.80
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1m.80
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	1m.74

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nombre de places	40
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	7m.00
Entraxe des essieux extrêmes	3m.60
Diamètre des roues au contact	1m.02
— des essieux au corps	0m.110
— aux fusées	0m.080
Longueur des fusées	0m.160
Poids de la voiture vide (P)	7,360k.
— en charge (40 × 70 + P) =	10,100k.
Prix de la voiture, prise à l'usine	6, 350 fr.
Prix par voyageur	159 fr.
Poids mort par voyageur	183 k.

G. *Voiture de 2e classe, à frein, de la Compagnie de l'Ouest.*

Une voiture de 2e classe à frein, à 4 compartiments et 4 roues, type ordinaire des chemins de fer de l'Ouest, est exposée par M. Delettrez.

Sans présenter toutes les dispositions dont nous venons de parler à l'instant à propos des récentes voitures de la même classe de la Compagnie de l'Est, la 2e classe de l'Ouest est néanmoins un bon modèle. Les châssis vitrés sont tous mobiles, et garnis de rideaux. La garniture est en drap gris-noisette, et monte jusqu'à la tête. Il y a des filets pour les bagages.

Les tapis sont en natte.

L'éclairage est fait par 4 lanternes.

Le châssis est en bois, avec plaques de garde en fer forgé. Les bandages et essieux sont en fer, et les corps de roues sont du type polygonal.

La guérite du frein est placée à l'arrière du wagon, sur le côté droit.

Le frein, du type adopté par la Compagnie de l'Ouest, est à 4 sabots, suspendus et articulés, serrés par les leviers d'un arbre transversal, articulé à chacune de ses extrémités à une bielle de suspension. Dans les premières dispositions analogues adoptées, le levier de commande était calé directement sur l'arbre transversal, et il résultait de sa position verticale une répartition inégale des pressions sur les deux paires de roues, parce que l'un des bras fonctionnait comme levier du premier genre, tandis que l'autre travaillait comme levier du deuxième genre. Plusieurs dispositions ont été employées pour parer à cet inconvénient, mais la solution du chemin de l'Ouest, appliquée sur la voiture de 2e classe, paraît la plus simple de toutes. Le levier de l'arbre transversal est placé horizontalement, figure 15 de la pl. 196, et il est rattaché par une bielle au bras horizontal d'une équerre en fer, dont l'autre bras est vertical et reçoit alors la tringle ordinaire de commande. L'équerre prend son point d'appui sur l'arbre transversal lui-même au moyen d'une sorte de crapaudine, qui lui sert en même temps de coussinet d'articulation.

Les marchepieds et poignées de la voiture sont disposées de manière à permettre la circulation extérieure des agents pendant la marche.

Les tampons sont à plateaux en fer forgé.

Deux ressorts en lames servent pour le choc et pour la traction. Conformément à la disposition qui a été mise pour la première fois en œuvre par cette Compagnie, les ressorts de traction ont une bande initiale et sont réunis par des brides pour réduire leur longueur et par suite leur flexibilité quand ils fonctionnent par traction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici le tableau des principales conditions d'établissement des voitures de 2e classe, à frein de l'Ouest :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	6m.77
Largeur —	2 .63
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1 .90
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	1 .635
Nombre de places	40
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	6m.70
Entraxe des essieux extrêmes	3 .70
Diamètre des roues au contact	1 .03
— des essieux au corps	0 .115
— — aux fusées	0 .080
Longueur des fusées	0 .160
Poids de la voiture vide P	6,400k.
— en charge (40 ✱ 70 ✱ P) =	9,200
Prix de la voiture prise à l'usine	6,760 fr.
— par voyageur	169 fr.
Poids mort par voyageur	160k

H. *Voiture de 3e classe de la Compagnie d'Orléans.*

Une voiture de 3e classe, à 5 compartiments et 4 roues, destinée au chemin de fer d'Orléans, est exposée par MM. Bonnefond et Cie.

Cette voiture est du type ordinaire de 3e classe en service sur les chemins de fer français. Ses dispositions principales sont : une fenêtre par compartiment, banquettes et siéges entièrement en bois, à surfaces légèrement cambrées; séparations ou dossiers montant jusqu'à environ 0m.40 du plafond; éclairage fait par 2 lanternes.

La seule particularité, présentée par cette voiture, est le remplacement des longerons en bois par des longerons en fer à double T. Le reste du châssis est en bois. La caisse repose directement sur les longerons.

Les ressorts n'ont pas de mains de suspension et le châssis s'appuie directement sur leurs bouts, comme cela se fait pour les wagons de marchandises. La Compagnie d'Orléans est la seule qui ait conservé cette disposition qui n'est même pas reproduite dans les fourgons construits depuis quelques années par cette même Compagnie.

Les marchepieds et poignées ne sont pas disposés de manière à permettre la circulation extérieure des agents de train pendant la marche. Cependant la Compagnie d'Orléans se dispose à suivre à cet égard l'exemple des autres compagnies.

Les essieux du wagon de 3e classe sont en fer, les bandages sont en fer, et les corps de roues sont du type dit en étoile.

Les tampons ont à leur extrémité des plateaux en bois. Deux ressorts en lames servent pour le choc et la traction.

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	6m.90
Largeur —	2 .62
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1 .74
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	1 .346
Nombre de places	50
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	6m.63
Entraxe des essieux extrêmes	3 .55

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Diamètre des roues au contact	1m.03
— des essieux au corps	0 .095
— — aux fusées	0 .072
Longueur des fusées	0 .150
Poids de la voiture vide P	6,280k.
— en charge (50 × 70 + P) =	9,800k.
Prix de la voiture prise à l'usine	4,700 fr.
— par voyageur	94 fr.
Poids mort par voyageur	126 kil.

1. *Voiture de 3e classe de la Compagnie de l'Est.*

MM. Delettrez et Cie exposent une voiture de 3e classe, à 4 roues et 5 compartiments, du dernier modèle de la Compagnie de l'Est. — On trouve dans ces voitures les mêmes tendances d'amélioration que dans les voitures de 2e classe, et la largeur extérieure de la caisse est la même. Chaque compartiment est pourvu de 3 fenêtres avec châssis vitrés mobiles et munis de rideaux.

Il n'y a pas de garniture dans ces compartiments [1], mais les dossiers et les sièges des banquettes ont reçu une double courbure bien étudiée, pour prendre le mieux possible la forme du corps, fig. 9 et 10, pl. 191. Dans l'intention que chaque voyageur pût appuyer sa tête pendant la nuit, on a mis de chaque côté de la place du voyageur du milieu, 2 planchettes formant oreillères; une planchette pareillement découpée a été mise près de chaque fenêtre, pour permettre de ne pas appuyer la tête sur la vitre. Les séparations des compartiments montent jusqu'à environ 0m.50 du plafond.

L'éclairage est fait au moyen de 3 lanternes.

Les bâtis des roues, essieux et boîtes à graisse, sont pareils à celui de la voiture de 2e classe dont nous avons déjà donné plus haut la description; les marchepieds sont également disposés pour permettre la circulation extérieure des agents du train pendant la marche.

Voici les principales conditions d'établissement de cette voiture :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m.30
Largeur —	2 .80
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1 .80
Longueur moyenne d'un compartiment à l'intérieur	1 .422
Nombre de places	50
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	7m.00
Entraxe des essieux extrêmes	3 .60
Diamètre des roues au contact	1 .02
— des essieux au corps	0 .110
— — aux fusées	0 .080
Longueur des fusées	0 .160
Poids de la voiture vide P	6,700k.
— — en charge (50 × 70 + P) =	10,200k.

1. La Compagnie de l'Est a, dit-on, essayé d'introduire des garnitures en étoffes ou en cuir dans les compartiments de 3e classe, mais elles ne sont jamais restées longtemps intactes dans le wagon. Il est regrettable qu'une minorité de certains voyageurs prive la majorité des autres d'une amélioration presque nécessaire, et paralyse le bon vouloir des Compagnies de chemin de fer.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix de la voiture prise à l'usine	5,320 fr.
Prix par voyageur	106
Poids mort par voyageur	134 kil.

J. *Voiture mixte à impériale fermée de la Compagnie de l'Est.*

La Compagnie de l'Est expose une voiture mixte à 2 étages, exécutée sur les plans de la Compagnie, d'après le système Bournique et Vidard, et construite par MM. Bonnefond et Cie. Elle reçoit des voyageurs des 3 classes [1].

Ces voitures, servant uniquement pour des trains locaux ou d'embranchements, ne circulent jamais à grande vitesse, de sorte qu'il n'est pas à craindre que la voiture soit instable à cause de sa hauteur.

Dans le bas de la voiture exposée, voir figure 11 et 12, pl. 191, on trouve un compartiment de 1re à 8 places, 2 compartiments de 2e à 10 places, et 1 compartiment de 3e classe à 10 places ; dans le haut il y a place pour 40 3mes classes ; — en tout 78 places, dont 38 en bas et 40 en haut. — Dans les voitures qui ne contiennent que des voyageurs de 3e classe, la nécessité de conserver les cloisons au-dessus des roues a obligé à ne mettre que 4 compartiments dans le bas, et la voiture contient 80 voyageurs.

L'intérieur des divers compartiments est pour chaque classe respectivement pareil aux intérieurs des trois voitures de l'Est dont il a été déjà parlé ; il n'y a de différence que dans la hauteur. — L'étage supérieur ne forme qu'un seul compartiment de toute la longueur de la voiture, ayant seulement deux portes de bout et comprenant 10 banquettes, divisées chacune suivant la largeur en deux parties égales par un couloir longitudinal permettant l'accès aux banquettes, comme le montre la coupe transversale, figure 12, pl. 191. En réalité, il y a 20 banquettes séparées, contenant chacune 2 voyageurs.

Il y a 15 fenêtres à chassis mobiles dans le compartiment supérieur et des rideaux. Des tringles longitudinales ont été mises aux fenêtres de ce compartiment, de manière à empêcher de se pencher par ces fenêtres.

L'éclairage des compartiments par le dessus était impossible dans ces voitures ; aussi a-t-on mis les lampes sur le côté pour les compartiments du bas, en bout pour le compartiment du haut ; elles sont de petit modèle et l'on en a mis deux par compartiments : les lampes, ainsi placées, sont très accessibles du dehors.

L'ouverture des portières n'est pas limitée de l'intérieur, et elles viennent porter sur des buttoirs extérieurs garnis de caoutchouc.

La figure 11, pl. 191, montre que la voiture a été notablement baissée sur ses roues afin d'obtenir le plus de hauteur possible pour chaque compartiment sans dépasser une hauteur totale de 4m.16 au-dessus du rail ; la même figure montre, dans la coupe transversale, que l'on a dû faire le plafond du compartiment supérieur moins haut au-dessus des banquettes qu'au dessus du couloir.

Le plafond de l'étage supérieur est supporté par les cloisons extrêmes et par 4 cornières. Le plafond du compartiment inférieur repose sur des courbes en fer à T, dissimulées par une enveloppe en bois.

Les roues pénètrent dans le compartiment intérieur au moyen d'un tambour-enveloppe, qui ne gêne pas parce qu'il est sous la banquette.

1. On trouve dans un livre de 1855, intitulé : *Des Réformes à opérer dans l'exploitation des chemins de fer*, et dû à Proudhon, nous dit-on, à la page 190, le dessin d'une voiture-omnibus à deux étages ; seulement l'auteur des *Réformes* désirait, comme progrès économique et égalitaire, qu'il y eût les trois classes dans toutes les voitures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une des parties constitutives du système est le châssis où l'on a résolu le problème d'avoir des longerons placés sous la caisse sans abaisser néanmoins les hauteurs d'axe de l'attelage et des tampons. A cet effet, les longerons qui sont en fer à double T, après avoir régné sous la caisse, se recourbent en col de cygne, et reçoivent les traverses extrêmes et les tampons. Les longerons forment ainsi en dehors du fond de la caisse une saillie notable, utilisée pour loger le ressort de choc et traction, ainsi que pour établir l'escalier qui conduit à l'étage supérieur. Les palettes de cet escalier sont en fer, recouvertes d'un mince tapis en caoutchouc, et il y a deux mains courantes dont l'une forme balustrade extérieure, et l'autre est fixée à la caisse du wagon.

Les longerons ont été aussi un peu cintrés au-dessus des boîtes à graisse. Afin de courber facilement les bouts des longerons, on les fend préalablement en deux parties, suivant une ligne à égale distance des deux pattes, puis une fois courbés, on les relie par une tôle qui sert également à attacher les traverses de tête : celles-ci sont en fer, à double T, ainsi que les traverses qui se trouvent sous les extrémités des caisses. Le reste du châssis est en bois, et consiste en 5 traverses intermédiaires reliées par un cours de 2 poutrelles, régnant d'une traverse extrême à l'autre, suivant l'axe de la voiture. Il n'y a point de croix de Saint-André.

Le plancher de la voiture repose directement sur le châssis, auquel les pièces du cadre horizontal de la caisse sont rattachées par des supports-consoles en fer forgé.

Les roues, d'un type spécial à ces voitures, ont leur corps de roues en fer forgé, et leurs bandages en acier Krupp : les essieux sont aussi en acier fondu Krupp.

Les boîtes à huile et à filtres sont du système allemand Basson dont nous parlerons aux boîtes à graisse ; elles n'ont pas de réservoir supérieur, pour présenter moins de hauteur : — pour la même raison les ressorts ont été rejetés à côté des longerons ainsi que les supports de leurs mains d'attache. A chaque extrémité est un ressort servant pour le choc et la traction ; il tire en s'appuyant sur le milieu de la traverse d'avant, solidement reliée par deux pièces courbes spéciales avec la traverse suivante en fer ; ces deux pièces, qui servent aussi de guides au ressort, portent un talon sur lequel celui-ci vient butter, et qui, en cas de rupture de la tige de traction, empêcherait le ressort poussé par les tampons de pénétrer dans la caisse.

Les tampons sont à plateaux en fer forgé.

Grâce à l'abaissement de la voiture, il n'y a plus que la palette inférieure du marchepied, régnant tout le long du véhicule et permettant la circulation extérieure pendant la marche du train.

On trouvera des dessins détaillés et à grande échelle de ces voitures, dans l'*Album des chemins de fer*, de MM. Broise et Thieffry.

Le prix des voitures mixtes est de 11,000 francs, et le prix des voitures de 3e classe est de 8,500 francs seulement.

Les principales conditions d'établissement sont les suivantes :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture		7m.32
Largeur —	en bas.....	2 .80
	en haut....	2 .48
Hauteur du plafond intérieurement au milieu.....		1 .65
Nombre de places	voitures mixtes.....	78
	voitures de 3e classe.....	80
Longueur du châssis extérieurement aux traverses		8m.10

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Entraxe des essieux extrêmes	3m.60	
Diamètre des roues au contact	0m.910	
— des essieux au corps	0.m110	
— — aux fusées	0m.080	
Longueur des fusées	0m.160	
	mixtes.	3e classe.
Poids de la voiture vide	7,500 k.	7,500 k.
— — en charge	13,000 k.	13,140
Prix de la voiture prise à l'usine	11,000 fr.	8,500 fr.
— par voyageur	141 fr.	106 fr.
Poids mort par voyageur	96 k.	94 k.

K. *Voiture mixte à impériale, de M. Vidard.*

M. Vidard expose une voiture à deux étages, de son système, exécutée par MM. Gargan et Ce. Cette voiture, présentée comme un type convenable pour les chemins de fer départementaux, est construite d'après le même principe que la voiture de l'Est que nous venons de décrire; aussi nous indiquerons seulement ses particularités[1].

De même que la voiture de l'Est, elle renferme des compartiments des trois classes ; mais destinée à des lignes moins importantes, elle est moins grande et plus légère. Son étage inférieur offre deux compartiments de coupé pour 1re classe, à 4 places chacun ; 1 compartiment de 2e classe et 1 de 3e classe, à 10 places chacun : ensemble 28 places.

Son étage supérieur avec banquettes longitudinales, disposées comme dans un omnibus, contient 24 places de 3e classe, sur lesquelles il faut en déduire une réservée au conducteur serre-frein qui occupe une place ordinaire de voyageur. Il peut donc en tout y avoir 51 ou au plus 52 voyageurs.

Le châssis est fait dans les mêmes conditions que celui de la voiture de l'Est, déjà décrit.

Le frein à 8 sabots est serré par un volant placé dans le compartiment supérieur, près de la porte d'entrée. Les escaliers sont disposés comme dans la voiture de l'Est, ainsi que les appareils de choc et de traction. Les essieux et les bandages sont en fer, les bandages n'ont que 0.035 d'épaisseur. La boîte à graisse est à rouleaux, système Vidard, avec graissage par un réservoir inférieur à huile.

Principales conditions d'établissement :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture.	5m.50 et 5m.43
Largeur de la caisse extérieurement	2m.50 et 1m.90
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	1m.65
Nombre de places	52
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	6m.25
Entraxe des essieux extrêmes	2m.90
Poids de la voiture vide. P	5,500k
Poids de la voiture en charge (52 × 70 + P)	9,200k
Prix de la voiture, prise à l'usine	7,250f
Prix par voyageur	139f
Poids mort par voyageur	105k

1. Voir des dessins de voitures du même système dans l'*Annuaire de la Société des anciens élèves des écoles d'arts et métiers*, années 1865 et 1867, et *Rapport de la commission ministérielle des inventions*, 1865.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L. *Voiture de 1re classe du mont Cenis.*

Cette voiture est destinée au service du chemin de fer à rail central, système Fell, placé sur les accotements de la route impériale du mont Cenis. Pour prendre le moins de largeur possible, on a réduit l'écartement des rails et la largeur des véhicules : le poids de ceux-ci a été également diminué en vue de l'emploi d'un rail léger.

La voiture étant réduite de largeur, il n'y avait que peu d'intérêt à adopter le système des compartiments en travers, et l'on a préféré leur donner la disposition d'un omnibus avec banquettes longitudinales laissant entre elles un espace suffisant pour former une sorte de couloir de circulation.

Les fig. 13 et 14, pl. 191 représentent ce véhicule.

On accède dans la voiture par une plate-forme placée à une des extrémités, et un petit tablier en tôle jeté d'une voiture à l'autre permet la libre circulation. Un conducteur serre-frein se tient sur la plate-forme.

L'intérieur de la voiture, accommodé pour 12 voyageurs, est garni en drap gris et ne présente rien de spécial. Le bâtis qui est en fer, avec roues de petit diamètre, présente deux particularités intéressantes : 1° la direction par quatre galets horizontaux embrassant le rail central et rattachés aux essieux par un cadre en fer muni de coussinets. Ces galets sont destinés à diminuer les chances de déraillements ; 2° un frein agissant sur le rail central, et pour lequel nous renvoyons au chapitre spécial des freins [1].

M. *Bureau ambulant de l'administration des postes.*

Ce bureau ambulant, exposé par MM. Chevalier-Cheilus et Ce, est destiné à la ligne de l'Ouest. On sait que les caisses de ces voitures appartiennent à l'administration des postes et sont établis sur ses plans suivant les besoins du service, tandis que les châssis appartiennent aux compagnies [2].

La caisse du bureau ambulant exposé paraît être du type le plus généralement répandu. Les portières, au nombre de 2 en tout, sont placées vers l'une des extrémités, et le pourtour du wagon est rempli de casiers au-dessous desquels règne à hauteur de ceinture une tablette peu profonde.

Le jour vient par 4 fenêtres latérales et 4 fenêtres ménagées dans le plafond. La nuit on se sert de lampes modérateurs placées sur des supports en métal, et dont les produits s'échappent par des cheminées spéciales.

Un poêle rond de forme ordinaire, placé entre les 2 portes, sert au chauffage pendant l'hiver.

Le châssis est conforme à ceux de la Compagnie de l'Ouest, et ne diffère que par la longueur de celui dont nous avons donné la description à propos de la voiture de 2e classe de la même Compagnie.

Les ressorts de suspension sont également un peu différents à raison du moindre poids du véhicule.

On remarque sur ce bureau le ventilateur de M. Noualhier, adopté par l'administration des postes. Le principe consiste à mettre concentriquement 2 tuyaux dont l'un pénètre dans la voiture tandis que l'autre s'arrête à quelque distance du toit ; l'air s'engouffrant par l'effet de la vitesse et ressortant par la tête-girouette

1. Pour les dimensions générales de ce véhicule, ainsi que pour les dimensions des fourgons (M, N, O), voir plus loin, à la fin du premier chapitre, le tableau A.

2. Voir dans le *Nouveau Portefeuille* de Perdonnet un exemple de bureau ambulant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

supérieure crée un appel qui renouvelle l'air de la voiture. Un registre placé à la base du tuyau intérieur, dans la voiture, permet de régler la ventilation.

N. *Fourgon à bagages de la Compagnie de l'Est.*

Ce véhicule a été exposé pour montrer l'installation du frein à embrayage électrique Achard, pour lequel nous renvoyons au chapitre des freins.

Nous dirons sommairement que c'est un fourgon à bagages du modèle de la Compagnie de l'Est, à 4 roues, à siége de conducteur et guérite placés dans l'axe de la voiture, mais intérieurement. Il n'y a d'accès que par les portes du fourgon ; celles-ci sont roulantes et placées au milieu du véhicule. Dans les fourgons arrangés de cette sorte, il arrive presque toujours que le côté opposé à la guérite est plus chargé, mais cela n'a pas d'inconvénient pratique. Les panneaux extérieurs du fourgon sont en tôle.

Le châssis est entièrement en bois, du modèle ordinaire. Les ressorts ont des mains de suspension, et les roues sont du type dit à étoile, à moyeu de fonte, avec boîte à graisse, portant des joues additionnelles destinées à recevoir les barres-guides du frein.

O. *Fourgon à messageries de la Compagnie de Lyon.*

La Compagnie du chemin de fer de Lyon a envoyé à l'Exposition un fourgon dit à messagerie, à 6 roues, ne portant pas de frein et d'un modèle dont elle possède un assez grand nombre pour mettre dans les trains où il est nécessaire d'avoir plusieurs fourgons. Pour s'opposer à toute infiltration d'eau, le revêtement extérieur est en panneaux de tôle : ceux-ci ont toute la hauteur de la caisse, disposition qui parait avoir été introduite par l'usine de Graffenstaden en imitation de l'Allemagne et qui est adoptée maintenant par la Compagnie de l'Est. Des jalousies sont ménagées dans le haut du wagon, près du toit, de manière à le ventiler et à permettre son emploi pour le transport des primeurs.

Le bâti est entièrement en bois, et ne présente rien de spécial. On le fait maintenant en fer dans les fourgons nouveaux.

Les ressorts ont des mains de suspension, et les ressorts de l'essieu du milieu ont une feuille de moins que les autres.

Les ressorts de choc et traction sont en lames, non accouplés, et placés presque au milieu de la longueur du châssis. Ils sont formés de 14 lames de $0^m.75$ de hauteur et de $0^m.014$ d'épaisseur. Leur flèche de fabrication est de $0^m.320$, après mise en place elle est de $0^m.280$; la course, qui est de $0^m.28$ pour le choc, est limitée à $0^m.15$ pour la traction.

Les plaques de garde sont en tôle découpée. Les essieux et bandages sont en fer, les corps de roues sont à moyeu en fonte et du type dit polygonal. Les boîtes sont exclusivement à la graisse. Les marchepieds et mains-courantes sont disposés pour permettre la circulation extérieure des agents du train pendant la marche.

P. *Dessins d'un train d'apparat pour l'Orient* (Gargan et Ce).

Projeté pour le vice-roi d'Égypte, composé de 3 voitures : 1 salon pour le vice-roi, 1 voiture terrasse, et 1 salon pour les dames. Pour la terrasse on utilisait un wagon-citerne dont le bas formait réservoir d'eau. Au milieu de la voiture se seraient trouvés une corbeille de fleurs et un jet d'eau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Q. *Dessins d'un train pontifical* (Delettrez père).

Ce train, construit en 1859, est composé de 2 voitures, dont l'une forme wagon-terrasse.

R. *Dessins d'un train royal espagnol, pour la ligne d'Alicante* (MM. Chevallier-Cheilus).

Ces dessins représentent 3 salons à 4 roues, communiquant par des passages couverts, et décorés dans le goût espagnol, c'est-à-dire avec beaucoup de moulures et d'or.

S. *Dessins d'un train d'apparat pour le Portugal* (MM. Chevallier-Cheilus).

Le train se compose de 3 salons à 6 roues, communiquant à découvert, et d'une décoration plus simple que le train espagnol précédent.

T. *Dessins de voitures du plan incliné de Lyon à la Croix-Rousse.*

Ces voitures établies sous la direction de MM. Molinos et Pronnier, pour un service tout spécial, sont surtout remarquables par la puissance du frein. On trouvera tous les détails dans la publication de MM. Broise et Thieffry.

§ 2. — Voitures étrangères.

Pays-Bas. — L'Exposition des Pays-Bas nous offre trois wagons destinés au service des voyageurs, deux (A et B) présentés par la Société d'exploitation des chemins de fer de l'État, dont le siége est à la Haye, et construits dans ses ateliers du faubourg de Damlust à Utrecht, et le troisième (C) exposé par M. Beijnes[1], constructeur à Harlem (Hollande) et destiné au chemin royal néerlandais de Rotterdam à Amsterdam récemment ramené de la largeur de $1^{m}.83$ à la largeur de $1^{m}.50$.

A. Fourgon à bagages.

Ce véhicule a quatre roues, est de grandes dimensions et présente quelque analogie avec les fourgons usités en Belgique. Il est lourd, car il pèse à vide $8,650^{k}$ et peut recevoir 10^{t} de chargement.

La caisse, d'environ 7 mètres de longueur, $2^{m}.45$ de largeur intérieure et $1^{m}.90$ de hauteur intérieure, est revêtue extérieurement de panneaux en tôle ayant toute la hauteur du wagon (comme dans la plupart des voitures allemandes): elle est fermée de chaque côté par une porte roulante, et elle présente à l'une des extrémités un compartiment de chef de train (voy. fig. 17 et 18, pl. 191).

Ce compartiment, d'environ $1^{m}.50$ de longueur, n'est accessible que de l'intérieur du wagon; d'un côté de la porte on trouve le siége du conducteur, garni en cuir et rembourré, et à portée de la manivelle du frein; à gauche est un deuxième siége; devant chacun d'eux est un pupitre où l'on peut écrire. On trouve aussi dans ce compartiment un casier à vingt cases servant à recevoir les papiers de service et quelquefois aussi les paquets de la poste.

La partie supérieure de ce compartiment de chef du train est surélevée en forme de guérite, et, pour assurer la surveillance du train, une glace inclinée

1. Ce nom s'écrit aussi Beynes. La langue hollandaise remplace toujours l'*y* par *ij*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est placée obliquement dans le haut ; comme la partie opposée est à jour, on voit parfaitement de cette manière ce qui se passe à la surface du train. La même disposition a été prise latéralement, de telle sorte que, sans se déranger de sa place, le garde voit les diverses parties extérieures du train.

Les longerons sont en fer à double T, avec traverses de bout et intermédiaires en bois. Des ressorts en lames sont employés pour le choc et la traction. Les ressorts de suspension sont en lames d'acier de 0.013 d'épaisseur sur 0.08 de largeur : il y a 8 feuilles, non compris une maîtresse feuille à rouleaux longue de 1m.60. Les ressorts ne sont pas munis d'étoquiaux, mais le déplacement transversal des feuilles les unes sur les autres est empêché par des nervures longitudinales qui ont toute la longueur de la lame, et qui ont la forme représentée par la coupe transversale, fig. 10, pl. 196. La boîte est régulièrement lubrifiée par un tampon à huile contenu dans la partie inférieure, et par une mèche placée dans un réservoir supérieur.

Les plaques de garde sont en fer forgé. Les essieux sont écartés de 4m.25[1] d'axe en axe, ils sont en fer et pourvus de roues pleines en acier fondu venues d'une seule pièce avec leurs bandages. Les roues ont 0m.960 de diamètre extérieur, et les essieux de 0m.116 de diamètre au corps, et de 0m.124 de diamètre à la portée de calage, ont des fusées de 0m.0825 de diamètre pour une longueur de 0m.152. Les deux paires de roues montées pèsent 1,760k. Le frein est actionné par une vis, et il est du type à 8 sabots suspendus, dont la fig. 5, pl. 195, représente un spécimen, et dont l'usage est général en Allemagne.

Les marchepieds et mains-courantes sont disposés pour la circulation extérieure des agents du train.

B. Voiture mixte à 4 roues, de la Société d'exploitation du chemin de fer de l'État (fig. 15 et 16, pl. 191).

Cette voiture, bien qu'ayant seulement quatre roues, est d'une grande longueur et d'un poids assez lourd ; elle contient deux coupés de 1re classe et trois compartiments de 2e classe. Les coupés sont aux deux extrémités, et l'un d'eux est réservé aux fumeurs. Chacun d'eux a 1m.54 de longueur extérieurement, avec angles arrondis, et ils sont disposés pour recevoir chacun quatre personnes. Les glaces des portières seules sont mobiles, et les stores sont remplacés par des rideaux de mérinos. Au-dessus des siéges on trouve un filet pour les bagages ; dans la paroi est ménagée une ouverture ovale fermée par une glace couverte d'un rideau qui permet de voir, en cas de besoin, d'un compartiment dans l'autre. La garniture des compartiments de 1re classe est en drap brun ; les compartiments de 2e classe ont 1m.85 de longueur, et sont pour 10 places : ils sont garnis de drap bleu, et les banquettes sont montées sur spirales élastiques. Les fenêtres sont garnies de rideaux de mérinos.

Les banquettes, tout aussi bien celles des premières que des deuxièmes classes, sont formées de sorte de canapés, indépendants des compartiments, qui peuvent être facilement sortis par la portière afin d'être réparés individuellement, sans pour cela nécessiter la rentrée de la voiture aux ateliers. Ce genre de banquettes est pour ainsi dire exclusivement employé dans toute l'Allemagne.

Dans le wagon hollandais qui nous occupe les canapés sont en acajou, divisés pour les 1re classes en deux stalles au moyen d'oreillons et d'accotoirs, et dépourvus de séparations pour les 2e classes. Les compartiments de 1re classe sont, en outre, munis de tablettes mobiles en érable et acajou, et les mêmes bois se

1. Par erreur 4.15 sur le dessin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

retrouvent employés dans l'ornementation du plafond et des montants verticaux. Dans les compartiments de 2e classe les plafonds et parois sont en bois peint.

Le bas des portières est fermé par une petite porte servant à retirer les objets que les voyageurs peuvent laisser tomber dans l'ouverture laissant passer les châssis des glaces. Il y a dans chaque compartiment une lampe placée au plafond. De même que dans le wagon précédent, les marchepieds, contre-poignées et mains-courantes sont disposés de manière à permettre la circulation des agents à l'extérieur, le long du train. Le châssis est en fer, sur le même principe que le châssis du fourgon exposé par la même Société; toutefois, les ressorts de choc et de traction sont en spirales d'acier; les roues, essieux et boîtes à graisse sont exactement les mêmes que pour le fourgon. En somme, sauf l'adoption des quatre roues et des compartiments de 2e classe à 10 places, ce wagon est copié sur le matériel allemand.

Dans les wagons ordinairement en service sur la même ligne, en Hollande, il n'y a pas de coupés, mais il y a quatre compartiments dont un de 1re classe et trois de 2e classe.

Nous donnerons maintenant quelques-unes des principales conditions d'établissement tant de la caisse que du châssis.

Caisse, longueur extérieure à la ceinture.	8m.63
— largeur — —	2m.67
— hauteur intérieure, au milieu.	1m.95
Nombre de places	38
Longueur du châssis extérieurement aux traverses.	8m.60
Entraxe des essieux extrêmes	4m.70
Diamètre des roues au contact.	0m.960
— des essieux au corps.	0m.115
— — aux fusées.	0m.0825
Longueur des fusées.	0m.152
Poids de la voiture vide.	10, 200k
— en charge (38 × 70 + P).	12, 900k
Prix de la voiture, prise à l'usine.	13,482f.
Prix par voyageur.	355f.
Poids mort par voyageur	290k.

C. Voiture mixte construite par M. Beijnes, de Harlem.

Le wagon dont nous nous occupons maintenant est une voiture mixte, fig. 19 et 20, pl. 191, ayant à son centre deux compartiments de 1re classe à 8 places, et à chaque extrémité un compartiment de 2e classe à 10 places : en tout 36 places. comme la mixte du chemin du Midi français à laquelle elle doit être comparée, et à laquelle elle ne semble pas supérieure, si ce n'est peut-être sous le rapport de la longueur et de la hauteur des compartiments de 2e classe.

On a conservé extérieurement aux compartiments de la caisse la forme de berlines qu'affectaient autrefois toutes les voitures de 1re classe, et les châssis des glaces de côté sont arrondis dans le bas comme dans les 1re classes françaises. Les glaces des portières sont seules mobiles, et dans les compartiments de 1re classe le châssis en bois est remplacé par un encadrement en laiton qui joue à frottement assez dur entre deux bandes de cuir : la glace est en outre équilibrée, de sorte qu'elle reste en place à la hauteur où elle est soulevée. Cette disposition qui fonctionne très-bien à l'état neuf, paraît assez délicate et susceptible d'exiger un grand entretien ; c'est ce que la pratique apprendra.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les compartiments de 1re classe sont garnis en damas de soie broché jaune, comme cela se faisait autrefois pour la compagnie de Lyon à la Méditerranée ; chaque banquette forme deux stalles ou canapés, qui s'enlèvent en se séparant au droit de l'accotoir dans le cas où elles ont besoin d'être réparées. Il y a des filets, et le plafond est en frêne ainsi que les montants. Les compartiments de 2e classe sont garnis en drap noisette avec coussins à ressorts élastiques. La garniture monte jusqu'à la hauteur de la tête seulement, et les banquettes forment des canapés indépendants de la cloison. Les parois et le plafond sont en chêne verni, et il y a des filets d'environ 1m.50 de longueur. Les stores de toutes les portières sont à tendeurs, système très-usité en Allemagne, et ils sont en damas bleu ainsi que les rideaux des fenêtres. Il y a trois lanternes posées au droit des cloisons, de sorte que chaque compartiment de 1re classe est éclairé par deux demi-lanternes, et chaque compartiment de 2e classe est éclairé par une demi-lanterne. Les portières sont munies de loqueteaux de sûreté disposés comme en France. Les marchepieds et mains-courantes permettent la circulation des agents à l'extérieur du train. Les palettes supérieures des marchepieds ont une forme que représente la fig. 3, pl. 193, et qui est importée de la Belgique ; cette échancrure en pointe de la palette est destinée à faciliter la descente en permettant de mieux poser la jambe sur le marchepied inférieur, mais elle est fort incommode quand on ne pose pas d'abord le pied droit.

Les longerons sont en fer double T, le reste des traverses et des croix de Saint-André étant en bois comme dans les châssis ordinaires. Les ressorts de choc et de traction sont en spirales d'acier, et les ressorts de suspension sont composés de huit lames d'acier, à nervures longitudinales.

Les roues sont pleines, en acier fondu Krupp, ainsi que les essieux ; les deux essieux montés pèsent ensemble 1600 kilogrammes ; ils sont pourvus de boîtes à huile avec introduction en dessus et en dessous.

Le poids de la voiture de M. Beijnes est, quand elle est vide, d'au moins.	7,500k.
Elle peut contenir 36 voyageurs qui, comptés à 70 kilog. chacun, avec leurs menus bagages, donnent une charge de.	2,500k.
Le poids total est de.	10,000k.
Le prix à l'usine est de.	13,000 f.

La voiture mixte du chemin du Midi, qui offre également 36 places, et se trouve dans les mêmes conditions, pèse avec son frein 7,200 kilog., c'est-à-dire 300 kilog. de moins que la voiture hollandaise, bien que celle-ci n'ait pas de frein. La voiture française ne coûte que 10,600 fr. (frein compris). Il est vrai que les essieux et roues ne sont pas en acier Krupp, mais ils sont compensés par l'établissement du frein et il faut remarquer que la voiture du Midi est revêtue en bois de teck. De cette comparaison il ressort que la voiture française est à la fois moins lourde et moins chère. Serait-ce aux dépens de la solidité ? Nous ne le croyons pas et aucun fait pratique ne vient le montrer.

Les ateliers de M. Beijnes à Harlem ne font pas seulement des wagons, ils font aussi des voitures ordinaires ; avec 140 à 150 ouvriers ils ont produit 27 voitures mixtes, et 50 voitures de 3e classe pour les chemins hollandais, en dehors d'une certaine quantité de carrosserie.

Principales dimensions de la voiture de M. Beijnes :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m.40
Largeur »	2m.75

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Hauteur du plafond intérieurement au milieu	2m.00
Nombre de places	36
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	7m.35
Entraxe des essieux extrêmes	4m.00
Diamètre des roues au contact	1m.00
— des essieux au corps	0m.110
— — aux fusées	0m.076
Longueur des fusées	0m.152
Poids de la voiture vide P	7,500k
— en charge (36 × 70 + P)	10,000k
Prix de la voiture, prise à l'usine	13,000f
Prix par voyageur	361f
Poids mort par voyageur	208k

Belgique. — *Voiture de la Société du matériel belge.* — On trouve dans l'annexe de Belgique une voiture à voyageurs, la seule exposée par ce pays, et envoyée par la Compagnie belge pour la construction de machines et de matériels de chemins de fer, dont M. Charles Évrard est le directeur, et dont le siége social est à Bruxelles. Les ateliers sont à *Molenbeek-Saint-Jean* et à *La Croyère*. Nous ne croyons pouvoir mieux faire que d'emprunter la description de cette voiture à une notice imprimée dont nous devons la communication à M. Évrard lui-même. (Voir aussi fig. 1, 2 et 3, pl. 192, et fig. 3 et 4, pl. 194.)

Notice de la Société belge. — « La voiture exposée est une voiture mixte, à quatre compartiments : coupé, 1re classe, 2e classe et 3e classe. La Compagnie a voulu réunir, dans un seul véhicule, des spécimens de différents types de construction. Du reste, une voiture semblable trouve son emploi sur les petites lignes et en Belgique, où l'administration exige des voitures mixtes spéciales pour les dames voyageant seules.

La *caisse* est indépendante du châssis, sur lequel elle repose par l'intermédiaire de plaques en caoutchouc servant à détruire en partie le bruit et les vibrations dans la marche, tout en augmentant l'élasticité.

Le *châssis* est entièrement en fer, les longerons et les traverses intermédiaires sont en poutrelles double T ; les traverses de têtes en fer double L. Les dimensions spéciales de ces fers, leur mode d'assemblage entre eux au moyen de ferrures et de goussets convenablement disposés, donnent au cadre une rigidité qui dispense de l'emploi d'une croix de Saint-André.

Deux grands ressorts transversaux placés vers le milieu de la voiture servent en même temps pour la traction et pour le choc ; ces ressorts sont maintenus dans des guides rigides, qui sont solidement assemblées avec les traverses intermédiaires du châsssis. C'est sur ces traverses que sont fixés les tirants des chaînes de sûreté.

Les essieux sont en acier Bessemer ; les roues sont à centres pleins, ondulés, en fer laminé des usines de la Providence. Les boîtes à l'huile sont du système Gobert, adopté par l'État belge[1].

La charpente de la *caisse* est en bois de chêne : le revêtement extérieur est en tôle avec baguettes de recouvrement et d'entourage des baies en fer. Cette disposition a pour but d'éviter les réparations fréquentes qu'exige généralement la détérioration des moulures en bois[2].

La toiture se compose d'un double plafond, avec espace de dix centimètres, entre-

1. Voir le chapitre spécial du graissage.
2. Disposition généralement usitée en Allemagne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toisé par des courbes échancrées qui permettent la circulation d'air dans toute la partie supérieure de la voiture. Des ventilateurs circulaires mobiles et en métal, entourant les lanternes dans chaque compartiment, donnent un moyen d'aérage commode et très-efficace.

Des bourrelets en caoutchouc sont placés sur le contour de chaque portière pour éviter les rentrées d'air et la poussière.

La hauteur intérieure de chaque compartiment est de 2 mètres ; la longueur du coupé de 1m.50 ; celle du compartiment de 1re classe 2m.08 ; de la 2e classe 1m.63 et de la 3e classe 1m.52. Les poignées, mains-courantes et loqueteaux sont en cuivre, de même que les seuils d'entrée à chaque portière.

Coupé. Ce compartiment, placé à l'une des extrémités de la voiture, peut contenir quatre voyageurs. Trois châssis de glaces, dont l'un mobile, sont placés dans le panneau opposé aux banquettes. La garniture des coussins et dossiers est en maroquin relevé par des galons brochés en soie.

Le plafond, le dessus des dossiers et la face opposée aux siéges sont en ébénisterie, composés de panneaux de platane, de bandeaux d'érable gris moucheté et de moulures en palissandre. Deux strapontins mobiles et une tablette sont disposés sur le devant.

Le compartiment de 1re *classe* est destiné à recevoir huit voyageurs. La garniture des coussins et dossiers est en drap (gris noisette clair) relevé par des galons brochés en soie.

Le plafond et le dessus des dossiers sont en ébénisterie, composés de panneaux en platane, encadrés de bandeaux en érable gris et de moulures en acajou.

Le compartiment de 2e *classe* contient 10 places. Il n'a pas de garniture en étoffe. Les banquettes et les dossiers sont formés de cadres en acajou garnis en jonc dont la forme présente des siéges commodes. Les autres surfaces du compartiment sont composées de panneaux en bois de chêne poli, encadrés de moulures en acajou. C'est un spécimen de voiture d'été très-convenable, surtout pour les pays chauds.

Le compartiment de 3e *classe* est également à 10 places. Les banquettes sont en bois poli au noir ; elles sont légèrement creusées, ainsi que les dossiers. Les surfaces de ce compartiment sont formées de panneaux en bois de frêne, avec encadrement en bois de chêne, le tout vernis.

En supposant une commande d'une certaine importance, la compagnie belge peut livrer des voitures semblables à Bruxelles à raison de 16,000 fr. l'une. »

Nous ajouterons seulement à cette description très-complète les quelques dimensions principales suivantes.

Caisse, longueur extérieure à la ceinture	7m.00
— largeur —	2m.70
Hauteur du plafond à l'intérieur, au milieu	2m.00
Nombre total de places	32
Chassis, longueur	6m.90
Diamètre des roues au contact	0m.98
Entraxe des essieux	3m.60
Diamètre au corps de l'essieu	0m.110
Diamètre de la fusée	0m.080
Longueur de la fusée	0m.130
Poids du véhicule vide	9,000k.
— plein (32 × 70 + 9000)	11,250k.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prix à l'usine. . . . . 16,000 f.
» par voyageur. 500
Poids mort par voyageur. . . . . 281 k

M. Evrard a construit pour les colonies hollandaises (Java) des voitures adaptées aux climats chauds, c'est à dire avec charpente et panneaux en bois de teck et double toiture. Des photographies de ces wagons étaient exposées.

Prusse. — La Prusse expose 4 wagons destinés au service des voyageurs, mais ce ne sont pas des types pris parmi les wagons du service courant, ce sont, au contraire, 4 véhicules d'un usage spécial, et dont l'étude et l'aménagement ont été faits par les constructeurs.

Trois sont exposés par la Société pour la fabrication du matériel des chemins de fer à Berlin (ancien atelier Pflug). Ce sont :

A. Un wagon-poste avec appareil pour prendre les dépêches pendant la marche, destiné au chemin royal de l'Est prussien, reliant Berlin avec la frontière russe.

B. Une voiture mixte avec cabinet w.-c. destinée à la compagnie de Berlin-Stettin.

C. Une voiture mixte avec cabinets w.-c. pour la ligne de Halle-Cassel.

Le quatrième wagon est exposé par M. Lüders, constructeur à Gœrlitz (Saxe), c'est :

D. Une voiture mixte pour la ligne de Halle-Cassel.

Le caractère général de ces voitures, caractère commun tant aux voitures de l'Allemagne du Nord qu'à celles de l'Allemagne du Sud, c'est de présenter des longerons en fer, des caisses d'une grande hauteur, des panneaux extérieurs de caisse faits en feuille de tôle ayant chacune toute la hauteur du wagon, et des ressorts de choc et de traction faits en caoutchouc ou en spirales d'acier. Ils sont munis de supports de cordes de communication, ce système étant de rigueur en Allemagne.

Les quatre véhicules exposés sont tous à quatre roues, tandis que la grande majorité des voitures à voyageurs de l'Allemagne du Nord sont à six roues. Examinons maintenant chacun d'eux en détail.

A. Wagon-poste. Ce véhicule est à quatre roues, avec longerons en fer, et il est muni d'un frein et de sa vigie (fig. 10, 11 et 12, pl. 192) [1].

La caisse est très-haute ; elle est divisée en deux parties : la plus grande où se fait le triage de la correspondance, pourvue de casiers, boîtes à ficelle et à cire, balances, boîte aux lettres pour la route, en un mot de tout ce qui se trouve dans les bureaux ambulants ; l'autre réservée principalement à l'appareil d'échange des lettres pendant la marche.

Le wagon est éclairé la nuit par quatre lampes fixées à demeure au ciel de la voiture, et s'allumant par le dessus.

L'appareil à échanger les lettres est analogue aux appareils anglais, et consiste en un vaste filet s'abattant extérieurement, dont le poids est balancé par un contrepoids intérieur rendant la manœuvre très-douce et facile. Toutefois

1. Le dessin devrait porter : *Königlische preussische post*. Par erreur l'écartement des essieux est côté $4^{m}.85$ au lieu de $5^{m}.00$.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la disposition anglaise n'a pas été complétement copiée, car on n'a pas jugé utile d'établir d'appareil pour laisser les dépêches ; les paquets n'étant pas très-volumineux il suffit de les jeter à la main au moment du passage devant la station. Il y a un filet de chaque côté de la voiture. La colonne placée à la station pour supporter le sac de dépêches qui doit être recueilli, porte un bras très-court muni d'une mâchoire où se pose la longe du sac. Cette longe est rigide, et est maintenue en place au moyen de deux taquets pressés par deux ressorts faibles n'opposant que peu de résistance au moment du choc du filet-pêcheur fixé à la voiture.

Dans la partie du bureau ambulant où se fait la manipulation et où se tiennent ordinairement quatre employés, on trouve, outre les objets nécessaires à la manutention des dépêches, divers aménagements destinés spécialement au confort des employés, ce sont : un siége w.-c, une table de nuit formant toilette-lavabo à la partie supérieure, un tapis de pied très-épais et un poêle.

Le poêle est placé dans un angle près de la porte de communication avec le premier compartiment du wagon, et il se compose d'une grande cloche en fonte de peu de diamètre, se chargeant seulement par la partie supérieure du wagon, et avec du charbon de bois : on peut marcher environ 8 heures sans recharger de combustible.

Les châssis de glaces mobiles garnis de petites bandes de feutre sont maintenus à hauteur variable au moyen de vis de pression, afin d'éviter le bruit en marche.

La toiture du wagon est recouverte en toile sablée ; elle est rendue accessible au moyen de marchepieds disposés à cette intention près de la vigie.

Des supports sont également placés sur ce toit pour guider la ficelle de communication des agents du train. Des supports de lanternes-disques, signaux d'arrière sont en outre placés à l'arrière de la voiture.

Les portières n'ont pas de loqueteaux inférieurs comme en France, mais il y a une seconde poignée avec pène d'un modèle un peu moins fort que la poignée principale.

Les marchepieds et mains-courantes sont disposés pour la circulation extérieure, et la palette du marchepied inférieure se replie sur elle-même, en deux parties, pour passer dans certains endroits et notamment dans certaines remises de largeur réduite.

Le frein est du type généralement usité en Allemagne, c'est-à-dire à 8 sabots suspendus ; les sabots sont articulés par leur milieu sur le porte-sabot, et le serrage se fait au moyen de balanciers qui assurent l'égale répartition des forces en tout point, comme il est facile de s'en rendre compte par la fig. 5, pl. 195. Le desserrage est aussi uniformément réparti au moyen de tringles légères qui arrêtent chaque sabot.

La vigie ou guérite du serre-frein est assez spacieuse ; elle est très-élevée au-dessus de la toiture et a dû être démontée au sortir des chemins allemands ; elle est bien close de toutes parts et munie de châssis vitrés sur toutes ses faces.

L'ensemble du frein et de la guérite est conforme au modèle adopté par la réunion des diverses compagnies prussiennes pour le matériel commun à ces diverses compagnies, marqué aux initiales N. D. V. (Nord-Deutscher-Verein), c'est-à-dire *union du nord de l'Allemagne*, et destiné à circuler sur tous les chemins de l'Allemagne du Nord situés sur le parcours de Cologne à Berlin ou même jusqu'à la frontière russe, ainsi que sur les lignes en communication directe avec ces dernières.

Les essieux et les bandages sont en acier Krupp, les roues sont à rais et à moyeu en fer forgé. Les longerons et les traverses intermédiaires sont en fer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

double T, le reste du châssis est en bois ; les traverses de tête sont doublées de plaques de tôle, et les moulures des bouts de ces traverses sont en fonte.

Les ressorts de choc et de traction sont en caoutchouc. Les ressorts de suspension sont en lames d'acier.

Les boîtes à graisse sont entièrement à l'huile, la partie inférieure reçoit un tampon graisseur, et la partie supérieure une boîte avec des mèches.

Voici quelques-unes des principales conditions d'établissement :

Caisse.	Longueur extérieure à la ceinture.....	7m.20
	Largeur extérieure.....	2m.50
	Hauteur intérieure, au milieu.....	2m.00
Châssis.	Longueur.....	7m.50
	Entraxe des essieux.....	5m.00
	Diamètre des roues, au contact.....	0m.98
	Diamètre des essieux au corps.....	0m.130
	Poids du véhicule vide.....	9,500k
	Poids du véhicule plein.....	13,500
	Prix, (à l'usine).....	10,700 fr.

B. *Voiture mixte.* (Berlin-Stettin). Ce véhicule est à 4 roues, et à longerons en fer; il est muni de cabinets w.-c., pour satisfaire aux demandes du public, en lui procurant certaines commodités pour ainsi dire indispensables pour les longs voyages. Il a été étudié et construit par le constructeur sur la demande de la Compagnie, qui désire arriver, dans un certain temps, à mettre par train au moins un wagon de cette nature.

La caisse est divisée en trois compartiments, fig. 7, 8 et 9, pl. 192 ; le premier, d'environ 1m.91 de longueur, est pour les voyageurs de 1re classe ; le 2e d'environ 0m.68 de longueur, comprend les deux cabinets, et le 3e, d'environ 3m.46 de longueur, reçoit les voyageurs de 2e classe. Les deux cabinets sont adossés dans le sens de la largeur du wagon, mais sont entièrement séparés, de sorte qu'il ne peut y avoir aucune communication des secondes avec les premières. Ils sont assez bien disposés intérieurement, et le même mouvement qui ouvre le couvercle supérieur du siége, ouvre également le couvercle inférieur du tuyau de décharge. Malheureusement ces tuyaux, qui ne descendent pas très-bas, sont placés extérieurement aux longerons, de telle sorte que lors des arrêts aux stations, la vue et l'odorat du public pourraient être choqués désagréablement.

A chaque bout de la caisse se trouve une plate-forme avec escalier latéral, comme dans les wagons du type dit américain où l'on entre et sort par les deux bouts ; néanmoins, dans le compartiment de deuxième classe, il y a une portière latérale avec marchepieds, disposés comme dans les voitures ordinaires. Cet ensemble de dispositions doit être fait pour répondre à des nécessités locales créées par le matériel déjà existant.

Le compartiment de première classe ne présente que six places, l'espace de deux autres places est pris pour y mettre la porte donnant sur la plate-forme, vis-à-vis la porte d'entrée du cabinet ; la tenture est en velours rouge. Les coussins, montés sur élastiques, comme cela est général en Allemagne, forment une espèce de cadre qui peut s'avancer à volonté vers le milieu de la voiture, de sorte qu'en tirant l'un vers l'autre les deux coussins opposés on forme une sorte de lit. Cette disposition se retrouve dans beaucoup de voitures allemandes.

L'éclairage n'est pas fait au moyen de lampes placées au plafond du wagon, mais bien au moyen de bougies spéciales placées intérieurement dans le compartiment un peu au-dessus de la hauteur de la tête. Ces bougies, d'un assez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gros diamètre sont posées dans une gaine au-dessus d'un ressort qu'elles compriment et par lequel elles sont maintenues à une hauteur constante au centre d'un globe. La rigueur du froid dans les pays desservis a nécessité ce genre d'éclairage; on place deux bougies dans chaque compartiment. Les produits de la combustion sont emmenés au dehors par une cheminée ménagée au-dessus de la bougie, qui permet aussi de faire par le dessus de la voiture le service de l'allumage et du remplacement.

Le chauffage de la voiture se fait au moyen de boîtes remplies de sable chaud : elles sont peintes et recouvertes d'un vernis à l'alcool, et s'introduisent, dans des fourreaux placés sous les banquettes, par de petites portes spéciales, que le dessin représente; on évite ainsi l'ouverture de la grande portière.

Comme dans toutes les voitures allemandes et anglaises, les glaces de la portière seules sont mobiles, les deux autres glaces latérales sont entièrement fixes. Elles sont carrées, et la garniture intérieure porte un petit accotoir de tête qui fait saillie sur la glace.

La 3e portion de la caisse forme le compartiment de 2e classe : il comprend 4 banquettes offrant chacune 4 places ; chaque banquette est séparée en deux parties de manière à ménager un couloir ou passage de communication qui s'étend depuis la porte de la plate-forme jusqu'à la porte du cabinet. Ces banquettes sont formées par des siéges indépendants de la caisse et dont le dossier s'élève à la hauteur de la tête. La position de la porte du cabinet a conduit à excentrer le couloir qui n'est pas dans l'axe de la voiture, mais sépare les banquettes en 3 places d'un côté, et une place de l'autre. (Voir fig. 9, pl. 192.)

Le même atelier avait exposé à Londres, en 1862, une voiture à cabinets, pour le même chemin, et faite exactement sur le même principe ; toutefois la voiture de 1862 avait 6 roues et contenait 32 voyageurs. Cette voiture est décrite dans le rapport de M. Perdonnet sur l'Exposition de Londres et dans son *Traité élémentaire des chemins de fer*.

La voiture exposée est assez lourde pour le nombre de places qu'elle offre. Elle ne porte pas assez d'inscriptions extérieures, rien n'indique que les compartiments sont en communication avec les cabinets, et pour les voyageurs non malades un voyage dans une semblable voiture ne présente aucun agrément.

Tableau des principales conditions d'établissement :

Caisse. Longueur extérieure à la ceinture.....	6m.30
— Largeur —	2m.75
Hauteur du plafond intérieurement au milieu.....	2m.02
Nombre de places.....	22
Longueur du châssis extérieurement aux traverses ...	7m.35
Entraxe des essieux extrêmes.....	4m.40
Diamètre des roues au contact.....	0m.980
— des essieux au corps.....	0m.130
Poids de la voiture vide P.....	8,850k
Poids de la voiture en charge (22 × 70 + P).....	10,400k
Prix de la voiture (prise à l'usine).....	12,037f
Prix par voyageur.....	545f
Poids mort par voyageur.....	400k

C. *Voiture mixte avec cabinets* (Halle-Cassel, n° 100). Ce véhicule à quatre roues et longerons en fer a été établi dans le même but que le précédent, et également sur les études du constructeur. La compagnie désire avoir au moins un wagon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la sorte dans chaque train. Cette voiture est faite sur un modèle qui diffère du précédent, sans toutefois offrir aucun avantage particulier, si ce n'est un plus grand nombre de cabinets. Les deux plates-formes de bout sont supprimées, la voiture est plus étroite, et les marchepieds et mains-courantes assurent la circulation des agents le long du train, comme cela est d'usage dans toute l'Allemagne pour le contrôle entre chaque station.

Les fig. 4, 5 et 6, pl. 192, montrent la disposition de cette voiture. Le compartiment de première classe communique avec le cabinet water-closets par une porte glissante qui rentre dans la cloison. Un 2e cabinet est adossé au premier, mais il ne communique pas avec le compartiment ; on y monte de l'extérieur. Du reste, on peut également monter de l'extérieur dans le cabinet qui communique avec le compartiment. Le compartiment de première classe offre 7 places. Il est disposé à peu près comme le compartiment de même classe de la voiture précédente, la tenture est en velours rouge, les coussins sont garnis de ressorts en spirales, et se rapprochent les uns vers les autres pour former lit. Les glaces des portières seules sont mobiles. La garniture ne monte pas plus haut que la tête ; au dessus est une toile imprimée ; au plafond, les courbes sont apparentes et forment des caissons ornementés de baguettes dorées. Cette décoration qui est très-usitée en Allemagne, en Angleterre et aussi en Belgique, est agréable à l'œil : il reste seulement à savoir si elle coûte plus cher que les plafonds en drap ou en citronnier usités dans nos premières françaises. Du reste dans les voitures exposées, comme dans les voitures en usage sur les chemins allemands, aussi bien dans les 1res que dans les 2e classes, la garniture en étoffe est assez ménagée. Elle ne s'applique qu'aux siéges, qui sont mobiles, comme nous l'avons dit, et peuvent s'enlever en entier de la voiture par la portière, sans toucher aux séparations. Pour les montants des portières et la traverse qui se trouve sous la fenêtre, ainsi que pour le cadre supérieur où se place le châssis, au lieu de les garnir soigneusement, comme en France, on laisse le bois apparent, comme on fait d'ailleurs en Angleterre. Il est juste de dire que ce bois est d'une essence exotique convenablement choisie pour que moulurée, polie et vernie, elle ne laisse pas que d'être agréable à l'œil, plus agréable même que la garniture en drap ; mais celle-ci offre un certain avantage de sécurité en cas d'accidents et semble devoir être préférée pour ce motif, au moins jusqu'au-dessus de la hauteur de la tête.

Le compartiment de 2e classe est disposé en forme de salon, comme le compartiment de 1re de certaines voitures mixtes de la Compagnie de l'Ouest ; mais cette disposition, adoptée probablement parce qu'on ne pouvait placer un assez grand nombre de banquettes transversales, a le désavantage d'offrir de très-mauvaises places pour les voyageurs relégués dans les coins, si arrondis qu'on les fasse. En outre, dans la voiture exposée, on a le désagrément de ne pouvoir appuyer sa tête, le dossier n'étant pas assez haut pour cela. Il est vrai que l'embranchement de *Halle-Cassel* est de faible longueur et que le voyage n'est pas de longue durée. Comme compensation à ces petits désagréments, on a mis une table dans le milieu ; mais elle gêne un peu la circulation.

Le compartiment de 2e classe communique avec un cabinet placé à l'extrémité du wagon, symétriquement par rapport aux cabinets de 1re classe. La disposition des cabinets est la même. Il y en a un second où l'on ne monte que du dehors, et l'on peut monter également du dehors dans le cabinet communiquant avec le compartiment de 2e. Les portes extérieures viennent battre sur un petit buttoir garni de caoutchouc. Les longerons sont en fer double T, et les appareils de choc et de traction sont à ressorts en volute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Principales conditions d'établissement :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture....	8m.23
Largeur — — — ...	2m.60
Hauteur du plafond, au milieu, intérieurement.....	2m.05
Nombre de places	19
Longueur du châssis extérieurement aux travarses....	8m.20
Entraxe des essieux extrêmes.....	4m.85
Diamètre des roues au contact.....	0m.975
— des essieux au corps.....	0m.115
— — aux fusées.....	0m.090
Longueur des fusées.....	0m.150
Poids de la voiture vide P.....	8,900k
Poids de la voiture en charge (28 × 70 + P).....	10,900k
Prix de la voiture (prise à l'usine).....	12,187f
Prix par voyageur.....	641f
Poids mort par voyageur.....	470k

D. *Voiture mixte destinée au chemin de fer de Halle-Cassel*, par *Lüders* à Goerlitz. Ce véhicule est, sauf le luxe des garnitures, une voiture de service ordinaire, et présente 4 compartiments installés sur 2 essieux d'un écartement assez grand 4m.85, la longueur de la caisse étant de 7m.80. Elle est représentée par la fig. 13 et 14, pl. 192.

Les divers compartiments sont d'égale longueur, et ne diffèrent que par le mode de garniture. Aux deux bouts se trouve un compartiment de 2e classe à 8 places, avec stalle de séparation au milieu, garniture en une sorte de velours plucheux gris noisette montant jusqu'au-dessus de la tête; le reste en toile souple imprimée. Il y a un filet au-dessus de chaque banquette dont les coussins sont à élastiques. Les fenêtres des portières sont seules mobiles.

Les deux compartiments du milieu qui ont environ 20 centim. de longueur en plus que les autres, sont :

1° Un compartiment de 1re classe, avec garniture en velours formant 3 stalles par banquette, en tout 6 places. Les coussins de siéges sont mobiles et s'avancent l'un vers l'autre de manière à former un lit. On a eu même le soin de faire d'inégale hauteur le dessous de la boiserie des deux siéges qui se trouvent vis-à-vis l'un de l'autre, de telle sorte que l'ensemble présente une légère inclinaison.

La garniture monte seulement un peu au-dessus de la tête, le reste est garni en étoffe blanche; le plafond est en bois d'érable orné de baguettes dorées formant des panneaux. Il y a des filets pour les menus bagages. Les fenêtres des portières sont seules mobiles. Les stores et rideaux sont en soie bleue. Les siéges sont en élastiques et le dossier est recouvert au droit de la tête d'une sorte de dentelle épaisse qui se retire à volonté. Des boites à cendres de cigares sont placées dans l'épaisseur des portières [1]. Le tapis de pied est en moquette;

2° Un compartiment de 2e classe spécial pour dames, indiqué par une inscription placée à demeure au-dessus de la portière. Ce compartiment est pour 8 personnes, mais il n'y a pas de séparation dans le milieu ; la banquette est formée par nn canapé d'acajou garni de damas rose cerise. Ce canapé, comme les stalles ordinaires des voitures généralement usitées en Allemagne, peut, en cas de réparation, se sortir tout entier par la portière et se remplacer en quelques instants sans arrêter le service de la voiture Les parois et le plafond sont en étoffe

1. Ces boites se trouvent dans la plupart des voitures allemandes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

blanche. Les courbes de plafond apparentes ainsi que les bords de caisse sont garnies de baguettes dorées dessinant des panneaux.

L'éclairage de la voiture consiste en deux lanternes placées dans les cloisons, de sorte que chaque compartiment n'est éclairé que par une demi-lampe ; sur la paroi opposée se trouvent deux glaces ovales situées au-dessous du filet. Il y a également un filet sur la paroi où se trouve la lampe, mais il est interrompu dans son milieu pour moins intercepter la lumière.

Comme dans le compartiment de 1re classe les rideaux et stores sont en soie bleue. Le tapis est en moquette, et les glaces[1] des portières sont seules mobiles.

Les coussins sont composés de six rangées de ressorts, recouverts d'un tissu fin de fil de fer surmonté d'une couche de coton rembourrée en crin. Le dossier comprend huit ressorts entiers et quatre demi-ressorts.

Les châssis des glaces sont bordés de peluche. Une bande de feutre fort a été collée tout autour de la portière.

Le châssis est formé de longerons en fer à double T, réunis par des traverses et croix de Saint-André en bois.

Les plaques de garde sont en tôle découpée avec tirants en fer forgé. Les bandages viennent des usines de Hœrde. Le corps de la roue est en fer forgé à moyeu en fonte et du type dit en étoile.

Les ressorts de choc et de traction sont en spirales d'acier, et les ressorts de suspension sont en lames d'acier, avec étoquiaux.

Les boîtes à huile de l'essieu sont à réservoir supérieur et inférieur, le réservoir inférieur contient un tampon, et le réservoir supérieur est pourvu de mèches.

Dans ces wagons, comme dans la plupart des voitures prussiennes, la palette inférieure du marchepied est formée de deux parties, dont l'une est mobile et se replie, au moyen de charnières, sur l'autre fixée invariablement aux supports en fer. Cette disposition a pour but de permettre la circulation du véhicule sur certaines lignes où l'écartement des trottoirs des gares et l'ouverture des portes des remises sont inférieurs au gabarit généralement adopté.

Nous ferons remarquer également que cette voiture n'est pas munie de mains-courantes ou poignées permettant la circulation extérieure, bien que la voiture, faite pour la même Compagnie et exposée par la Société de construction de Berlin, soit arrangée de manière à assurer cette circulation.

Nous allons donner, en finissant, les principales dimensions de cette voiture à laquelle, nonobstant sa bonne exécution, le jury n'a accordé qu'une mention honorable, probablement parce qu'elle n'offrait aucune disposition nouvelle, que son poids était élevé, et que, peut-être aussi, la solidité des garnitures intérieures des compartiments de 2e classe a été sacrifiée à un luxe d'apparence qui n'augmente en rien le confortable.

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m.80
Largeur —	2 .55
Hauteur au plafond intérieurement au milieu. . .	2 .60
Nombre de places { de 1re classe 6 / de 2e classe 24 }	30
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	7 .65
Entraxe des essieux extrêmes.	4 .85
Diamètre des roues au contact.	0 .975
— des essieux au corps.	0 .145
— — aux fusées.	0 .090

1. Ces glaces sont dites françaises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Longueur des fusées.	0 150
Poids de la voiture vide (P)	9,750 k.
Poids — en charge (30 × 70 + P) = . .	11,850
Prix de la voiture prise à l'usine.	10,875 fr.
Prix par voyageur	362 fr.
Poids mort par voyageur	325 k.

Suisse. — *Voiture mixte.*

La Société de construction du matériel de chemins de fer, dont le siége est à Neuhausen [1], près Schaffouse, en Suisse, a exposé un wagon de sa fabrication. Ce véhicule, destiné à la Compagnie des chemins de fer du Nord-Est de la Suisse, est une voiture mixte à 2e et 3e classe et à 4 roues.

Le matériel du Nord-Est suisse était autrefois composé entièrement de wagons à 8 roues dans le système américain, comme tous les chemins de la région Est ou allemande de la Suisse. Mais la Compagnie a trouvé qu'il était souvent désavantageux d'ajouter un grand wagon pour quelques voyageurs, et elle a remarqué qu'on pouvait construire sur 4 roues des wagons présentant les mêmes dispositions principales que les autres et passant tout aussi bien dans les courbes, même de petit rayon. Les wagons à 4 roues présentent donc, comme les wagons à 8 roues, un couloir longitudinal, des portes aux extrémités aboutissant sur des plate-formes munies d'escaliers et de ponts de communication, permettant aux agents du train de passer d'un wagon à l'autre, soit pour le contrôle, soit pour tout autre motif de service. Les lignes du Nord-Est se trouvent en outre en relation directe et en échange de matériel avec les lignes du grand-duché de Bade et de l'Allemagne; il fallait donc que les wagons pussent se prêter à volonté à l'attelage, soit par barre rigide avec les wagons suisses des lignes voisines, soit par tendeurs et tampons avec les wagons allemands : — aussi les wagons de cette Compagnie sont-ils disposés pour le double système d'attelage, comme on le remarque sur le wagon exposé.

En somme, sauf la question des 4 ou des 8 roues, c'est-à-dire de la différence du train et de la plus grande longueur de la caisse, cette voiture est un parfait spécimen du genre de matériel usité dans la Suisse allemande [2].

Nous dirons également qu'en Suisse, comme en Allemagne, les 1res sont peu fréquentées, et sont considérées tout-à-fait comme places de luxe; il n'y a en somme que deux classes, 2es et 3es.

Le wagon exposé par la Société de Neuhausen est représenté par les fig. 1, 2 et 3, pl. 193, à l'échelle de 1/100; — dans la pl. 194, fig. 1 et 2, on trouvera la coupe longitudinale de cette même voiture, ainsi qu'une coupe transversale à l'échelle de 1/50.

La caisse proprement dite se rapproche beaucoup des constructions allemandes : le plafond est très-élevé, et la couverture extérieure est formée de grands panneaux de tôle ayant toute la hauteur du wagon; les lignes de jonction de ces panneaux sont couvertes de baguettes de couvre-joints; les encadrements des fenêtres sont bordés de baguettes de même nature, et c'est toute la décoration extérieure du wagon.

La peinture elle-même est simple et sévère, les panneaux étant peints en vert foncé et les baguettes de recouvrement en noir avec filets blancs ou jaune-

1. Et non Nuhausen, comme on l'a mis par erreur sur le dessin de la planche 194.
2. Dans l'Ouest de la Suisse, au contraire, on se sert de voitures pareilles aux voitures françaises.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paille sur les angles. La caisse forme une partie complétement indépendante du châssis, et repose sur un solide cadre inférieur en bois. Nous croyons même qu'il y a excès de solidité et de poids; on ne sacrifierait pas au premier point, et on gagnerait notablement sur le second, en rendant la caisse plus solidaire du châssis.

La caisse est divisée en deux compartiments d'égale longueur, 3.m50 environ intérieurement (voy. fig. 1, pl. 194). Le premier compartiment comprend 20 places de 3e classe reparties sur 5 banquettes de chaque côté du couloir. Le deuxième compartiment est disposé pour recevoir 16 voyageurs de 2e classe sur 4 banquettes de chaque côté du couloir. Le compartiment de 3e classe est éclairé par trois fenêtres de chaque côté, chacune avec châssis mobiles ; le compartiment de 2e classe est éclairé par six fenêtres de chaque côté dont deux sont à châssis mobiles. Dans ce compartiment, il y a des rideaux pour les fenêtres à châssis fixes et des stores pour les fenêtres mobiles. Ces stores n'ont ni ressorts ni tirettes ; ils sont retenus par deux courroies à une traverse supérieure, et une fois ces courroies enlevées, ils tombent jusqu'en bas. Pour les arrêter à une hauteur quelconque, il faut incliner la traverse inférieure de manière à la brider sur les tiges de cuivre formant les guides. Les banquettes de 2e ou de 3e classes forment, à cause du couloir, des siéges de deux bancs adossés (voy. la vue en plan, fig. 3, pl. 193). Les banquettes de 3e classe sont en bois, et celles de 2e classe sont rembourrées en drap-feutre gris-bleu. La séparation des banquettes de 2e classe ne s'élève que jusqu'à la hauteur de la tête, mais il faut faire remarquer qu'en Suisse, où il n'y a pas de train de nuit, il est presque inutile de s'appuyer la tête, et l'on doit avant tout faciliter la contemplation des paysages traversés : c'est aussi dans ce but qu'on a multiplié les glaces du compartiment de 2e classe, et l'intervalle entre chacune est réduit à l'épaisseur du montant supportant la toiture. Les banquettes sont munies d'accotoirs et d'oreillons, et les encoignures où la tête s'appuie pour dormir sont revêtues de têtières mobiles : au-dessus se trouvent des filets soutenus par des colonnettes s'élevant depuis les dossiers jusqu'à la toiture ; les figures 1 et 2, pl. 194, montrent ces dispositions. Il n'y a de garnitures que sur les banquettes, qui sont complétement indépendantes de la caisse même de la voiture et qui s'enlèvent facilement en démontant quelques vis, pour être, quand il en est besoin, remplacées par d'autres fraîchement garnies, sans nécessiter pour cela l'entrée de la voiture à l'atelier de réparation ; le reste du compartiment est uniquement en bois disposé de manière à former des panneaux indiqués par des moulures et revêtus d'une peinture de couleur claire très-soignée. Au plafond des baguettes dorées dessinent des caissons en suivant les parois de la caisse et les courbes de soutien de la toiture. Le compartiment de 3e ne présente ni stores, ni garnitures ; les bancs sont en bois, à siéges et dossiers inclinés et peu élevés. Le seul luxe de ce compartiment est de présenter aux voyageurs des sortes de filets ou tablettes en bois, placés au-dessus de la tête, et très-commodes pour recevoir les paniers et menus bagages. Il faut cependant observer que ces tablettes formées de planches jointives sont de vrais nids à poussière, et ce serait un progrès que de les faire à claire-voie et en bois rond.

La fig. 4, pl. 193, montre une distribution différente de la caisse.

L'hiver, le chauffage se fait par un poële placé dans la cloison de séparation des 1re et 2e classes.

La coupe transversale (fig. 2, pl. 194) est faite pour chaque moitié suivant deux plans différents : l'un montre l'installation des 2e classes, et l'autre la paroi de séparation des 2e et 3e classes. A côté de la porte de communication du milieu, destinée à servir exclusivement aux agents du train, on voit la lanterne destinée à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

éclairer le wagon ; elle est logée dans la cloison, au-dessous du toit, de manière à être nettoyée et allumée de l'intérieur ; des lanternes sont également placées à chaque cloison de bout de wagon.

L'adoption de la plate-forme de bout a conduit à abaisser les longerons afin de placer d'une manière convenable les marches de l'escalier qui servent à monter à la voiture, et il a fallu alors rattacher aux longerons par de lourdes cornières la traverse de bout portant les tampons ; cette disposition, qui rend certainement le bâtis plus lourd, aurait pu être évitée.

Tout l'ensemble du bâtis est en fer. Les longerons sont en double T, les traverses de bout en fer en double L, et les traverses intermédiaires en fer à double T, ainsi que les traversines qui reposent directement sur les longerons et supportent la caisse.

Les barres formant croix de Saint-André sont placées au-dessus du plan des longerons et sont en fer double T de petit échantillon. Le plan supérieur de ces barres est au niveau du dessus des longerons. L'attelage est formé par un ressort en rondelles de caoutchouc placé près de la traverse de bout, et les tampons sont garnis de rondelles de caoutchouc.

Nous renvoyons au paragraphe spécial pour la description de la boîte à huile, dont le coussinet est en métal blanc, et qui est à réservoir inférieur et supérieur.

Les essieux sont en fer et les bandages sont en acier.

Six traverses en fer double T supportent la caisse qui repose en outre sur le châssis par trois traverses en bois faisant partie de son cadre inférieur ; la caisse est attachée sur le bâtis par des cornières, à boulons de 12 millimètres, attachées d'une part à ses longrines latérales et de l'autre aux traverses du châssis.

Les plaques de garde sont en fer forgé, la partie principale rivée à l'extérieur et les branches rivées à l'intérieur. Les ressorts sont en dehors du plan du longeron, et la suspension est rendue plus parfaite par l'interposition d'un petit ressort en hélice sous le boulon de la main de suspension.

Les principales conditions d'établissement sont :

Longueur de la caisse extérieurement à la ceinture	7m.11
Largeur »	2 88
Hauteur du plafond intérieurement au milieu	2 14
Nombre de places	36
Longueur du châssis extérieurement aux traverses	8m.82
Entraxe des essieux extrêmes	4 50
Diamètre des roues au contact	1 02
» des essieux au corps	0 103
» aux fusées	0 076
Longueur des fusées	0 152
Poids de la voiture vide P	7,500 k.
» en charge (36 × 70 + P) =	10,000 k.
Prix de la voiture prise à l'usine	7,200 f.
» par voyageur	200 f.
Poids mort »	207 k.

NORWÈGE. — *Voiture mixte.*

Les chemins faits dans ce pays sont à petite largeur de voie (1m.07), et leur ingénieur M. Carl Pihl a résumé les principales conditions de leur établisse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment dans un livre qui était exposé. Le matériel roulant est également de dimensions réduites et présente, comme principale particularité, l'adoption d'un tampon unique placé suivant l'axe median du wagon. Chaque tampon présente à sa partie supérieure une partie creuse livrant passage à une sorte de barre d'attelage à crochet qui vient embecqueter une saillie ménagée dans la tige commune de choc et traction [1]. Les voitures mixtes de 6m.10 de longueur et 2m.10 de largeur, et à quatre compartiments, contiennent trente-deux personnes. On trouve des rondelles de caoutchouc interposées entre les ressorts et les boîtes à huile qui sont du système américain *lightner patent;* les roues à moyeu en fonte ont 0m.75 de diamètre, et, pour pouvoir baisser le chassis, on a écarté les longerons de manière à les mettre en dehors des ressorts.

Canada. — *Wagon-dortoir.*

La Compagnie du Grand-Trunk railway of Canada expose un modèle du wagon-dortoir n° 120, à 1/16 de grandeur naturelle. Le toit de ce modèle s'ouvre pour montrer la disposition intérieure, et c'est ce qui nous a permis de relever les éléments du dessin que nous donnons pl. 193, fig. 10 à 13 [2].

Le Great-Western Ry du Canada avait exposé à Londres, en 1862, le modèle d'un wagon presque pareil.

Les wagons-dortoir se trouvent également aux États-Unis, et ils y ont donné lieu à une entreprise, celle de M. Pullman qui possède 18 de ces wagons et les fait circuler sur diverses lignes.

Le wagon du Canada est un grand wagon du système américain monté sur deux trucs à 6 roues ; la suspension se compose de ressorts à pincettes reposant sur des balanciers compensateurs égalisant la répartition de la charge sur les trois essieux et disposés comme l'indique la fig. 13, pl. 193.

Les roues sont en fonte, coulées en coquille, d'après le système adopté sur une grande échelle par les Américains. Plusieurs de ces roues étaient exposées par M. Latrobe. Il y a un frein séparé sur chaque truck et on le manœuvre de la plate-forme la plus voisine. Pour atténuer les fortes secousses, le truck est disposé de manière à permettre à la caisse un léger déplacement latéral réglé par des ressorts en caoutchouc qui s'opposent à tout ballottement.

La caisse est disposée comme le montre le plan fig. 12, pl. 193, de manière à permettre la circulation de bout en bout au moyen d'un couloir central d'environ 0m.70 de largeur ; toutefois ce couloir devient latéral sur une petite longueur pour permettre l'établissement de deux chambres-salon isolées du reste de la voiture. La partie la plus grande de la voiture est divisée en 12 compartiments, six de chaque côté du couloir, offrant chacun pendant le jour 2 banquettes à 2 places, ensemble 48 places. Pour la nuit, on transforme chaque

1. Pour ce détail, ainsi que pour le dessin des voitures mixtes pour voyageurs et des wagons plats pour marchandises, nous ne croyons pouvoir mieux faire que de renvoyer à l'ouvrage de M. Pihl, ou à l'extrait qu'en a donné le journal *Engineering*, numéro du 5 juillet 1867.

2. Le chemin de fer, connu au Canada sous le nom de *Grand-Trunk*, passe le Saint-Laurent, près de Montréal, sur un pont tubulaire très-remarquable.

Sur le socle qui supporte le wagon, on trouve les inscriptions suivantes :

Grand-Trunk Ry of Canada, longueur 1377 miles (2240 kil.).

Président :	F. Wathin M. R.	Sec. tres. :	J. Hickson.
Ma. direct. :	G. J. Brydges.	Loco. carr. supert. :	R. Eaton.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compartiment en deux étages de lits de la manière suivante : premier étage formé en relevant deux barres de bois articulées à l'un des siéges et les fixant au siége opposé, puis en enlevant de leur place et posant à plat sur ces barres les dossiers des banquettes ; deuxième étage obtenu en descendant du plafond une caisse plate de peu de hauteur qui vient reposer sur des tasseaux fixés à hauteur convenable. Cette caisse a la largeur de la moitié du compartiment, et la moitié supérieure de la caisse en s'ouvrant et se rabattant à 180 degrés complète le plancher du lit du deuxième étage. Dans cette caisse se trouvent les matelas du lit supérieur, un mince matelas de crin pour le lit inférieur, des draps et des couvertures pour les deux lits. Les oreillers sont contenus dans le dessous des banquettes de jour. Des rideaux fixés à une tringle ferment le devant du compartiment du côté du couloir.

On voit qu'il n'y a que deux étages de lits, mais chacun d'eux est assez large pour que deux personnes puissent s'y étendre et c'est ce qui se fait. Dans les salons, il y a également deux étages de lits disposés exactement comme les autres ; le surplus du local forme un petit espace vide affecté aux effets, et contenant un lavabo qui est spécial au voyageur du salon, tandis que les 48 autres personnes n'ont à leur disposition que deux lavabos placés aux extrémités du wagon : l'un pour les dames, l'autre pour les hommes. La même spécialisation est faite pour les cabinets placés près de chacun des lavabos.

Sur la plus grande partie de la longueur de la voiture le toit est surelevé en forme de lanterneau, éclairé par des fenêtres spéciales et concourant à la ventilation. Les lampes de la voiture et celles des salons sont placées dans l'axe de ce lanterneau ainsi que le filet pour les menus bagages, comme le montre la coupe fig. 11, pl. 193.

Deux espaces restant vides aux deux extrémités de la voiture ont été utilisés pour faire un petit buffet et son office.

Deux réservoirs d'eau ont été également disposés en encoignures dans deux angles du couloir.

La ventilation et le chauffage de ce wagon sont établis suivant le brevet de M. Ruttans, et sur le principe suivant : à chaque extrémité du wagon est une cheminée d'aérage, qui par l'effet de la vitesse du train engouffre l'air frais, quel que soit le sens de la marche, grâce à un battant mobile placé à sa partie supérieure et que l'action du courant d'air même fait mettre dans la place convenable.

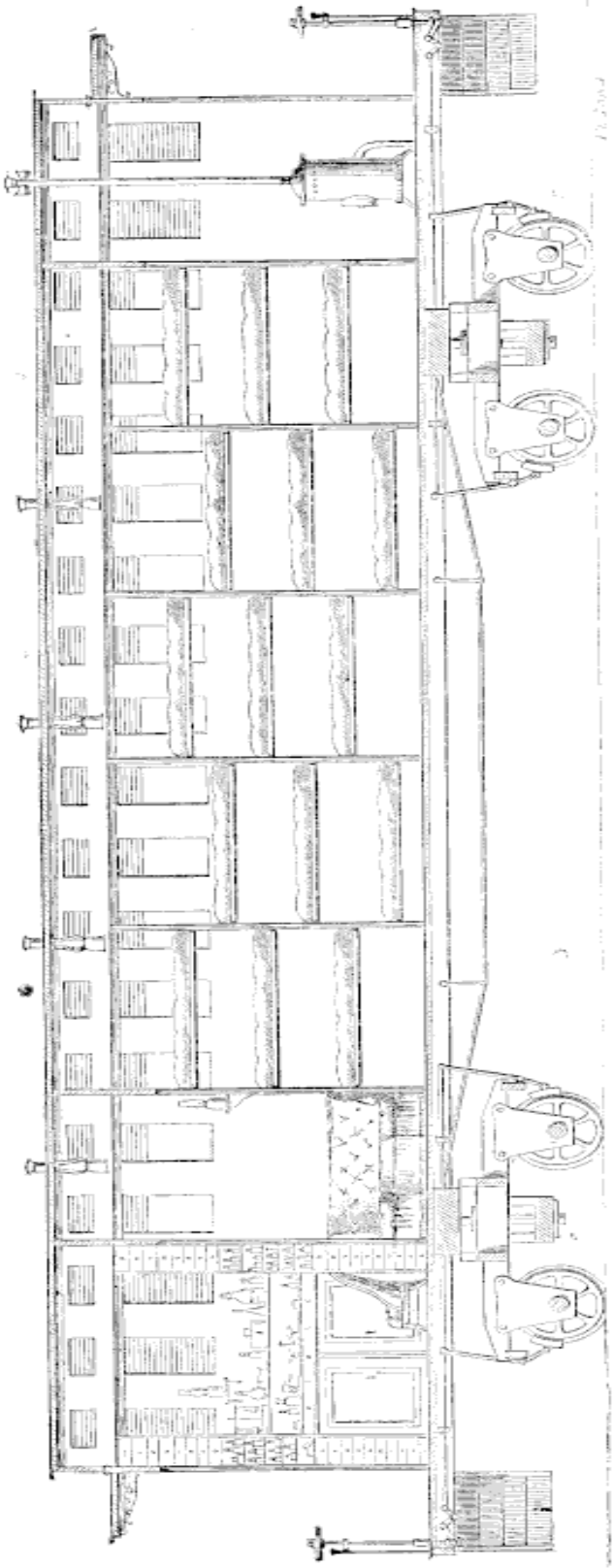
Cet air, léchant la surface d'une cuve en fonte remplie d'eau toujours agitée par suite du mouvement de la voiture, se dépouille de ses poussières et se rafraîchit ; puis remontant un conduit spécial, débouche à la partie supérieure de la voiture et se mélange à l'air vicié.

Pour faire évacuer cet air vicié, on a eu soin de munir la voiture d'un double plancher, de manière à former un espace qui communique d'une part avec l'intérieur de la voiture par des ouvertures ménagées sous les banquettes, et de l'autre avec l'extérieur par un tuyau plus haut que la voiture ; ce tuyau crée une aspiration qui opère la ventilation. En hiver, on chauffe l'air venant du dehors avant qu'il ne se répande dans la voiture : pour cela on le fait passer sur une 2e cuve en fonte servant de socle à un poêle et contenant de l'eau un peu chaude. L'air humidifié traverse alors les tuyaux d'un calorifère où il se chauffe ; il sort à la partie supérieure de la voiture, et sous l'influence des cheminées d'appel il redescend pour sortir par les ouvertures ménagées sous les banquettes et par l'espace réservé entre les 2 planchers, chauffant ainsi les jambes et les pieds des voyageurs.

Le tableau des dimensions B contient les principales données de ce wagon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dortoir, dont les dessins de la planche 193 donnent d'ailleurs une idée suffisante.

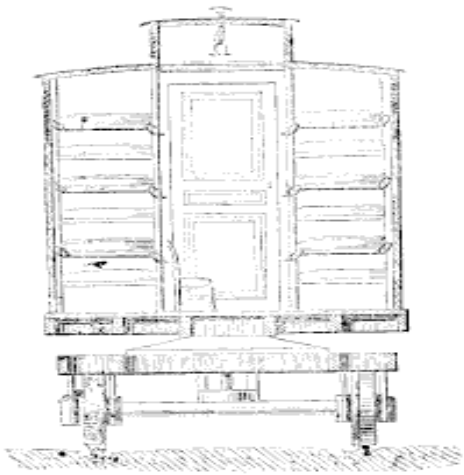


(Fig. 1.)

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE. — *Wagon-ambulance.*

La commission sanitaire (Sanitary Commission) avait exposé dans le local spécial de la Société internationale des secours aux blessés et malades le modèle, au 1/4 de grandeur naturelle, d'un wagon-ambulance. Ce modèle, faisant partie de la collection du docteur Thomas W. Evans, a été construit par Wr Cummings and son, Jersey City, N. J.

C'est un grand wagon du système américain, reposant sur deux trucks à quatre roues pleines en fonte, et à ressorts de suspension en spirales. La fig. 7, pl. 193, représente le plan de ce wagon, dont la vue intérieure est donnée par les bois ci-contre[1].



Les couchettes portées par des brancards sont disposées en trois étages, comme le représente la figure 8, pl. 193, et fixées aux montants verticaux par des brides de caoutchouc dont la fig. 9, pl. 193, donne la forme. On peut également, à volonté, appuyer le lit sur des chevilles en bois A, fichées dans un des trous des montants, suivant l'inclinaison ou

1. Ce dessin provient de l'article de M. le docteur Gruby (21e fascicule des *Etudes sur l'Exposition*) : *Appareils et instruments de l'art médical.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la hauteur voulue pour la couchette. Le wagon peut recevoir 30 blessés, et il contient en outre, comme le montre clairement le dessin, des cabinets w.-c., une pharmacie avec une petite cuisine-laboratoire et des compartiments pour les aides de service.

Ce wagon est muni à sa partie supérieure de ventilateurs du système Creamer que la figure 13, pl. 196, fait comprendre, et d'un frein également dû à M. Creamer et dont on trouvera la description au paragraphe spécial des freins. Il n'a pas été exécuté, que nous sachions, en Amérique, mais il a probablement inspiré aux Prussiens la création de wagons-ambulances à deux fins dont nous donnerons la description au chapitre III, § 2.

Grande-Bretagne. — *Voiture-poste.*

Dans la classe 60 de la section anglaise, à l'entrée de la galerie des machines, au milieu d'une exposition d'objets de toute sorte à l'usage de l'administration des postes du Royaume-Uni (post-office), se trouvait le modèle fonctionnant des wagons-poste munis de l'appareil usité depuis longtemps sur toutes les lignes, pour opérer l'échange des lettres en vitesse, sans arrêt de trains. Comme cette disposition a servi de modèle à la Société de Berlin pour son wagon-poste que nous avons déjà décrit page 186, nous n'avons plus à signaler que les différences, qui sont d'ailleurs déjà en partie montrées par les fig. 7 à 12, pl. 194.

Le modèle exposé comprend trois voitures-poste; elles portent les initiales L. N. W. R., qui nous montrent qu'elles appartiennent au London-North-Western railway, Compagnie chargée du transport des dépêches entre Londres et l'Irlande, et Londres et l'Écosse, deux directions qui ont chacune leur train-poste spécial, et sur lesquelles il se fait un énorme échange de correspondance. Des groupes pareils sont également en service sur le Great-Western et le Midland, mais sur les autres lignes deux voitures suffisent.

Nous extrayons du catalogue spécial anglais les renseignements ci-dessous, concernant l'organisation du service dans ces voitures.

« Les modèles[1] représentent les trois wagons-ambulants qui servent pour le « train limité de nuit sur le London-North-Western Ry, et qui sont désignés « sous le nom de : (1) ambulant de route, (railway post office); (2) ambulant de « triage des lettres de district (district sorting carriage); et (3) allége. Ces trois « wagons sont réunis par un passage couvert de communication ménagé au- « dessus des tampons, permettant aux employés de passer d'un wagon à l'autre « pendant la marche ; la longueur entière des wagons attelés étant de 77 pieds « (24 mètres). Dans le wagon (1) ambulant de route, se fait le triage et la distri- « bution du service des correspondances de route, c'est-à-dire des lettres et « journaux envoyés d'une ville de province à une autre. Ainsi, dans le voyage « de Londres à Carlisle, sur une distance de 480 kilomètres, 152 sacs sont reçus « à 26 stations différentes, et les lettres (27,000 en moyenne) et les journaux « (3,700 en moyenne) sont triés et repartis dans 132 sacs à destination des diverses « villes desservies.

« Dans l'ambulant de triage des lettres de district, on ne s'occupe que des « lettres et journaux de Londres : le travail pendant le trajet de Londres à « Preston, environ 336 kilomètres, consiste dans le triage de 17,000 lettres et « 6,200 journaux envoyés à 80 villes, et dans leur repartition dans 80 sacs; de « cette manière on décharge le bureau central de la poste à Londres d'un

1. Construits par la Compagnie du London-North-Western Ry, dans ses ateliers de Wolverton, sous la direction de M. Bore, leur chef superintendent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« travail qu'il aurait dû faire dans le jour, c'est-à-dire à un moment où il est « excessivement surchargé, et on assure la ponctualité de l'expédition des dé- « pêches. Dans le trajet de retour vers Londres, les employés ont à trier « 12,250 lettres en les repartissant en 10 lots suivant les 10 grands districts de « poste de Londres, et ils joignent à chacun de ces lots les paquets de lettres « pris aux grandes villes, dans lesquelles les paquets sont préparés pour les « divers districts, afin d'accélérer la première distribution des lettres du matin, « dans la métropole.

« L'allége (3) reçoit certains sacs destinés aux plus grandes villes, et préparés « soit au bureau central de Londres, soit à quelques-uns des bureaux de pro- « vince ; mais comme les fourgons ordinaires faisant partie du train de malles, « peuvent remplir cet office, l'allége qui porte l'appareil d'échange est surtout « employée pour recevoir et déposer les lettres aux stations où le train ne s'arrête « pas ; dans le trajet de Londres à Carlisle (480 kil.), l'appareil fonctionne vingt « fois, évitant ainsi les pertes de temps qu'occasionneraient les arrêts à des sta- « tions secondaires. »

Les considérations précédentes nous montrent pourquoi il faut trois voitures. Du reste, l'administration des postes anglaise paye tous ses transports, et est ainsi intéressée elle-même à se borner au strict nécessaire.

Décrivons maintenant les arrangements de ces wagons. Comme nous l'avons déja dit, les 3 voitures communiquent entre elles, et c'est la voiture du milieu qui porte les appareils d'échange des lettres.

Le pont de communication entre deux voitures a été parfaitement mis à l'abri de l'air, en mettant une sorte de soufflet en cuir entre les deux portes percées dans les cloisons extrêmes de deux wagons contigus ; les plis du cuir se prêtent parfaitement aux divers déplacements des wagons [1].

La disposition intérieure de la voiture fait que ce couloir de communication n'est pas tout-à-fait dans l'axe de la voiture.

L'appareil d'échange des lettres est plus complet que celui que nous avons vu sur le wagon-poste prussien. Il est double en ce sens qu'il comprend : 1° pour la voiture, un filet pour prendre les dépêches, et une potence pour suspendre le sac à laisser ; 2° pour la station, une potence pour suspendre les dépêches à don- ner au train, et un filet pour recevoir le sac laissé par le train. Le décrochage s'opère dans l'un comme dans l'autre cas toujours par la croisée des cordes ten- dues au-dessus du filet. Quant à la potence du wagon, elle présente quelques par- ticularités spéciales : elle pivote autour d'un axe vertical, de sorte qu'elle n'est amenée au dehors du train qu'au moment où l'on est proche du filet ; en outre le bras de la potence qui peut se relever verticalement est attaché par une corde passant sur une poulie, à un contre-poids logé dans la colonne verticale formant pivot. Le contre-poids étant moins lourd que le sac aux dépêches laisse le bras se tenir dans la position horizontale tant que le sac est suspendu, mais sitôt que celui-ci est décroché le bras se relève contre la voiture. La tige de la sacoche est comprimée par deux machoires ou déclics (voir fig. 11, pl. 194) dont le ressort est calculé de manière à résister à une pression de 10 kil. avant de s'ouvir. L'expé- rience a conduit à limiter le poids des paquets à 30 ou 35 kilogrammes, et comme on a quelquefois plus à laisser, on a installé au wagon une 2e potence qui dé- pose son 2e sac dans un 2e filet placé à la station. Au moment du passage, la pre- mière potence seule est armée, l'autre bras garni de son paquet est tenu relevé

1. Une pareille communication a été montée sur plusieurs wagons-poste, circulant entre Paris et Clermont-Ferrand (Compagnie de Lyon), où elle fonctionne d'une manière satis- faisante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen d'un verrou spécial : sitôt que le 1er échange est fait, le préposé de la poste déclanche le 2e bras qui tombe par l'effet du poids et se place dans la position horizontale voulue.

Il y a trois villes en Angleterre et en Ecosse où il faut généralement plus de deux sacoches ; alors on recharge la première potence pendant que la deuxième se débarrasse. A cet effet, la distance entre les filets de la station est différente ; elle est de 135 mètres pour les deux premiers, et de 360 mètres entre le troisième et le deuxième.

La distance de 135 mètres est observée entre les potences des stations, quel que soit leur nombre.

Une lanterne, placée sur le côté de la voiture, éclaire les opérations pendant la nuit, en même temps qu'elle signale l'approche de la voiture. Une instruction très-détaillée affichée dans la voiture indique exactement les points entre lesquels l'appareil doit être tendu, et il ne faut pas les dépasser, sous peine d'accrocher les ouvrages d'arts ou les constructions des stations que rasent les marchepieds du train.

La potence de la station ne porte pas en général le déclic que nous avons signalé pour la potence prussienne, la tête de la longe de cuir du sac y est simplement appuyée sur deux ergots : mais le déclic existe pour les bras du wagon où il empêche le décrochage du paquet par suite des secousses.

Considérant maintenant l'ensemble des wagons comme véhicules, nous verrons que les caisses, au lieu d'être, comme les nôtres, garnies de casiers de tous côtés, n'en ont reçu que sur une seule face, l'autre étant réservée pour la pose des cachets à la cire : de ce côté sont plusieurs lampes brûlant sous des hottes munies de cheminées d'appel qui débouchent à l'extérieur du wagon, et emportent avec les produits de la combustion une partie de l'odeur toujours très-forte de la cire. Le jour est donné uniquement par des vitrages placés dans la toiture du wagon, et la nuit par des lampes d'intérieur.

Un fait digne d'attirer l'attention est le soin que l'on a pris de mettre partout des garnitures rembourrées, tant sur les parois que sur tous les bords des tables et des casiers, de manière à atténuer le plus possible pour les employés des postes les chances de blessures en cas d'accident.

Les châssis ont été munis de 6 roues pour augmenter la stabilité, et les principales conditions d'établissement relevées d'après le modèle exécuté d'ailleurs avec beaucoup de soin, sont inscrites au tableau B, page 205.

§ 3. — Wagons à marchandises.

Il faut le reconnaître de suite, si l'Exposition renfermait un grand nombre de voitures à voyageurs, elle était au contraire très-pauvre en wagons à marchandises, tant dans la section française que dans les sections étrangères, ce qui tient d'ailleurs, jusqu'à un certain point, à la nature même de cette partie du matériel. En effet, bien que les wagons forment la plus grande partie du matériel de tous les chemins de fer et que le trafic des marchandises soit beaucoup plus important que celui des voyageurs, ainsi que nous l'avons vu dans l'Introduction, néanmoins ces wagons présentent beaucoup moins d'intérêt que les voitures à voyageurs.

Au point de vue de l'art, ils n'ont pas à remplir les mêmes conditions de confortable, d'élégance et de perfection.

On ne comptait, en totalité, que onze wagons à marchandises : cinq dans la section française et six dans les sections étrangères.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Leur construction étant très-simple et même grossière, comme leur emploi, nous croyons ne pas devoir entrer dans la description détaillée de leur établissement qui est connu de tout le monde, et nous nous bornerons à signaler leur présence et à indiquer les particularités qu'ils présentaient. Nous renverrons, pour la description des dispositions particulières que présentent les divers véhicules, au chapitre second qui comprend tous les détails de construction.

1° Wagons couverts et fourgons à marchandises.

Il n'y avait que quatre wagons couverts dans toute l'Exposition, savoir :

Dans la *section française*, un *fourgon* lesté, spécialement destiné aux trains de marchandises, exposé par la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*. Ses brancards sont en fer ; il est monté sur boîtes à huile, système Dietz, et muni d'un frein Stilmant. Ce fourgon a été construit dans les ateliers mêmes de la Compagnie.

Le second, exposé par la Compagnie *belge* pour la construction du matériel des chemins de fer, dont M. Evrard est directeur, à Bruxelles (voir figures 1 à 4, pl. 195). Tout le châssis est en fer et la caisse est en tôle avec armatures en fer cornière pour former les pieds et les traverses. Ce wagon est destiné au transport des marchandises, des bestiaux et de la cavalerie ; ses portes sont par bout.

Le troisième, exposé dans la *section prussienne*, et construit par M. J. C. Luders aîné, à Goerlitz; ses brancards sont en fer.

Enfin le quatrième, exposé dans la *section italienne* par les ateliers de construction des chemins de fer romains (section Nord), qui ne présente d'autre particularité que d'avoir la caisse complétement en sapin.

2° Wagons à hauts bords.

Les *deux* wagons à hauts bords, qui figuraient dans la *section française*, ont été exposés l'*un* par MM. Chevalier Cheilus et Ce, et l'*autre* par la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée (voir figures 9 à 12, pl. 195). Leurs châssis sont en fer : l'un est destiné à porter un chargement de 8 tonnes et l'autre un chargement de 10 tonnes ; le premier est en outre muni d'un frein à main, système Stilmant, et le second d'un frein à vis à deux sabots.

Dans la *section prussienne*, on comptait trois wagons à hauts bords :

L'*un*, construit par M. Schmidt, à Breslau, et destiné à porter un chargement de 10,500 kilogrammes ; sa capacité est de 13mc.226 ; ses brancards sont en fer et la caisse en fer et tôle (voir figures 5 à 8, pl. 195).

Le *second*, exposé par M. Ruffer, à Breslau, dont les brancards sont en fer et la caisse en fer et tôle, comme dans le précédent.

Le *troisième*, de M. Carl Weyer, à Dusseldorff, dont les brancards sont en fer, mais dont la caisse est en bois.

Le nombre total des wagons à hauts bords à l'Exposition est donc de cinq.

3° Wagons spéciaux.

Pour terminer l'examen des wagons exposés, il ne nous reste plus qu'à parler de deux wagons spéciaux, qui se trouvaient dans la *section française*, savoir :

Un wagon plate-forme, à train brisé, destiné à porter un chargement de 16 tonnes, du système de M. Vidard qui l'a exposé, et construit par M. Gargan. Bien que nous ne croyions pas la solution complétement satisfaisante, l'esprit dans lequel cette tentative a été faite est très-bon et très-louable ; car le but que M. Vidard s'est proposé est conforme à la tendance constante et générale de tous les ingénieurs de chemin de fer : d'augmenter à la fois la contenance et le chargement des wagons à marchandises, en diminuant autant que possible l'importance du *poids mort* du matériel par rapport au *poids utile* des marchandises

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transportées. Les deux reproches que nous avons à lui faire sont : le *premier* d'avoir sa plate-forme à une hauteur beaucoup trop grande, ce qui est incommode pour le chargement et le déchargement ; le *second* de manquer un peu de solidarité entre les diverses parties de son châssis et par conséquent de ne pas présenter toutes les garanties de sécurité désirables, surtout dans le cas de la rupture d'un essieu ou d'un brancard. Ces observations ne sont certainement pas sans importance ; mais il est possible que son auteur, en étudiant certaines modifications, fasse disparaître les inconvénients que nous venons de signaler, et arrive à une solution réellement pratique.

Un wagon de terrassement exposé par MM. Suc et Chauvin. Ce wagon verse à volonté par chacun des quatre côtés, et il a une capacité de 2 mètres cubes, ce qui correspond à peu près à un chargement de quatre tonnes.

Nous nous bornerons à signaler les quelques dessins et modèles suivants :

Un *modèle* de wagon à *houille* en fer avec frein spécial exposé par la direction royale du chemin de fer de la Basse-Silésie (*Prusse*).

Un *dessin* de wagon, avec frein automatique, exposé dans la *section autrichienne* par M. Osimitsch de Pola (littoral).

Un *dessin* de wagon à houille, en bois, exposé par la Compagnie du chemin de fer du Nord de l'*Autriche*.

Un *dessin* de wagon couvert exposé par la Compagnie du chemin de fer impérial-royal de l'impératrice Elisabeth (*Autriche*).

On voit, comme nous l'avons dit en commençant, que l'Exposition a été très-pauvre en wagons à marchandises, et nous regrettons vivement non-seulement que le nombre des wagons ait été aussi restreint qu'il l'a été, mais encore que l'on n'ait même pas vu figurer les wagons-écuries, les wagons à coke, les wagons-bergeries, les wagons à lait, etc., qui, bien que d'un emploi plus restreint que les wagons couverts, les wagons à hauts bords et les wagons plats, présentent cependant un assez grand intérêt par la nature de cet emploi.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU A. **Véhicules des trains de voyageurs.** FRANCE.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.			*Orléans* 1re classe.	*Est* 1re classe. Lit.	*Nord* 1re classe.	*P.L.M.* 1re classe.	*Midi* mixte. à frein.	*Est* 2e classe.	*Ouest* 2e classe. à frein.	*Orléans* 3e classe.	*Est* 3e classe.	*Est* 2 étages.	*Vidard* 2 étages.	*Fell* 1re classe. à frein.	*Ouest* ambulant	*Est* fourgon à frein.	*Lyon* fourgon.
Caisse.	Longueur extérieure	m.	6.10	6.55	6.34	7.65	7.10	7.17	6.77	6.90	7.30	7.32	5.50	4.49	6.80	5.85	6.78
	Largeur extérieure	m.	2.62	2.80	2.60	2.60	2.57	2.80	2.63	2.62	2.80	2.80	2.50	1.96	2.60	2.60	2.40
	Hauteur intérieure	m.	1.905	1.96	1.77	1.77	1.85	1.80	1.90	1.74	1.80	1.65	1.65	2.00	2.15	2.00	1.95
	Nombre total de places		24	19	21	28	36	40	40	50	50	78	52	12	»	»	»
Châssis.	Longueur extérieurement aux traverses.	m.	6.00	6.50	6.15	7.25	7.00	7.00	6.70	6.63	7.00	8.10	6.25	4.45	6.60	5.80	6.70
Essieux.	Nombre		2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	Écartement extrême	m.	3.50	3.60	4.00	4.10	4.00	3.60	3.70	3.53	3.60	3.60	2.90	1.80	3.70	3.60	4.00
	Diamètre de la fusée	m.	0.072	0.08	0.08	0.075	0.085	0.08	0.08	0.072	0.08	0.08	»	0.06	0.08	0.08	0.075
	Longueur de la fusée	m.	0.15	0.16	0.17	0.16	0.170	0.16	0.16	0.15	0.16	0.16	»	0.13	0.16	0.16	0.16
	Diamètre au corps	m.	0.095	0.110	0.120	0.100	0.130	0.110	0.115	0.095	0.110	0.110	»	0.08	0.115	0.110	0.130
	Diamètre près du calage	m.	0.115	0.120	0.140	0.110	0.130	0.120	0.140	0.115	0.120	0.120	»	»	0.140	0.120	0.110
	Diamètre au calage	m.	0.110	0.120	0.130	0.115	0.120	0.120	0.130	0.110	0.120	0.120	»	»	0.130	0.120	0.115
	Nature de l'essieu		F. ou A.	F. ou A.	acier.	fer.	F. ou A.	fer.	F. ou A.	fer.	fer.	acier.	»	»	fer.	fer.	fer.
Roues.	Diamètre au roulement	m.	1.03	1.03	0.935	0.93	1.01	1.03	1.01	1.03	1.03	0.91	»	0.80	1.01	1.03	0.93
	Nature de la roue		pleine.	en étoile	pleine.	en étoile	pleine.	en étoile	pleine.	en étoile	en étoile	Arbel.	»	»	en étoile	en étoile	polygon.
	Nature du bandage		F. ou A.	F. ou A.	fer.	fer.	F. ou A.	fer.	acier	fer.	fer.	acier.	»	»	acier.	fer.	fer.
Graissage.	Nature des boîtes		mixte.	Delannoy	mixte.	à graisse.	mixte.	Delannoy	à graisse.	mixte.	Delannoy	Basson.	à roul.	mixte.	à graisse.	à graisse.	à graisse.
Ressorts.	Suspension. Nombre des lames		9	9	8	— 8 mil. 7	AV 11 AR 12	9	AV 9 AR 10	»	9	10	»	8	»	»	— 11 mil. 8
	— Largeur des lames	m.	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.085	»	0.075	0.075	0.075	0.075	»	»	0.075
	— Épaisseur des lames	m.	0.010	0.010	0.013	0.010	0.010	0.010	0.010	»	0.010	0.012	»	0.010	»	»	0.010
	— Longueur	m.	1.50	env. 2.00	2.00	1.45	1.84	1.45	env. 1.70	»	1.45	env. 1.85	»	env. 1.20	»	»	1.300
	Choc. Nature du ressort		lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	lames.	caoutc.	lames.	lames.	lames.
	Traction. Nature du ressort		lames.														
Poids.	Véhicule chargé	k.	7.860	8.900	8.600	11.900	9.700	10.160	9.200	9.800	10.200	13.000	9.200	4.450	10.750	11.850	11.100
	Véhicule. Répartition par essieu	k.	3.930	4.450	4.250	4.000	4.850	5.050	4.600	4.900	5.100	6.500	4.600	2.225	5.385	5.925	3.700
	Véhicule vide	k.	6.230	7.500	6.962	9.900	7.200	7.300	6.400	6.280	6.700	7.500	5.520	3.600	6.750	6.850	7.600
	Poids mort par voyageur	k.	260	395	283	353	200	183	160	125	134	96	105	300	»	»	»
Prix.	Véhicule pris à l'usine	fr.	10.000	12.000	10.420	12.000	10.600	6.350	6.750	4.700	5.320	11.000	7.250	4.500	9.000	5.300	4.188
	Prix par voyageur	fr.	416	632	434	428	294	159	169	94	106	141	139	375	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU B. **Véhicules des trains de voyageurs.** PAYS ÉTRANGERS.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.		PAYS-BAS			BELGIQUE	PRUSSE				SUISSE	ÉT.-UNIS	CANADA	GR.-BRET.	NORVÈGE
		Utrecht.	Utrecht.	Beijnes.	Évrard	Société du matériel de Berlin			Luders.	Neuhausen.	MODÈLE	Grand Trunk	L. N. W.	C. Pihl
		fourgon à frein.	mixte. 1re et 2e	mixte. 1re et 2e	mixte. 1re, 2e, 3e	mixte W.C Halle-Cassel	mixte W.C Stettin	Ambulant à frein	mixte. 1re et 2e	mixte. 2e et 3e	de wagon ambulance	wagon dortoir	wagon poste	mixte. 1re et 2e
Caisse.	Longueur extérieure..... m.	7.00	8.63	7.40	7.00	8.23	6.30	7.20	7.80	7.11	16.80	19.40	6.88	6.10
	Largeur extérieure..... m.	2.50	2.67	2.75	2.70	2.60	2.75	2.50	2.55	2.88	2.86	3.12	2.64	2.10
	Hauteur intérieure..... m.	2.00	1.95	2.00	2.00	2.05	2.02	2.00	2.00	2.14	2.16	2.35	2.28	»
	Nombre total de places.....	»	38	36	32	19	22	»	30	36	3oblesses	48	»	32
Châssis.	Longueur extérieurement aux traverses. m.	6.98	8.60	7.35	6.90	8.20	7.35	7.30	7.65	8.82	18.20	21.00	6.80	»
Essieux.	Nombre.....	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	6	3	2
	Écartement extrême..... m.	4.25	4.70	4.00	3.60	4.85	4.40	5.00	4.85	4.50	15.00	14.92	3.84	3.05
	Diamètre de la fusée..... m.	0.0825	0.0825	0.076	0.08	0.09	»	»	0.09	0.076	»	»	»	0.07
	Longueur de la fusée..... m.	0.1525	0.1525	0.132	0.130	0.150	»	»	0.150	0.132	»	»	»	0.125
	Diamètre au corps..... m.	0.115	0.115	0.110	0.110	0.115	0.130	0.130	0.115	0.103	0.112	0.096	0.100	»
	Diamètre près du calage ..... m.	0.123	0.126	0.120	»	0.125	0.130	»	0.125	0.115	»	»	»	»
	Diamètre au calage..... m.	0.124	0.124	0.125	0.120	0.125	0.130	0.130	0.125	0.120	0.112	0.128	0.120	»
	Nature de l'essieu.....	a. Krupp	»	a. Krupp	Bessemer	»	»	a. Krupp	acier.	a. Krupp	»	»	acier.	»
Roues.	Diamètre au roulement..... m.	1.00	0 96	1.00	0.98	0.975	0.980	0.980	0.975	1.020	0.864	0.83	1.08	0.76
	Nature de la rue.....	pleine	pleine	pleine	pleine	en étoile	fer forgé	fer forgé	en étoile	fer forgé	fonte	fonte	en bois.	en étoile
	Nature du bandage.....	a. Krupp	a. Krupp	a. Krupp	Bessemer	»	»	a. Krupp	acier.	a. Krupp	fonte	fonte	acier.	
Graissage.	Nature des boîtes.....	à huile	à huile	à huile	Gobert	à huile	à huile	à huile	à huile	à huile	à huile	à huile	»	à huile
Ressorts.	Suspension. Nombre des lames.....	8	8	8	12	8	8	8	9	9	»	»	11	»
	— Largeur des lames.... m.	0.08	0.075	0.075	0.075	0.078	0.078	0.078	0.078	0.075	»	»	mil. 9	
	— Épaisseur des lames.... m.	0.013	0.013	0.013	0.010	0.013	0.013	0.013	0.013	0.012	»	»	»	»
	— Longueur des lames.... m.	1.65	1.90	1.75	env. 1.56	env. 1.74	env. 1.94	1.71	en. 1.74	1.65	»	»	»	»
	Choc. Nature du ressort.....	spirales	spirales	spirales	lames.	volutes.	caoutch.	caoutch.	volutes.	caoutch.	»	»	»	»
	Traction. Nature du ressort.....	lames.	spirales	spirales	lames.	volutes.	caoutch.	caoutch.	volutes.	caoutch.	»	»	lames	volutes
Poids.	Véhicule chargé ..... kil.	18.650	13.000	10.000	11.250	10 200	10.400	13.500	11.850	10.000	»	»	»	
	Véhicule. Répartition par essieu.... kil.	9.325	6.500	5.000	5.625	5.100	5.200	6.750	5.925	5.000	»	»	»	»
	Véhicule vide ..... kil.	8.650	10.235	7.500	9.000	8.850	8.850	9.300	9.750	7.300	»	»	»	»
	Poids mort par voyageur..... kil.	»	290	208	281	470	400	»	325	207	»	»	»	»
Prix.	Véhicule pris à l'usine..... fr.	7.180	13.482	13.000	16.000	12.187	12.037	10.687	10.875	7.200	»	»	»	»
	Prix par voyageur..... fr.	»	355	361	500	641	345	»	362	200	»	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU C. **Véhicules des trains de marchandises.** FRANÇAIS ET ÉTRANGERS.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.		FRANCE				BELGIQUE	PRUSSE			ITALIE	AUTRICHE	
		Est fourgon lesté à frein	P.L.M. wagon à houille à frein	Chevalier-Cheilus wagon tombereau à frein	Vidard wagon à châssis brisé	Évrard wagon couvert	Luders wagon couvert	Schmidt wagon à houille	Ruffert wagon à houille à frein	C. Weyer wagon à houille à frein	Romains wagon couvert	Élisabeth wagon couvert	Nordbahn wagon à houille
Caisse.	Longueur extérieure..... m.	5.600	5.300	»	8.000	6.000	6.240	5.79	5.10	4.65	5.50	6.800	»
	Largeur extérieure..... m.	2.60	2.650	»	2.60	2.56	2.55	2.56	2.56	2.40	2.60	»	»
	Hauteur intérieure..... m.	2.05	0.76	»	»	2.25	2.00	0.88	1.00	0.70	2.00	»	»
Châssis.	Longueur entremoi aux traverses. m.	5.500	5.500	»	7.950	6.000	6.25	5.79	5.10	4.65	5.50	6.650	»
Essieux.	Nombre.....	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Écartement extrême..... m.	2.65	[illegible]	»	4.15	2.95	3.75	3.45	2.98	2.65	3.40	3.60	»
	Diamètre de la fusée..... m.	0.08	0.085	»	0.100	0.08	6 09	0.096	»	0.078	»	»	0.085
	Longueur de la fusée..... m.	0.160	0.170	»	0.180	0.130	0.150	0.187	»	0.144	»	»	0.170
	Diamètre au corps..... m.	0.110	0.105	»	0.130	0.110	0.115	0.110	0.110	0.110	0.105	»	»
	Diamètre près du calage..... m.	0.120	0.127	»	»	0.130	0.125	0.125	0.125	0.118	»	»	»
	Diamètre au calage..... m.	0.120	0.122	»	»	0.120	0.125	0.125	0.120	0.118	0.120	»	»
	Nature de l'essieu.....	fer	fer	fer	fer	Bessemer	fer	»	acier	acier	»	»	»
Roues.	Diamètre au roulement..... m.	1.03	0.93	»	1.01	0.98	0.97	0.95	0.98	0.97	0.90	»	»
	Nature de la roue.....	en étoile	en étoile	en étoile	fer forgé	pleine	en étoile	pleine fonte	en étoile	pleine	»	pleine fonte	»
	Nature du bandage.....	fer	fer	»	»	Bessemer	acier	en étoile	»	acier	»	»	»
Graissage.	Nature des boîtes.....	Dietz	à graisse	»	»	Gobert	à huile	à huile	à huile	Basson	mixte	à huile	à huile
Ressorts.	Suspension. Nombre des lames.....	»	13	9	»	10	»	9	9	8	7		
	— Largeur des lames.. m.	»	0.075	0.080	»	0.075	0.075	0.085	»	0.080	0.10	quatre	trois
	— Épaisseur des lames. m.	»	0.010	0.010	»	0.012	0.012	0.012	»	0.013	0.013	volutes	volutes
	— Longueur du ressort. m.	»	1.000	0.85	0.94	1.00	1.20	1.12	1.11	1.20	1.12		
	Choc. Nature du ressort.....	en lames	en lames	»	»	spirales	»	volutes	»	spirales	spirales	volutes	volutes
	Traction. Nature du ressort.... m.					spirales	»	volutes	»	spirales	spirales	volutes	volutes
Poids.	Véhicule vide..... kil.	6.000	5.400	4.130	6.600	6.800	6.500	5.100	5.525	5.250	5.460	6.200	4.300
	Chargement ..... kil.	10.000	10.000	8.000	16.000	10.000	10'000	10.300	11.000	10.000	10.000	10.000	11.250
	Véhicule chargé ..... kil.	16.000	15.400	12.130	22.600	16.800	16.300	15.600	16.525	15.250	15.460	16.200	15.550
	Répartition par essieu..... kil.	8.000	7.700	6.065	11.300	8.400	8.250	7.800	8.260	7.630	7.730	8.100	7.775
Prix.	Véhicule pris à l'usine..... fr.	3.600	2.725	2.050	3.500	5.500	4.125	3.800	4.500	3.730	»	»	»

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE DEUXIÈME.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION RELATIFS AUX VOITURES ET WAGONS.

§ 1. — Châssis.

Comme on a pu le voir d'après les descriptions qui viennent d'être données pour chaque voiture envoyée en nature à l'Exposition, l'emploi des brancards en fer est en majorité, et si les usines qui produisent le fer et qui ont en même temps des ateliers de construction entreprennent l'exécution des châssis en fer, il est probable que ceux-ci deviendront économiques.

Avec les châssis entièrement en fer, toute chance d'incendie est évitée, tandis qu'avec les autres, il faut recourir à diverses mesures. La Compagnie du Nord dispose au-dessous de la caisse de petites tôles qui descendent jusqu'au châssis et ne laissent plus aucune partie plane sur laquelle puisse se déposer un morceau de combustible incandescent [1]. La Compagnie de l'Est recouvre ces mêmes parties planes de petites plaques de fer, ordinairement disposées en faîtières, c'est-à-dire à pans inclinés. Les Compagnies de l'Ouest et d'Orléans attribuent à la continuation de l'emploi des cendriers de locomotives fermés, l'absence des traces d'incendie sur les voitures, inconvénient dont elles n'ont pas eu à se préoccuper jusqu'à ce jour.

Les brancards en fer présentant une grande roideur permettent d'augmenter la longueur du châssis, soit d'une manière absolue, soit relativement à l'écartement des essieux, et c'est ce que nous ferons ressortir par le tableau ci-dessous.

	EST 2 étages.	LYON 1re classe.	PAYS-BAS atelier d'Utrecht.	SUISSE	DOMBES (non exposé).
Longueur des châssis (extérieurement aux traverses) (a)	8.10	7.25	8.60	8.83	9.00
Écartement des essieux extrêmes (b)	3.60	4.10	4.70	4.50	3.90
Rapport $\frac{a}{b}$	2.25	1.78	1.83	1.95	2.30

La construction des voitures à impériales fermées eût été très-difficile sans l'adoption des brancards en fer qui ont permis de baisser la voiture en adoptant à l'extrémité du châssis la forme de col de cygne, et de placer l'attelage à la hauteur ordinaire, comme l'indique la fig. 11, pl. 191 [2]. Pour faciliter le travail de cintrage, les longerons de la voiture des chemins départementaux ont été fendus suivant leur axe, à l'extrémité, puis chaque bout a été cintré en deux fois ; il est alors devenu nécessaire, pour renforcer ce col de cygne, de rapporter, de chaque côté, deux pièces de tôle qui se recourbent ensuite d'équerre pour fixer la traverse.

Dans des voitures à deux étages actuellement en construction pour le chemin de ceinture, on a pu éviter le cintre au-dessus de la boîte, et diminuer beaucoup la hauteur du longeron principal, en renforçant beaucoup la barre d'écartement inférieure des plaques de garde qui a été faite en fer à nervures comme la partie supérieure.

Dans l'exposition de MM. Petin-Gaudet, on trouvait un châssis en fer de wagon

1. Les Compagnies du Nord et P. L. M. garnissent le dessous de la caisse de feuilles de tôles de 1 millimètre d'épaisseur.

2. Dessins détaillés à 1/10, Album Broise et Thieffry.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à marchandises de la Compagnie de Lyon, coupé par le milieu perpendiculairement à la voie, afin de montrer les échantillons et profils des fers qui le composent, et qui sont laminés à Saint-Chamond [1].

La section des brancards, d'après le type adopté par la Compagnie de Lyon, est un double L (voy. la fig. 12, pl. 193); elle présente sur la forme double T, généralement employée, l'avantage de permettre l'attache directe des plaques de garde sur le longeron, sans aucune cale. Cette forme se retrouvait aussi dans les deux wagons en tôle de la section prussienne. La Compagnie de Lyon a regardé comme nécessaire de conserver les croix de Saint-André, faites en cornières, de 0m.06 de haut sur 0m.10 de large, tandis que M. Evrard, dans les wagons exposés par lui dans la section belge, a voulu éviter les croix de Saint-André en reliant les traverses aux brancards par de larges plaques ou goussets, s'opposant aux mouvements de désarticulation. M. Schmidt dans son wagon en tôle, supprime également les croix de Saint-André, et il établit une assez grande solidarité entre la caisse et le châssis, chacun renforçant l'autre ; le panneau en tôle formant la paroi antérieure de la caisse du wagon se prolonge pour servir en même temps de traverse de tête reliant les longerons. La Compagnie de Lyon possède actuellement une grande quantité de wagons à châssis en fer, dont quelques-uns sont en service depuis 1865, et dans les accidents de toute sorte ces wagons se sont toujours bien comportés.

§ 2. — Essieux et roues [2].

Roues. — L'Exposition nous offre à peu près tous les types connus de roues, sans nous présenter rien de nouveau, depuis l'exhibition de Londres. Il nous suffira donc de mentionner :

Dans la section française, les roues du système Arbel, et les roues formées de centres pleins du type dit de la Providence : sur ces derniers corps de roues les bandages sont maintenus par des rivets (chemins du Midi et du Nord) ou par des boulons (chemins d'Orléans et de l'Ouest). L'emploi de ces centres pleins paraît devoir se généraliser, comme diminuant le soulèvement de la poussière ; limité aux véhicules des trains de vitesse sur les lignes de l'Ouest, du Midi et d'Orléans, il a été, sur le Nord, étendu à tous les véhicules des trains de voyageurs.

Dans la section belge, nous retrouvons les mêmes roues à centre plein, mais on leur a donné en outre, dans les voitures de M. Evrard, une forme gondolée, également obtenue au laminage, et qui est présentée comme un progrès, parce que le centre de roue offre moins de roideur lors de l'embattage du bandage.

Dans la section prussienne, nous remarquons principalement : 1° les 22 roues en acier fondu coulées d'un seul tenant, de l'usine de Bochum ; 2° les roues analogues de M. Fr. Krupp en acier fondu où le bandage fait corps avec le centre de la roue. La section de ces roues, suivant un diamètre, donne un profil gondolé, pareil à celui que nous avons signalé pour les roues laminées de la Providence et que l'on voit facilement dans la coupe de la fig. 4, pl. 194 ; 3° les roues en fonte de M. Gruson de Magdebourg, dont la circonférence trempée en coquille forme surface de roulement. Ces roues rivalisent en Prusse avec les roues bien connues de M. Ganz, adoptées en Autriche, et dont nous trouvons également des spécimens dans la section autrichienne.

M. Zethélius, constructeur suédois, expose des roues à plateau en tôle, et des

1. A titre de spécimen, ce demi-wagon avait tous ses ressorts de traction et de suspension établis en rondelles Belleville.

2. Voir pour les dimensions des essieux et roues les tableaux A, B, C et D.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU D.

Conditions d'établissement d'essieux montés.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT.	FRANCE. Midi type I	FRANCE. Orléans march.-aux-disces	FRANCE. Fourchambault (1).	FRANCE. Verdié à Firminy	BELGIQUE. Société d'Ougrée	PRUSSE. Haute-Silésie	PRUSSE. Krupp Chemin rhénan	PRUSSE. Krupp	PRUSSE. Société de Hoerde Colmminden	PRUSSE. Hoerde	SUÈDE. Zethelius Etat suédois	SUÈDE. Zethelius	SUÈDE. Zethelius
Fusées. Diamètre (*a*) . . . . . mèt.	0.08	0.072	0.085	0.075	0.08	0.08	0.09	0.08	0.08	0.075	0.09	0.09	0.09
— Longueur . . . . . mèt.	0.17	0.155	0.170	0.160	0.175	0.150	0.15	0.14	0.14	0.15	0.175	0.175	0.175
Diamètre au corps de l'essieu . . . . mèt.	0.11	0.105	0.11	0.11	»	0.118	0.115	0.11	0.12	0.117	0.115	0.115	0.115
— à la portée de calage . . . . mèt.	0.12	»	0.127	0.115	0.120	0.125	0.125	0.120	0.130	0.117	0.125	0.125	0.125
											0.132	0.132	0.130
— des roues au contact (*b*) . . mèt.	0.935												
	1.01	1.03	0.93	0.93	1.00	0.965	0.975	0.940	0.970	0.980	0.925	0.925	0.925
Rapport $\frac{a}{b}$	0.085												
	0.079	0.07	0.091	0.08	0.08	0.082	0.092	0.084	0.082	0.076	0.097	0.097	0.097
Nature et forme des essieux.	F. ou A.	F. ou A.	fer	fer	»	ac. puddlé fer forgé	ac. fondu fer forgé	ac. fondu	Bessemer	Bessemer	ac. puddlé	ac. puddlé	ac. puddlé
corps de roue.	centre.	en étoile	moyeu en fonte	moyeu en fonte	moyeu en fonte	en étoile	en étoile	centre plein (2)	centre plein	centre plein	secteurs en bois	moyeu en fonte	moyeu en fonte
bandages.	plein. F. ou A.	fer	fer	fer	»	ac. puddlé	ac. fondu	ac. fondu	Bessemer	Bessemer	ac. puddlé	ac. puddlé	ac. puddlé

(1) A exposé aussi un corps de roue isolé tout en fer forgé, en étoile, du type dit *roue russe*.

(2) Le bandage est fondu avec le corps de roue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

roues à secteurs en bois, ces dernières sont du type Mansell, que certaines lignes anglaises trouvent très-avantageuses.

Dans la section anglaise M. Owen, cessionnaire du brevet Arbel, nous présente des roues faites d'après ce système, et dans la section du Canada, M. Latrobe a mis quelques-unes des roues en fonte qui sont très-appréciées dans ce pays.

Essieux. — Les essieux les plus gros que nous remarquons sont ceux de la section française, et les dimensions tendent à s'uniformiser dans les diverses compagnies ; la question de sécurité, ou le désir de prolonger l'existence des essieux en service, ont fait porter à $80^{m}/_{m}$ ou même $85^{m}/_{m}$ le diamètre des fusées malgré le léger accroissement de résistance au roulement qui pourrait en résulter. Le diamètre au corps se tient entre $0^{m}.110$ et $0^{m}.120$; et une portée de calage, de $0^{m}.130$ de diamètre, a été adoptée par plusieurs compagnies. Dans son dernier type d'essieu, la Compagnie du Midi présente cette particularité que le diamètre au corps ($0^{m}.130$) est plus grand que le diamètre de la portée de calage ($0^{m}.120$ seulement).

Quant à la nature du métal employé pour la construction des essieux, on peut dire que l'emploi de l'acier commence à se généraliser. Déjà, en Prusse, l'acier de M. Fr. Krupp est admis dans une large proportion, les autres pays essayent assez largement les aciers fondus, naturels ou Bessemer : la France paraît la plus timide en cette voie ; si l'on excepte les 1,200 essieux en acier fondu Krupp en service sur le chemin du Nord, on ne trouve plus que quelques essais isolés.

L'usine de Zône, près Marchiennes, en Belgique, expose un essieu fait avec du fer à la houille laminé en roudins de $0^{m}.140$, puis étampé au marteau. Une grande quantité d'essieux fabriqués de cette manière font un service satisfaisant en Belgique et au chemin du Nord français, et leur prix d'achat est notablement moindre que celui des essieux ordinairement employés.

Bandages. — Ce que nous venons de dire en général pour les essieux s'applique également aux bandages. Cependant on peut constater de très-nombreuses applications d'acier Bessemer faites en concurrence avec des applications d'acier fondu, et nous citerons la Compagnie française de l'Ouest, dont la tendance est l'adoption générale des bandages en acier pour les voitures et wagons. Des bandages en fer cémenté par le procédé de M. Leseigneur ont donné de bons résultats ; ils sont tellement durs que le tournage doit le plus souvent être fait au moyen de meules.

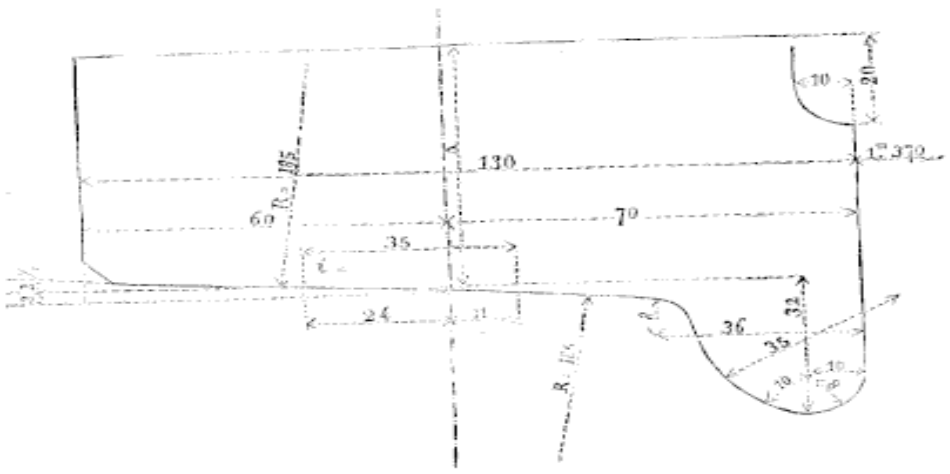


Fig. 1.

Nous appelons l'attention sur le profil ci-dessus des bandages de l'Ouest,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étudié surtout au point de vue de l'usure du boudin et du passage dans les courbes.

Nous avons donné dans les tableaux A, B et C les dimensions des essieux montés des véhicules exposés. Le tableau D donne les dimensions des essieux exposés comme pièces détachées.

§ 3. — Graissage.

On peut dire que le graissage à l'huile est universellement adopté à l'étranger, sauf peut-être en Angleterre, où, comme en France, il y a des divergences d'opinion à cet égard. Il paraît admis que le graissage à la graisse continue à être bon lorsqu'on surveille avec soin l'exécution de la graisse et lorsqu'on fait varier la composition suivant la saison. Il y a cependant des cas particuliers : ainsi, sur la Compagnie de Lyon, le même véhicule, allant de Paris à Nice, peut partir de Paris avec la température de l'hiver, et trouver, en arrivant dans le Midi, la température de l'été : or la graisse n'a pas été changée durant le parcours. Pour ce motif ou pour tout autre, la Compagnie de Lyon semble disposée en ce moment à étendre le nombre de ses boîtes à huile qui sont du type mixte, c'est-à-dire avec tampon à huile en dessous, et réservoir à graisse par dessus. Le matériel de la Compagnie de l'Ouest reste encore graissé exclusivement à la graisse ; le Nord, l'Orléans et le Midi ont adopté la boîte mixte, et l'Est emploie des boîtes à huile de divers types.

Nous avons décrit sommairement ces boîtes pour chaque voiture, et nous allons maintenant donner la description détaillée de quelques-unes d'entre elles.

Boîte à huile Delannoy. — Dans la boîte bien connue de son système, M. Delannoy a évité les inconvénients du joint horizontal en employant une boîte qui embrasse de toutes parts la fusée et se chausse pour ainsi dire horizontalement sur celle-ci, fig. 1 et 2, pl. 196 ; la fermeture de l'arrière est faite au moyen d'une plaque qui emboîte l'essieu et aplatit une garniture en cordes à la fois contre la boîte, et contre l'essieu. Cette plaque formant ainsi une sorte de presse étoupe est rattachée à la boîte par 4 boulons, un croissant en cuir complète aussi cette fermeture et lubrifie le congé de l'essieu. La lubrification se fait par un pinceau de mèches, pressé par un ressort central, ou par un tampon monté sur carcasse en bois.

La vis inférieure se retire pour la mise en place, et sert à maintenir le tampon graisseur abaissé, au moyen d'une corde, au-dessous du plan du bord extérieur de la fusée.

L'expérience montre que l'huile forme peu de cambouis dans cette boîte, et d'après M. Delannoy on peut faire 4 à 5,000 kilom. sans renouveler l'huile.

Les voitures de la Compagnie de l'Est envoyées à l'Exposition étaient munies de cette boîte (sauf la voiture à 2 étages), et plus de 47,000 boîtes de ce système sont en service sur les chemins français et étrangers.

En outre des spécimens placés sur les voitures de l'Est, M. Delannoy avait exposé divers autres modèles pour wagons et tenders, et entre autres un modèle simplifié pour wagonnets : la fusée est dépourvue de collet extérieur de sorte que l'introduction de la boîte est plus facile : le presse-étoupe est tenu par 3 boulons seulement.

Boîte à huile Dietz. — M. Dietz, ingénieur des ateliers de Montigny, près Metz, du chemin de fer de l'Est, expose une boîte de son système adopté pour un grand nombre de wagons de la ligne de l'Est, et pour le fourgon à marchandises exposé par cette Compagnie.

Le but de la disposition adoptée est la suppression de tout tampon graisseur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant plonger la fusée dans l'huile. Un barrage en métal pressé contre la fusée par un ressort ferme la capacité antérieure formant réservoir : l'huile qui filtre le long de la fusée et du collet de l'essieu est remontée par une rondelle et raclée sur une pièce spéciale qui l'oblige à se rendre dans le réservoir. L'huile qui remonte par l'orifice central se ramasse dans le réservoir supérieur dont le trop-plein se déverse dans le réservoir inférieur : ce réservoir supérieur est surtout utile au moment du départ. Deux rainures empêchent l'huile de filer le long du moyeu, et de ce côté la fermeture est encore assurée par une rondelle ou un cuir. Cette boîte est plus large, au droit des plaques de garde, que les autres boîtes ordinairement usitées, et l'agitation imprimée à l'huile par la rondelle tend à diminuer sa limpidité.

Boîte à huile Basson. — Le chemin de fer de l'Est a adopté pour ses voitures à deux étages, dont un spécimen figurait à l'Exposition, une boîte allemande du système de M. Basson, représentée par la fig. 4, pl. 196.

La lubrification se fait par un tampon à mèches pressé contre la fusée par deux ressorts, et dont le rapprochement est réglé par des tasseaux en bois : la carcasse du tampon porte, attachée sur tout son pourtour extérieur, une toile filtrante ou une peau de chamois dont l'autre bord est attaché à la boîte, de telle sorte que l'huile se filtre avant de revenir au réservoir inférieur. La fermeture est faite par *un feutre*, près du moyeu. L'introduction de l'huile se fait par un godet latéral.

Le wagon à houille de M. Carl Veyer et un autre véhicule de la section prussienne portaient aussi des boîtes Basson : dans celles-ci, le godet d'introduction d'huile est supprimé, et la visite de la boîte se fait en levant les wagons tous les six mois, après des parcours estimés de 30 à 40,000 kilomètres : les dates de visite des boîtes sont inscrites sur les wagons; la contenance du réservoir est de 500 grammes d'huile environ, et l'expérience montre qu'on remplace en moyenne la moitié de cette quantité dans les visites semestrielles.

Le chemin de fer prussien de Berg-Mark possède une grande quantité de ces boîtes.

Boîte mixte du Nord. — Le joint de cette boîte est au milieu et se fait sur une mince lame de cuir. La carcasse du tampon est en fonte malléable, et est soulevée par une lame de ressort, la pression contre la fusée étant réglée par un tasseau en bois qui occupe la position médiane, et frotte sur l'arête inférieure de la fusée. Des deux côtés de ce tasseau sont les mèches ou pinceaux constituant le tampon et deux mèches plates plongeant dans l'huile. Pour empêcher les pertes d'huile du côté du moyeu, on a disposé sur la portée de calage deux rondelles : l'une, en bois, intérieure à la boîte, qui ne forme pas complétement le cercle, mais forme une sorte de fer à cheval et laisse en bas une partie sur laquelle agit une petite raclette portée par la carcasse du tampon; et une deuxième, extérieure à la boîte, formée de rognures de toiles de bâches collées ensemble.

Le bouchon fusible fondant *vers 140 degrés* est, soit en alliage de 38 parties de plomb, 38 d'étain et 24 parties de mercure ; soit en mélange savonneux, composé de 80 parties de savon de Marseille et de 20 parties de stéarine. Ce dernier est presque exclusivement adopté.

Boîte à eau ou à huile du système Piret. — M. Piret expose à la fois dans les sections française et belge des boîtes de son système qui a du succès comme application aux paliers de transmissions ordinaires.

Nous devons à M. Piret le dessin et les renseignements qui vont suivre.

Le dessin (fig. 7, pl. 196) de la boîte à eau fait parfaitement comprendre le système, dont la particularité consiste principalement dans la raclette munie de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compartiments *hélicoïdes* et formant écope de remonte d'eau. Le coussinet, préalablement à toute mise en marche, a été, au sortir de l'atelier, garni d'une couche de graisse en panne qui produit la lubrification première, et que le passage incessant de l'eau empêche de fondre. La fermeture est faite par une première rondelle en feutre, et une deuxième rondelle de sûreté en cuir placée à l'extérieur.

Des boîtes à eau ont été essayées avec succès au chemin de fer de l'Est, mais pour répondre aux objections faites, que les graisseurs des trains, déjà munis de burettes à huile et de seau à graisse pourraient bien ne pas emporter de burette à eau et mettraient de l'huile dans les boîtes de M. Piret, on a mis en service le 6 février 1867, sous la voiture de 1re classe n° 202, dans les trains-poste de Paris à Mulhouse, 4 boîtes du système Piret remplies d'huile et plombées, afin qu'il n'y fût pas mis d'huile ailleurs qu'à Paris. D'après un certificat de M. Boutard, l'ingénieur du matériel roulant du chemin de fer de l'Est, ces boîtes avaient fait, antérieurement au mois de juin 1867, 19,150 kilomètres avec une dépense totale d'huile de 45 grammes. La fermeture de la boîte Piret paraît très-supérieure.

Boîte à eau système Haeck (Belgique). — Dans l'exposition de boîtes à graisse de M. Fontaine, fondeur à Baume, nous remarquons, entre autres, un type de boîte à eau, dû à M. *Haeck*. Dans cette boîte, un réservoir inférieur est rempli d'eau et de graisse ; un cylindre en bronze est pressé sur la fusée et, en tournant dans ce mélange, produit la lubrification. Nous manquons de renseignements sur l'application de cette boîte.

Boîte à eau de M. Aërts (Belgique). — Nous donnons (fig. 6, pl. 196) le dessin de la boîte à eau du système Aërts, appliquée en Belgique, surtout au chemin de fer du Centre-Belge, avant sa fusion avec la Société générale d'exploitation de chemins de fer. Le dessin de la pl. 196 et les renseignements qui vont suivre sont extraits d'une notice imprimée de M. Aërts et Ce.

Le système a pour but d'employer l'eau comme matière lubrifiante, en la faisant passer d'une manière continue entre les parties frottantes préalablement graissées. La roulette en fonte fixée à l'extremité de l'essieu plonge dans un réservoir d'eau, elle est raclée par une lame de bronze, et l'eau se rend sur la fusée par la lumière du coussinet. Un tampon en passementerie, de forme semi-circulaire, imbibé d'huile et d'eau est légèrement pressé sous la fusée au moyen d'un ressort à boudin. Les parties frottantes restent continuellement recouvertes du corps gras dont on les a préalablement enduites, de sorte que l'eau n'est jamais en contact avec les métaux. Ces boîtes montées sur les wagons du Centre-Belge ont éprouvé de nombreuses ruptures dans l'hiver 1867-1868.

Boîte mixte du système Gobert (Belgique). — M. Gobert, ingénieur en chef, directeur de l'arsenal de Malines, (ateliers des chemins de fer de l'État belge), expose une boîte de son système, adoptée sur plusieurs chemins de fer de Belgique, et qui paraît très-bien disposée. La boîte se compose, comme le montre la fig. 3, pl. 196, d'une partie inférieure réunie à la partie supérieure par une ligne de jonction placée au-dessus de la fusée. La fermeture à l'arrière est formée d'une rondelle en bois garnie de lisière de drap. Le tampon graisseur monté sur une carcasse en tôle mince est pressé contre la fusée par deux ressorts, le paquet de mèches (en laine, en coton ou en feutre) n'est pas placé immédiatement sous l'axe de l'essieu, mais il est divisé en deux parties laissant entre elles un intervalle d'environ 3 centimètres : il paraît qu'il y a ainsi moins d'encrassement. Dans une nouvelle disposition, la partie médiane de la carcasse du tampon est disposée de manière à former un deuxième réservoir d'huile placé plus près de la fusée. Une rainure placée à la partie supérieure du coussinet en bronze ramène

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur les extrémités l'huile qui est amenée dans la lumière supérieure centrale. L'introduction de l'huile se fait par un godet latéral, à couvercle.

Au-dessus de la boite est un réservoir à graisse dont la lumière est fermée par un bouchon fusible en métal ou en soufre.

D'après des renseignements donnés par M. Gobert, 40,000 boites de ce système sont aujourd'hui en service. Garnies de 750 grammes d'huile elles peuvent faire 40,000 kilomètres sans renouvellement[1].

M. Gobert a également établi des paliers graisseurs de ce système qui fonctionnent avec avantage à l'atelier de Malines, et ont fonctionné d'une manière satisfaisante à l'Exposition où la transmission de la section belge en était munie.

M. Gobert propose en outre ce mode de lubrification pour des applications diverses, comme les glissoirs de têtes de piston et têtes de bielles de machines fixes et locomotives, etc.

Boîte allemande. — Le modèle de boîte à huile généralement usité en Allemagne se rencontre dans la section des Pays-Bas et de la Prusse.

Pour les trois véhicules de la section des *Pays-Bas*, les boîtes sont à réservoir inférieur et supérieur, avec tampon inférieur de graissage ; le réservoir supérieur est muni d'une séparation transversale qui fait de la partie antérieure une sorte de godet que l'on remplit d'huile : une mèche y plonge et forme siphon pour alimenter le dessus du coussinet.

Six voitures sur huit, dans la section prussienne, sont munies de boîtes d'un genre analogue à celui que nous venons de décrire pour les voitures des Pays-Bas : toutefois, pour l'une de ces voitures, l'huile n'est pas versée directement dans le réservoir supérieur, mais elle est contenue dans un récipient additionnel en fer blanc qui se place dans le réservoir supérieur, et d'où part la mèche formant syphon.

Boîtes italiennes. — M. Benech-Rochetti expose, dans la section italienne, deux modèles de boîtes à graisse qui ne présentent aucune disposition exceptionnelle, mais dont l'usage est très-répandu en Italie, et pour lesquelles l'exposant a obtenu une mention.

Dans le wagon exposé par les chemins romains, la boite offre un réservoir supérieur de sûreté contenant de la graisse, et un réservoir inférieur contenant de l'huile : celle-ci est amenée au contact de la fusée par un galet plongeant en partie dans le réservoir.

Boîte à huile du Nord-Est suisse. — La boîte à huile de la voiture suisse présente plusieurs particularités. Son coussinet est en métal blanc, et son réservoir inférieur à huile ne présente pas d'ouverture pour l'introduction de l'huile. Celle-ci est introduite par un godet supérieur communiquant par une lumière avec le coussinet : le réservoir inférieur porte une vis de vidange, et lorsque celle-ci ne donne plus d'huile on remplit le godet supérieur. Le tampon graisseur est porté par une carcasse en tôle mince et pressé contre la fusée par une petite lame de ressort. Le réservoir inférieur est divisé par une cloison en fonte en deux étages distincts, les mèches qui prennent l'huile plongent dans la partie inférieure, et l'huile qui a servi ne peut y rentrer qu'en se tamisant sur un petit filtre central supporté par la cloison de séparation des deux étages.

Métal de doublage employé aux États-Unis. — Dans la section des États-Unis on trouve un métal de doublage de coussinets de wagons, exposé par une Compa-

1. Prenant en considération ce grand parcours, M. Gobert serait d'avis de supprimer le petit godet d'introduction, lequel permet les pertes et les vols, et de laisser la voiture en service jusqu'au moment où la fusion de la graisse préviendrait de l'épuisement de l'huile.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gnie dite *Star-Métal*, qui y joint de nombreux certificats d'emploi satisfaisant sur un grand nombre de lignes des États-Unis et du Canada parmi lesquelles nous citerons :

Chicago and Great-Eastern railroad Cy.
Michigan-Central railroad Cy.
Toledo, Wabash and Western Ry. Cy.
Chicago, Burlington and Quincy railroad Cy.
Michigan-Southern and Northern-Indiana railroad Cy.
Grand-Trunk railway of Canada.

§ 3. — Ressorts[1].

Le progrès à signaler pour les ressorts des voitures de la section française est la grande longueur, de 2 mètres, des ressorts de suspension des voitures de première classe de l'Est et du Nord; les ressorts de cette dernière voiture sont sensiblement plats, et ils présentent en outre la particularité, déjà signalée plus haut, d'une double maîtresse feuille, disposée comme l'indique le croquis 8, pl. 196.

Les ressorts des wagons à marchandises des sections étrangères sont presque tous pourvus de mains de suspension, ce qui est regardé comme facilitant le passage des courbes, et bon pour la conservation du matériel, tandis que les wagons de la section française ont des ressorts à contact direct.

Signalons, dans l'exposition de MM. Petin Gaudet, les ressorts formés par la superposition des rondelles coniques en acier, du système Belleville (fig. 9, pl. 196), appliquées comme spécimens à la suspension et à l'attelage d'un wagon à marchandises; jusqu'à ce jour, ces rondelles n'ont été appliquées que pour appareils de choc et de traction aux chemins de fer du Nord et de l'Est [2].

Les appareils de choc et de traction avec rondelles en caoutchouc, ou bien ressorts à spirales d'acier (dits Brown), sont employés en majorité pour les wagons de marchandises des chemins français, bien que la Compagnie de Lyon nous montre, par les wagons exposés, qu'elle préfère l'emploi de ressorts en lames.

Dans les wagons des sections étrangères, nous trouvons les rondelles de caoutchouc ou le ressort en volute, qui est plus estimé que le ressort en hélice. Deux dessins de wagons dans la section autrichienne, l'un du chemin Élisabeth, l'autre du Ferdinand-Nordbahn, nous représentent même ces ressorts, employés pour la suspension, et portés par un balancier qui repose par un couteau sur la boîte à graisse (fig. 11 de la pl. 196).

Le ressort de la voiture suisse se recourbe légèrement en arc à ses extrémités (fig. 1, pl. 194), et sa main de suspension contient un petit ressort en hélice, destiné à amortir les secousses éprouvées par les extrémités. La section de filature présentait un spécimen de tampons américains, du système de M. Thomson, formés de ressorts à boudins bourrés de laine, dont on paraît avoir fait quelques applications aux États-Unis.

Comme forme des lames de ressorts, nous mentionnerons le type adopté dans quelques voitures des sections hollandaise, prussienne et suisse, où, pour éviter les étoquiaux, les lames présentent à leur milieu une rainure longitudinale ou

1. Pour les conditions d'établissement des ressorts des véhicules exposés, voir les tableaux A, B et C placés à la fin du premier chapitre.

2. Voir *Annales du Génie civil*, n° 1, de 1867. Compte rendu des séances de la Société des ingénieurs civils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gouttière, qui forme entres elles une sorte d'assemblage à rainure et languette (voyez fig. 10, pl. 196).

Citons aussi le ressort du système anglais *Sterne*, où les rondelles de caoutchouc sont arrangées de manière à utiliser la compression de l'air renfermé dans la partie centrale du tampon.

L'emploi, pour la construction des ressorts, de l'acier fondu au creuset diminue de jour en jour pour être remplacé par l'adoption soit des aciers Bessemer, dont le prix est faible, soit des aciers corroyés, qui se vendent mieux comme vieille matière.

§ 5. — Éclairage.

Nous ne trouvons aucun perfectionnement important à signaler dans l'éclairage des voitures de chemin de fer, qui se fait presque généralement au moyen d'huile de colza, brûlant dans des lampes à réservoir supérieur. De nombreux spécimens de divers modèles étaient exposés par M. Masson, par M. Chatel et par M. Luchaire, constructeurs.

En France, on ne met pas de verres aux lampes; mais les voitures prussiennes nous montrent des spécimens de lampes munies de verres, disposition qui est généralement usitée en Allemagne.

MM. Dezelu et Guillot exposent un *injecteur-lampe* breveté par eux, qui permet, moyennant un léger changement aux becs de lampes actuels, de remplir les réservoirs sans perdre d'huile.

Dans la voiture à deux étages de l'Est, les lampes, au nombre de deux par compartiment, sont d'un modèle réduit, et sont placées dans chaque paroi latérale (fig. 11, pl. 191); elles sont accessibles du marchepied de la voiture.

MM. Masson et C^ie^ (ancienne maison Camus) ont exposé des lampes éclairées au pétrole, pour signaux extérieurs de trains, et destinées à la Compagnie de Lyon.

Dans la section prussienne, M. Berghausen expose un projet d'application du pétrole à l'éclairage des voitures et des signaux des trains. Chaque lanterne est munie d'un petit réservoir contenant un liquide extincteur dit de *Bucher*, qui, en cas d'accident ou de chaleur trop forte, viendrait éteindre la flamme de la lampe. Ces appareils n'ont pas encore été appliqués.

La Suisse nous montre, dans la voiture de la Société de Neuhausen, des lampes contenues dans les cloisons des voitures (fig. 2, pl. 194), et accessibles du couloir de la voiture ou de la plate-forme extérieure.

Dans la section prussienne, nous voyons une voiture construite par la Société de Berlin, et destinée au chemin de Stettin, où l'éclairage se fait au moyen de deux grosses bougies par compartiment. Un ressort fait remonter les bougies à mesure qu'elles se consument, et celles-ci sont entourées d'un large cylindre en cristal, qui se prolonge par un cylindre en tôle jusqu'au toit, de manière que l'allumage ou le remplacement se fassent de l'extérieur. L'emploi de la bougie, imitation des chemins de fer russes, est nécessité, dit-on, par la rigueur du climat en hiver, l'huile se gelant par le froid.

L'essai d'éclairage des voitures au gaz n'était pas représenté à l'Exposition, bien qu'il ait été fait à l'étranger diverses applications dignes d'être signalées [1]; ce n'est que dans la classe 50 (section française) que nous avons rencontré quelque chose ayant trait à ce sujet; c'est un projet, fait par MM. Achard et Simon, d'une application de leur régulateur d'écoulement aux voitures éclairées

1. Voir *Annales du Génie civil*, année 1866, page 623.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par le gaz. Ce régulateur se compose en principe d'une petite soupape pressée par le gaz et suspendue à une mince lame de métal, dont un côté est également pressé par le gaz, l'autre étant en contact avec l'air atmosphérique. Lorsque l'écoulement va trop vite, la pression agit sur la lame et fait fermer légèrement la soupape.

D'après le projet de MM. Achard et Simon, les stations principales comprimeraient, au moyen de machines à vapeur, le gaz pris sur les conduites de la ville, à une pression de 30 atmosphères, dans des réservoirs cylindriques.

Les voitures seraient munies, à leur partie inférieure, de cylindres où le gaz serait comprimé à 8 ou 12 atmosphères. La consommation, pour un bec éclairant six fois autant que la lampe à huile actuelle, et pour une pression de 20 millimètres d'eau, est évaluée à 100 litres par heure ; et l'augmentation de poids par voiture, pour un appareil contenant du gaz pour vingt heures, serait d'environ 200 kilogrammes.

§ 6. — Freins.

Frein Stilmant. — M. Stilmant expose : 1° un frein appliqué à un fourgon à marchandises de l'Est ; 2° un modèle de ce frein ; et 3° les dessins de diverses applications de ce frein.

Fig. 4. (*Est*).

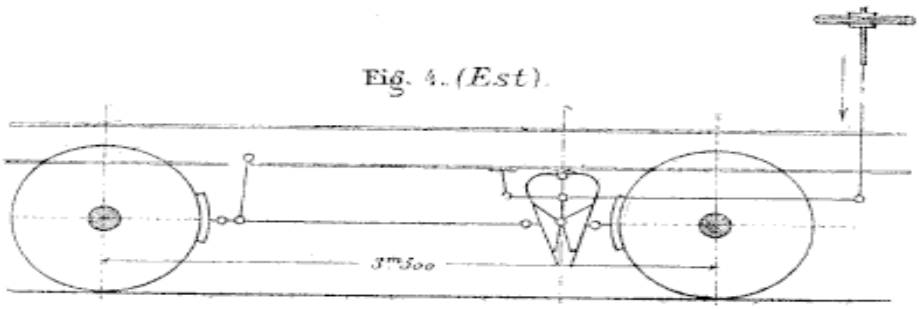


Fig. 5.

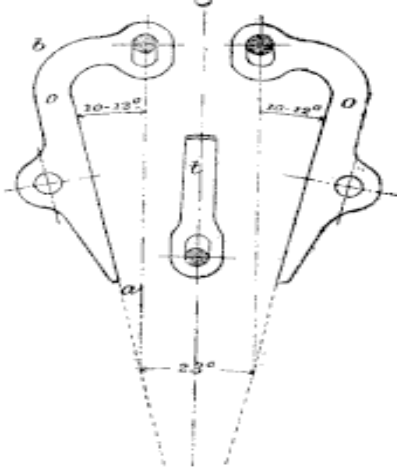


Fig. 6. (*Nord*).

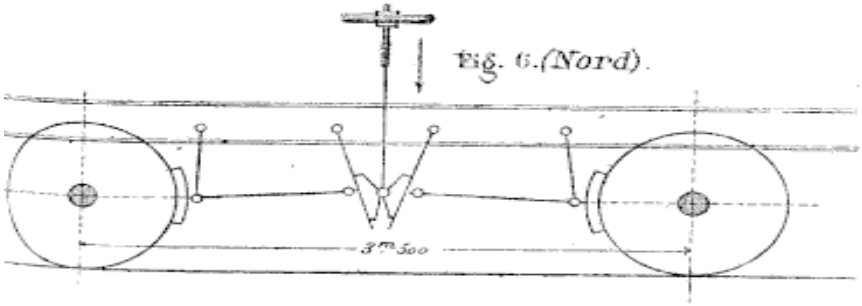


Fig. 7.

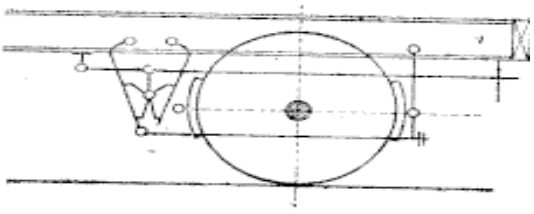


Fig. 1.

Nous avons décrit le fourgon de l'Est considéré comme véhicule; nous parlerons maintenant du frein sur lequel M. Stutz a fait une étude complète, à laquelle nous renvoyons pour les détails, dans les *Annales du Génie civil*, numéro de janvier 1868.

Le frein de Stilmant, représenté par les figures 4 à 7, peut s'expliquer sommairement en disant que l'écartement des sabots est obtenu par l'enfoncement d'un coin, très-ingénieusement disposé en deux parties articulées de telle manière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le serrage entraine la diminution de l'angle du coin; il en résulte, au commencement du serrage, une certaine vitesse de rapprochement des sabots contre les roues, vitesse qui diminue au fur et à mesure de l'enfoncement du coin, au bénéfice de l'effort de serrage, comme cela se produit dans les freins dits en V.

D'après son auteur, ce frein, dont les sabots sont en métal, ne produit pas le calage des roues, bien qu'exerçant sur les roues un serrage de 16 à 18,000 kilogrammes en cinq à six secondes, en trois ou quatre tours d'un volant de 50 centimètres; la vis a un pas de 44 à 46 millimètres; le rapport entre les leviers est de 1 à 5, et l'angle initial du coin 23°. Les trous de suspension des porte-sabots sont ovalisés et permettent le jeu de la caisse sur les ressorts.

Plus de 1200 freins [1] de ce type sont aujourd'hui en service sur des wagons, voitures ou tenders des Compagnies de l'Est, du Nord et de l'Ouest.

Perfectionnement au frein Guérin, par M. Dorré, inspecteur du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est. M. Dorré a exposé le modèle au 1/10 d'un perfectionnement qu'il a apporté au frein Guérin, et qui a été appliqué à 160 wagons à marchandises de la ligne de l'Est [2]. Le ressort de rappel, tel qu'il a été appliqué par M. Guérin, présente, comme inconvénients, d'affaiblir l'action du frein en même temps qu'il occasionne des réactions désagréables au moment de l'arrêt; cela tient à ce que ce ressort agit directement à l'encontre du refoulement des tampons pendant tout le temps du serrage, et avec une énergie qui augmente en même temps que le serrage. M. Dorré a eu l'idée d'agir indirectement sur ce ressort, placé parallèlement à l'axe du wagon, comme l'indique la figure 22, planche 196, au moyen d'un plan incliné calé sur la tige de traction; ce plan présente deux inclinaisons, l'une de 45°, l'autre très-faible; les petits ressorts agissant sur la première partie opposent une résistance égale à celle qu'opposait le ressort de rappel utile pour prévenir le fonctionnement inopportun; mais, au fonctionnement, le buttoir s'enfonce de manière que les deux ressorts ne pressent plus que sur la deuxième partie, et la résistance qu'ils opposent au recul des tampons, c'est-à-dire au serrage, est insignifiante.

Frein du système Fell, pour le rail central. — La voiture destinée au chemin de fer à rail central du Mont-Cenis, et exposée par MM. Chevalier-Cheilus et Cie, est munie, outre son frein à main établi suivant le système ordinaire, d'un frein du système Fell, agissant sur le rail central. Cet appareil se compose de deux sabots en fer embrassant le rail central, et reliés, à leurs extrémités, par deux tringles tournant chacune autour d'un pivot central, de manière à former un parallélogramme qu'ouvre ou ferme un levier commandé par une vis. La fermeture rapproche les sabots contre le rail central. Dans un deuxième système à l'étude, M. Fell se disposerait à agir à la circonférence des galets directeurs.

Appareil de serrage du système Tabuteau. — Cet arrangement, qui est exposé par la Compagnie du Midi, sur sa voiture mixte, a été adopté par elle pour plus de 100 véhicules. Le frein proprement dit est conservé, et la particularité de l'appareil ne porte que sur la transmission de l'effort. On s'est donné comme point de départ l'emploi d'un levier dont la poignée a une course d'environ 1m.50, et l'effort exercé est renvoyé au frein par un V (fig. 21, pl. 196), dont les branches s'ouvrent sous la pression du grand levier. Ce frein jouit en commun, avec tous les freins où les transmissions sont sous forme de V, de la propriété

1. Au 7 mars 1867.

2. Nous croyons pouvoir dire que MM. Lefèvre et Dorré ont combiné un frein automoteur, fonctionnant par le recul libre des tampons, et que des essais actuellement en cours annoncent comme bien supérieur au frein Guérin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

suivante : c'est que, pour les distances égales parcourues par le levier de serrage et le sommet, les distances parcourues par le point d'attache de la tringle de serrage diminuent au fur et à mesure que l'angle devient plus obtus; par suite la vitesse de serrage diminue à la fin de la course du levier de serrage, mais au grand avantage de l'effort produit sur les roues. Dans la voiture mixte, les divers leviers sont groupés sur une plaque commune, fixée à la traverse d'arrière (fig. 6, pl. 194. Ce frein cale les roues très-rapidement; mais il faut avoir soin d'établir solidement les points d'articulation, car sans cela les jeux ou l'usure lui font perdre une partie de sa puissance.

Le reste du frein de la voiture du Midi se compose de 8 sabots articulés et disposés tout-à-fait comme dans les freins allemands.

Appareil de serrage, système Lapeyrie. — Cet appareil est destiné à rapprocher rapidement des roues les sabots des freins, de manière à éviter les pertes de temps au commencement du serrage. Il se compose d'un très-long ressort à boudin, enroulé le long de la tige de la manivelle, fixé d'un bout sur cette tige, et de l'autre à une pièce qui est guidée de manière à pouvoir monter ou descendre, sans cependant pouvoir tourner; l'extrémité inférieure n'est pas fixée directement sur la tige verticale de la manivelle, mais bien sur une pièce spéciale disposée en rochet, qui permet le réglage de la tension du ressort quand il a perdu en service. Lorsque le frein est desserré, le ressort possède une tension initiale de 5 tours, et est maintenu dans cette position par un rochet E. Sitôt que celui-ci est enlevé, le ressort lance l'arbre de la manivelle, de telle sorte que, grâce à la vitesse acquise, il se produit un commencement de serrage, et il suffit d'un quart de tour à un demi-tour pour le compléter. Un deuxième rochet, inverse du premier, manœuvré par la même poignée, et mis en prise par l'opération du déclanchement même du premier, empêche le desserrage.

Le ressort à boudin est en fil d'acier de 7 millimètres d'épaisseur, nº 24; il y a 60 spires, dont le diamètre extérieur est de près de 8 centimètres. Cet appareil, qui coûte une soixantaine de francs, est appliqué en France à environ 480 voitures et wagons, et en Belgique à 130 fourgons. Sur les fourgons du chemin du Nord, où il est très-employé, cet appareil est complété, comme tous les freins à contre-poids, par l'addition d'une tige de déclanchement actionnant le déclic. Une corde attachée à la tige vient à l'avant du tender, de sorte que le mécanicien peut opérer le commencement de serrage du frein. L'attache de la corde à l'appareil de déclanchement est aujourd'hui réglementaire sur le chemin de fer du Nord.

Système allemand pour limiter le desserrage. — Les freins des wagons prussiens portent une disposition simple, dans laquelle on a voulu limiter le desserrage au nombre de tours nécesssaire pour ôter les sabots du contact, de manière à réduire ce serrage à ce même nombre de tours. Ce but a été obtenu au moyen d'une portion de vis ménagée sur l'arbre vertical, et de la longueur correspondante au nombre de tours du desserrage (fig. 24, pl. 196). L'arbre est ensuite d'un diamètre égal au plus petit diamètre d'un écrou guidé qui monte sur lui pendant que l'on serre. Si le serrage demande un nombre de tours plus grand que le desserrage, à cause de l'usure des sabots, l'écrou cesse d'être en prise avec le filet de vis; mais il n'empêche pas l'arbre de tourner, et quand on tournera en sens inverse, il se remettra en prise et ne laissera desserrer que du nombre de tours nécessaire.

Nous allons parler maintenant de freins d'un usage plus spécial, ou qui n'étaient représentés à l'Exposition que par des dessins ou modèles, et sans avoir la consécration d'application sur une grande échelle.

Frein à embrayage électrique, de M. Achard. — M. Achard expose l'un des four-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gons avec lesquels il a fait ses expériences sur le chemin de l'Est. Ce fourgon, qui a été construit pour cet effet par l'usine de Grafenstaden, reproduit exactement, sauf le frein, l'un des types de l'Est dont nous avons donné la description comme véhicule, page 179.

Nous nous occuperons maintenant du frein dont l'arrangement est représenté par les figures 17 et 18 de la planche 196, et pour lequel M. Achard a reçu le prix Montyon, dans la séance publique annuelle du lundi 5 mars 1866, sur un savant rapport de M. Combes, inspecteur général des mines. L'objet de cette invention est d'arrêter, le plus rapidement possible, les trains par un appareil entièrement sous le contrôle du mécanicien, et sans l'assistance des serre-freins, en opérant la commande par l'électricité. Des essais satisfaisants ont été faits en France, sur la ligne de Paris à Strasbourg, en Belgique, sur la ligne de Bruxelles à Liége et à Verviers, ainsi qu'en Autriche, en Hanovre et en Wurtemberg.

Les fourgons pourvus de freins sont munis d'une batterie de six éléments de Daniel : une corde, formée de quatre à cinq fils, isolés au moyen d'une enveloppe en gutta-percha, part du pôle positif de la pile du fourgon de tête ; elle se dirige vers le tender, où elle aboutit à un commutateur placé à la portée du mécanicien ; de là elle se dirige vers le fourgon de queue, où elle est reliée au pôle négatif de la pile. Le pôle positif de cette dernière est relié au pôle négatif du premier fourgon, par une deuxième corde semblable à la première. Le commutateur, placé près du mécanicien, établit la communication d'une manière générale ; mais si l'on veut faire serrer le frein, on interrompt la communication : alors les électro-aimants K K cessent de retenir la tige I, qui leur servait de pôle, et par suite la tige C, actionnée par le ressort H (moins fort que les électro-aimants), vient tomber sur l'excentrique B. A chaque révolution de la roue, le levier C est soulevé, et par l'intermédiaire d'un rochet, il fait tourner d'une dent une roue fixée sur l'arbre M : celui-ci enroule la chaîne, et opère le serrage du frein. Une disposition très-ingénieuse permet de limiter ce serrage, quand bien même les roues continueraient à tourner. La chaîne, s'enroule sur une partie O concentrique à l'arbre M, et rendue dépendante de celui-ci par quatre électro-aimants, contenus dans le tambour N ; la force de ceux-ci est calculée de manière à être un peu supérieure à ce qui est nécessaire pour le serrage, et si la roue continue à mouvoir l'excentrique B, l'arbre M tournera sans entraîner la partie O, et sans tendre davantage la chaîne. Le courant électrique des manchons N est local, c'est-à-dire qu'il est produit par la pile du wagon sans participer au courant général, et il n'est établi que lorsque le courant général est interrompu ; au contraire, lorsque celui-ci est rétabli, le courant local cesse, les manchons N de l'arbre O deviennent indépendants de M, et le frein se desserre.

Une roue dentée A fait mouvoir le levier S, et fait sonner un timbre placé à l'extérieur du fourgon, ce qui montre que le frein fonctionne, ou peut servir de communication entre le personnel du train.

Un levier peut être placé à l'intérieur du fourgon, pour que le frein puisse être également manœuvré de ce véhicule.

La tension sur les électro-aimants des manchons N, de 600 à 700 kilogrammes, est suffisante pour déterminer une pression de roue de 30,000 kilogrammes sur les sabots ; or 12,000 à 15,000 kilogrammes suffiraient pour le serrage, et afin de ne pas dépasser cette limite, on a attaché l'extrémité de la chaîne de serrage à un ressort de force convenable qui, arrivé au point de flexion correspondant à 15,000 kilogrammes, interrompt le courant local ; le frein se desserre un peu, et le même ressort se relevant rétablit alors la communication, par suite le frein se resserre ; il se produit ainsi une série de serrages et desserrages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Divers essais ont donné, pour l'arrêt d'un train de 7 à 10 véhicules, lancé à 70 kilomètres à l'heure, des distances de 650 mètres avec un seul fourgon agissant, 500 mètres lorsque les deux fourgons agissent, et 350 mètres lorsqu'on serrait en plus le frein du tender. Le desserrage se fait en moins de trois quarts de minute.

La pile dont se sert M. Achard peut marcher un mois sans être touchée, et la dépense est environ de 60 centimes par vingt-quatre heures.

Malgré les essais satisfaisants auxquels il a donné lieu, ce frein n'a pas encore été trouvé d'un fonctionnement assez régulier pour être introduit dans l'exploitation journalière des chemins de fer; car ces mêmes essais ont montré qu'on ne pouvait, quant à présent, compter sur la transmission du courant électrique, par les communications entre les voitures.

Frein des wagons du plan incliné de la Croix-Rousse, à Lyon [1]. — La pente s'élève jusqu'à 17 centimètres par mètre, et il est important de retenir les voitures en cas de rupture de câble. A cet effet, MM. Molinos et Pronnier ont disposé, près du rail, deux excentriques que la tension du câble de traction écarte du rail, mais qui viennent l'emboîter si le câble casse; le poids même du wagon tendant à descendre serre de plus en plus les excentriques, et l'arrêt se produit très-rapidement.

Freins de M. Jeannelle. — Deux modèles sont exposés par M. Jeannelle.

1° *Frein à contre-poids.* — Le principe appliqué est celui du chemin de fer du Nord; l'application diffère par la manière dont le contre-poids transmet son action; au lieu d'agir sur une crémaillère ou sur une vis, il agit sur une chaîne qui est enroulée sur un barillet conique fixé à l'arbre vertical de commande du frein. Deux applications, faites l'une au chemin du Nord, l'autre au chemin de Ceinture, ont fonctionné pendant trois ans.

2° *Frein automoteur.* — Ce frein est automoteur en ce sens que le serrage se produit par le recul libre des tampons, comme dans le frein Guérin; mais désirant éviter le ressort de rappel, ainsi que le manchon calé sur l'essieu, et dont la fonction est d'armer le frein Guérin, M. Jeannelle les remplace par un arrêt placé derrière le ressort de traction, et que l'on soulève à l'aide d'un levier spécial quand on veut laisser fonctionner le frein; par le même mouvement, on met en prise une crémaillère qui maintient le frein serré tant qu'on le désire. Cette transmission de mouvement se fait par un arbre horizontal placé sous la voiture et relié à volonté avec un arbre placé sous les voitures suivantes, de manière à rendre solidaires autant de freins que l'on veut. La jonction de ces arbres se fait par une sorte de parallélogramme formant joint universel (fig. 14, pl. 196).

Deux arbres sont placés symétriquement par rapport à l'axe de la voiture, qui n'a ainsi ni avant ni arrière.

Frein de M. Clément. — M. Clément expose le modèle à petite échelle d'un frein qu'il appelle *à entraînement* ou *hélicoïde*. Le principe consiste à mettre en prise, avec un filet de vis tracé en hélice sur un cône calé sur l'essieu, une forte barre de fer attachée au levier de commande de l'arbre du frein. Cette barre, en s'engageant dans les spires du cône, est éloignée de l'essieu et produit le serrage jusqu'au moment où les roues sont calées. Un arbre continu règne sous tout le train, la jonction étant faite à chaque voiture par une sorte de joint universel, afin de mettre tous les freins à la disposition de chaque garde.

Frein Osimitsch. — Dans la section autrichienne, M. Wilhelm Osimitsch expose le dessin d'un système de frein de son invention; c'est le refoulement des tam-

1. Voir aussi les *Annales du Génie civil*, année 1863.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pons qui amène le serrage du frein, et les dispositions prises pour empêcher le fonctionnement avant le mouvement voulu sont très-ingénieuses, mais nous paraissent fort délicates et peu susceptibles, quant à présent, d'une application pratique.

Freins de M. Conte, de Turin. — Trois modèles de wagons au 1/10e représentent ce frein, qui n'a jamais été appliqué, que nous sachions. L'un des essieux de chaque wagon porte un pas de vis sans fin, sur lequel on peut faire engrener à volonté un pignon porté par l'arbre horizontal de serrage du frein, qui est formé de patins venant s'appuyer sur le rail; néanmoins, le système est applicable aux freins à sabots pressant sur les roues. Dans le modèle exposé, le véhicule central porte trois leviers qui permettent à un seul agent monté sur ce wagon de mettre en prise les pignons de chacun des trois véhicules. Les dispositions de détail qui assurent cette transmission, ou qui limitent le serrage au point nécessaire, ne sont point indiquées.

M. Conte donne également le dessin d'un frein automoteur, où le serrage est produit par le refoulement des tampons; l'action de la tige de traction au départ rend le refoulement possible en soulevant les mentonnets butés des tampons. Nous n'avons pas remarqué qu'il y ait de dispositions ayant pour but d'empêcher l'appareil de fonctionner à chaque petit ralentissement survenant dans le cours de la marche.

Frein de M. Lucifero (Italie). — Cet appareil, exposé sous forme d'un modèle en bois, fait assez grossièrement, comporte une sorte de grande tenaille, actionnée par un cylindre à vapeur, et dont les mâchoires viennent serrer un disque calé sur l'un des essieux. Chaque véhicule serait muni d'un appareil semblable, et la vapeur viendrait de la locomotive par un tuyau régnant sous tout le train.

Frein du chemin de fer prussien Niederschlesish-Märkische (Basse-Silésie). — Ce frein, dont le but est d'éviter le calage des roues, était représenté sur un petit modèle de wagon à houille. M. Goschler, dans son *Traité pratique des chemins de fer*, dont un exemplaire figurait à l'Exposition, en donne la description suivante :

« La solution consistait à limiter l'effort à exercer sur le volant du frein, en rendant impossible le mouvement de la vis aussitôt qu'il aurait atteint une valeur maxima déterminée à l'avance. Mais considérant que cette valeur ne pouvait être constante et devait nécessairement varier avec la charge du véhicule, ils (les ingénieurs) songèrent à intéresser le poids de ce dernier en réunissant, au moyen d'un système de balanciers convenablement calculés, la crapaudine du support de la vis de transmission aux ressorts de suspension du véhicule. (Les longueurs de balancier sont calculées de manière que l'effort des sabots sur la roue ne dépasse jamais le quart de la charge totale sur les ressorts.) Aussitôt que l'effort exercé par le garde-frein sur le volant, dépassant la résistance du support, fait fléchir le ressort, tout le système de transmission s'abaisse, et un taquet, monté sur la vis, venant buter sur un arrêt fixé à la charpente du véhicule, rend impossible un serrage plus complet. »

Frein Creamer. — Le modèle de wagon-ambulance des États-Unis porte un système de frein dû à M. William G. Creamer, employé sur quelques chemins d'Amérique, et essayé en 1863 au South-Eastern railway en Angleterre, et au chemin du Nord en France.

Un très-fort ressort est contenu dans la boîte A (fig. 16, pl. 196) traversée par l'arbre portant la manivelle et opérant le serrage du frein[1]. Deux rochets B et C,

1. Dans les divers essais faits, le serrage s'opère par l'enroulement d'une chaîne sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

agissant sur deux couronnes dentelées en sens inverse, servent l'un B à maintenir le serrage des sabots quand le frein agit, l'autre C à empêcher le ressort de se détendre. Une tige D est attachée au rochet C, et elle va jusqu'au sommet du wagon, où elle est reliée à une ficelle qui règne sur tout le train, et est mise à la portée du mécanicien. Celui-ci, en tirant la ficelle, décroche successivement les divers rochets C, et fait agir les freins. L'arbre vertical M n'est pas fixé au ressort d'une manière invariable; la solidarité est établie au moyen d'une roue dentée et d'un rochet E, de sorte qu'en soulevant ce rochet, on peut faire fonctionner le frein à la main comme à l'ordinaire.

Les anneaux de jonction des ficelles entre elles ont une forme particulière, représentée par la figure 20, planche 196, qui fait qu'une fois assemblés ils ne peuvent plus se défaire. Pour assurer le déclanchement de tous les freins, quels que soient le réglage de la corde ou les variations de longueur dues aux tampons, l'extrémité de la pince de déclanchement a reçu la forme indiquée par la figure 23, planche 196; en agissant, elle se place dans le sens de la longueur de la voiture, et est abandonnée par la ficelle, de sorte qu'en amenant à soi une grande longueur de corde, le mécanicien est sûr d'avoir fait agir tous les freins.

Diverses dispositions de détail rendent cet appareil assez compliqué, surtout pour l'armement. En Amérique, le système des plates-formes se prête à son installation; mais dans les essais faits en France et en Angleterre, il a fallu placer au-dessus du toit le ressort et tous les rochets, de sorte qu'après le fonctionnement les agents devaient monter sur les voitures pour desserrer le frein. Ce n'est donc, à proprement parler, qu'un frein de détresse, et c'est ainsi qu'il est présenté par son auteur.

§ 7. — Choses diverses.

Communications électriques du système Prudhomme. — M. Prudhomme expose son système de communication électrique entre le personnel d'un train de chemin de fer. Ce système ayant été décrit avec grands détails par M. Tronquoy, dans les *Annales du Génie civil* (année 1866), nous rappellerons seulement son principe.

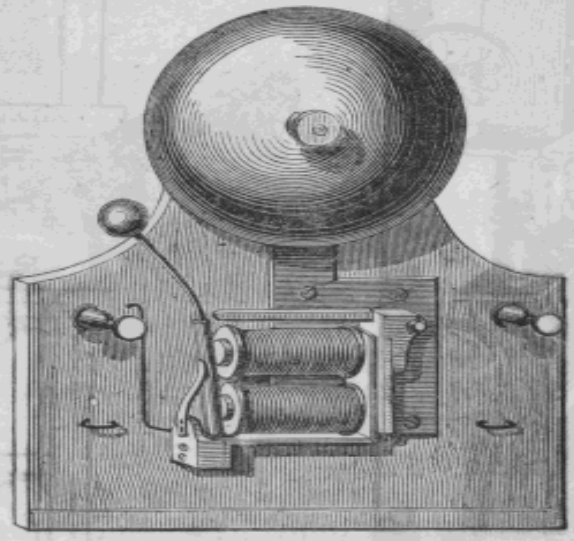


Fig. 8. Sonnerie électrique.

l'arbre vertical. En Amérique, ce moyen est généralement employé, à cause des déplacements relatifs du truck et de la caisse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Modèle servant à la démonstration du système Prud'homme.

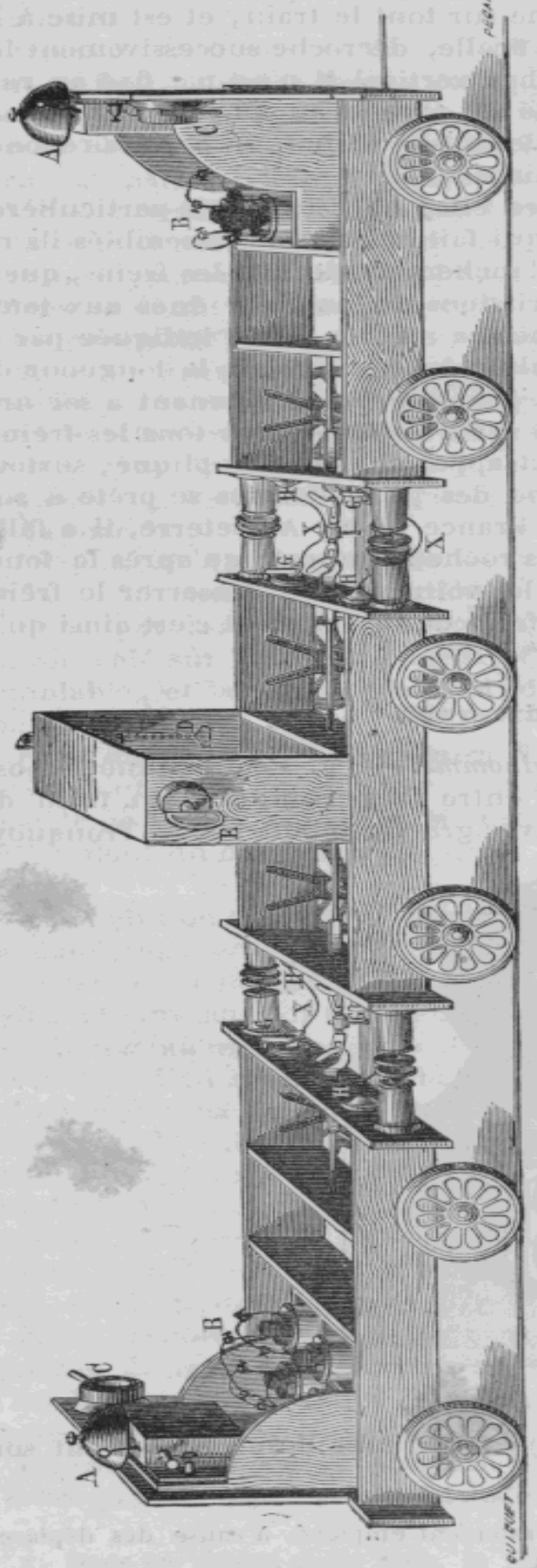


Fig. 9.

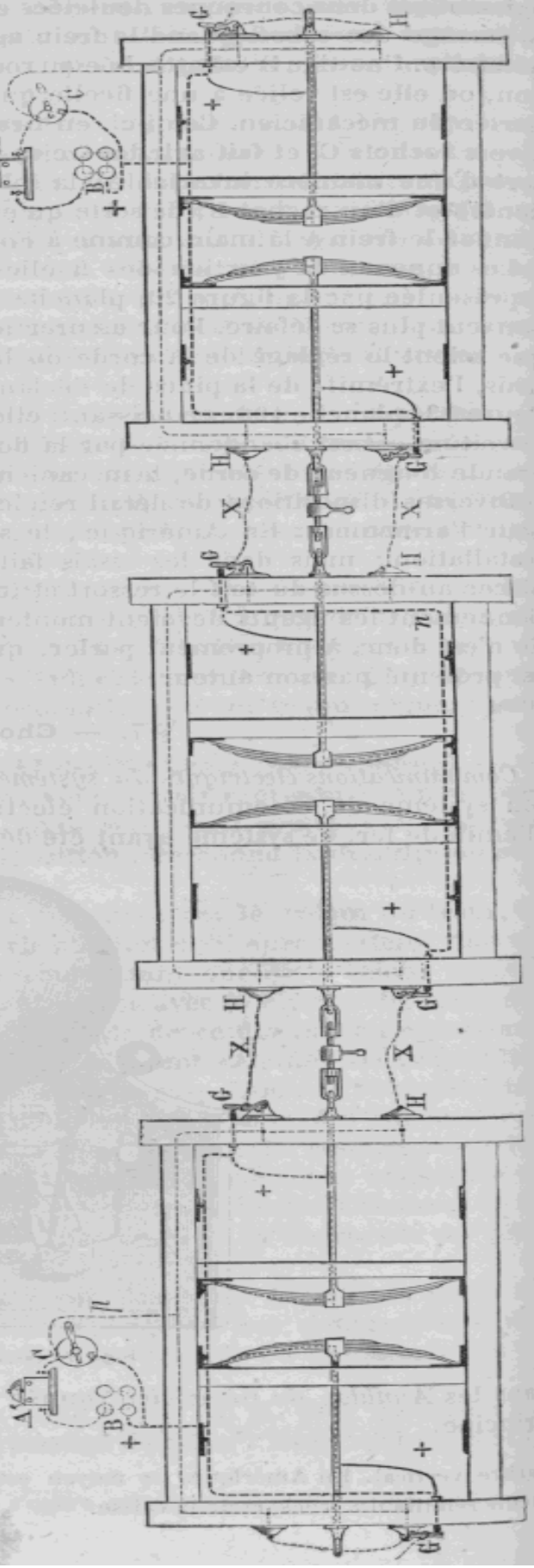


Fig. 10.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les fig. 9 et 10 représentent le modèle qui était exposé et qui sert pour la démonstration du principe, il comprend : 1° deux voitures d'extrémité de train, munies des sonneries A et A (représentées en détail par la fig. 8), de commutateurs C et de piles B; et 2° une voiture intermédiaire, munie d'un appareil d'appel D et d'ailettes E destinées à indiquer au chef de train la voiture d'où le signal est parti.

M. Prudhomme emploie autant de piles et de sonneries électriques qu'il veut faire entendre à la fois un même signal. Tous les pôles positifs de ces piles sont mis en communication avec le sol par l'intermédiaire de fils métalliques reliés aux barres d'attelages, ressorts, plaques de garde, etc... D'autre part, tous les

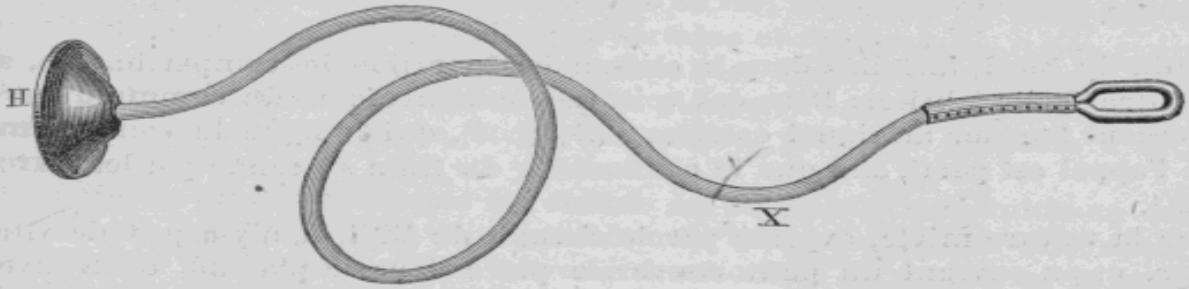


Fig. 11.

pôles négatifs sont reliés entre eux par un fil dont l'isolement est complet, et qui traverse les sonneries. Dans l'état ordinaire les pôles négatifs et positifs ne sont pas en communication, il n'y a pas de courant, et la sonnerie ne fonctionne pas.

Pour rendre continu le fil négatif de voitures à voitures, on se sert de cordes

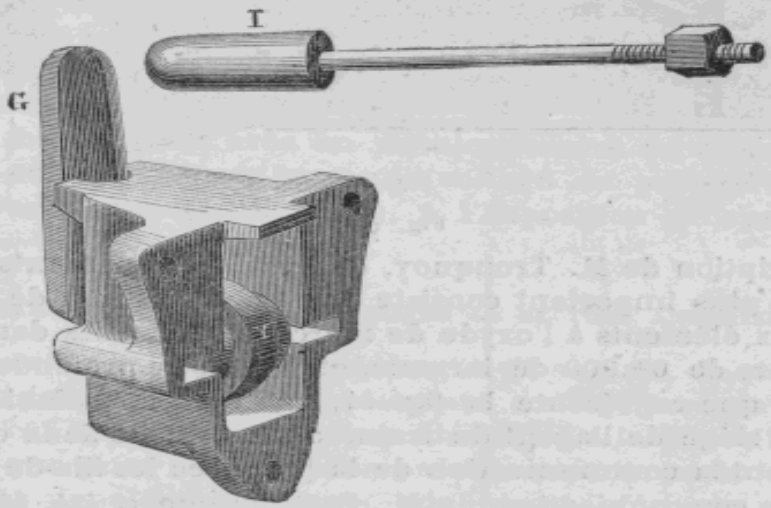


Fig. 12.

X, fig. 9 et 10, fig. 11, formées de gros fil de cuivre rouge, contourné en spirale et recouvert de trois couches de coton tressées et goudronnées. Le plateau est fixé à la voiture. La boucle de cette corde vient s'accrocher dans un crochet G (fig. 12), tournant autour d'un barillet à ressort Y. Ce crochet est alors écarté de la tête de boulon I, fixé à la traverse, et relié au fil positif. En cas de séparation du train, le crochet G vient retomber sur I, le circuit se ferme et la sonnerie marche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La communication s'établit au moyen d'un commutateur (fig. 13) placé près de l'agent qui peut appeler ; elle est en outre, dans les voitures de première classe du

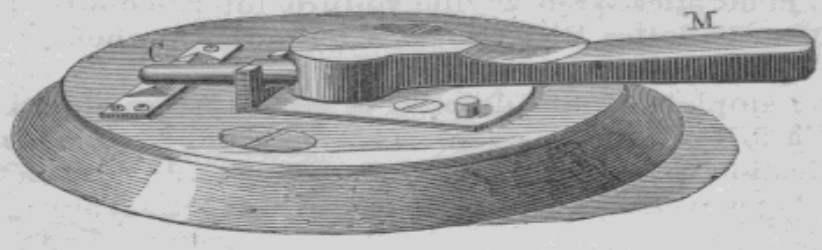


Fig. 13.

chemin du Nord, installée dans la cloison de séparation des compartiments, sous une vitre facile à briser. Dans ces voitures, le mouvement du commutateur fait également tourner un signal extérieur (E fig. 9), qui indique le compartiment d'où l'appel est parti, afin que le conducteur du train s'y rende par les marche-pieds [1].

Sur la voiture mixte, exposée par le chemin du Midi, il n'y a pas de vitre à casser, et en ouvrant un petit couvercle placé dans le plafond, on trouve la ficelle de tirage du commutateur.

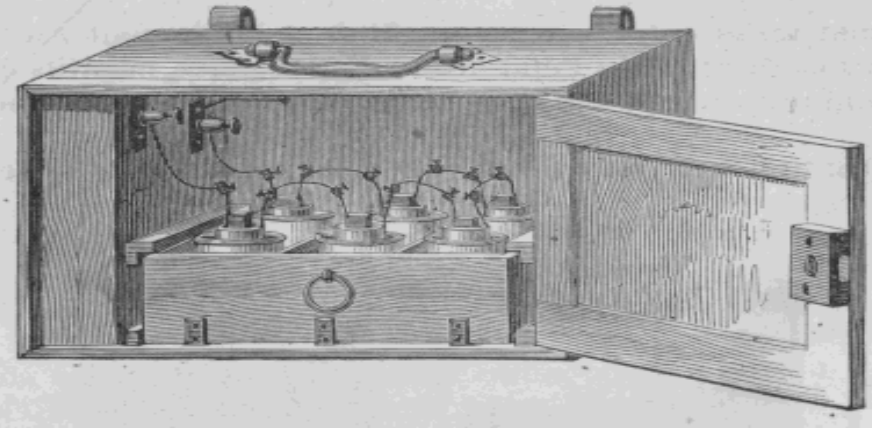


Fig. 14.

Depuis la description de M. Tronquoy, des perfectionnements de détails ont été introduits : le plus important consiste dans la disposition de la pile. Celle-ci se compose de six éléments à l'oxyde de mercure, enfermés dans une boîte de 0m.440 de hauteur, de 0m.300 de largeur, et 0m.200 de profondeur ; cette boîte, analogue à celle que représente la fig. 14, contient la trembleuse d'appel, et se place près du siége de l'agent du train, au moyen de deux crochets en cuivre, qui établissent la communication de la pile avec les fils de la voiture.

L'emploi de la communication de M. Prudhomme a été étendu à tous les véhicules des trains de voyageurs de la Compagnie du Nord, aux trains express de Lyon, Marseille, Genève et Vichy, à la Compagnie de Lyon et à un certain nombre de véhicules des autres compagnies françaises et de quelques lignes étrangères.

Communication électrique de M. Achard. — Nous avons indiqué, page 220, que le courant dont M. Achard se sert pour son frein peut également, en produisant des coups sur une sonnerie, donner une communication entre le per-

1. Les Compagnies du Nord et du Midi sont, en France, les seules, jusqu'à ce jour, qui fassent régulièrement le contrôle des billets pendant la marche.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sonnel d'un train. Considéré comme système de communication, pris isolément du frein, il a sur le précédent l'inconvénient de demander un fonctionnement constant de la pile, c'est-à-dire une plus grande dépense d'entretien.

Communication pneumatique. — MM. Chevalier-Cheilus et Cie, constructeurs à Paris, exposent la communication acoustique par *avertisseur pneumatique*, suivant le brevet de M. Jolly, dont ils sont cessionnaires.

La description suivante est extraite d'une notice imprimée, communiquée par les constructeurs.

L'avertisseur pneumatique permet d'établir entre les agents de la conduite et de la surveillance des trains de chemins de fer, de même qu'entre les voyageurs et ces agents, une communication certaine et rapide.

Il se compose d'un tube continu, traversant les châssis des véhicules composant un train et aboutissant à des sonneries placées, l'une sur la machine, et les autres près du chef de train et de chacun des hommes préposés à la manœuvre des freins.

La partie du tube qui traverse les châssis est en fer, les extrémités en dehors des traverses extrêmes sont en caoutchouc; chacune de ces extrémités est munie d'un T en laiton, dont la traverse horizontale est creuse et la branche verticale pleine (fig. 12, pl. 196).

Des tubes en cuivre ou en plomb, d'un petit diamètre, branchés sur le tube principal, viennent aboutir à des pompes aspirantes placées à la portée de chacun des agents du train et dans chaque compartiment de voyageurs.

L'attelage s'établit au moyen des traverses creuses des T en laiton, qui entrent à frottement dans les tubes en caoutchouc.

A l'extrémité du train, le tube est fermé par la branche pleine d'un T.

En déplaçant le piston de l'une des pompes, il se produit dans tout le tube une dépression qui met en jeu les sonneries à peu près instantanément.

L'avertisseur Jolly est, depuis le mois de mai 1866, l'objet d'expériences continues sur le chemin de fer de l'Est. Ces expériences ont toujours donné les résultats les plus satisfaisants.

Un spécimen fonctionnant avec un développement de tubes de 200 mètres était appliqué à un wagon-poste et à une voiture de première classe du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, à l'Exposition universelle, dans l'annexe des wagons.

COMMUNICATIONS EXPOSÉES DANS LA SECTION ANGLAISE.

1° *Système Preece.* — M. Preece, ingénieur civil anglais, dont la spécialité est la télégraphie, expose un modèle représentant son système de communication dans les trains : cet appareil est presque identique à la disposition française de M. Prudhomme, que nous avons décrite précédemment; mais les ruptures d'attelages n'étant pas signalées aux agents, elle lui est inférieure sous ce rapport.

2° *Système Gordon.* — Miss Alice-Isabelle Gordon, de Londres, expose les modèles en bois, et sans observation d'échelles, d'un projet de communication des véhicules d'un train entre eux, avec les trains précédents ou suivants, et avec les stations. Ce dernier but est atteint au moyen d'un galet fixé à un wagon et portant sur une bande de métal fixée entre les rails.

3° *Système Morgan et Howarth.* — MM. Morgan et Howarth présentent, sur un modèle en bois, un système qui paraît avoir quelque analogie avec une disposition de M. Henson, décrite par M. Tronquoy dans son article sur l'appareil Prudhomme[1]. Des tiges placées vers la partie supérieure du wagon et reliées

1. *Annales du Génie civil*, 1866.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par un joint universel forment un arbre de couche continu; près des garde-train, cet arbre traverse un cadran, et est muni d'un aiguille qui se déplace sur ce cadran et est amenée sur divers signes. Les voyageurs peuvent aussi faire tourner l'arbre de l'intérieur des compartiments. Une sonnerie signale chaque mouvement.

4° *Système Rock-Chidley.* — M. Rock-Chidley expose le modèle réduit d'un wagon à couloir central, communiquant avec les voitures voisines par un pont entouré d'un soufflet en cuir, comme dans les voitures-postes anglaises. Ce modèle montre également un chauffage obtenu par une circulation de vapeur ou d'eau chaude dans un double plancher, et diverses dispositions d'aération ménagées dans le plafond. Nous ne croyons pas devoir nous étendre davantage sur cet objet, qui était inscrit au catalogue comme « modèle de wagon à voyageurs, avec communication, » et n'a d'ailleurs que l'importance d'un simple projet.

OBJETS DIVERS.

Boîte à rouleaux de M. Vidard. — Cette boîte exposée par M. Vidard sous la voiture à impériale des chemins départementaux, mais dont l'usage n'est pas répandu, se compose d'une série de 18 rouleaux en acier, d'un peu moins de 20 millimètres de diamètre, formant un chapelet autour de la fusée, et dont les axes sont maintenus par une couronne circulaire; la boîte porte sur les rouleaux par un fourreau intérieur en acier; la fusée est dépourvue de collet extérieur, et vient porter sur une buttée en acier. Les rouleaux en tournant viennent plonger dans un réservoir inférieur d'huile.

Boîte dite plate-forme voyageuse. — M. Rebour propose de remplacer les boîtes à graisse par un système, dont il expose un petit modèle, et qu'il appelle *plate-forme voyageuse*. L'essieu porte, à la place de la fusée, un galet conique, portant sur le bord d'un plateau tournant autour d'un axe vertical. Ce plateau porte des sphères en acier, sur lesquelles repose un autre plateau fixé à la voiture, sous le ressort de suspension. Cette disposition n'a pas été appliquée à notre connaissance.

Cadres de transports de M. Joindy. — Ces appareils sont des caisses à claire-voie, se réduisant même au besoin à un plancher et à quatre montants réunis par des lisses horizontales. Ils sont destinés à contenir des chargements d'objets destinés à un même point, mais en trop petit nombre pour remplir complétement un wagon, et nécessitant un transbordement à un moment donné; on enlève alors le cadre et son contenu, sans être obligé de manutentionner isolément chacun des objets qu'il contient. Les montants se replient à charnière sur le plancher, pour faciliter les retours des cadres à vide.

Dynamographe de M. Holtz. — Ce charmant petit instrument (fig. 15, 16, 17 et 18, page suivante), qui s'intercale entre le tender et le premier wagon d'un train, en s'accrochant, comme une lanterne, à un support fixé à la traverse d'about, est employé sur le chemin prussien de l'Est à contrôler la marche des trains. Il a été décrit en détail dans les *Annales du Génie civil* de 1867, auquelles nous renvoyons nos lecteurs, et nous rappellerons sommairement que l'effort de traction, s'exerçant sur un ressort (F), fait tracer par un crayon (E) une ligne sinueuse sur un papier déroulé par un mouvement d'horlogerie; les ordonnées représentent donc les efforts de traction, et les abscisses représentent des temps: malheureusement les distances n'étant pas pointées par l'appareil, il est difficile de se rendre compte des vitesses.

Carbonisation des bois. — Le procédé de conservation des bois par la carbonisation superficielle, dû à M. de Lapparent, est employé pour les pièces des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

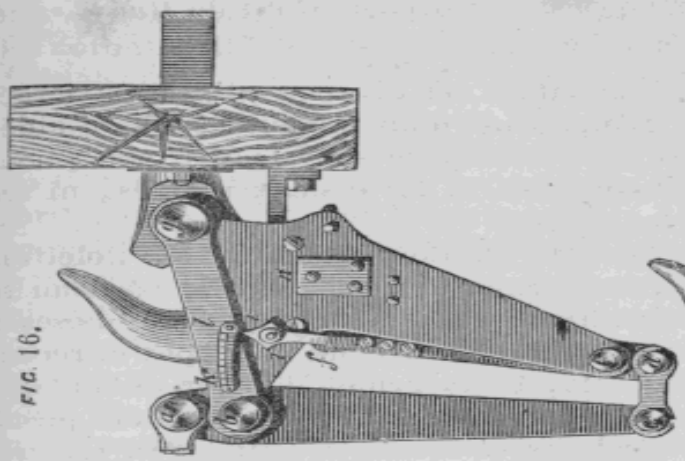


FIG. 16.

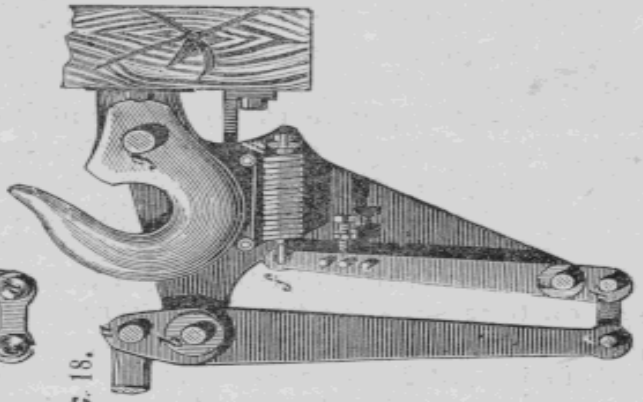


FIG. 18.

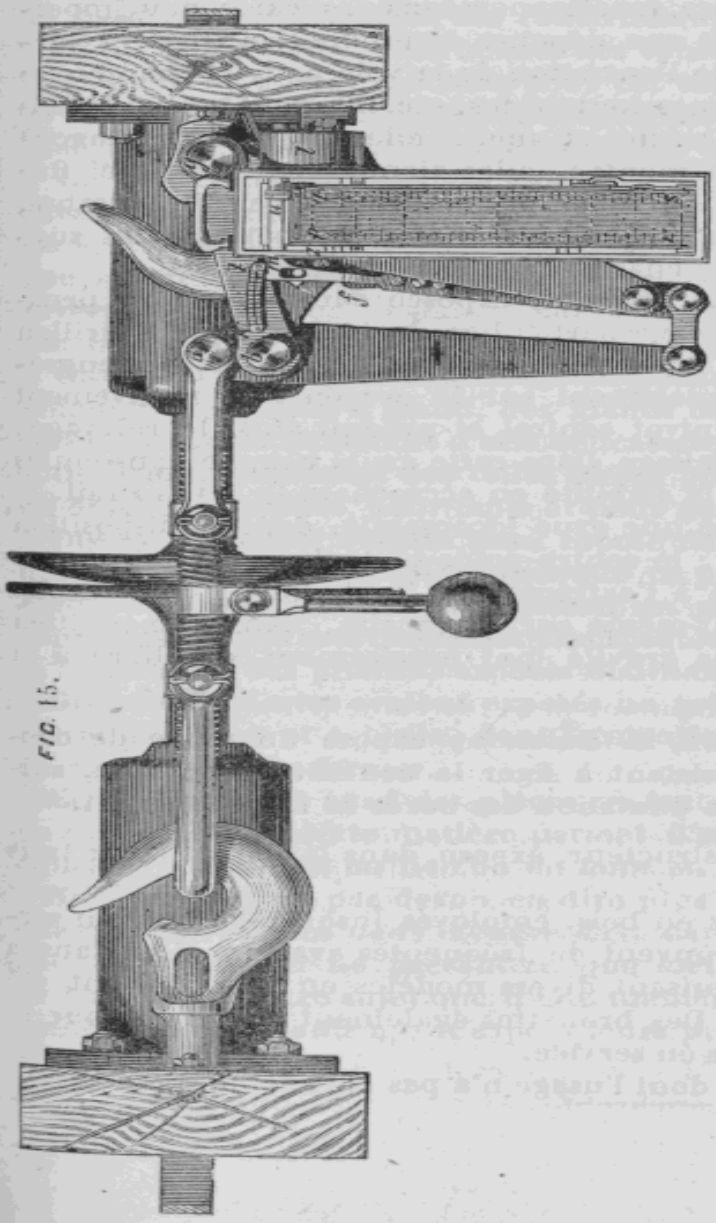


FIG. 15.

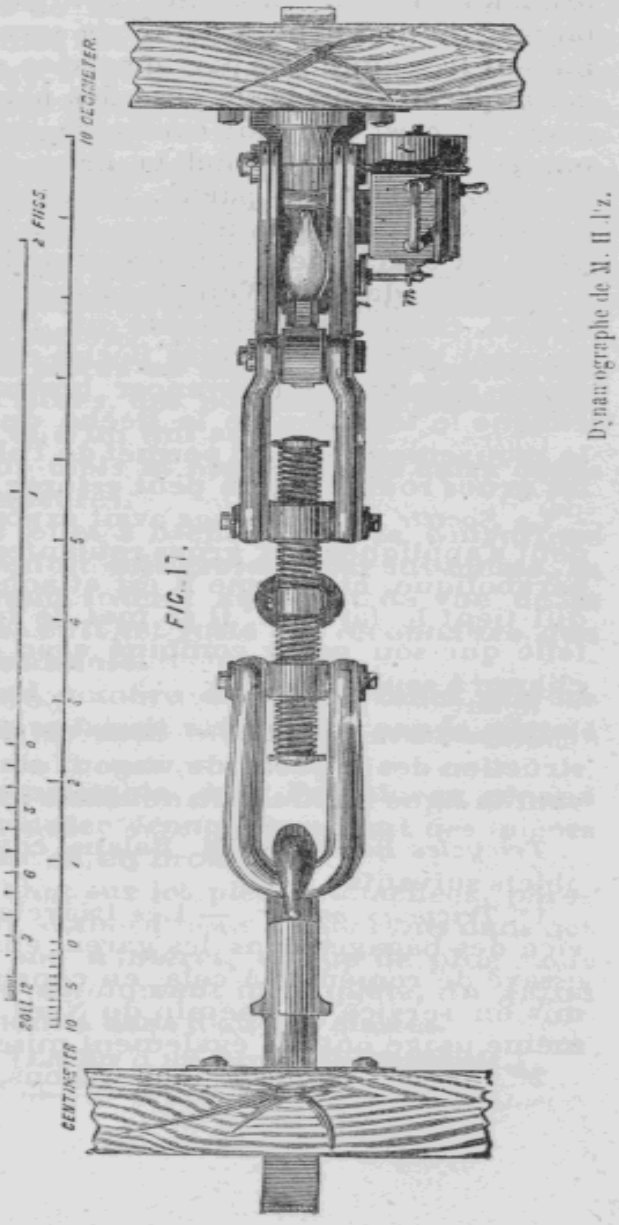


FIG. 17.

Dynamographe de M. H. l'z.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voitures et wagons. On se sert à cet effet de l'appareil portatif dit de *Hugon*, que l'on trouvera représenté au chapitre *de la Voie*.

Ferrures de voitures et wagons. — La fabrication des diverses pièces de forge, grosses ou petites, qui entrent dans la composition d'un wagon, s'est bien améliorée depuis l'introduction du travail de l'estampage sous le marteau pilon. Il est entendu que le mot *ferrures* ne comprend ni les essieux montés, ni les pièces laminées des châssis en fer, ni les ressorts.

Les deux expositions de pièces de forges de M. Coutant et de M. Delettrez père mettent ce fait bien en évidence. Les formes obtenues sous le marteau se rapprochent beaucoup de la forme définitive : elles laissent peu de choses à enlever au travail d'ajustage, qui n'a plus, comme autrefois, à couper et recouper en tous sens les fibres du fer; en outre, cela permet d'éviter autant que possible les soudures. Ce dernier point est très-important dans certaines pièces qui fatiguent beaucoup, comme les tendeurs et crochets d'attelages, les crochets et pitons de chaînes de sûreté, les tampons qui se font aujourd'hui tout en fer forgé sans plateau de bois, les plaques de garde, etc....

Grues roulantes accompagnant les trains. — Ces appareils s'attèlent derrière les trains de marchandises pour aller fonctionner dans les gares peu importantes, où une grue à demeure serait une dépense improductive; ils sont également très-employés par le service de l'entretien de la voie pour la manœuvre des appareils lourds, la pose des plaques tournantes, etc. Si nous les reléguons au § VII, c'est que leur caractère est mixte, et que, si elles tiennent des wagons par le châssis sur lequel la grue est montée, elles tiennent du matériel fixe pour cette dernière partie. L'Exposition nous en montre un certain nombre, dans lesquelles nous n'avons rien de saillant à signaler. Le bâti qui les supporte est exactement établi comme les châssis de wagons à marchandises.

La grue de MM. Van der Zypen et Charlier, exposée dans la section prussienne, classe 63, représente un relevage particulier de la flèche ; le tourillon ou pivot inférieur de cette flèche est porté par un cadre, qu'une série d'engrenages spéciaux fait avancer horizontalement sur le wagon : ce mouvement éloigne le tourillon de la flèche du pivot central et produit ainsi le relevage; le mouvement inverse permet de l'abaisser. Dans cette grue, comme dans toutes les grues roulantes, on peut assurer la stabilité en accrochant le bâti au rail.

La *Société de Maubeuge* avait exposé une grue locomobile, dont la disposition peut s'appliquer aux grues roulantes : le contre-poids se déplace sur une courbe parabolique, et comme il est attaché à l'extrémité de la chaîne opposée à celle qui tient le fardeau, il se met de lui-même sur la courbe, dans une position telle que son poids combiné avec sa gravité font précisément équilibre à la charge à soulever.

Couvertures mobiles. — Sous ce titre, M. Delaunoy expose un mode de construction des toitures de wagon, consistant à fixer la couverture en zinc, suivant la ligne centrale du véhicule : la dilatation des bords se fait librement.

Tricycles Balans. — M. Balans, constructeur, expose, dans la classe 63, les trois objets suivants :

1° *Tricycles en fer.* — Les tricycles en bois, employés jusqu'à ce jour au service des bagages dans les gares, éprouvent de fréquentes avaries. M. Balans a essayé de remédier à cela, en construisant divers modèles en tôle, qui ont été mis en service au chemin du Nord. Des brouettes également en fer et pour le même usage ont été également mises en service.

2° *Un porte-étiquette* pour wagons, dont l'usage n'a pas été adopté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° *Des chaînettes de bachage* de wagon, avec *palans de serrage*, pour remplacer les cordes ordinairement employées : cet appareil n'a pas été employé, à notre connaissance.

Wagons de terrassements. — MM. Suc-Chauvin et Cie, constructeurs à Paris, exposent un wagon et un wagonnet, d'un modèle pouvant être employé pour les terrassements, ou pour les travaux agricoles. La caisse tourne sur un pivot porté par le châssis, et bascule autour de charnières portées par une traverse qui est fixée au cercle de roulement; les extrémités de cette traverse débordent le wagon et portent chacune un bras auquel est rattaché la porte de la caisse, de telle sorte que cette porte s'ouvre automatiquement quand on culbute la caisse.

La construction des wagons de terrassement est aujourd'hui une chose bien connue et pour laquelle il y a peu de progrès à faire; on suit encore aujourd'hui les modèles adoptés depuis quelques années, et dont on trouve de nombreux exemples et dessins dans le *Portefeuille* de M. Perdonnet, cette œuvre magistrale qui est le guide de tous les constructeurs de chemins de fer.

Détails divers pour voitures et wagons.

On trouvait encore, tant dans l'intérieur du Palais de l'Exposition que dans le bâtiment du Syndicat des constructeurs de wagons, une série d'objets qui s'emploient dans la construction des véhicules des chemins de fer, mais qui ne sont pas absolument spéciaux pour cet usage, et qui s'emploient également dans la carosserie ordinaire, dans la confection des meubles, dans la décoration des maisons et même dans la confection des vêtements.

On voyait principalement une très-grande quantité de draps et d'étoffes diverses destinés à la garniture intérieure. On remarquait surtout des galons de tous les types entrant dans la décoration non-seulement des voitures à voyageurs ordinaires, mais aussi dans les salons des trains impériaux ou royaux des divers pays, et qui brillaient par une élégance et un goût remarquables, et par la fraîcheur et la perfection de leur exécution.

On voyait également beaucoup de petites pièces en ivoire et en cuivre, des poignées de châssis à gland, des glands de stores, des poignées de portières et mille autres petits détails d'une délicatesse et d'un fini admirables.

On remarquait aussi des toiles cirées pour tapis et plafonds; des cuirs ornés de dessins repoussés, pour tapis et pour garnitures.

Divers fabricants avaient aussi exposé des toiles à bâches, pour la couverture des wagons à marchandises; quoique ce produit soit grossier par lui-même, sa bonne exécution présente cependant un grand intérêt au point de vue de la conservation des marchandises transportées, et il est juste de reconnaître que la fabrication des produits exposés était satisfaisante.

Diverses fonderies avaient exposés un grand nombre de pièces, telles que les boîtes à graisse et à huile, dont l'exécution se faisait remarquer par la netteté et la précision des formes.

Enfin, on voyait aussi des pièces en fonte malléable, dont l'emploi se répand de plus en plus; cette matière permet d'exécuter économiquement des pièces délicates et fragiles, au lieu de les faire en fer ou en bronze.

Nous ne croyons pas devoir en dire plus long sur les pièces détachées, parce que si nous voulions nous étendre davantage, d'abord nous tomberions dans des monographies qui ne présentent que fort peu d'intérêt, et que de plus nous ne traiterions notre sujet que d'une manière absolument incomplète, un grand nombre de fabricants ayant exposé leurs produits dans d'autres classes.

(*La fin à un prochain fascicule.*)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LXX

NAVIGATION DE PLAISANCE

PAR M. E. EVEILLARD,
Ancien Officier de la marine impériale.

Tout se modifie, tout se transforme dans l'univers sous la loi providentielle du progrès, loi sublime qui veut que la mort soit éternellement une cause de vie. Le genre humain, monstre aux millions de bras, marche, marche toujours; il sait qu'un seul instant d'arrêt serait le signal certain de sa décadence.

Toutes les sciences sont une preuve infaillible de cette loi du mouvement. La plus curieuse, la plus sublime dans des temps déjà loin de nous, l'*architecture*, que de modifications n'a-t-elle pas subies? L'art de bâtir et ses styles nombreux ont eu depuis le commencement du monde d'innombrables variations.

Depuis les souterrains des Troglodytes, en passant par les pyramides de Chéops, de Chéphrem et de Mycérinuse et par le Rhamséion égyptien, que de degrés pour aboutir à Saint-Paul de Londres ou au Panthéon à Paris? Tour à tour sont apparues à la surface de la terre les architectures hindoue, égyptienne, grecque, romaine; puis, après les croisades, est venue l'architecture gothique qui a dû disparaître devant la Renaissance, à laquelle nous devons Saint-Pierre de Rome, dernier mot d'un puissant génie.

Il en a été de même de l'architecture navale, de cet art qui construisit l'esquif dans lequel Dédale quitta le labyrinthe de Crète, et qui préside aujourd'hui à l'édification de nos vaisseaux cuirassés.

Mais si le génie qui dirige l'amoncellement des pierres, si l'art de l'architecte, après avoir creusé les pagodes de l'Inde, élevé le temple de Salomon et la flèche de la cathédrale de Strasbourg, est arrivé à n'être plus de nos jours l'ART proprement dit, mais simplement une des moindres branches de l'art, en dépit de l'éclectisme qui prétend vainement le distinguer, l'architecture navale, au contraire, peut dire que chaque grande période dans les phases de l'humanité a enregistré une de ses conquêtes.

Que d'étapes, cependant, n'a-t-elle pas dû franchir depuis la pirogue primitive creusée dans un tronc d'arbre pour arriver au *Great-Eastern*, ce monstre qu'on avait si bien nommé *Léviathan?*

Voyez, seulement depuis James Watt, Benjamin Franklin et Fulton, où en sont arrivées les applications de la vapeur, de l'électricité. Pensez à ce qu'elles pourront devenir avec l'aide du temps et du génie de l'homme; considérez, par exemple, que les voies ferrées, source de richesse et de prospérité, sont encore dans l'enfance de l'art; enfin, demandez-vous par quels perfectionnements progressifs l'arquebuse à roues et la bombarde en bois cerclé de fer se sont transformées en fusil à aiguille et en canon rayé en fonte d'acier.

L'art de la navigation, soit qu'on l'applique aux besoins du commerce, aux exigences de la défense territoriale, soit qu'il serve seulement aux plaisirs de l'homme, a subi les mêmes influences et suivi la même marche en avant, commençant, comme nous venons de le dire, par la pirogue antique, donnant ensuite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

naissance à la somptueuse galère de la belle Cléopâtre pour finir au dix-neuvième siècle par les magnifiques et confortables yachts de plaisance que des princes, de riches particuliers se font construire à grands frais, surtout en Angleterre, pays classique du sport, où le nombre des yachts est devenu si considérable qu'ils constituent une véritable flotte portant le pavillon de l'escadre, dite, il y a peu d'années, escadre de la reine.

En France, les bâtiments de plaisance sont moins nombreux ; ils tendent cependant à se multiplier et à répandre le goût de la navigation. Nous croyons formuler un vœu patriotique en souhaitant que, comme celui du cheval de course, du jeu de *cricquet*, le sport nautique ait ses adeptes fervents. Dans l'intérêt même de notre navigation militaire et commerciale, il faut remercier le gouvernement impérial qui favorise ce genre d'exercices tant à l'intérieur que sur les côtes.

La nation française, qui se pique d'être la plus galante de l'univers, pensera peut-être qu'elle ne doit pas rester en arrière, sous le rapport de ses voisins d'outre-Manche, et qu'elle trouverait à la fois plaisir et profit à placer sa flotte de yachts sous le gracieux patronnage de l'impératrice Eugénie [1].

L'exposition de tout ce qui concerne la navigation de plaisance, située en partie sur l'eau, en partie dans de vastes salles, est assez complète.

Quand des berges du pont d'Iéna on fait face à la Seine, on a devant soi un panorama où se montrent presque tous les types d'embarcations des peuples navigateurs : côtres à voiles et à vapeur, goëlettes de toutes tailles, vapeurs à roues, canonnières à hélice ; la galère du vice-roi d'Egypte si élancée, flotte à côté de la massive galiote hollandaise, et la fine goëlette aux voiles latines à côté du lourd bateau de sauvetage.

Cette confusion préméditée repose l'œil, en lui permettant de mieux saisir les types caractéristiques de chaque construction.

Nous formulerons cependant un regret : c'est celui de ne pas voir à côté du *Dahabadich* d'Ismail-pacha flotter la galère impériale que fit construire, en 1861, l'empereur Napoléon III. Ce curieux travail d'archéologie maritime plairait aux érudits, et sa forme élégante, coquette, flatterait l'œil des plus indifférents.

Nul n'ignore que nous ne possédons aucun spécimen de constructions navales grecques et romaines, et que nous ne saurons probablement jamais au juste comment étaient disposées les rames dans les galères antiques qui en possédaient plusieurs rangs.

Un habile archéologue, archiviste du ministère de la marine, M. Jal, s'est donné la tâche ardue de faire à ce sujet de nombreuses recherches qui ont été traduites sur le papier par M. Dupuy de Lôme, membre de l'Institut et directeur du matériel naval. Cet illustre ingénieur a construit une galère à forme très-élancée, d'une longueur de 40 mètres sur 6 mètres de largeur environ. Les rames sont au nombre de 130. 42 composent le premier rang, placées symétriquement à chaque bord, sur le pont supérieur ; 44 forment le second et le troisième rangs, et passent par autant d'ouvertures pratiquées à travers les flancs du navire. Les rames, on doit le comprendre, ont dans chaque rang des longueurs bien différentes.

La trirème porte un mât vertical muni d'une vergue horizontale supportant la voile. Le gréement est presque le même que celui en usage de nos jours ; il est inadmissible cependant que, sous ce seul rapport, nous n'ayons pas progressé.

Chacun regrettera, comme nous, sans doute, que ce curieux spécimen d'ar-

1. L'auteur de l'article oublie peut-être une différence radicale existant entre la constitution fondamentale des deux pays. L'Angleterre n'a pas la loi salique, ce qui explique le patronage de la souveraine, et non de la femme du souverain. E. L.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chitecture navale, remontant au temps de la conquête des Gaules, manque à notre Exposition.

Si, quittant le bord de l'eau, le visiteur entre dans les salles qui font face au fleuve, le spectacle qui s'offre à sa vue ne le cède en rien à celui auquel il vient de tourner le dos.

Les murs sont tapissés de drapeaux aux couleurs de toutes les nations; les fanaux de signaux forment des trophées en face de vitrines renfermant un assortiment d'épaulettes, de casquettes et de chapeaux d'uniforme, de tout ce qui flatte le plus l'amour-propre des jeunes gens qui veulent embrasser la carrière navale. Ici sont exposés des vêtements imperméables en fourrure, en étoffe *waterproof*, des vareuses de toutes formes et surtout de toutes couleurs, dont l'éclat enchante le canotier novice; là, sont des sextants, des cercles à répétition et autres instruments pour les observations à la mer[1]; plus loin sont les longues vues, les jumelles marines, les baromètres anéroïdes et à cuvette à côté des compas de route et de *relèvement*.

Au centre de la vaste salle, sont les modèles en bois ou les plans faisant connaître les améliorations réalisées dans les constructions n'ayant d'autre but que le passe-temps. Les modèles sont si nombreux, les formes si heureuses que la palme est difficile à décerner. Quelques-uns, cependant, ont prouvé, sur les champs de course, leur vraie supériorité. De ce nombre est le cutter *Sylvia*, dont le propriétaire a gagné, le 26 mai 1867, le grand prix aux régates internationales placées sous le haut patronage de l'empereur des Français, du prince héritier de la couronne d'Angleterre et du duc d'Edimbourg.

Signalons aussi une charmante construction, *la Juba*, appartenant à M. Godefroid, de Rouen. Cette élégante embarcation a fait depuis longtemps ses preuves, et est bien connue des amateurs de régates. Elle n'a pas remporté moins de 15 premiers prix, 1 grand prix d'honneur, 13 seconds prix, et dans deux défis lancés par des étrangers, elle est arrivée première. Voilà de brillants états de service.

Plus loin, se montre à nous le type d'un bateau à dérive centrale. Étudions un peu cette innovation américaine qui n'a guère été connue à Paris qu'en 1853, et qui est généralement adoptée aussi bien par les marins de la Manche que par ceux des grands lacs d'Amérique. Le bateau a seulement 4m.70 de long sur 1m.30 de large. Son creux est extrêmement réduit puisqu'il n'atteint que 0m.45 pour une surface de voilure de 24 mètres carrés. Ce petit navire a donc pour voilure quatre fois le rectangle circonscrit, et avec un vent ordinaire il ne pourrait la porter toute sans crainte d'accidents; mais il remédie à cet inconvénient en immergeant plus ou moins sa dérive centrale, en se donnant, comme disent les marins, *du pied dans l'eau*, en même temps qu'il oppose une résistance latérale à l'action du vent.

A côté des *cutters*, des yoles de courses, des gigs, des périssoires à avirons ou à pagaies, constructions de bois pour un ou plusieurs rameurs, se voient des canots en fer et d'autres en tôle d'acier.

Ce dernier système, qui avait été expérimenté en Angleterre, ayant répondu à l'attente des constructeurs, a fini par prévaloir aussi en France, et M. l'ingénieur Bourdon nous en présente un modèle d'une longueur totale de 12 mètres sur une largeur de 2m.250 à la flottaison hors membres. Son déplacement a donné par le calcul un total de 7,000 kilogr. Il est muni d'une petite hélice et porte une jolie voilure de *cutter*.

1. Voir sur les instruments de précision et de navigation l'étude très-complète de notre collaborateur M. E. Garnault, tome VI des *Études sur l'Exposition*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce genre de construction en acier se vulgarise chaque jour davantage. Une diminution de moitié dans le poids, combinée avec la perfection que l'on apporte maintenant à la fabrication de l'acier, permet d'avoir un petit bateau ainsi construit au même prix qu'un bateau en tôle ordinaire.

Les Anglais viennent de donner à l'expédition qui va sur les bords du lac Nyansa, à la recherche du célèbre et infortuné docteur Livingstone [1], un bateau en acier se démontant à volonté pour en faciliter le transport. Ce bateau, à peine plus lourd qu'une frêle pirogue, ne peut courir aucun risque de se déchirer au passage des rapides qui barrent le lit des fleuves de l'Afrique centrale. Il est déjà à cette heure rendu sur les bords du Zambèze, et sous peu il nous donnera des preuves irréfutables de sa parfaite solidité.

Examinons maintenant de plus près chaque type d'embarcation, et commençons cet examen par les embarcations dites de *course*.

L'origine des courses sur l'eau ou régates est, pour ainsi dire, aussi ancienne que la navigation elle-même.

Tout le monde a encore présente à l'esprit cette magnifique description des courses et des jeux qu'Énée donne à ses Troyens fatigués. Le poëte romain met en présence Mnesthée, qui, avec ses ardents compagnons, conduit la rapide *Baleine;* Gyas, qui dirige l'énorme *Chimère* semblable par sa masse à une ville flottante, et dont la marche est précipitée par trois rangs de jeunes Troyens qui, sur un triple étage, font mouvoir leurs rames. Puis vient Sergeste, qui est porté par le vaste *Centaure*, et enfin la verte *Scylla*, qui obéit à Cloanthe. Courbés sur leurs puissants avirons, les nautonniers remplissent l'air de leurs cris; la mer entière semble se déchirer pour leur livrer passage, et le poëte a raison de les comparer à des conducteurs de char excitant leurs ardents coursiers (*Énéide*. Ve livre, vers 115 et suivants).

Plus tard, les joutes ou courses de gondoles, qui avaient lieu sur les canaux de Venise, se sont étendues aux autres genres de bateaux, et le goût s'en est répandu chez toutes les populations maritimes. Ce salutaire exercice, qui développe les muscles et fait connaître aux habitants des villes des plaisirs nouveaux et purs, inspire en même temps confiance dans ses forces et satisfaction d'une victoire remportée sur un élément difficile à maîtriser.

En Angleterre et partout où flotte le pavillon de Saint-Georges, pas de véritables fêtes sans régates. Aussitôt que se font sentir les tièdes brises du printemps, commencent les fêtes des eaux qui attirent sur le bord de la mer ou sur le cours des fleuves des milliers de curieux; toutes les classes de la société y sont représentées, chacune selon sa richesse. Les embarcations de guerre, les yachts des nobles lords, les embarcations des riches propriétaires, tout tend à donner à la course un éclat inaccoutumé. Aussi que de types de constructions légères ayant chacune son drapeau, ses traditions et souvent sa célébrité.

Au milieu de toutes ces bannières éclatantes, se font remarquer celles des Universités d'Oxford et de Cambridge, qui ont fondé des *races* (courses) renommées dans le monde entier, et auxquelles tout bon Anglais attache l'importance d'un grand fait national. C'est merveille de voir comment ces hardis jeunes gens font voler la pirogue dans laquelle ils sont au nombre de 8, 10 ou même 12 rameurs, ou comme ils manœuvrent habilement leur yacht à la grande voile blanche au milieu de cette multitude de *cutters*, de goëlettes, de barques, de pirogues montés par des amateurs.

1. Au moment où nous imprimons cette étude, une dépêche télégraphique apprend que le docteur Livingstone n'a pas péri, comme on l'avait annoncé, et que son retour est attendu très-prochainement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par les courses du turf, l'Anglais est parvenu à modifier complétement les formes du cheval ; par les régates, il arrive à donner à ses propres muscles une élasticité qui lui permet de soutenir la lutte à l'aviron pendant des journées entières. En voici un exemple :

En 1859, trois Anglais s'embarquèrent à Douvres dans une barque sans voile ; ils prirent terre en Hollande, chargèrent sur leur dos leur *cheval de bois*, comme ils l'appelaient, et se mirent à remonter le cours du Rhin.

Un tel fait peut passer pour quelque peu excentrique, et beaucoup de Français ne considéreraient pas cette navigation comme une navigation de plaisance ; mais il n'en est pas de même chez nos voisins d'outre-Manche, où les exercices violents sont une nécessité du climat. Là, on se rappelle que l'homme est une dualité animique et matérielle, et si on y développe largement l'intelligence, on y cultive aussi la force corporelle, qui, après tout, a bien sa valeur. Elle donne à l'homme le sentiment de sa dignité et fait naître en lui le désir de roidir sa volonté aussi bien que ses muscles.

Ainsi se trouve mis en pratique le célèbre précepte :

Mens sana in corpore sano.

En France, ce goût des choses de la mer, quoique moins dans nos mœurs que dans celles des Anglais, s'est largement développé, et c'est justice que d'en faire remonter l'honneur à ceux qui ont présidé aux destinées de notre marine et de notre commerce. Pas de grande ville du littoral qui n'ait ses courses à la voile et à l'aviron, tant dans la Manche que dans la Méditerranée ; et, sur les côtes de l'Océan, de Nice à Dunkerque, des sociétés nautiques se sont établies dans le seul but de répandre cette excellente distraction, et les prix considérables qu'elles ont fondés sont venus augmenter le nombre de ceux précédemment établis par les ministres et les chambres de commerce.

Les villes qui possèdent un fort cours d'eau n'ont pas voulu rester en arrière ; Paris surtout, la ville lettrée, la ville de liberté, a voulu qu'aucun fleuron ne manquât à sa couronne ; elle s'est souvenue qu'elle a dans son blason un vaisseau voguant toutes voiles déployées. Le cercle des régates parisiennes, le *Rowing Club*, le *Sailing-Club*, ont des jouteurs dont la force et l'habileté sont sans rivales, et nous dirons, à l'honneur de ces clubs, que les plus célèbres champions d'Angleterre et des États-Unis ont dû baisser pavillon devant les champions parisiens.

Les embarcations qui figurent dans les courses se divisent en deux groupes principaux et parfaitements distincts : les embarcations qui luttent de vitesse à l'aviron, et celles qui ont le vent pour moteur.

Chaque groupe réclame un genre particulier de science nautique. Dans le premier, il faut principalement une grande force musculaire, qui ne s'acquiert que par un long exercice et l'art de ménager ses ressources ; dans le second, l'habileté, le coup d'œil, font tout ; la force n'est rien. Aussi est-ce la course à la voile qui est le plus en honneur parmi nos populations riveraines, celle à à qui l'on décerne les prix les plus importants.

Les courses à l'aviron ne viennent qu'en second plan, et c'est justice. En cette sorte de matière, la meilleure description ne vaudra jamais un simple coup d'œil jeté sur l'objet à décrire ; la seule chose à faire, si on tient à s'en rendre un compte exact, est d'aller les examiner de près.

Quoique incomplète sous plus d'un rapport, l'exposition française des canots de plaisance nous offre de jolies yoles de promenade, soigneusement travaillées, commodes et d'une bonne coupe.

Les *périssoires*, sorte de longues pirogues aux fines extrémités, pour mieux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diviser le courant d'eau, sont gracieuses, mais peu soignées en général, à l'exception de celle présentée par M. Wauthelet. Celle-ci est d'un seul bordage de chaque côté, et ce bordage est une seule pièce d'acajou d'Amérique, prenant toute la longueur. Elle est destinée aux courses de vitesse, et ne doit porter que deux rameurs.

M. Farcot, dans un but sans doute tout de galanterie, a construit et exposé de petites embarcations dites promeneuses nautiques, des périssoires, dont les avirons se manœuvrent la face tournée vers l'avant. Un mécanisme très-simple permet aux dames, auxquelles il a été dédié, de se promener seules et sans fatigue.

Pour chaque paire de rames, M. Farcot place à un mètre en avant du banc du rameur un petit mâtereau ou poteau qui, au moyen d'un ressort à boudin, maintient l'aviron. Le poteau n'est, à proprement parler, qu'un *tolet* central et commun aux deux rames, qui sont munies d'une poignée articulée en cuivre, prenant une position perpendiculaire à l'aviron, et permettant de le manœuvrer soit dans un sens, soit dans l'autre.

Ces sortes de rames sont dites rames à déviation.

Cette innovation ingénieuse aura du succès auprès des dames et de tous ceux qui, aimant la promenade sur l'eau, ne veulent cependant pas payer leur plaisir au prix d'une trop grande fatigue.

L'exposition anglaise est, sans contredit, plus complète que la nôtre. Moins surchargée d'ornements, elle offre aux regards tous les types, depuis la lourde chaloupe armée en guerre jusqu'à la pirogue qu'un homme peut porter facilement sur son dos.

D'abord s'offre à nous une ravissante embarcation de promenade, portant un seul rameur et une personne dans la chambre. Quel fini dans le travail! Tout y est parfait. L'Impératrice a pensé comme nous, puisqu'elle en a fait l'acquisition.

Voyez les périssoires de MM. Seale et fils, constructeurs à Londres. Ces frêles nacelles, d'une longueur de 12 mètres, sur une largeur de 0m.40, sont d'une légèreté sans égale. En elles, tout est soigné; pas un défaut dans le travail. On reconnaît la main d'un artiste et d'un homme passionné pour le sport nautique. Hélas! que n'en peut-on dire autant des constructeurs français!

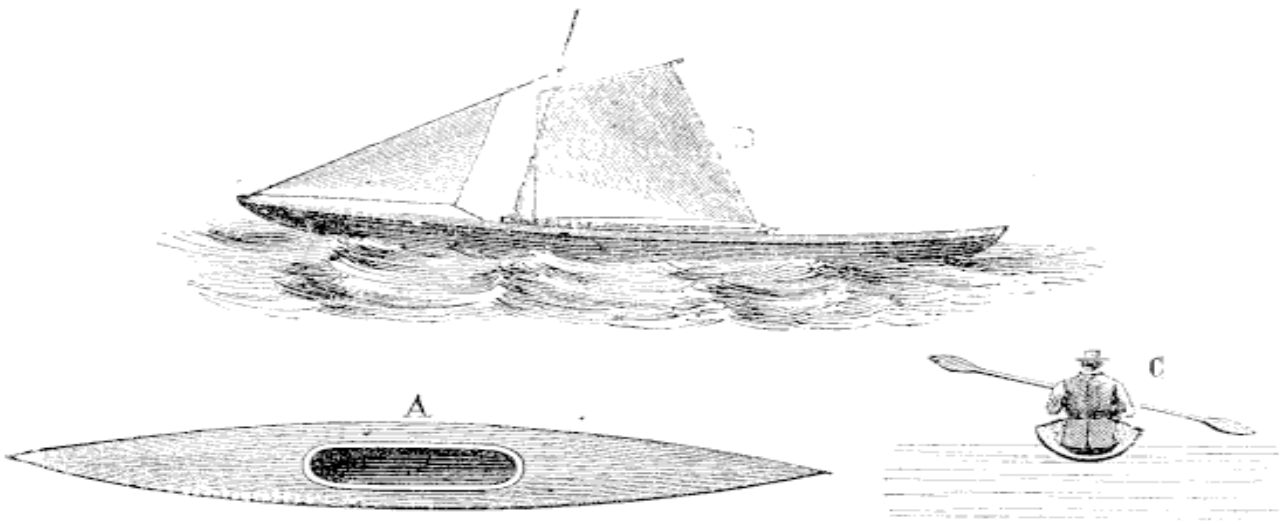


Fig. 1

Le *Rob-Roy* est une petite pirogue de 2m.40 de long seulement, ce qui ne l'a

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas empêché de faire quelque chose comme la moitié du tour du monde[1]. En 1865, montée par son propriétaire, M. Mac-Grégor, elle a navigué sur la Tamise, la Sambre, la Meuse, le Rhin, le Danube, franchi les rapides de la Reuss, et parcouru les lacs de Constance et de Zurich. L'année suivante, elle a franchi le Grand-Belt, le Sund, la mer Baltique, la mer du Nord. Quand M. Mac-Grégor était arrêté par quelque obstacle, il chargeait sa pirogue sur son dos et poussait en avant.

Si nous autres Français nous reculons quelquefois épouvantés devant la hardiesse britannique, que doivent dire les blonds enfants d'Albion de l'audace de leurs frères d'Amérique?

Au milieu du parc qui entoure le Palais de l'Exposition s'élève une vaste tente surmontée du pavillon étoilé de l'Union. C'est sous cette tente que, comme jadis le bouillant Achille, le *Red, white and blue* se repose de ses fatigues.

Ne jaugeant pas plus de 2t.38, le *Red, white and blue* a les formes et les dimensions d'un petit canot de sauvetage; seulement sa construction est plus légère. Sa mâture est en tout semblable à celle des plus grands navires qui sillonnent l'Océan, et il a été rencontré en mer ayant les cacatois établis. Chose même qui ne se voit que sur les clippers du plus fort tonnage, il a une basse voile à sa verge barrée.

Le capitaine James Hudson est parti de New-York avec ce *vaisseau*, en compagnie d'un matelot, le nommé Pitch, et d'un chien. Cet animal avait pour mission de prévenir de tout accident imprévu : il est juste de dire qu'il a toujours été à la hauteur de la confiance mise en lui. Le 9 juillet, le *Red, white and blue* quittait la rivière Hudson et perdait de vue les côtes d'Amérique; trente-huit jours après, il entrait dans le hâvre de Margate. Plus heureux que son compatriote, le capitaine Donelly, qui trois ans auparavant tentait la même aventure sur son bateau, *la Vision*, le capitaine Hudson a pu amener le *Red, white and blue* jusqu'au pont d'Iéna et satisfaire la curiosité des amateurs enthousiasmés.

Ce navire lilliputien (quoiqu'il ne vienne pas de la capitale de l'empire de Gulliver) a été construit en tôle à New-York, par M. Ingersoll, qui offre de parier 10000 dollars contre 1000, qu'il retournera à son port d'attache aussi heureusement qu'il en est venu. Son pont est en bois. Entre le mât de misaine et le grand mât est une petite cale où l'on tenait les provisions. Sur l'arrière du grand mât se trouve un second panneau donnant accès dans deux petites couchettes, sur lesquelles nos navigateurs prenaient de temps à autre un peu de repos.

A 150 lieues de Long-Island, le capitaine Hudson rencontre un navire anglais, qui s'approche de lui et se met à sa disposition. Avec un laconisme tout spartiate, Hudson s'écrie : « *No, all well,* » et continue sa route.

Si cette navigation, à bord du *Red, white and blue*, paraît un tour de force, que dira-t-on de celle du *Non-Pareil*, venu également de New-York, et à cette heure échoué sur une des rives du quai d'Orsay? C'est à coup sûr l'acte le plus téméraire dont l'Océan ait été témoin.

Le *Non-Pareil* est un radeau composé de trois cylindres pointus en toile goudronnée, reliés entre eux par une charpente très-légère, dans laquelle on a ménagé les emplantures de deux mâts portant cinq voiles de fortune. Sa plus grande longueur est de 25 pieds sur 12 de large; il tire seulement six pouces d'eau.

1. M. de Berthieu a donné les dimensions du *Rob-Roy*, dans son *Étude sur les constructions navales*. (*Études sur l'Exposition*, tome IV, page 257.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le capitaine John Mikes s'est embarqué sur ce navire d'un nouveau genre, et en quarante-trois jours il a franchi l'Océan : *Audaces fortuna juvat.*

Les compagnons de M. Mikes étaient au nombre de deux, hommes âgés, courageux, cela se comprend du reste, et pleins d'expérience.

Partis de New-York le 4 juin 1867, aux acclamations d'un peuple immense, qui faisait des vœux pour la réussite de leur entreprise, ils ont débarqué, après quarante-trois jours de traversée, à Southampton.

Le capitaine John Mikes et son équipage ont essuyé sept violentes bourrasques, sans que leur santé en ait été altérée. Une tente en toile imperméable leur servait d'abri; quand l'un veillait, les autres étaient censés jouir d'un sommeil réparateur au pied d'un grand coffre contenant leurs provisions de bouche.

Le *Non-Pareil* naviguait à l'estime; il n'avait pas de chronomètres et rectifiait sa position d'après les indications des navires qui se trouvaient sur sa route; or, ils étaient nombreux, car on sait que plus de dix mille navires sillonnent annuellement l'Atlantique entre la Manche et New-York.

A la suite de ce voyage mémorable, une des plus puissantes compagnies de l'Amérique, le *Pacific mail steam ship Company* a adopté le modèle du *Non-Pareil* comme modèle des bateaux de sauvetage à bord de ses gigantesques navires; il est à souhaiter que chaque marine soit dotée de ce nouveau genre de *Life-boat.*

Bien fort serait celui qui croirait que l'audace yankee a dit son dernier mot. Ne parle-t-on pas en ce moment-ci d'un Américain qui, jaloux des lauriers du *Red, white and blue* et du *Non-Pareil*, veut traverser à son tour l'Océan, *seul sur une bouée?* Après ce tour de force, s'il réussit, il faudra tirer l'échelle, à moins qu'un autre ne tente le passage à la nage.

Nous avons essayé de décrire ce qu'il y a de plus merveilleux au milieu de toutes les merveilles de l'Exposition. Voyons maintenant quelles sont les lois généralement suivies dans la construction et la voilure d'un yacht de plaisance.

En général, aucune règle ne saurait être tracée pour ce qui concerne la construction d'un yacht : c'est une affaire toute spéciale, toute de goût et qui ne peut être tentée, même pour le tracé du plan, que par un constructeur émérite.

Nous ne pensons pas qu'il en soit de même pour le plan de voilure, et on nous saura peut-être gré de donner ici un exemple de la marche à suivre en pareil cas.

On doit se rappeler d'abord qu'il faut mettre la surface totale de voilure en rapport avec la stabilité du yacht, et que cette surface est intimement liée à sa forme et aux poids qu'il contiendra, une fois son chargement complet.

L'unité de mesure adoptée est le rectangle circonscrit à la flottaison.

Il faudra donc commencer par déterminer ce rectangle, et se souvenir que les plus grands navires n'ont guères que quatre fois, bien rarement cinq fois, la surface du rectangle circonscrit.

Si le yacht à voiles est petit et ne doit porter que peu de poids, il serait bien dangereux d'en exagérer la voilure et de dépasser le rapport de 3.5 à 1.

Alors on trace sur le papier un plan aussi parfait que possible de l'embarcation à voiler. Puis on dessine sommairement, et comme d'inspiration, un à peu près de la voilure choisie qui devra toujours tendre à rendre l'embarcation ardente sur la ligne du plus près, et avoir, par conséquent, son centre un peu en arrière de la verticale du milieu.

Un avant fin, une entrave droite et sans élancement, un arrière large et calant peu d'eau, rendent déjà un navire ardent, et seront des considérations dont il faudra tenir un grand compte. Au contraire, un avant large et élancé, un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étambot droit ou même ayant un peu de contre quête, un tirant d'eau plus grand à l'arrière qu'à l'avant, rendront le navire mou, et exigeront que le centre de voilure soit exceptionnellement rejeté plus en arrière de la verticale.

On calcule ensuite la surface totale des voiles en divisant chacune en triangles (nous ne parlons ici que des voiles auriques et latines); puis on cherche approximativement le centre de voilure et sa hauteur au-dessus de la flottaison.

On corrige aussi souvent qu'il le faut cette première ébauche, et celle-ci terminée, on en recommence une plus sérieuse, dans laquelle le goût, l'habileté, l'habitude de la mer jouent un grand rôle et donnent naturellement les meilleurs résultats. La perfection, même pour les plus habitués, est difficile à atteindre du premier coup, et il est bien rare qu'on ne soit pas obligé, en fin de compte, de recourir aux conseils et à l'expérience d'un maître voilier, dont les habitudes nautiques ont parachevé l'éducation.

Si on adopte la voilure du *cutter* ou côtre, on a une grande voile aurique lacée sur la corne, au mât et sur le gué; une trinquette ou petit foc amarant

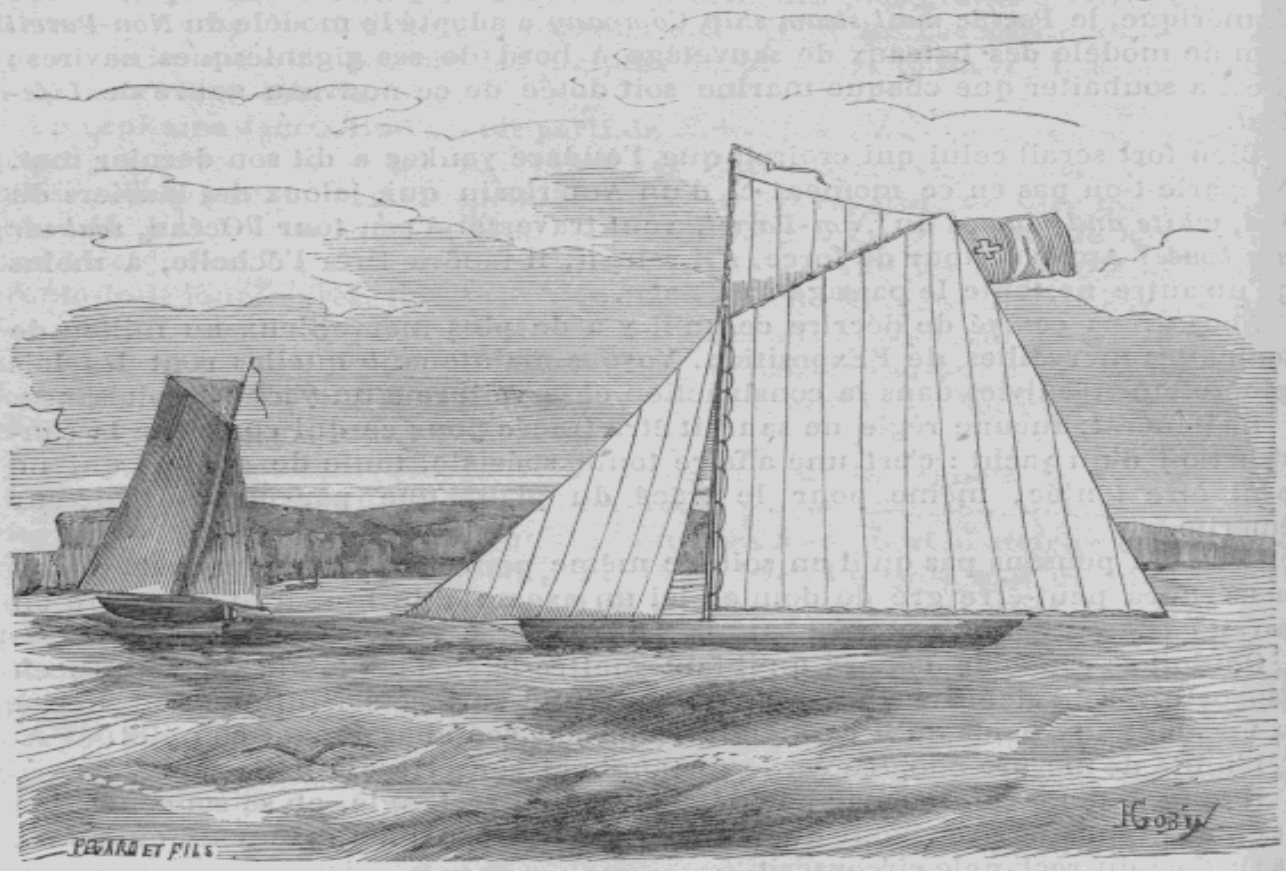


Fig. 2. — Côtre de plaisance.

sur l'étrave avec grand foc de beau temps amarant sur bout dehors. La grande voile est toujours surmontée d'un flèche-en cul, qu'on établit par les petits vents. Quelquefois on n'a qu'un grand foc avec ris et avec petite brise, on établit un foc en l'air.

On prêtera une grande attention à ne pas donner trop d'apiquage à la corne; ce serait une grave faute, dans laquelle ne tombent jamais les Anglais et les Américains, si experts en tout ce qui concerne les choses de la mer.

La goëlette a deux voiles auriques lacées sur les cornes, aux mâts et aux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

guis; celle de l'avant s'appelle misaine, l'autre grande voile; elle porte deux focs comme le *cutter* et deux flèches-en-cul.

Cette voilure est gracieuse, donne au yacht une apparence de petit navire, est avantageuse pour la marche au plus près, se manœuvre sans difficulté.

Les cornes étant moins apiquées que celles du *cutter*, le centre de voilure est moins élevé et se transporte moins de l'avant lorsque le vent étant largue on file les écoutes des guis.

Une bonne voile aurique doit toujours rester plate au plus près du vent, ne jamais faire le sac à la bordure, ne pas trop entraîner la vergue sous le vent. La coupe courbe avec mous est indispensable pour ce genre de voilure.

Tous les peuples, dont la mer vient baigner les rivages, n'ont pas envoyé à l'Exposition les modèles de leurs engins de navigation. Nos propres souvenirs et les documents publiés par le capitaine de corvette, Pâris, aujourd'hui vice-amiral et directeur général du dépôt des cartes et plans de la marine, nous aideront à remplir cette lacune.

Supposons un instant que l'isthme de Suez soit percé; cette hypothèse ne

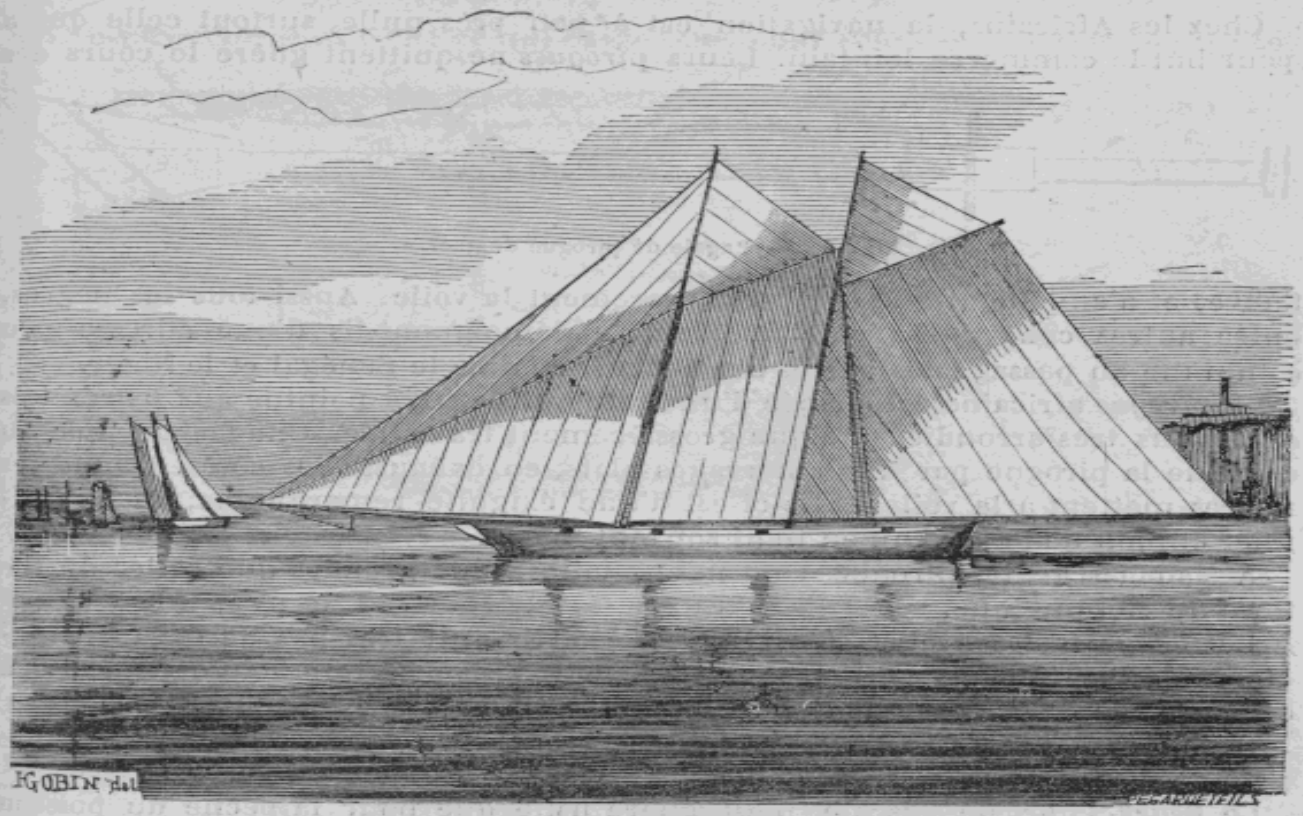


Fig. 3. — Goëlette à deux focs.

nous coûte rien, et grâce à l'énergique persévérance de M. Ferdinand de Lesseps, président fondateur de la Compagnie universelle du canal de Suez, cette supposition sera bientôt une heureuse réalité. Quittons le bassin méditerra-

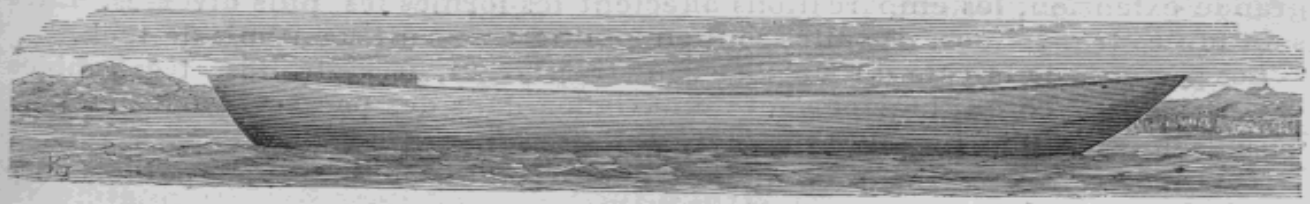


Fig. 4. — Pirogue ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

néen, embarquons-nous à Port-Saïd et débarquons à Suez; commençons par la mer Rouge notre petit voyage autour du monde.

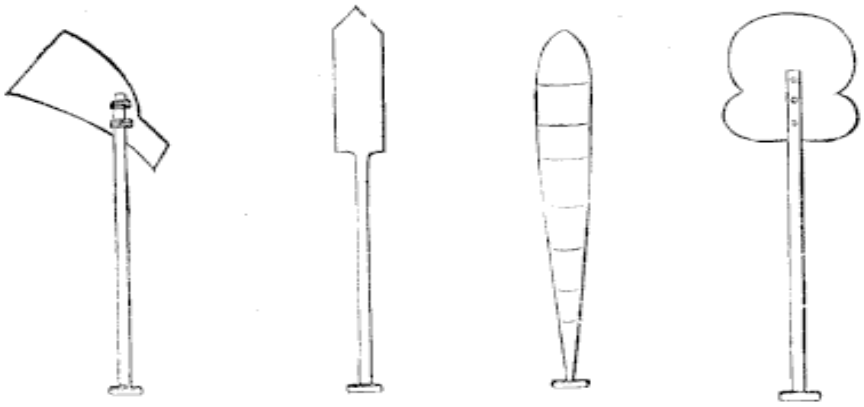


Fig. 5. — Pagaies.

Chez les Africains, la navigation est à peu près nulle, surtout celle qui a pour but le commerce lointain. Leurs *pirogues* ne quittent guère le cours des



Fig. 6. — Pagaie de pirogue de guerre.

fleuves et n'emploient que la *pagaye*, rarement la voile. Aussi tous les nègres, entre autres ceux de la côte Occidentale, témoignent-ils d'une adresse peu commune au passage des barres des fleuves, comme le Sénégal et le Niger.

La *pirogue* africaine est formée d'une seule pièce, très pointue aux extrémités et dessous très-arrondie, quoique grossièrement travaillée. Une fargue, liée au corps de la pirogue par des amarrages plats, en exhausse les côtés. Quand les nègres mettent à la voile, celle-ci est d'une exiguité remarquable, et le premier chiffon de toile venu en tient souvent lieu.

A Madagascar, les pirogues sont mieux faites, plus grandes que celles du littoral du Mozambique.

Les *baggalas* des Arabes, (fig. 7), de Djeddah sont très-bas de l'avant, très-élevés de l'arrière. Ils portent deux mâts très-forts et d'une longueur égale à celle du navire. Le gréement se compose de six haubans à palans.

Ces mêmes bateaux, appelés *boutres* par les Madécasses, ont souvent un tonnage très-considérable.

Le *Béden-Safar*, de Mascate, n'est guère usité que pour la pêche du poisson aux rapides allures. Il se fait remarquer par son fond plat, par ses deux quilles écartées et se rapprochant suivant des lois déterminées. La pagaye a une forme singulière, la pelle formant un angle avec le manche.

Dans l'Inde, où le commerce, depuis la domination anglaise, a pris une grande extension, les embarcations affectent les formes les plus diverses. Elles sont toutes très-solides, car elles sont en totalité construites en bois de teck.

Les *pirogues* de la côte du Malabar sont très-larges, très-étroites, très-rapides et fort légères, ce qui leur permet de naviguer dans des parages où les embarcations européennes ne sauraient flotter.

Tel est le *bateau serpent* qui a quelquefois 20 mètres de long sur à peine 1 mètre de large.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'île de Ceylan nous offre le premier type de pirogue à balancier simple,

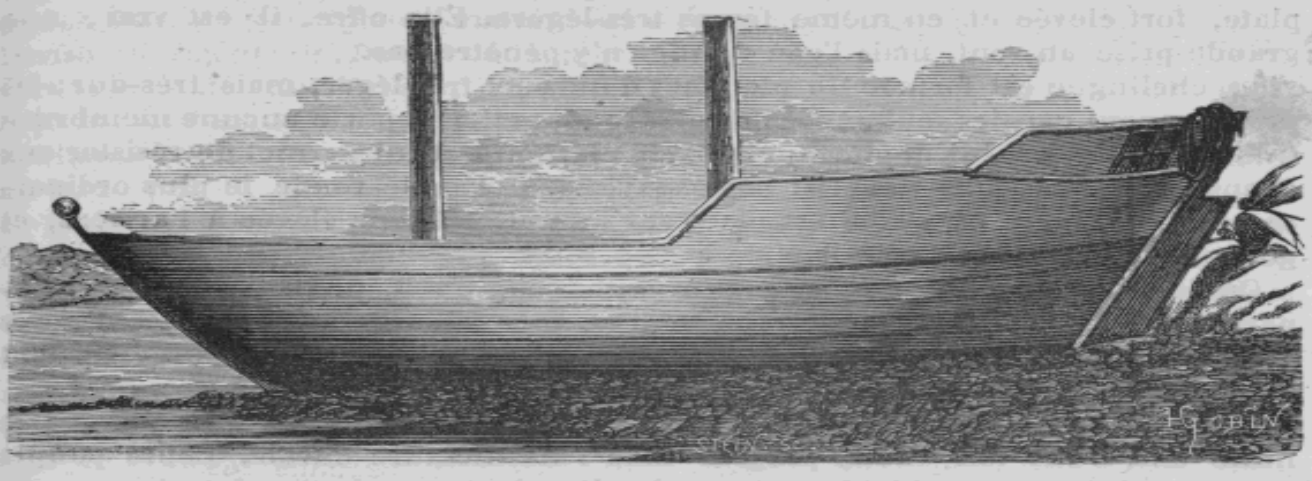


Fig. 7. — Boutre de Madagascar.

c'est-à-dire d'un seul côté; ce qui exige que, pour maintenir la stabilité du ba-

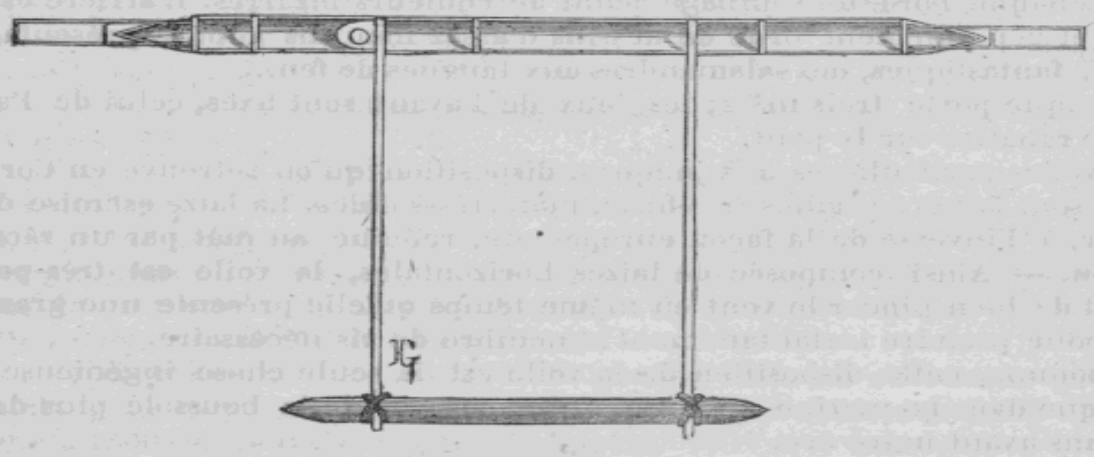


Fig. 8. — Projection horizontale d'une pirogue à balancier.

teau on ne vire pas de bord; nécessairement alors l'arrière devient l'avant et

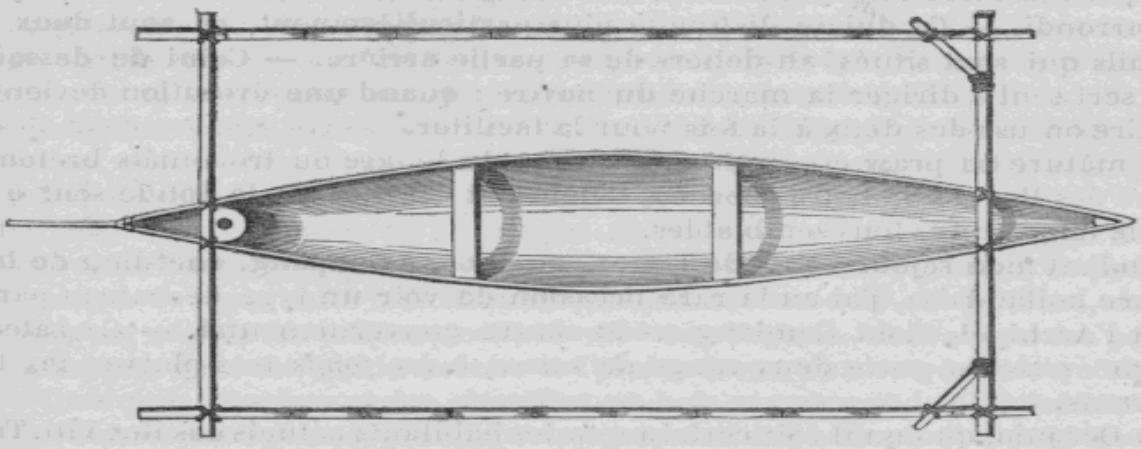


Fig. 9. — Pirogue à double balancier.

réciproquement, manœuvre qui se fait en portant le point d'œuvre de l'avant à l'arrière et en renversant l'inclinaison du mât.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *chelingue* est le bateau par excellence des côtes de l'Inde. Elle est courte, plate, fort élevée et en même temps très-légère. Elle offre, il est vrai, une grande prise au vent, mais l'eau de mer n'y pénètre pas.

La chelingue est formée de planches d'un bois très-léger, mais très-dur; les coutures sont garnies seulement dans les fonds; elle ne porte aucune membrure intérieure, ce qui lui donne une grande élasticité et lui permet de résister aux coups de mer les plus violents. Les pagayes sont à pelle ronde le plus ordinairement. Le patron ou *tindal* est placé sur une plate-forme élevée à l'arrière, et gouverne au moyen d'un aviron de queue.

Quoique la chelingue paraisse, au premier coup d'œil, un instrument fort imparfait, les Lascars à Pondichéry, à Madras, vous débarquent sain et sauf après vous avoir promené sur le sommet de lames de 5 mètres de hauteur, déferlant sur toute l'étendue de la côte du Coromandel.

Les Chinois, cramponnés à leur civilisation qui remonte à plus de quatre mille ans, n'ont fait aucun progrès dans l'architecture navale. Leurs poupes d'aujourd'hui sont semblables en tout à celles du temps de Con-fut-zée.

La *jonque*, soit de guerre, soit de commerce, a les formes plates dans les fonds, les côtés fort arrondis, tandis que les extrémités sont très-hautes : elles ont de chaque bord un soufflage peint de couleurs bizarres. L'arrière est très-relevé et généralement orné de dessins d'assez mauvais goût, représentant des dragons fantastiques, des salamandres aux langues de feu...

La jonque porte trois mâts; les deux de l'avant sont fixes, celui de l'arrière peut se rabattre sur le pont.

Les voiles particulières aux jonques, disposition qu'on retrouve en Corée, au Japon, sont faites de nattes très-fines, mais très-solides. La laize est mise dans sa largeur, à l'inverse de la façon européenne, retenue au mât par un râcage en bambou. — Ainsi composée de laizes horizontales, la voile est très-petite et permet de bien pincer le vent en même temps qu'elle présente une grande facilité pour prendre instantanément le nombre de ris nécessaire.

En somme, cette disposition de la voile est la seule chose ingénieuse qu'on remarque dans la marine chinoise, qui se servait de la boussole plus de deux mille ans avant notre ère.

Les *praws* malais sont montés par d'intrépides marins, aussi rusés que téméraires. — On les considère à bon droit comme les plus redoutables des pirates.

Le *praw* est très-large au milieu, mince aux extrémités, son maître-couple est très-arrondi. — Ce qui le distingue plus particulièrement, ce sont deux gouvernails qui sont situés au-dehors de sa partie arrière. — Celui de dessous le vent sert seul à diriger la marche du navire : quand une évolution devient nécessaire on use des deux à la fois pour la faciliter.

La mâture du praw est semblable à celle du lougre ou trois-mâts breton. Les praws des îles de Sumatra, Bornéo, Célèbes et des îles de la Sonde sont à très-peu de choses près tous semblables.

Pendant mon séjour à l'île de Timor, en 1865, à Coupang, chef-lieu de la Résidence hollandaise, j'ai eu la rare occasion de voir un type de bateau particulier à l'Archipel, dont Coupang est le centre gouvernemental. — Ce bateau se nomme *corocore*, porte deux rangs *de rames, a des fonds* très-plats et les flancs rentrants.

En Océanie, quoiqu'il soit certain que les habitants actuels des îles Viti, Tonga-Tabou et Taïti soient d'origine malaise, mélangés avec les anciens aborigènes (la philologie et l'éthnographie ont mis ce fait hors de toute discussion), en Océanie, dis-je, la navigation n'a pour instrument que des engins peu perfectionnés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parfois avec leurs pirogues, à simple balancier généralement, jouets des vents et des flots, ils franchissent malgré eux d'énormes distances. En 1854, à bord de l'aviso à vapeur *le Duroc*, si malheureusement naufragé deux ans après vers le récif de l'îlot Mellish, j'en ai rencontré une tout près de l'île Nuka-Hiva, à 50 milles dans le S.-E. de la baie de Taio-a-hé : cette pirogue, montée par des habitants des îles Mangareva (archipel Gambien), avait été entraînée à 280 lieues au large par un violent coup de vent du Sud qui n'avait pas duré moins de 20 jours. — Elle était heureusement, au moment de son départ forcé, chargée de marchandises alimentaires, telles que bananes, féhis, cocos... Ces mauvais vivres absorbés, quatre Canaques étaient morts de faim. — Au moment où la Providence mit le *Duroc* sur leur passage, deux vivaient encore ; un seul a survécu ; l'autre, malgré une active surveillance, s'est tellement gonflé de nourriture qu'il est mort le lendemain de son sauvetage.

Profitant de circonstances convenables, les Canaques ont la hardiesse de franchir de grandes distances avec leurs frêles exquifs ; mais pour cela ils attendent une série bien établie de vents favorables. Au chef-lieu de nos établissements français, à Papéété, île de Taïti, il n'est pas rare de voir des indigènes des Po-motou, partis dans une mauvaise pirogue, faite d'un tronc de cocotier, venir débarquer à Faré-Uté après avoir mis 48 heures à franchir une distance de 240 milles marins.

Les indigènes de Taïti, en contact permanent avec les Européens de toutes les nations, vont et viennent sans crainte des îles Po-motou à l'est, et de l'île Toubouaï au sud.

Dans ce dernier cas, ils ont le vent traversier.

Les habitants des îles Tonga-Tabou, Archipel des Amis, ont de fréquentes relations avec les indigènes des îles Viti, éloignées de 150 lieues.

Leurs pirogues ou *vacas* sont basses, accouplées, portant un pont pour contenir plus de 100 personnes. — Au centre, s'élève une véritable maison dans laquelle se retire le chef avec ses femmes.

Qui a vu ce genre de pirogue avec sa grande voile ne s'étonnera plus que des Malais, poussés par un typhon du N.-O., aient pu venir des mers de l'Inde faire tête à 1200 lieues de leur point de départ.

Le Pérou, ainsi que le Brésil, a ses *Jangadas*, sortes de radeaux. Tels sont ceux qui sillonnent la rivière de Guayaquil, et qui se composent de madriers à peine taillés à la hache, réunis ensemble par des amarrages en écorce de cocotier. Sur cet assemblage, on bâtit une cabane qui sert d'abri à la famille. — Le mât se compose de deux branches flexibles, écartées par le bas, réunies par le haut, portant une voile en coton ou en natte grossière.

Ces jangadas n'ont pas de gouvernail ; ce qui en tient lieu ce sont des planches qu'on enfonce verticalement dans l'eau, à l'avant ou à l'arrière, suivant qu'on désire arriver ou venir au vent.

« La *jangada* du Brésil, dit l'éminent directeur de la bibliothèque Sainte-Geneviève, M. Ferdinand Denis, qui a tant parcouru et si bien décrit le Brésil, a 7 à 8 mètres de long sur 2m.60 de large. Elle est formée de cinq pièces, dont la plus longue, placée au milieu, est relevée vers l'avant. — Toutes ces poutres sont pointues, de sorte que le radeau est moins large aux extrémités qu'au centre. — Quelques attaches et des chevilles en bois réunissent les madriers, et sur ceux du dehors sont plantés des piquets soutenant des bancs à 0m.50 de hauteur. Celui de l'avant est percé d'un trou pour le passage du mât. La voile est en toile, de la forme d'un triangle isocèle de cinq mètres de côté et jointe à un mât flexible, long de 7 mètres, de sorte qu'elle ne descend pas jusqu'au pied. Cette embarcation est gouvernée au moyen d'un grand aviron, attaché dans ce but au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

milieu de l'arrière. On rencontre des jangadas, montées simplement par deux hommes, qui ne craignent pas de s'aventurer jusqu'à cinquante lieues en mer.

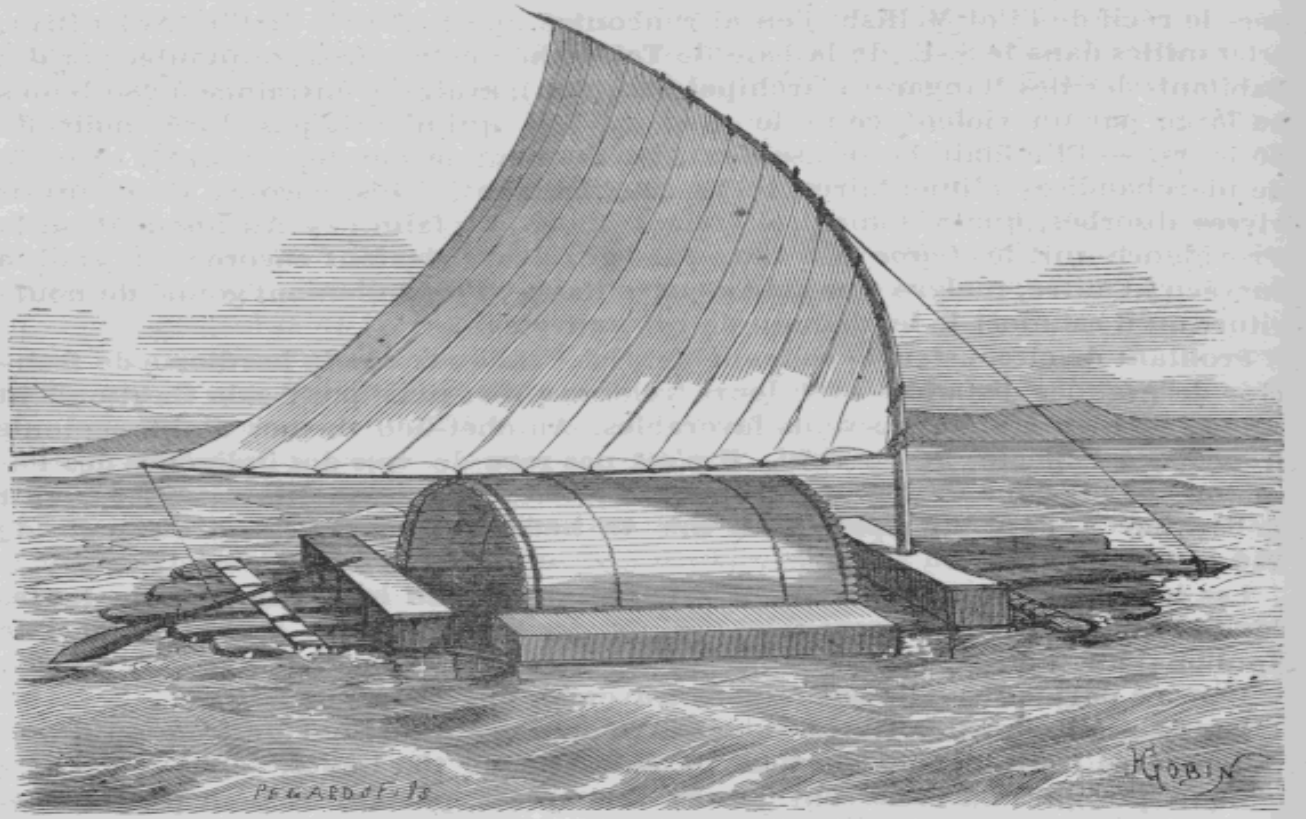


Fig. 10. — Jangada du Brésil.

L'étonnement qu'on éprouve en les voyant pour la première fois est extrême. L'effet que produisent ces radeaux grossiers est d'autant plus singulier, qu'on n'aperçoit, même à peu de distance, que la voile et les deux hommes qui les dirigent. Ils cinglent au plus près du vent mieux qu'aucune autre espèce d'embarcation. »

« Les jangadas brésiliennes sont de véritables miniatures auprès des grands radeaux de Guayaquil, qu'on désigne cependant sous le même nom. Longueur de 25 à 28 mètres sur 7 à 9 mètres de largeur, ces espèces de maisons flottantes portent de 20 à 25 tonneaux. Construites en madriers de bois léger, appelé par les Espagnols *balsa*, les jangadas de Guayaquil descendent les rivières et naviguent le long de la côte. Elles se comportent bien sur cette mer en s'élevant avec *facilité à la lame*. » (Extrait du *Magasin pittoresque*.)

Au Groenland, les *Kayacks*, faits de peau de phoque ou de veau marin, sont toujours ramés par les femmes. Plusieurs voyageurs, dignes de foi, affirment que ces bateaux exécutent des traversées de 7 à 800 milles, surtout le long des côtes ouest et sud de l'île où les froids sont moins intenses et où la mer est tenue libre de glaces par les tièdes effluves du grand courant d'eau chaude, connu sous le nom de *Gulfstream*.

Cette courte digression, sous forme d'un rapide voyage autour du monde, aura suffi pour nous prouver que les peuples européens ou d'origine européenne sont les seuls navigateurs vraiment sérieux ; parmi ceux-ci les Américains, les Anglais et les Français laissent les autres nations loin derrière eux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quoique les États-Unis n'aient exposé que le *Red, white and blue* et le *Non-Pareil*, ils n'en tiennent pas moins, par ce seul fait, la première place à l'Exposition. Leur génie pratique, allié à leur audace que rien n'effraye, n'a-t-il pas inventé tous ces types que nous nous sommes ensuite appropriés en leur faisant subir les modifications réclamées par une expérience qui ne nous a coûté ni homme ni argent. Tout récemment même la France a payé, au prix énorme de quatorze millions, deux monitors que l'heureuse pacification des États confédérés du Sud avait rendus inutiles.

L'exposition anglaise, quoique moins surchargée d'ornements que celle de France, nous a montré des constructions mieux entendues et surtout plus achevées que celles des constructeurs français. On y reconnait un peuple dont toutes les aspirations sont tournées vers la mer et qui, en se livrant aux plaisirs nautiques, n'oublie pas qu'il contribue à développer en même temps les ressources nationales. Leur flotte, en qui se résume la puissance du pays, est la première du monde, en ce moment où chacun marche d'un pas également pressé dans la même voie et en dépit des révolutions qu'a subies l'art de l'architecture navale.

La rapidité des évolutions constituera toujours un des plus essentiels éléments de la victoire dans une bataille navale ; mais celui qui aura, en réserve, le plus d'argent, le plus de matériel et le plus d'hommes, sera forcément le vainqueur.

Or, l'Angleterre, plus prévoyante et plus économe que nous, remplit ses coffres ; par l'institution des gardes-côtes elle a une réserve immense d'hommes rompus au métier de la mer et tenus en haleine par des revues maritimes annuelles ; quant à son matériel, il est égal à celui de toutes les nations du monde réunies.

En France, le nombre d'hommes embarqués sur nos navires de commerce ne dépasse pas 90,000, ce qui laisse à supposer que les cadres complets de l'inscription maritime contiennent près de 200,000 hommes ; mais, dans ce nombre qui paraît élevé, combien d'hommes perdus pour la navigation lointaine, la seule qui forme de vrais marins ?

La petite pêche assure à celui qui s'y livre une existence moins laborieuse que celle du matelot au long cours ; elle lui permet de ne pas quitter sa famille et par dessus tout son rendement est supérieur. Aussi, à la nouvelle d'une grande guerre, quand les levées extraordinaires sont décrétées, les quais de nos ports sont déserts et les armateurs sont obligés de désarmer la moitié sinon la totalité de leurs navires.

La disproportion entre les forces navales de France et d'Angleterre est trop grande ; il faut à tout prix la diminuer, et ce serait une grande faute que de négliger ce qui même, dans une faible proportion, peut augmenter les ressources de notre matériel naval qui, quoi qu'on invente, exigera toujours trois choses : des hommes, du matériel et surtout de l'argent [1].

La reconstitution de notre puissance navale date des derniers temps de la restauration. A cette époque, notre petite marine doutait d'elle-même, avait perdu ses traditions ; ses progrès ne sont devenus rapides et soutenus que du jour où les escadres permanentes ont été créées et que nos stations lointaines ont été considérablement augmentées.

Depuis vingt ans, ce mouvement s'est de plus en plus prononcé ; les travaux de l'art et de la science y ont ajouté un surcroît d'énergie qui a secondé admirablement les efforts de nos hommes de mer et de nos hommes d'État. On n'aban-

1. Nous croyons devoir rappeler que les opinions émises par les rédacteurs des *Études sur l'Exposition* leur sont personnelles, et n'engagent en aucune façon les opinions des autres rédacteurs et de la direction de cette publication. E. L.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donnera pas, c'est à souhaiter, la voie si large et si féconde en résultats où la France a fini par entrer et on continuera à entraîner petit à petit sa population dans cette route nouvelle dans laquelle ses progrès, quoique effacés par ceux de ses voisins, n'en méritent pas moins de grands éloges.

Comme preuve que les vœux que nous formons sont partagés par le gouvernement, nous terminerons cette étude en signalant le décret du 22 juillet 1867, par lequel le ministre de la marine informe les préfets maritimes, les gouverneurs des colonies et les chefs du service maritime dans les ports, qu'une Société d'encouragement pour la navigation de plaisance, vient de se créer à Paris, Société à laquelle l'empereur a promis son patronage et à la tête de laquelle est toujours placé l'officier général de la marine, aide de camp de l'empereur.

Cette Société pourra délivrer aux propriétaires des yachts français un pavillon spécial qui sera le pavillon national avec une étoile blanche au centre de la bande bleue. Les navires porteurs de ce pavillon jouiront de grands avantages, à la condition cependant qu'ils soient munis en même temps d'un rôle d'équipage. Ainsi, il leur sera permis d'entrer dans les ports de guerre et de prendre leur mouillage au même mouillage que les bâtiments de l'État. Les yachts au-dessus de vingt tonneaux seront de plus admis dans les bassins de radoub et seront réparés par les ouvriers de nos arsenaux, suivant les tarifs en vigueur.

Pour faire partie de la nouvelle Société, la cotisation annuelle est de 100 fr. ajoutés à 100 francs d'entrée. Ces mises serviront à distribuer des prix élevés.

Le jour n'est donc pas loin où nous reprendrons la place qui nous est due comme puissance maritime, et notre intérêt véritable demande que nous procédions avec calme et prudence, mais sans le moindre temps d'arrêt.

E. Éveillard.

On vient de faire en Angleterre, avec un succès complet, plusieurs voyages d'essais, avec une chaloupe à vapeur, qui doit servir de type pour une petite flotille de bateaux de plaisance. Voici (fig. 11, page suivante) le croquis d'une de ces chaloupes :

Cette chaloupe a une longueur de 9m.144 et un arbre de 1m.727. Avec dix passagers elle a un tirant d'eau de 0m.457 à l'avant, de 0m.610 à l'arrière.

Elle est construite en sapin et en orme d'Amérique; mais celles des chaloupes, qui sont destinées à entreprendre des courses lointaines, sont en bois de teck. Au milieu, sous la chaudière, le fond est aplati, afin d'ajouter à la légèreté de la chaloupe. La benne, dont les supports sont en fer galvanisé, peut être facilement placée et déplacée. Les siéges vont tout autour du petit bâtiment, ce qui facilite le passage de l'avant à l'arrière et réciproquement, et par déduction la facilité des manœuvres.

La chaudière choisie est verticale et du système de Field, avec deux tubes rentrant l'un dans l'autre pour faciliter la circulation. Cette chaudière a un diamètre de 0m.76, hauteur 0.91 centimètres; les tubes de 0m.05 sont au nombre de 20, et ont une longueur de 0m.28. On peut emporter du combustible pour une course de huit à dix heures.

La machine que représente la figure 12 consiste dans un simple cylindre renversé, et est placée à l'arrière; elle a 0m.115 de diamètre et 0m.115 de course; elle est remarquable par sa simplicité; le propulseur en métal de canon a 0m.56 de diamètre. Les tuyaux sont tous en cuivre.

Dans le dernier essai qui a eu lieu, avec une pression de 4k.92 par centimètre carré, on a remonté la Tamise avec une vitesse de près de 13 kilomètres à l'heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le timonnier est assis à l'arrière, et l'on peut dire qu'il tient la machine en main, puisque d'un côté il a le levier de renversement et de l'autre la barre du gouvernail.

Fig. 11.

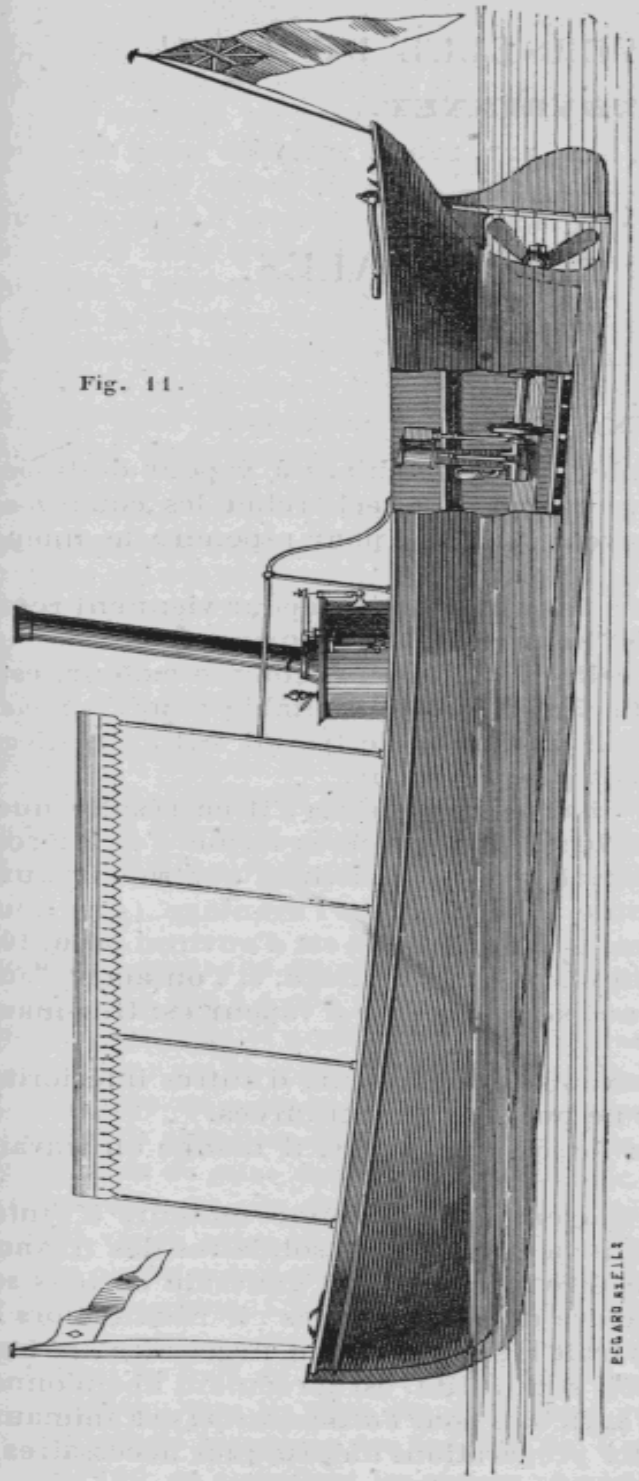
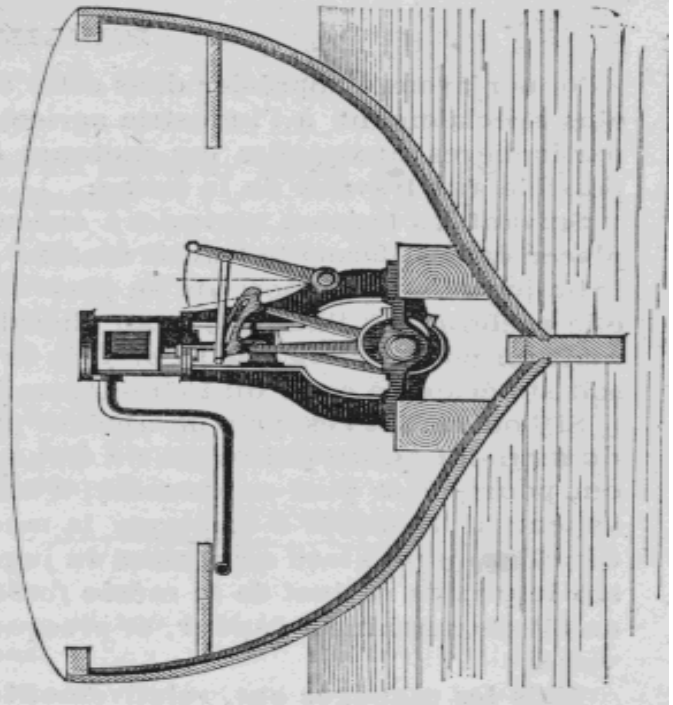


Fig. 12.



L'une des qualités de cette chaloupe, c'est que par les proportions qu'on lui a données elle peut être embarquée tout entière sur le tillac d'un navire, ce qui permet de la mettre à flot sans aucune difficulté.

NOTE DE L'ÉDITEUR.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

V

LE GÉNIE RURAL

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1867[1]

Par M. **J. GRANDVOINNET.**

(Planches 223, 224, 225, 226, 227, 228 et 229.)

MACHINES A VAPEUR RURALES.

(Planche 223).

PRÉLIMINAIRES.

Nous n'avons à apprécier dans cette étude que les machines à vapeur destinées plus spécialement à l'industrie agricole, et surtout à rechercher les conditions particulières auxquelles ces moteurs doivent satisfaire pour répondre le mieux possible aux travaux de la ferme.

Suivant les travaux agricoles à exécuter, les machines à vapeur viennent remplacer dans la ferme le travail moteur de l'homme ou des animaux.

La première question qui se pose est celle-ci : la vapeur, comme moteur, est-elle préférable à l'homme et au cheval. Ceci n'est guère discutable pour *l'homme* ; mais on peut douter que le prix de revient de l'unité de travail fait au manége soit supérieur à celui du même travail fait par la vapeur.

Si l'on établit ces prix de revient par diverses hypothèses, il en résulte que, du moment qu'un cultivateur a fréquemment besoin dans sa ferme d'une force, ou, pour parler plus exactement, d'un travail moteur d'environ quatre chevaux-vapeur, il a intérêt à employer la machine à vapeur, et l'avantage (que nous détaillerons plus tard en parlant du jugement des manéges) est d'environ 30 p. 100 sur le prix de revient de la même *force* en chevaux de manége, si l'on adopte une *excellente* machine à vapeur, et presque nul si la machine à vapeur est très-mauvaise.

Mais les manéges ont, relativement aux moteurs à vapeur, d'autres infériorités qui doivent être signalées, bien qu'elles ne puissent être chiffrées.

1° Le *cheval-vapeur* ne consomme que lorsqu'il travaille, il mange en travaillant et n'a pas besoin de repos ;

2° Lorsque les chevaux ou les bœufs doivent servir comme moteurs à l'intérieur de la ferme, les travaux à faire dans la grange sont solidaires des travaux extérieurs, et quelque bonne que puisse être la répartition générale de tous ses travaux, le fermier est quelque peu esclave de ses attelages : il réduit alors la force destinée à son manége à ce qui paraît rigoureusement nécessaire, et tout travail *excédant ou nouveau*, quelle que soit son utilité, est forcément abandonné. On renonce ainsi à de bonnes pratiques agricoles pour *l'alimentation* des animaux, faute de *force* et de *temps* à consacrer aux préparations mécaniques nécessaires à une bonne alimentation.

La force motrice devrait toujours être calculée notamment au-dessus des besoins ;

1. Voir tome Ier, Préliminaires, page 82 ; tome III, les charrues (pl. 121, 122, 123) ; tome IV, page 88 (pl. 131, 132).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le travail fait par des animaux nourris sur la ferme, c'est de la *viande* qui ne se fait pas, situation aussi fâcheuse pour le cultivateur que pour la nation tout entière ;

4° Le maximum de travail est d'autant plus grand que le moteur marche plus régulièrement : or, une parfaite régularité est toujours possible avec les bonnes machines à vapeur ; tandis qu'elle ne peut être obtenue par les manéges qui font le plus souvent un nombre de tours moyen pratique égal à 85 pour 100 seulement de celui calculé.

En résumé donc, les fermes moyennes ou grandes ont avantage à faire faire leurs travaux d'intérieur par un moteur à vapeur. Nous discuterons plus loin s'il doit être fixe, transportable ou locomobile. Nous allons d'abord examiner les qualités à rechercher dans toutes machines à vapeur.

Dans le premier fascicule de ces *Études* nous avons prouvé que *le prix de revient de l'unité de travail* est le seul bon *criterium* de toutes les machines.

Dans le cas présent, c'est le prix de revient du *cheval-vapeur* qui nous servira de base pour déterminer non-seulement *l'avantage* des moteurs à vapeur sur les manéges, mais encore le *classement* des qualités que l'on doit rechercher dans les diverses machines à vapeur.

Du prix de revient de l'unité de travail moteur dans les machines à vapeur rurales.

Le prix de revient du travail moteur d'un cheval-vapeur dans une heure dépend de la force nominale de la machine et du nombre d'heures pendant lequel elle peut être occupée chaque année.

Il faut donc d'abord fixer et la force de la machine à vapeur, et le nombre probable d'heures de travail dans l'année.

Admettant d'abord comme moyenne une machine à vapeur locomobile de la force de 4 chevaux, pouvant être occupée 1,500 heures par année, nous aurons le sous-détail suivant pour chaque heure de travail.

	CIRCONSTANCES	
	FAVORABLES.	DÉFAVORABLES.
Intérêt à 5 pour 100 du prix d'achat, pouvant varier de 3.600 à 5.000 fr.....	0f.120 à 0f.170	0f.120 à 0f.170
Entretien en huile et graisse et petites réparations usuelles : ces frais peuvent être estimés à 3 ou 6 p. 100 du prix d'achat, suivant le plus ou moins de perfection de la construction, et le plus ou moins de soins de la part du chauffeur....	0.072 à 0.144	0.100 à 0.200
Amortissement du prix d'achat dans une durée qui peut varier entre huit et vingt ans, suivant le plus ou moins de perfection dans la construction de la machine. L'amortissement a été calculé par annuités : cette annuité comprend implicitement les frais de grosses réparations dans la chaudière, dans les tiges, etc., etc. Nous avons pris comme moyennes des annuités de 4 et de 7 p. 100, en assimilant les grosses réparations et les arrêts à une moindre durée.....	0.096 à 0.168	0.133 à 0.233
Conduite : Suivant que la machine sera simple ou compliquée, il faudra ou seulement un ouvrier intelligent du pays, ou un mécanicien habile..	0.250 à 0.400	0.250 à 0.400
A reporter.....	0.538 à 0.882	0.603 à 1.003

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Report.....	0.538 à 0.882	0.603 à 1.003
Combustible : Suivant que la machine sera bien ou mal entendue dans toutes ses parties (foyer, générateur et mécanisme), la consommation de charbon ou de bois, par heure et par cheval, variera (sans détente ni réchauffage de la vapeur) entre 3 et 5 kil. de houille par cheval et par heure, coûtant, suivant les lieux, de 2f.50 à 4f.50 les 100 kilog.....	0.300 à 0.500	0.540 à 0.900
Prix de revient de l'heure de travail d'une machine à vapeur de 4 chevaux bonne ou mauvaise	0f.838 à 1f.382	1f.143 à 1f.903

Soit par cheval et par heure de 0.210 à 0.346 en circonstances favorables et 0.285 à 0.475 au plus, et en moyenne générale 0.329.

Nous ne tenons pas compte des frais de transport ou d'élévation de l'eau d'alimentation qui seraient sensiblement les mêmes pour une bonne et une mauvaise machine dans le même lieu.

D'après le tableau ci-dessus, la différence entre les prix de revient de l'heure de travail d'une bonne et d'une mauvaise machine à vapeur de 4 chevaux dans les mêmes circonstances d'emplacement sera donc de 0f.544 dans les circonstances favorables et de 0f.760 en circonstances défavorables.

Base du jugement des machines à vapeur à 4 chevaux.

Si donc (suivant le principe posé dans notre article du premier fascicule) nous convenons que la perfection d'une machine à vapeur rurale sera cotée 100 points, ces 100 points représentent l'économie totale de 0f.544 à 0f.7 60, et, par suite, chaque point correspond à une économie de 0c.544 centimes à 0c.760 centimes, suivant les circonstances, et en moyenne 0c.652.

Si, actuellement, nous cherchons à estimer l'influence des diverses qualités que peut présenter une machine à vapeur de 4 chevaux, voici ce que nous trouvons :

Les parties ou les perfectionnements de la machine influençant :

	ÉCONOMIES.		BONS POINTS.
(*a*) L'intérêt du prix d'achat, peuvent économiser de.....	0f.050 à 0f.050	et représentent	9.21 à 6.50
(*b*) L'entretien de la machine, peuvent économiser de.....	0.072 à 0.100	—	13.23 à 13.15
(*c*) L'amortissement, peuvent économiser de.....	0.072 à 0.100	—	13.23 à 13.15
(*d*) La conduite de la machine, peuvent économiser de.....	0.150 à 0.150	—	27.57 à 19.74
(*e*) La consommation de charbon, peuvent économiser de...	0.200 à 0.360	—	36.76 à 47.46
La perfection de la machine économise.....	0f.544 à 0f.760	—	100.00 à 100.00

Pour traduire ces éléments du prix de revient par des termes vulgaires, et indiquant les qualités de la machine qui influent sur ces chiffres d'économie, on peut dire :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° *Le bas prix* est, pour une machine à vapeur rurale, une qualité dont l'importance (*a*) doit être représentée par 9.21 ou 6.59 points suivant les circonstances, soit en moyenne par 7.90 points ;

2° *La perfection de la construction* (précision, solidité), le bon choix des matériaux (nature et qualité), augmentant la durée active de la machine et diminuant l'entretien en huile ou graisse, en petites ou grosses réparations, peuvent être représentés par le nombre de points dûs au moindre amortissement (*c*), c'est-à-dire 13.23 à 13.15 points augmentés des trois quarts environ de ceux dus au moindre entretien, c'est-à-dire 9.92 à 9.83 : soit en tout 23.15 à 23.01, ou en moyenne 23.08 ;

3° *La simplicité du mécanisme* influe en réalité sur les deux éléments précédents: c'est-à-dire qu'une machine est d'autant moins coûteuse qu'elle est plus simple, et que l'entretien est relativement plus faible si la machine est moins compliquée. Nous affecterons donc à la simplicité d'abord le quart des points représentant l'économie d'entretien.

En second lieu, si la machine est la plus simple possible, elle pourra facilement être conduite par un ouvrier rural intelligent, au lieu d'exiger, comme les machines trop compliquées, un mécanicien habile. Toutefois cette différence que nous posons n'est pas absolue : il est certain, en effet, qu'un ouvrier de bonne volonté s'habituera tout aussi bien à une machine compliquée qu'à toute autre après un certain temps; le seul avantage au point de vue de la conduite d'une machine très-simple, c'est de pouvoir être *conduite* après un très-court apprentissage par tout ouvrier intelligent, tandis qu'une machine compliquée exige plus de temps.

En accordant donc les *points* dus à l'économie de conduite, à la *simplicité de mécanisme*, nous exagérons notablement l'importance de cette qualité. Le quart des points (*b*) ou 3.30 en moyenne et la totalité des points (*d*) forment, pour représenter la simplicité, un total de 30.88 à 23.03 ou en moyenne 26.955 ;

4° *L'économie de combustible* est la qualité la plus importante d'après les nombres trouvés précédemment, et son influence peut être représentée par 36.76 à 47.36 points, ou en moyenne par 42.06.

Résumons les chiffres ci-dessus, en les arrondissant.

On accordera 8 points à la machine la moins chère.
— 23 points à la machine la mieux construite, la plus solide.
— 27 points à la machine la plus simple de mécanisme, la plus facile à démonter et remonter.
— 42 points à la machine qui consommera le moins de combustible par cheval-vapeur et par heure.

Ce qui donne 100 bons points à la machine parfaite de tous points.

Pratique du système de jugement des machines à vapeur de 4 chevaux.

Mais comment apprécier et peser ces qualités dans plusieurs machines concourantes ? Nous voudrions laisser le moins possible d'*arbitraire* afin de rendre le jugement inattaquable.

Passons donc en revue les quatre qualités que nous venons de reconnaître et de poser en principe.

1° *Bas prix*. Les jurés ont à se mettre en garde contre des malentendus assez fréquents. Parfois la machine présentée par un constructeur n'est pas celle qu'il vend habituellement au prix de son catalogue. Dans le rapport il faut de toute

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nécessité décrire la machine, en indiquant toutes les parties caractéristiques et même les principales dimensions.

Le prix de vente sera constaté par un exemplaire du catalogue imprimé, ou par une attestation dûment signée du constructeur, relatant le signalement de la machine, qui resteraient annexés au procès-verbal des essais.

Le jury devra, en outre, se rendre compte autant que possible du prix de revient probable de la machine ; des raisons de bas prix, telles que le prix des matériaux et de la main-d'œuvre dans le lieu de fabrication ; l'importance des ateliers de construction et de leur outillage.

2° *La bonne construction* d'une machine ne peut être déterminée que par un examen minutieux de toutes les pièces au repos et en marche, et un ingénieur mécanicien peut seul être chargé de cet examen : la facilité de graissage et de nettoyage doit être prise en considération.

3° *La simplicité* peut être apparente ou réelle ; on en jugera en faisant démonter la machine par le chauffeur, et en la faisant ensuite remettre en état ; le temps nécessaire pour ces opérations sera constaté.

Les membres du jury devront multiplier ces essais et se livrer à un minutieux examen pour constater si la simplicité est réelle.

4° *L'économie de combustible* est la seule qualité qu'il soit possible d'apprécier par un essai direct comparatif de toutes les machines et ne laissant absolument rien à l'arbitraire s'il est bien dirigé.

Relativement à une médiocre machine, la plus parfaite économiserait par heure 8 kilog. de charbon valant 0f.20 à 0f.36, suivant les localités : par suite chaque kilogramme de houille économisé en dessous de 5 kilog. par cheval et par heure mériterait à la machine de 18.38 à 23.60 bons points, ou en moyenne, 21 ; et naturellement 2.1 points par chaque cent grammes d'économie.

La quatrième qualité étant de beaucoup plus importante, il est clair que le jury doit faire l'essai de toutes les machines au frein et de plus avec l'indicateur de pression.

Les plus grandes précautions doivent être prises pour que cet essai soit exempt d'erreurs. Voici un aperçu des règles que la pratique nous a suggérées :

1° Toutes les machines concourantes, si cela est possible, doivent être placées côte à côte, ce qui permettra aux constructeurs de se surveiller réciproquement; 2° la durée de l'essai sera aussi longue que possible, la plupart des manœuvres coupables ne pouvant avoir alors qu'un effet restreint ; 3° chaque machine devra être munie d'un compteur de tours actionné par le volant et soigneusement taré; 4° on fixera aussi, s'il est possible, un indicateur de pression sur le cylindre de chaque machine ; 5° les freins employés devront être très-sensibles et établis suivant le principe indiqué par nous il y a plusieurs années dans les *Annales du Génie civil*, c'est-à-dire qu'il pourra être assez stable, quoique sensible, et donner une indication approximative de la régularité de la marche de la machine. L'addition de ressorts au frein pour en augmenter la régularité peut être admise ; mais si un ressort est placé en opposition au poids soulevé, il doit être soigneusement taré et surveillé minutieusement : il donnera une idée assez approximative de la régularité de marche ; 6° lorsque les machines auront atteint la pression indiquée par le timbre de leur chaudière et que le frein sera prêt, on abattra le feu, et on le rallumera immédiatement avec de la paille, du bois pesé soigneusement, puis on maintiendra le frein en équilibre avec la charge qu'elle peut porter en alimentant le foyer avec le combustible pesé d'avance ; 7° enfin il est utile qu'un surveillant spécial soit attaché à chaque machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jugement des machines à vapeur rurales de 2 et 6 chevaux.

Nous conseillons rarement pour les fermes des machines à vapeur de moins de 4 chevaux. Toutefois pour de petites fermes bien montées, une machine de 2 chevaux peut suffire en toutes circonstances. D'autre part en France, les fermes ont rarement besoin d'un moteur de plus de six chevaux-vapeur. Nous pouvons donc, après avoir pris comme moyenne la machine de 4 chevaux, admettre comme extrêmes celles de 2 et 6 chevaux, et chercher quelles doivent être les *échelles de points* pour ces dernières forces de machines.

Nous ne détaillerons pas à nouveau les éléments du prix de revient de l'heure de travail ; le tableau des frais suffira.

	MACHINES DE	
	2 CHEVAUX. (2.500 à 3.400f)	6 CHEVAUX. (4.400 à 6.500f)
(*a*) *Intérêt* du prix moyen d'achat de la machine, 5 p. 100	0.083 à 0.113	0.157 à 0.217
(*b*) *Entretien* en huile et petites réparations, 3 à 6 p. 100	0.050 à 0.100 0.068 à 0.136	0.094 à 0.188 0.130 à 0.260
(*c*) *Amortissement* (compris grosses réparations et arrêts), 4 à 7 p. 100	0.066 à 0.117 0.091 à 0.159	0.125 à 0.219 0.173 à 0.303
(*d*) *Conduite de la machine*	0.250 à 0.400	0.250 à 0.400
(*e*) *Combustible brûlé* : 3k.5 à 5k.5 par cheval et par heure pour la petite machine, et 2k.5 à 5 kil. pour la grande	0.175 à 0.275 0.315 à 0.495	0.375 à 0.750 0.675 à 1.350
Prix de revient total, par heure et par machine	0.624 à 1.005 0.807 à 1.303	1.001 à 1.774 1.385 à 2.530
Soit par cheval et par heure	0.312 à 0.502 0.403 à 0.651	0.167 à 0.296 0.231 à 0.421
Ou en moyenne	0.358 à 0.577	0.200 à 0.358
Ou enfin	0.467	0.279

D'où l'on conclut, pour l'influence de chaque qualité :

	MACHINES DE		
	2 CHEVAUX.	4 CHEVAUX.	6 CHEVAUX.
(*a*) Sur l'intérêt du prix d'achat, une économie moyenne de	0.0300	0.050	0.060
(*b*) Sur l'entretien de la machine, une économie moyenne de	0.0585	0.086	0.112
(*c*) Sur l'amortissement, une économie moyenne de	0.0595	0.086	0.112
(*d*) Sur la conduite de la machine, une économie moyenne de	0.1500	0.150	0.150
(*e*) Sur la consommation du combustible, une économie moyenne de	0.1400	0.280	0.525
Et pour la perfection, une économie totale de	0.4380	0.652	0.959

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite l'échelle des points pour les trois machines se traduira ainsi :

1° *Bas prix*.....	6.85 ou 7	7.90 ou 8	6.25 ou 6
2° *Bonne construction.*			
Les 3/4 de l'entretien ou 0.75 de 13.356 = 10.017 et 8.76.....	23.60 ou 24	23.08 ou 23	20.44 ou 20
L'amortissement entier 13.584 et 11.68..			
3° *Simplicité.*			
Le 1/4 de l'entretien.. 0.25 de 13.356 = 3.339 et 2.92.....	37.58 ou 37	26.95 ou 27	18.56 ou 19
La conduite entière 34.246 et 15.64....			
4° *Économie de combustible*.....	31.96 ou 32	42.06 ou 42	54.74 ou 55

Il est facile de conclure tout d'abord de l'examen de ce dernier tableau que, dans tous les cas, l'*économie de combustible* est la qualité à rechercher avant toute autre, et d'autant plus que la force de la machine est plus grande. La *simplicité* a d'autant moins d'importance que la machine est plus forte.

Échelles empiriques.

Par des considérations positives et pratiques qui ne peuvent laisser le moindre doute sur l'exactitude du principe et de ses conséquences, nous avons déterminé *une échelle de points* pour le jugement des machines à vapeur rurales. Elle nous paraît la seule juste pour les circonstances particulières supposées (prix de la main-d'œuvre et de la houille), et même pour des cas assez différents ; car tous nos calculs ont pour base la différence des prix de revient entre une très-bonne et une médiocre machine à vapeur.

Cependant la plupart de nos lecteurs ne seraient pas fâchés de comparer notre *rationnelle* échelle de points avec celles qui ont pu être proposées avant nous, sans méthode, empiriquement, ou même par suite d'une espèce d'intuition pratique dont nous faisons grand cas.

Voici les échelles de points proposées par quelques constructeurs anglais : nous nous sommes permis de les arranger dans le cadre de notre notation afin de pouvoir les comparer. La plupart des machines anglaises qui se présentent dans les concours sont d'au moins 6 chevaux-vapeur ; c'est donc ce cas que nous supposons.

	ÉCHELLES DE POINTS DE MM.				
	Garrett.	Hornsby.	Ransome.	Moyenne anglaise.	Grandvoinnet.
1° Bas prix.....	8	14	10	10.66	8
2° Bonne construction, solidité et facilité de transport (locomobiles).....	43	45	50	46	23
3° Simplicité.....	27	23	20	23.1/3	27
4° Économie de combustible.....	22	18	20	20	42

Entre la moyenne des échelles anglaises et la nôtre il y a deux écarts tranchés : mais loin d'infirmer notre principe, l'un d'eux au moins le confirme. En effet, nous ferons observer que la houille étant très-notablement moins coûteuse en Angleterre qu'en France, l'économie de combustible a beaucoup plus d'importance ici que chez nos voisins ; le second écart s'explique aussi par l'origine des échelles de points anglaises : elles sont l'œuvre de trois exposants. Or, les constructeurs en général désirent que les juges attachent moins d'importance à *l'économie de combustible* qu'à la *bonne construction*, à la *simplicité* et à la *solidité;* et cela se comprend, car *l'économie de combustible* est la qualité la plus difficile à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atteindre dans des machines de fabrication courante qu'il faut faire aussi économiquement que possible pour résister à la concurrence réciproque des fabricants; tandis que la simplicité et le bas prix sont à la portée de tous les constructeurs, et sont demandés, quand même, par les acheteurs, ignorants pour la plupart de leurs véritables intérêts.

De la nécessité d'une bonne méthode de jugement des machines.

Nous sommes loin de croire que notre méthode générale de jugement, et l'application que nous venons d'en faire au cas particulier des machines à vapeur rurales, soient, dès aujourd'hui, arrivées à leur perfection, et que nos chiffres ne puissent être remplacés par des nombres plus exacts obtenus par de longues observations. Mais nous maintenons le principe, d'autant plus que depuis 1855, époque où nous l'avons posé, il n'a donné lieu à aucune critique.

Jusqu'ici la nécessité d'une méthode positive de jugement des machines agricoles ne semble avoir été comprise ni par les hommes appelés à diriger les concours, ni par les juges chargés de décerner les récompenses, ni par les constructeurs, ni même par les agriculteurs qui doivent employer les machines.

Nous n'avons cessé, depuis 1858 surtout, d'appeler l'attention du monde agricole sur les inconvénients de l'absence d'une bonne méthode de jugement, en nous bornant à signaler quelques-unes des erreurs commises. C'était notre devoir. Nous eussions pu signaler chaque année, dans nos concours, des erreurs de jugement incroyables ; nous avons reculé devant les personnalités qu'auraient entraînées nos critiques. Mais nous n'abandonnons pas notre principe, et nous rappelons encore d'une manière générale quels en sont les avantages.

L'étude de ce mode rationnel de jugement des machines agricoles n'est pas seulement nécessaire, comme on pourrait le croire, aux hommes éminents appelés à juger les machines dans les concours, mais encore et surtout aux *exposants* et aux *acheteurs*.

En effet, les constructeurs consciencieux doivent exiger que leurs machines soient jugées suivant une méthode positive, afin de supprimer ce qu'il peut y avoir d'imprévu dans les jugements par suite de causes fort complexes et qu'il serait difficile d'exposer ici, car elles ont trait à la composition même des jurys, et à leur mode d'appréciation si variable.

L'habitude des concours, l'éclat d'anciennes récompenses ne seraient plus pour un exposant la cause déterminante de ses succès, et le constructeur débutant ne serait plus pris au dépourvu par les essais fictifs, le mode de procéder et le système de notation que nous proposons (ou tout autre meilleur) pouvant être publié à l'avance, comme *code* des essais et jugements.

Les cultivateurs doivent aussi exiger que les essais et les jugements qui s'ensuivent aient une base positive, car ils seraient ainsi certains que les prix seront décernés aux machines agricoles qui, dans la ferme, leur donneront la plus grande somme d'avantages.

Enfin, les hommes éminents, appelés à l'honneur de juger les machines, doivent aussi désirer qu'une méthode positive d'appréciation soit adoptée, après une publication préalable, parce qu'ils seraient ainsi débarrassés de la plus grande part de la responsabilité qu'ils ont à supporter actuellement, et de toute récrimination de la part des exposants ; car, l'échelle de points étant publiée et adoptée implicitement ou explicitement par les constructeurs, et les essais faits dans des conditions prévues, les exposants mal partagés dans la distribution des récompenses n'auraient plus qu'à s'incliner devant la moyenne des points obtenus par les machines primées ; il ne resterait plus alors dans les jugements de machines

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

agricoles que la petite part d'imprévu inséparable de tout jugement humain, cette part étant réduite au minimum.

On ne verrait plus de ridicules instruments obtenir trois fois de suite le premier prix, sans que dans dix ans un seul ait pu être adopté par un seul cultivateur;

Des machines incapables de travailler récompensées d'une médaille d'or sans essai, et tant d'autres exemples semblables.

Au contraire, en adoptant une méthode positive, et en faisant exécuter des essais systématiques sérieux, les jurés traceraient la voie aux inventeurs et aux constructeurs, signaleraient les machines véritablement bonnes aux cultivateurs, et le pays tout entier y gagnerait. Plus d'inventeurs ou de constructeurs se ruinant à poursuivre l'exploitation d'un mauvais système de machines; plus de coûteuses machines mises au grenier ou à la ferraille par le cultivateur assez simple pour baser son jugement sur les récompenses accordées à ces machines.

Notre système de jugement des machines à vapeur rurales exigerait, pour être appliqué dans toute sa précision, un certain outillage. Avant le concours, on peut exiger que chaque concurrent se munisse, à ses frais, d'un frein fait suivant le meilleur modèle indiqué, d'un compteur mécanique, et même d'un indicateur des pressions.

Chargé en 1867, par le jury de la classe 74, de la direction des essais pour toutes les machines agricoles, nous n'avions pas malheureusement l'outillage le meilleur, et les constructeurs n'avaient pas été prévenus à temps. Plusieurs n'osèrent concourir. Avant de rendre compte de nos essais et de décrire les machines primées, rappelons que, dans ce qui précède, nous avions admis, en 1862, d'après les *faits* connus alors pour les machines rurales, une différence dans la consommation égale à 66 pour 100 du poids de houille consommée par la meilleure machine.

Depuis cette époque, nous avons pu essayer comparativement plusieurs machines, et les résultats ont confirmé nos prévisions.

Ainsi à Auxerre (en 1866), avec de mauvaise houille, et pour une durée d'essai trop courte, ce qui est défavorable pour toutes les machines, nous avons eu les chiffres consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau des essais faits au concours d'Auxerre, en mai 1866.

NOMS DES EXPOSANTS.	FORCE NOMINALE de la machine.	FORCE RÉELLE accusée par le frein.	NOMBRE DE TOURS par minute.	LONGUEUR du levier du train.	POIDS placé au bout du levier.	CHARBON consommé dans une heure d'essai.	CHARBON par cheval et par heure.	OBSERVATIONS.
					kil.	kil.	kil.	
Damey, de Dôle.....	5	5.285	103	1.50	24.50	24.50	4.635	
Gérard, de Vierzon....	5	5.710	133	1.50	20.50	26.60	4.658	
Durenne, de Courbevoie.	5	4.895	114	1.50	20.50	29.00	5.920	Le chauffeur est peu expérimenté.
Rigot, de Paris.....	4	4.070	92	1.44	22.00	24.66	6.060	
Muzey, d'Auxerre.....	4	4.021	100	1.44	20.00	31.00	7.710	La machine est ancienne et un peu usée.

On voit que, dans cet essai, la moins bonne machine a consommé, à égalité de force, 66.34 pour 100 de plus que la meilleure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce qui précède, pour établir nos prix de revient et notre échelle de pointe, nous avons supposé une consommation de 3 kilog. par cheval et par heure pour la meilleure machine, la houille étant de bonne qualité : or, il peut y avoir entre deux houilles une très-grande différence de puissance calorifique. Dans un grand essai fait en Angleterre, la *puissance évaporante* paraît avoir varié entre les nombres extrêmes 6.32 et 10.36; c'est-à-dire que la meilleure houille évaporait 64 p. 100 de plus que la plus mauvaise : ou il ne fallait, pour évaporer le même poids d'eau avec la meilleure houille, que 61 pour 100 du poids nécessaire en mauvaise houille.

L'essai fait par nous à Billancourt en 1867, pour le jury de la classe 74, corrobore cette indication. Le charbon fourni par la commission impériale était d'excellente qualité; aussi, presque toutes les machines ont donné de bons résultats.

Mais il est toutefois resté entre les diverses machines, suivant les perfectionnements des générateurs et des mécanismes, et suivant l'habileté des chauffeurs, des différences proportionnelles à celle que nous avons prise pour base de notre échelle de points à appliquer dans le jugement des machines à vapeur rurales.

Ces deux essais, avec des houilles si différentes de qualité, prouvent qu'en adoptant notre *échelle de points*, il faut que l'économie maxima de bonne ou mauvaise houille soit représentée par le même nombre de points; mais alors 3 kilog. d'économie de mauvaise houille vaudraient 42 bons points comme aussi une économie de 2 kilog. seulement de bonne houille.

Il y aurait donc, dans la notation proposée, nécessité d'avoir égard à la qualité de la houille employée.

Revenons à l'essai des machines à vapeur, à Billancourt.

Nous avons divisé les machines concourantes en quatre catégories :

1° Machines de plus de six chevaux, destinées aux très-grandes fermes ou aux entrepreneurs de battage;
2° Machines de six chevaux pour des grandes fermes françaises;
3° Machines de quatre à cinq chevaux pour fermes moyennes;
4° Machines de deux chevaux pour petites exploitations.

Le tableau ci-dessous montre, comme le précédent, fait pour des conditions bien différentes, cependant, qu'entre les meilleures machines et les médiocres il y a des différences de consommation variant de 54 à 87.5 pour 100 de la plus faible dépense de houille.

Ce tableau montre, en outre, qu'entre une machine de deux chevaux à faible surface de chauffe, sans détente, et une forte machine à longue détente, il peut y avoir une différence énorme de consommation de combustible : 1k.691 pour la meilleure et la plus forte machine, et 7k.406 pour la plus petite et la moins perfectionnée.

En présence du prix croissant de la houille nous n'avons pas besoin d'insister sur les avantages que présentent les machines bien faites, au point de vue de l'économie du combustible; mais il peut être intéressant pour nos lecteurs de connaître les dispositions qui permettent d'atteindre ce but.

La machine à vapeur à longue détente de MM. Ransomes et Sims, d'Ipswick (planche 223), a été faite plus spécialement pour les pays où l'économie de combustible est de première importance : le foyer est disposé de façon à brûler la houille, le coke, le bois, et en général tous les combustibles, même les plus mauvais.

La surface de chauffe est de 16.257 mètres carrés. La boîte à feu est parallélipipédique. Le cylindre à vapeur a un diamètre de dix pouces anglais (0m.254); la course est de treize pouces (0m.330).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

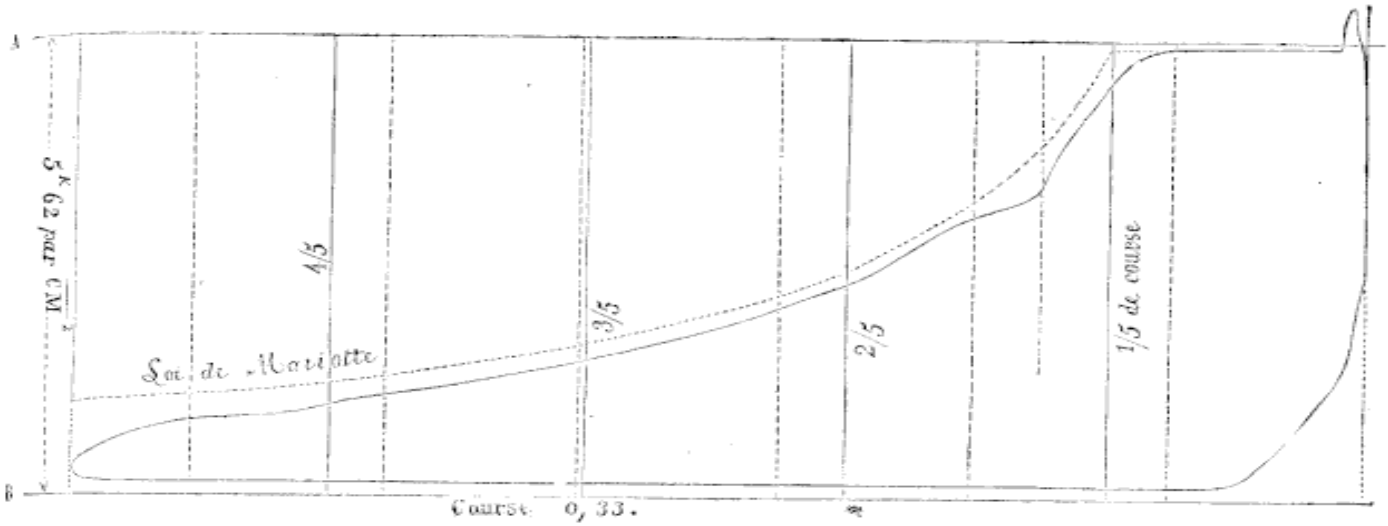
TABLEAU DES ESSAIS FAITS A BILLANCOURT LES 26 ET 27 AOUT 1867, PAR M. J.-A. GRANDVOINNET, MEMBRE DU JURY (Classe 74).

NOMS des exposants.	NATIONALITÉS.	FORCE NOMINALE.	TIMBRE de la chaudière.	PRESSION MOYENNE en marche.	NOMBRE de tours de la poulie.	LONGUEUR du levier du frein.	POIDS dont il est chargé.	POIDS équilibrant le levier	POIDS TOTAL tenu soulevé.	FORCE RÉELLE pendant l'essai.	HEURES de la mise en marche.	HEURES de l'arrêt.	DURÉE TOTALE de l'essai.	HOUILLE fournie réellement.	VALEUR de la houille, du bois et de la paille pour allumage.	POIDS TOTAL de houille consommée.	POIDS DE HOUILLE par cheval et par heure.
		ch.	kilogr.	kilogr.	tours.	mètres.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	chev.	h. m. s.	h. m. s.	h. m. s.	kilogr.	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Machines de plus de 6 chevaux.																	
Ramsomes et Sims.	Angleterre.	10	6.000	5.681	156.75	0.758	152,00	38.615kilog	113.385	18.707	1 28 10	4 41 00	3 12 50	100	4.000 — 2k300	101.700	1.6915
Marshall,.....	Angleterre.	8	»	4.568	157.00	0.700	51,35	»	51.350	7.880	1 48 50	5 15 00	3 16 10	80	4.000 — 2k30	81.700	3.1712
Machines de 6 chevaux.																	
Girard.....	France....	6	7.227	8.260	132.00	2.000	14.40	2.875	17.275	6.370	1 43 30	5 05 12	3 21 32	60—1k510	2k750 — 1k15	46.500	2.174
Del	France....	6	6.195	6.773	132.00	1.600	20.70	2.950	23.650	6.974	1 45 00	5 02 37	3 17 37	60	2.250 — 1k15	61.100	2.660
Brisson	France....	6	7.227	7.248	123.36	1.600	20.70	2.950	23.650	6.503	1 55 05	5 40 00	3 44 55	60 +3k217	2.750 — 1k15	61.817	2.665
Allen,.....	Angleterre.	6	»	4.765	138,23	0.600	51,35	»	51.350	6.038	2 21 45	5 01 00	2 39 15	60	2.150 — 1k15	61.000	3.360
Machines de 4 à 5 chevaux.																	
Damey.....	France....	4	6.969	5.864	119.77	1.500	17.00	»	17.000	4.264	1 42 00	5 59 00	4 17 00	60—1k195	2k250 — 1k15	49.150	2.680
Protte.....	France....	5	6.000	5.466	139.00	2.000	8,00	5.100	13.100	5.085	1 34 10	4 26 00	2 51 50	50	2.150 — 1k15	51.000	3.503
Gautreau,.....	France....	5	6.162	5.162	110.00	2.000	19,00	3.500	22.500	6.908	2 02 12	4 12 00	2 09 48	50	2.250 — 1k15	51.100	3.630
Machine de 2 chevaux.																	
Mays.....	France....	2	7.000	7.000	122.00	1.520	7.00	»	7.000	1.808	1 50 00	5 39 00	3 49 00	50	2k250 — 1k15	51.100	7.406

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La détente peut commencer au cinquième de la course : alors la machine donne son minimum de force; mais, en revanche, chaque kilogramme de combustible produit son maximum d'effet.

Fig. 1.



A, ligne de la pression dans la chaudière.
B, ligne de la pression atmosphérique. Fermeture de l'admission au cinquième de la course : 148 tours par minute.

Le diagramme (figure 1), donné par l'indicateur de Watt, la vapeur étant dans le générateur à la pression de 5k.682 par centimètre carré, et le nombre de tours de 148 par minute, a été fait dans un essai à la plus longue détente.

On voit que cette détente se fait suivant une courbe assez régulière, s'éloignant très-peu de celle qu'indique la loi de *Mariotte*. A l'origine, pendant un instant la pression dans le cylindre, comme le montre la figure, est supérieure à celle de la chaudière, ce qui tient probablement à l'avance à l'admission; le piston en finissant la course précédente a comprimé la vapeur neuve qui avait déjà pénétré sous le cylindre avant le commencement de la nouvelle course.

En revanche, en même temps la contre-pression est très-forte (2k.027); mais elle diminue très-rapidement, jusqu'à n'être plus que de 0k.133 au-dessus de la pression atmosphérique, soit un peu plus d'une atmosphère et un huitième.

La pression au commencement de la course étant d'abord de 5k.144, s'élève pendant un instant à 231 grammes au-dessus de celle de la chaudière, puis retombe subitement à 1434 grammes au-dessous de la pression de la chaudière.

A partir du cinquième de la course, la détente commence : la contre-pression après le parcours de 8.27 pour 100 de la course, reste constante à 133 grammes au-dessus de la pression atmosphérique, ce qui représente la charge nécessaire pour produire l'écoulement de la vapeur.

La détente se fait de telle sorte que la pression réelle est d'abord de 5 pour 100 (aux deux cinquièmes de la course) en dessous de ce qu'elle devrait être théoriquement; puis de 10 pour 100 aux trois cinquièmes, de 20 pour 100 aux quatre cinquièmes; et, vers la fin de la course, lorsqu'il n'en reste plus que le dix-septième à parcourir, la pression s'abaisse très-rapidement par suite de l'avance à l'émission.

En somme, d'après la loi de *Mariotte* pour cette détente au cinquième de la course, le travail de la détente devrait être de 1.6084 du travail de la pleine pression, soit, pour 148 tours de poulie, 12chev.46. Pratiquement, d'après le diagramme ci-dessus, le travail sur le piston n'est que de 11chev.8; et en ajou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tant le travail de la détente, ce serait 32.512 (théoriquement) et 30.74 (pratiquement dans le cylindre). Le frein nous a donné sur l'arbre du volant 18.707 chevaux. Le rendement de la machine proprement dite est donc ici de 57.5 pour 100 du travail théorique, ou 60.77 du travail sur le piston, rendement supérieur à celui des machines ordinaires.

Ainsi, comme rendement et comme économie de combustible, c'est une excellente machine.

Dans l'essai de Billancourt, la détente commençait à peu près au quart de la course, et le nombre de tours était de 156.76 : on eut ainsi un peu plus de force que dans l'essai pendant lequel le diagramme fut obtenu. Les chiffres ci-dessus sont donc assez près de la vérité, mais un peu forts.

La machine Ransomes doit ses qualités non-seulement à une bonne construction, mais surtout à l'adoption d'une longue détente.

On peut, du reste, faire varier cette détente suivant la force ou le travail moteur dont on a besoin. Si, avec la détente au cinquième et d'excellente houille, la machine donne environ 16 chevaux, au quart elle donnerait 18.5 chevaux (essai de Billancourt); au tiers elle donnerait 21 chevaux; aux trois quarts 29 chevaux, et enfin 31 chevaux environ si elle marche à pleine vapeur pendant toute la course.

La force obtenue ne sera celle que nous indiquons qu'avec d'excellente houille. Pour des combustibles médiocres le rendement sera moindre, mais restera encore assez fort pour que la machine rende de bons services dans les pays où les combustibles sont très-mauvais.

Dans l'essai de Billancourt, la machine Ransomes était munie d'un réchauffeur d'eau d'alimentation, d'une bonne disposition, ne risquant pas d'arrêter le jeu de la pompe alimentaire, et assez efficace pour porter, par la chaleur perdue de la vapeur d'échappement, l'eau d'alimentation à 80 degrés.

L'adoption d'une longue détente et d'une chaudière à grande surface de chauffe n'a d'autre inconvénientque d'accroître le prix de la machine par cheval.

Les bons constructeurs français font aussi des machines à vapeur à longue détente; mais elles ne sont pas encore adoptées par les fermiers, qui attachent trop d'importance à la *simplicité* et au *bas prix* des machines, faute de connaître l'énorme avantage des machines perfectionnées. Le principal but de cet article est précisément de faire ressortir cet avantage par des chiffres.

La machine Ransomes, comme le font voir les figures de la planche 223, est portée par quatre roues : les deux premières, formant avant-train tournant, ont $0^m.914$ de diamètre; celles de derrière ont $1^m.371$, avec une largeur de jante de $0^m.229$. L'ensemble est donc bien roulant. La plus grande largeur de la machine est de $2^m.032$.

La plus grande hauteur (quand la cheminée est abattue) est de $2^m.693$; enfin l'extrême longueur est de $3^m.546$, sans la flèche d'attelage.

Le mouvement de va-et-vient, que donne la vapeur au piston, est transmis à l'arbre du volant (1.524 de diamètre) par une bielle dont la tête est guidée par une glissière ordinaire. Les paliers supportant l'arbre du volant sont reliés par deux grandes tringles à écrous avec le cylindre à vapeur, pour consolider les paliers et reporter les efforts sur tout l'ensemble de la machine; car il n'y a pas de fondation commune à tout le mécanisme, comme dans nombre de petites machines.

Sur l'arbre du volant sont calés deux excentriques, pour le tiroir de distribution et la détente. Un troisième, placé au bout de l'arbre et à la tige verticale, conduit la pompe alimentaire.

En somme, cette machine, sans présenter de complication, mais par une bonne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

disposition de foyer, une grande surface de chauffe et une longue détente, donne de très-bons résultats. Avec les plus mauvais combustibles, ou avec un faible poids de bonne houille, elle peut donner une force de dix à vingt chevaux au moins.

Elle est plus spécialement faite pour les conditions particulières de l'Inde, du Levant, de l'Égypte, de l'Espagne, du Mexique et de l'Amérique méridionale; et en général pour les pays où le combustible est mauvais, rare ou cher.

Sans le réchauffeur d'eau, appliqué surtout dans les concours, bien qu'il nous ait semblé pratique, la consommation en bonne houille peut être estimée à 1k.914 par cheval et par heure, et à 1k.687 seulement avec le réchauffeur, comme l'a prouvé l'essai de Billancourt.

Les constructeurs anglais ont grand soin de rechercher les conditions auxquelles doivent satisfaire les machines d'exportation, pour se conserver les marchés étrangers. Nous espérons que les constructeurs français, sans négliger le marché national déjà fort important, chercheront à prendre pied dans les pays éloignés. Le moment est peut-être favorable. Si la houille est, en France, à un prix très-supérieur à celui que payent les mécaniciens anglais, en revanche, la main-d'œuvre est chez nous à plus bas prix et moins exigeante.

L'exportation anglaise des machines à vapeur, qui était de 35,500,000 francs pour les huit premiers mois de 1865, s'est élevée pour la même période, en 1866, à 44,000,000 francs ; puis s'est abaissée à 34,000,000 en 1867.

La machine Ransomes dont nous venons de parler était dans notre essai sans concurrence sérieuse, eu égard à sa grande puissance.

La machine de M. *Marshall*, la seule qui, avec la machine Ransomes, dépassât six chevaux, est aussi une bonne machine, qui s'est trouvée dans l'essai dans des conditions de conduite moins bonnes que d'autres.

Bien que sa consommation (voir le tableau) n'ait pas dépassé 3k.171 par cheval et par heure, ce qui est un chiffre assez beau, elle eût pu dépenser moins si elle avait été suffisamment préparée et conduite par un chauffeur habile.

RATEAUX.

(Planches 224, 225, 226, 227, 228, 229.)

Observations préliminaires.

Le perfectionnement des procédés de culture conduit nécessairement à l'amélioration des divers appareils employés dans les fermes, et la marche de ce progrès est toujours la même : on commence par modifier les appareils à bras; puis la nécessité d'un moteur plus fort, plus rapide et moins coûteux que l'*homme*, se fait sentir, et les appareils manuels perfectionnés sont peu à peu remplacés par des *machines* traînées par des chevaux, ou même mues par la vapeur.

Tout le matériel agricole a passé ou passera par cette série de transformations; mais, parmi les nouveaux appareils dus au génie des inventeurs, il n'en est qu'une bien petite portion qui soient accueillis avec faveur par le public dès leur apparition ; ce sont surtout les machines destinées à faciliter la ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

colte : ainsi, tandis que nombre de bons cultivateurs conservent des charrues médiocres et des herses barbares, ils achètent des faneuses et des râteaux à cheval, dont l'utilité est réelle, mais moindre, en somme, que celle des charrues et des herses perfectionnées. Cette injuste préférence est facile à expliquer : les inconvénients d'une mauvaise herse, d'une médiocre charrue, ne se voient pas facilement : il faut le témoignage d'un *dynamomètre* ou une rare faculté d'observation et un jugement sain pour comprendre quelle perte de temps et d'argent entraîne l'emploi de mauvais instruments de préparation du sol, tandis que les avantages d'une FANEUSE MÉCANIQUE ou d'un *râteau à cheval* sautent aux yeux de tous : ils permettent de sauver une récolte qu'il est très-facile d'estimer en argent; de plus, la nécessité force le cultivateur à employer ces appareils. Qui ne connaît en effet le contraste existant entre la foule de bras nécessaires au recueil des récoltes et le nombre d'ouvriers employés habituellement sur la ferme? Aussi, sans ces machines nouvelles, faucheuses, faneuses et râteaux, que de difficultés pour rentrer à temps les foins et les blés, et combien de craintes donne l'aspect si habituellement variable de notre ciel! L'agriculteur, malgré toute l'activité dont il peut être doué, malgré tous les sacrifices d'argent auxquels il se soumet depuis quelques années, n'évite même pas toujours la perte d'une partie des récoltes qu'il a eu tant de peine à produire.

Le râteau à cheval est donc un hôte bien accueilli dans toute ferme, et nous aurons bien moins à prouver son utilité qu'à faire connaître la variété de ses emplois et les conditions auxquelles il doit satisfaire pour rendre les plus grands services possibles. Toutefois, comme il reste encore bien des cultivateurs qui cherchent plutôt des raisons pour ne pas employer les nouveaux appareils que des preuves de leur utilité, nous laisserons sur ce sujet la parole à un de nos meilleurs cultivateurs de France, M. G. Hamoir : « Le râteau, dit-il, peut rendre de grands services dans les fermes mêmes où la récolte de fourrage n'est pas la culture principale.

« En effet, ses fonctions de ramasseur s'appliquent aussi bien aux froments, aux avoines, aux féveroles, aux hivernages, etc., qu'aux foins, aux trèfles et aux luzernes. Des maires ou des administrés peuvent encore supposer que le cultivateur n'a pas le droit de faire entrer cet outil dans la pratique de sa moisson. C'est une ignorance qu'il faut leur pardonner; il y a à cet égard des arrêts judiciaires qui ne laissent aucun doute. Si l'agriculteur n'emploie pas encore les engins qui doivent lui faire rentrer jusqu'au dernier épi de blé dans ses granges, c'est qu'il respecte le vœu plein d'humanité du législateur, qui a voulu que ce surplus du riche appartînt aux vieillards, aux infirmes et aux enfants, à tous ceux, en un mot, qui ne peuvent pas travailler à l'œuvre commune du moment. De toute part aujourd'hui cette disposition de la loi est violée par ceux mêmes qui devraient la faire respecter, des plaintes s'élèvent nombreuses, et vous entendez dire de tous côtés : les bras manquent à l'agriculture au moment de la moisson. Bien des personnes cependant qui ont de l'aisance au foyer, qui cultivent elles-mêmes, qui ont du bien au soleil, ne veulent pas louer leurs bras inoccupés, elles préfèrent les réserver pour le glanage, où on les tolère, et où ce fâcheux abus en fait naître d'autres plus grands encore.

« Contre cette situation, le cultivateur n'a qu'un remède et il est vigoureux : qu'il nettoie assez son champ pour que cette troupe vagabonde, qui s'y lance comme une nuée de sauterelles, n'y trouve plus de quoi couvrir ses peines, et tout rentrera dans l'ordre légal.

« Il est à désirer que le râteau ne soit, dans les mains du plus grand nombre, qu'une épée de Damoclès suspendue sur la tête des glaneurs trop valides,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on en retirera la plupart du temps un service bien suffisant déjà : celui d'avoir des femmes pour lier ses gerbes et les mettre à l'abri des orages.

« Que si on l'emploie, on sera étonné de ce qu'il peut ramasser dans sa journée de travail et de l'espace qu'il peut embrasser.

« Appliqué au fourrage, voici des faits : j'ai voulu d'abord déterminer la perfection du travail de cet outil et le comparer à celui des bras.

« J'ai envoyé sur une prairie de 2 hectares, dont on venait d'enlever le foin, dix femmes, avec un surveillant auquel elles étaient bien recommandées ; elles ont mis quatre heures pour le nettoyer parfaitement avec les râteaux de bois.

« Le râteau à cheval, avec un seul conducteur, a repassé la besogne en deux heures et a ramené au logis 104 kilogr. de foin. Si on compte le foin à 6 fr. les 100 kilogr., c'est environ 3 fr. par heure qu'un homme et un cheval peuvent gagner en se promenant.

« Un champ de trèfle de 6 hectares, fané dans de mauvaises conditions, relevé quand le rejet était déjà haut, et alors que les grosses pluies d'orage avaient entassé dans le sol une partie de la récolte coupée, ce champ, dis-je, mis en monts, le râteau l'a nettoyé jusqu'au dernier brin en un jour et demi ; c'était un travail estimé à soixante journées de femmes.

« Que de fois, par une belle matinée, une récolte de fourrage a été étendue pour recevoir un dernier coup de soleil avant sa rentrée ; survient un changement de temps, un orage, tout le monde se met à la besogne ; tous les bras sont occupés à refaire les monts, le râteau suit, ramasse ce que la précipitation a laissé derrière ; la pluie arrive, tout est couvert. Sans le râteau, on eût abandonné par hectare 400 à 500 kil. de foin aux hasards du temps.

« Deux hectares de trèfle de seconde coupe sont fauchés en une attelée et demie avec la machine Wood-Peltier. La récolte reste sur la terre régulièrement étendue en couches minces comme la dispose cette machine, la tige coupée supportée par le pied de la plante qui reste ; il pleut, l'eau s'écoule, un peu de vent s'élève, qui trouve passage sous la récolte et la sèche en peu de temps ; le troisième jour, le râteau, en une après-midi, amasse le trèfle bien fané en deux lignes parfaitement parallèles ; le lendemain deux journées et demie de femmes sont employées à le mettre en monts, à le chaperonner, aujourd'hui on l'a rentré en grange ; il y en a 5,000 kilogr., soit 2,500 par hectare.

Résumé du fauchage et du fanage de deux hectares de trèfle.

Coupé à la machine.	0,75 journées d'homme à 2 fr.....	1f.50
	— de chevaux à 5 fr. (chaque)..	7.50
Amassé au râteau...	0,50 journées d'hommes à 2 fr.....	1.00
	— de cheval à 5 fr.....	2.50
Mise en monts : 2,5 journées de femmes à 1 fr.....		2.50
	Ensemble.....	15f.00

Soit 7 fr. 50 par hectare.

« Une seule de ces dépenses se solde par *caisse*, c'est la plus minime, la mise en monts, 2 fr. 50 ; le reste passe au crédit du compte d'écurie et ne grève en aucune façon la bourse du cultivateur, car alors que s'exécutent les travaux de fauchage ou de fanage, les attelages sont assez peu occupés dans la ferme pour pouvoir faire facilement face à ce petit surcroît de besogne.

« Le râteau n'a marché dans cette dernière circonstance qu'à raison de 4 hectares par jour. Il est nécessaire d'en dire la raison : la pièce était étroite, les tournants répétés ; ajoutons que le râteau, chargé jusqu'au haut des dents et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traînant sur terre, ne permet plus au cheval un pas de course comme dans le simple nettoyage : puis enfin le cheval était vieux et le conducteur n'était plus jeune. Quoi qu'il en soit, la place était aussi nette que si on l'eût balayée.

« J'ai pris ces faits au hasard dans tous ceux qui se sont passés depuis deux ans dans ma culture; je pourrais les multiplier, ce serait toujours la même chose.

« Ce que je pense devoir résulter de l'emploi de la faucheuse et du râteau combinés pour la récolte des prairies artificielles, c'est la suppression du fanage par les bras; on coupera à la machine, on laissera sécher, on amassera au râteau et on mettra de suite en gros monts chaperonnés. Nous n'aurons plus sur la campagne ces troupes de femmes et d'enfants remuant les trèfles et les luzernes pour en faire tomber les feuilles, et nous serons maîtres absolus de la besogne, que nous pourrons faire à l'heure favorable que le ciel nous donnera. Nous couperons nos premiers jets plus tôt, nous en aurons des seconds excellents avant la moisson et des troisièmes ensuite.

« La faucheuse, qui rase aussi près que la faux en moyenne, le fait d'une manière beaucoup plus régulière; elle n'attaque pas comme celle-ci le collet des plantes, qui en souffrent si elles n'en meurent; elle laisse intact le jeune rejet déjà disposé à s'élever et donne une seconde coupe plus régulière et plus prompte.

« Le râteau, de son côté, en grattant la surface du sol, en arrache bien des herbes parasites, épand les taupinières, émiette la terre et rehausse un peu les plantes, qui en reçoivent une notable activité de végétation.

« Ces observations sérieuses, qui m'ont tout d'abord frappé, ont aussi frappé tous les cultivateurs qui ont examiné de près mon travail; elles m'assurent la réussite du résultat que je viens d'indiquer. »

Le recueil des récoltes éparses sur le sol se faisait exclusivement autrefois, et se fait presque généralement encore aujourd'hui, à l'aide de râteaux à bras essentiellement composés d'une barre de bois portant d'un côté, parfois de deux, de courtes dents en bois, et armés d'un long manche, tantôt normal, tantôt oblique. Cet instrument, appelé dans quelques localités — *fauchet*,—était lancé en avant, puis attiré, traînant sur le sol : il recueillait le foin ou la paille épars; mais le travail qu'un homme ou une femme pouvait faire avec un outil de ce genre était fort limité. En premier lieu, la nécessité de porter en avant le râteau, en — fauchant, — pour l'attirer ensuite à soi, entraînait la légèreté de cet appareil, et par suite restreignait sa largeur et sa capacité; la multiplicité des mouvements alternatifs des bras occasionnait une grande fatigue pour un faible résultat.

Des perfectionnements successifs du râtelage à la main.

La première amélioration du râteau à bras consiste dans une construction donnant à la fois légèreté et solidité; on le fait ordinairement d'une forte barre de frêne percée de part en part pour recevoir des dents à section circulaire et de même bois : le long manche, en bois ferme et léger, est consolidé par un ou deux étais aussi en bois ou mieux en petit fer rond avec écrous de rappel pour serrer ces étais suivant le besoin. Ces râteaux coûtent, en Angleterre, s'ils n'ont qu'un étai : 1 fr. 90; à deux étais, 2 fr. 20. La douzaine de dents vaut 45 centimes.

La seconde amélioration consiste dans l'augmentation de la largeur de râtelage, qui de 0m.60 est portée à 1m.50, et dans la substitution de longues dents courbes en fer ou en acier, d'une grande capacité, aux courtes dents de bois ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pouvant recueillir qu'une petite portion de tiges d'herbes ou de blé ; et comme à un long rang de fortes dents, un manche léger ne peut suffire, on fixe à la traverse du râteau un double manche concourant à la poignée ou une espèce de bâti triangulaire à l'aide duquel il peut être *traîné* par un homme ou un jeune garçon.

Un râteau ordinaire, mais grand et solide, fait par MM. Hunt et Pickering, est représenté par la fig. 1 (pl. 224) : il se compose d'une traverse en fer *cornier* que des dents d'acier traversent près de l'angle ou du coin ; ces dents sont rivées sur l'autre face du fer comme le montre la figure ; le manche à douille gagnerait à être consolidé par deux petits étais en fer rond. Tel qu'il est représenté, ce râteau coûte 4 fr. 38 et sans manche 3 fr. 75 ; les dents en acier coûtent 1 fr. 55 la douzaine et un peu plus de 15 centimes pièce. Ce râteau est un intermédiaire entre les *fauchets* et les râteaux à traîner à bras.

La fig. 2 représente, en perspective, un des râteaux à bras à traîner plus solide et plus efficace, qui remplacent avec grand avantage les râteaux ordinaires à main et que les Anglais nomment *hand drag rake* : il coûte 15 fr. 60 chez Ransomes. Pour râteler avec cet instrument, on le saisit par l'extrémité du manche et on le traîne ainsi jusqu'à ce qu'il soit rempli ; alors, on redresse un peu le manche et on le saisit à peu près vers le milieu de sa longueur ; tenu ainsi, ses dents ont leur pointe au-dessus du sol et on peut traîner l'appareil chargé de récolte sur le dos courbé des dents jusqu'à l'endroit où l'on veut rassembler le foin ou les glanes ; il se vide aisément par un mouvement brusque en avant en appuyant un peu sur le dos des dents. La largeur de ce râteau est de 1m.45.

Plusieurs constructeurs en Angleterre fabriquent ce genre de râteau à bras ; c'est surtout un râteau glaneur, bien qu'il serve avantageusement pour réunir en ondains le foin éparpillé.

La fig. 3 représente un râteau du même genre, mais tout en fer avec dents d'acier : il est fait par Underhill et coûte aussi 15 fr. 60.

Il serait bon de fixer au bout extrême du manche (fig. 3) une petite crossette pour éviter qu'il ne glisse dans la main de l'ouvrier, ou même le traîner par l'intermédiaire d'une bretelle en toile ou en cuir passant sur l'épaule. Avec cet instrument un jeune homme ou une femme peuvent râteler ou glaner *trois* hectares par jour, tandis qu'avec le *fauchet* ils atteignent à peine à un hectare.

Le troisième perfectionnement des râteaux à bras consiste à faire reposer le râteau à traîner sur deux roues, afin de diminuer l'effort nécessaire pour le traîner.

Cette diminution de traction permet de faire des râteaux très-larges, mais alors se présente un inconvénient sérieux : les dents rigides des râteaux précédents fixées solidairement sur une seule traverse suivent toujours la position prise par la traverse, que les roues passent dans des dépressions ou sur des saillies ; de sorte que tandis que quelques dents restent au-dessus de la surface sans travailler, ou sans râteler *à fond*, celles qui passent sur des éminences ou des touffes s'y enfoncent et peuvent être rompues ou faussées, en entraînant en outre, avec le blé ou le foin, de la terre ou des mauvaises herbes.

L'adoption des roues de transport entraîne donc un quatrième perfectionnement, *l'indépendance et la mobilité des dents*. Alors chaque dent peut tourner indépendamment de ses voisines, tomber au fond des dépressions ou s'élever sur les petits monticules qui peuvent se trouver dans quelques terrains, de sorte que le râtelage se fait à fond et uniformément sur toute la largeur de l'instrument quelle qu'elle soit.

Enfin le cinquième et dernier perfectionnement, conséquence du précédent, consiste dans l'emploi d'un mécanisme permettant de soulever, facilement et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ensemble, toutes les dents pour les débarrasser du foin ou du blé qu'elles ont ramassé. A cet état, le râteau à main (fig. 4) ne diffère plus du râteau anglais à cheval dont nous parlerons plus loin, qu'en ce que ce dernier est plus large, à dents plus hautes, et qu'il est muni de limons propres à recevoir un cheval.

Le râteau représenté par la fig. 4 est de *Ransomes et Sims*. Toutes les dents sont enfilées sur une tringle en fer rond allant d'un côté à l'autre du râteau. Ces dents qui peuvent s'élever ou s'abaisser indépendamment l'une de l'autre passent par-dessus une barre AA repliée à chaque bout, d'équerre, et enfilée par les extrémités de ces équerres sur l'axe commun des dents autour duquel elle peut aussi tourner. Les tringles BB réunies par une poignée sont articulées sur la barre AA : si donc l'homme qui tient le râteau attire à lui la poignée C, il soulève la barre AA qui bientôt rencontrant les dents en dessous, les soulève assez pour qu'elles abandonnent le foin : celui-ci, du reste, ne peut suivre le mouvement d'ascension des dents parce qu'il est arrêté par les tringles E fixées après les battes DD. Les flèches indiquées dans la figure montrent les mouvements des diverses pièces lorsque l'on vide le râteau.

Ce râteau à bras, d'un très-bon usage pour les moyennes et petites fermes, râtèle sur 1m.52 de largeur : il peut être traîné par une femme ou un garçon de 15 à 16 ans : il coûte 67 fr. et pèse 38 kilog., soit 1 fr. 76 c. par kilog. Ce prix, en apparence élevé, s'explique parfaitement, l'appareil étant tout en fer forgé de petit échantillon, sauf les roues en fonte.

La fig. 5 représente un râteau du même genre, construit par MM. Smith frères, de Thrapston. Le mode de soulèvement des dents est différent. Le levier A a son point de rotation sur l'axe même des dents et le petit bras de ce levier est formé par deux tiges fixées sur la barre placée sous les dents : en appuyant sur le levier A, on soulève la barre entraînant les dents qui se débarrassent du foin en passant tout contre la barre d'arrière D du châssis qui fait ainsi fonction de nettoyeuse de dents. Ce râteau, un peu plus simple que le précédent et plus léger, ne coûte que 50 fr. Le témoignage de cultivateurs prouve que ce râteau glane si bien qu'il est payé quand il a servi à râteler 2 hectares et demi d'orge. Ce qui suppose qu'il restait environ 3 p. 100 de la récolte sur le champ et que le râteau l'a entièrement recueilli. Un jeune homme de 15 ans peut râteler 2 hectares et demi par jour. Avec un seul râteau de ce genre on a fait, sur une ferme, 24 à 28 hectares de foin, et dans 4 ans il n'a pas nécessité de réparations. C'est le râteau roulant à bras que nous recommandons particulièrement.

Râteaux à cheval.

Il est facile de comprendre qu'en appliquant une paire de limons à un râteau analogue à ceux représentés fig. 5 et 6, mais plus grand, et en le faisant suivre d'un homme pour le débarrasser périodiquement, et à l'aide d'un mécanisme, du foin ramassé, on aura un râteau à cheval capable de faire beaucoup plus de besogne dans un jour. Cette disposition, qui présente beaucoup de variantes parce qu'elle est de beaucoup la plus appliquée, constitue en principe le râteau *anglais* qui a pour caractère des dents indépendantes, se vidant en tournant autour d'un axe fixe, lorsqu'elles sont soulevées par un mécanisme quelconque.

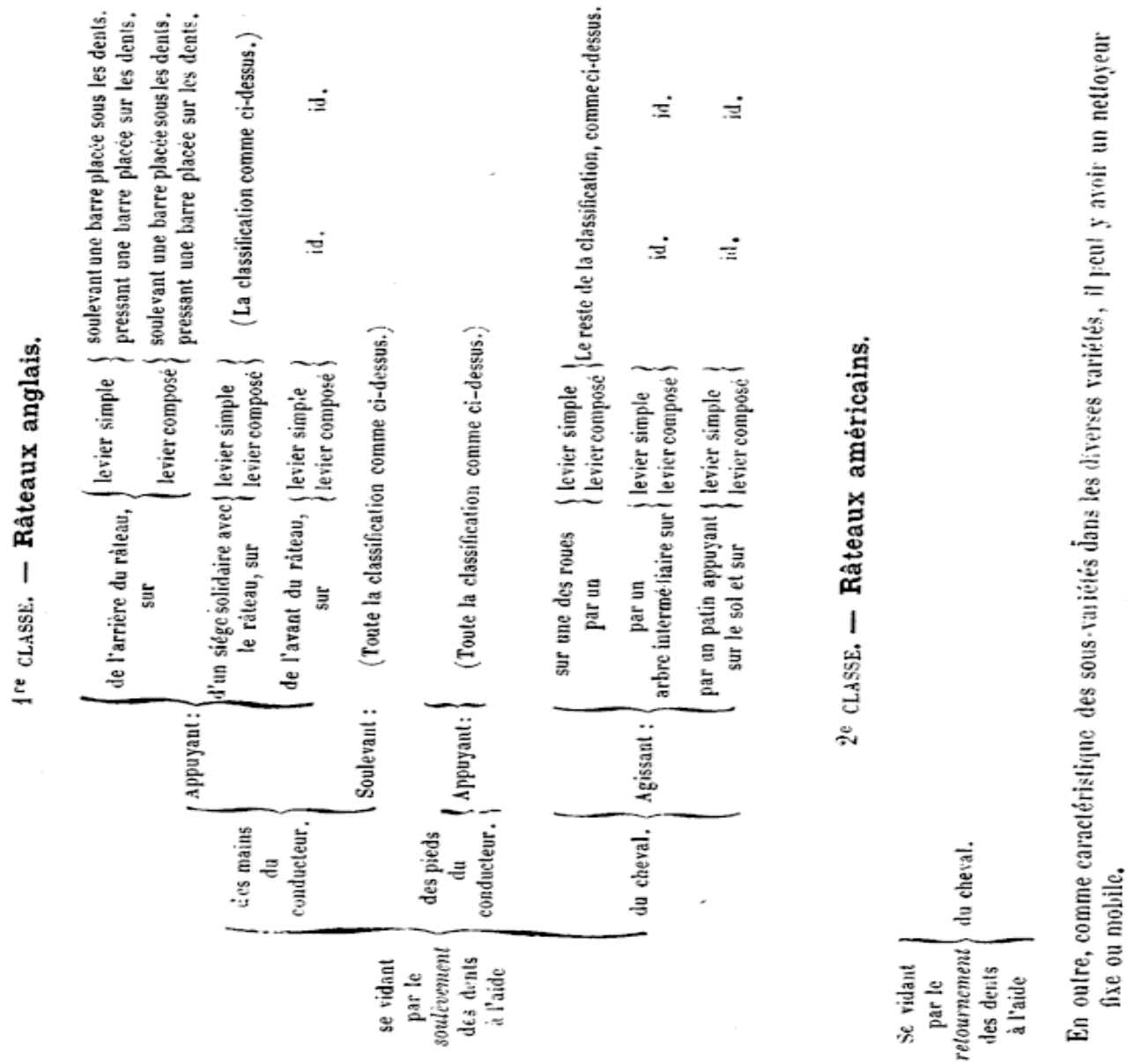
Le système de râteau *américain* est tout à fait différent : l'ensemble des dents forme deux rangs opposés solidaires sur une seule barre ; il se vide lorsqu'un des rangs de dents s'arrête par leurs pointes sur le sol : alors le râteau pivote sur ces pointes comme axe et se retourne complétement. Nous avons imaginé une troisième disposition de râteaux ; mais comme elle n'a pas encore été appliquée, nous ne la mentionnerons pas ici.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant donne notre classification des râteaux. Elle permet de faire une étude complète de cette classe d'instruments.

Dans la classe des râteaux *anglais*, les genres sont caractérisés par le principe du soulèvement fait par l'homme, 1° à la main, ou 2° avec le pied, ou 3° avec le cheval : ce dernier genre est celui des râteaux dits automatiques. La présence d'un nettoyeur fixe ou mobile peut servir à caractériser des sous-variétés.

Les *râteaux américains* ne comportent qu'un genre.



Des râteaux anglais, à cheval.

Un râteau anglais à cheval se compose essentiellement, comme pièces travaillantes : 1° de dents indépendantes l'une de l'autre et pouvant être soulevées en tournant autour d'un axe fixe commun, 2° d'un nettoyeur, 3° d'un mécanisme de soulèvement des dents ; comme pièces de conduite et de règlement : 1° de roues, 2° d'un régulateur d'entrure des dents, 3° d'un régulateur du nettoyeur, 4 d'un régulateur de hauteur du levier moteur ; comme pièces de liaison : 1° d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bâti ou châssis reliant les dents et le mécanisme aux roues porteuses, 2° d'étançons supportant les divers axes, etc.

Des dents. — La partie antérieure des dents présente un plan incliné sur lequel les herbes ou les pailles montent, lorsque le râteau s'avance, poussées par la réaction de la récolte reposant sur le sol. Il convient donc que le premier élément de la courbe formée par les dents soit peu incliné sur l'horizon pour que le foin puisse y monter facilement ; mais, dans ce système, les dents ne doivent pas seulement élever le foin en le ramassant, mais encore l'emmagasiner : il faut donc qu'après avoir présenté une faible inclinaison, la courbe des dents se redresse de plus en plus pour former une grande concavité avant de revenir en avant à l'axe de rotation. La seule règle pour le tracé de la dent est donc une inclinaison croissante et une grande capacité pour toute la partie travaillante : en outre, le centre de rotation doit être tel que, dans le soulèvement de la dent, tous les éléments linéaires de la courbe arrivent au moins à une inclinaison avec l'horizon, telle que le foin tombe de son propre poids.

Soit (fig. 7, pl. 224) O le centre de rotation d'une dent, dont les éléments successifs A B, B C, C D... sont de plus en plus inclinés sur l'horizon. Soit A' la position de A après le soulèvement. Pour que le foin tombe de lui-même, il faut que A' B' soit incliné sur l'horizon d'un angle β supérieur à l'angle de frottement γ ; et plus cet angle β sera grand à partir de $\beta = \gamma$ (angle de frottement du foin sur le fer égal à environ 15 degrés) jusqu'à la verticale, plus sera rapide la chute du foin : ainsi β doit être compris entre 15° et 90°, car toute inclinaison supérieure à 90° n'ajoute rien à la rapidité de la chute. Soient B A Z $= \alpha$ et A O A' $= \delta$: on aura $\beta - \alpha = \delta$, c'est-à-dire que pour une valeur donnée de β (de 15° à 90°), δ ou l'angle de soulèvement doit être égal à la différence entre β et α : il y a donc intérêt à faire α assez grand pour qu'il ne soit pas nécessaire d'effectuer un grand angle δ de soulèvement ; mais, d'autre part, comme nous l'avons vu, pour faciliter la montée du foin sur les dents il faut que α soit le plus petit possible. On se trouve ainsi toujours entre deux conditions contradictoires. Il faut donc, en pratique, se tenir entre les deux limites, α non trop faible et β un peu moindre que 90°. A partir du premier on augmentera l'inclinaison de plus en plus, mais non pas trop brusquement ; car, plus rapide est la partie travaillante de la dent, plus il faut de force pour faire monter ce foin, et par suite aussi plus ce foin est comprimé dans la partie supérieure de la dent, ce qui donne des andains trop tassés difficiles à dessécher.

La capacité intérieure du râteau doit être en rapport avec le travail à faire. Pour glaner et râteler le foin épars, une faible capacité peut suffire à la rigueur, bien qu'une plus grande capacité soit avantageuse ; mais il faut des râteaux spéciaux très-spacieux pour la mise en carré des foins, pour la préparation des meules : ou bien des râteaux de grandeur intermédiaire dits à toutes fins.

La dent dont nous venons de déterminer la forme repose sur le sol seulement par sa pointe et y presse en raison de sa forme et de son poids ; or la grandeur de cette pression n'est pas indifférente : il peut donc y avoir nécessité de modifier cette pression et même la position de la pointe au-dessus du sol, ou l'inclinaison de la dent par rapport au sol, afin d'éviter par exemple que la dent ne pique en terre lorsqu'on ramasse du blé ou du foin, sans cependant risquer de laisser des tiges à terre ; ou bien, au contraire, pour faire mordre les dents lorsqu'on se sert du râteau pour enlever le chiendent préalablement déraciné par un scarificateur ou une forte herse. On arrive à ce but en rapprochant plus ou moins de terre le centre de rotation des dents, en changeant l'inclinaison du châssis portant l'axe des dents par rapport aux limons, ou en faisant varier la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hauteur des roues par rapport au châssis; enfin en contre-balançant la pression des dents par des contre-poids variables.

Les dents doivent pouvoir se soulever spontanément dans une certaine limite et s'abaisser d'autant par rapport aux points d'appui des roues afin de s'adapter d'elles-mêmes à toutes les inégalités du sol.

Section des dents. — Les formes de section des dents dans les divers râteaux que nous aurons à examiner sont très-variées : certains constructeurs font les dents de leurs râteaux avec du fer plat mis de champ, d'autres avec du fer rond, d'autres avec du fer ovale ou de section lenticulaire. La section doit être examinée à deux points de vue : la *résistance* qu'elle présente à la rupture et l'influence de cette forme sur le remplissage du râteau. Au point de vue de la résistance, la section circulaire est défavorable ; le fer plat de champ présente une grande résistance de même que le fer à section lenticulaire, mais celui-ci est un peu supérieur à égalité de section pour la résistance latérale.

Supposons, en effet, que la section lenticulaire soit remplacée par une section losange de même section qu'un rectangle ayant même largeur. La grande diagonale du losange sera égale au double de la hauteur b du rectangle dont la largeur est a; on aura donc pour le moment de résistance du rectangle posé de champ $\frac{R a b^2}{6}$ et pour la section losange $\frac{R a}{6} b^2$ aussi. La section lenticulaire serait un peu moins avantageuse au point de vue de la résistance latérale que la section lozange ; mais la différence est bien peu sensible : donc, à ce premier point de vue (la résistance), les dents plates ou à section lenticulaire ne diffèrent pas sensiblement, bien que la dernière ait un avantage pour la résistance latérale.

Quelques constructeurs attribuent aux dents à arête antérieure aiguë la propriété de laisser glisser plus facilement le foin surtout s'il est un peu humide. Cette observation est juste parce que le foin mouillé adhère aux dents; mais il ne faut pas attribuer une importance exagérée à l'acuité de la dent : elle laisse moins de prise à l'adhérence, ceci est certain, et c'est un avantage dont il faut tenir compte ; mais d'autre part, pour certains usages du râteau, l'enlèvement du chiendent, par exemple, l'arête aiguë a l'inconvénient de couper ce chiendent au lieu de l'arracher. En arrondissant la face étroite travaillante de la dent à section plate, on satisfait à la fois aux deux conditions désirables, diminuer l'adhérence du foin humide et ne pas couper le chiendent (la fig. 6 montre les diverses formes de section des dents).

Écartement des dents. — Pour râteler le foin épars ou glaner sur un chaume, l'écartement des dents d'axe en axe ou d'arête en arête doit être de 76 à 89 millimètres. Pour ramasser les andains un écartement double suffit à la rigueur : de sorte que si, dans un râteau de grande capacité, à dents serrées, on supprime toutes les dents paires ou impaires, on en fait un râteau propre à réunir le foin en carré ou à préparer les meules.

Fixation des dents. — Il est bon que chaque dent puisse être enlevée sans déranger les autres, lorsqu'elle a besoin d'être réparée. On y parvient en fixant les dents sur une petite douille en fonte enfilée sur l'axe commun des dents : ces douilles doivent être solides, sinon l'avantage qu'elles procurent disparaît.

Du soulèvement des dents. — Les râteaux anglais se vident lorsqu'on soulève les dents la pointe en l'air, leur tête restant sur l'axe. Or, comme le tableau de classement donné précédemment l'a déjà fait comprendre, ce soulèvement peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se faire de plusieurs façons bien distinctes : par un homme marchant derrière le râteau et appuyant sur un levier ou le soulevant ; ou par un homme marchant à côté du cheval ; ou par un homme placé sur un siége au-dessus des dents et agissant sur un levier par les mains ou par les pieds ; enfin le soulèvement peut se faire par le râteau lui-même, périodiquement ou à la volonté du conducteur.

Le soulèvement par un homme marchant derrière le râteau est le plus généralement adopté : il a l'inconvénient d'exiger de l'homme une marche rapide, en outre de l'effort qu'il doit exercer périodiquement sur le levier, et de plus d'exiger un jeune garçon pour conduire le cheval.

Si le levier de soulèvement est placé en avant sur le côté du râteau, un homme peut en même temps conduire le cheval et vider le râteau : il y a donc l'économie du garçon conduisant les chevaux dans le mode précédent.

Lorsque le conducteur est placé sur le siége et conduit, on accroît d'environ un tiers la traction du cheval, mais le travail peut être plus rapide ; le conducteur fatigue très-peu si le siége est élastique. Dans ce cas, le soulèvement peut se faire à l'aide d'un levier placé devant le conducteur et à portée d'une de ses mains, ou à l'aide d'une pédale sur laquelle l'homme appuie de tout son poids, ce qui permet une action plus directe des leviers.

Lorsque le soulèvement se fait par le cheval, il faut qu'il n'ait lieu qu'à la volonté de l'homme qui conduit le râteau : il doit n'avoir qu'un léger effort à faire pour tirer une ficelle ou un levier de débrayage. Le seul inconvénient de ces mouvements automatiques c'est qu'il est difficile, sans s'exposer à des ruptures, de leur donner une rapidité égale à celle que la volonté d'un homme peut donner à ses bras. Toutefois, lorsque ce mode de soulèvement est bien établi, il y a économie sur tous les autres râteaux, au moins d'un homme, puisqu'un garçon capable de conduire un cheval suffit alors.

Effort de soulèvement. — En principe, le soulèvement des dents doit être le plus brusque possible : il faudrait donc que l'homme exerce un grand effort en un instant, ce qui entraînerait une grande fatigue et exigerait un homme fort. Si pour mettre le râteau à la portée d'un jeune homme on fait le bras de levier de la puissance très-grand par rapport à celui de la résistance, il faut moins d'effort, mais, en revanche, la main motrice doit parcourir un grand arc de cercle. Entre ces deux limites extrêmes, il convient de se ménager le moyen de faire varier le rapport des bras du levier.

L'homme agissant de tout son poids sur une pédale, le rapport des leviers peut être moins grand que dans le cas précédent. Enfin, quand le soulèvement a lieu par la traction même du cheval, l'effort disponible étant considérable, on peut faire le bras du levier de la puissance égal à celui de la résistance, ou même plus petit pour avoir un mouvement plus rapide ; mais alors une construction plus solide devient indispensable, et peut entraîner à plus de lourdeur.

Nettoyeur. — Dans leur rapide mouvement d'élévation, les dents peuvent retenir le foin : il faut donc placer entre les dents un léger peigne ou châssis garni de tringles fixes qui arrêtent le foin, exposé à suivre les dents dans leur ascension. Pour augmenter l'effet du nettoyeur, on l'a parfois rendu mobile, de façon qu'il s'abaisse quand les dents s'élèvent : on peut ainsi vider parfaitement les dents sans les élever beaucoup, ce qui facilite la disposition des leviers de soulèvement ; on ne peut reprocher à cette mobilité du nettoyeur qu'un peu de complication ; mais, bien établi, c'est un perfectionnement sérieux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Régulateurs. — Ils varient tellement de forme que nous ne pouvons pas les décrire ici entièrement : nous aurons occasion de faire connaître les plus convenables en décrivant les principaux râteaux. Voici quels sont les moyens de régler la pression des dents sur le sol : 1° lever ou baisser les roues par rapport au châssis porte-dents ; 2° incliner plus ou moins, par rapport au sol ou au limon, le châssis qui porte l'axe des dents, ce qui élève ou abaisse l'axe de ces dents.

Quelques trous, percés dans les supports de l'axe du levier moteur ou dans leurs branches même, permettent de mettre la poignée du levier à la portée du conducteur quelle que soit sa taille : on peut de même modifier le rapport des leviers suivant la force du conducteur ou le poids de la charge.

Enfin, suivant que le foin adhère plus ou moins aux dents, on doit régler la position des dents ou tringles du nettoyeur : des supports à coulisse permettent ce règlement du nettoyeur.

Roues. — Il y a un grand intérêt à rendre la traction aussi faible que possible ; car alors le même cheval peut prendre un pas plus accéléré, ce qui, dans certains cas, est de première importance. Il y a trois moyens de diminuer la traction : 1° en diminuant le poids du râteau, ce qui est limité par la section de résistance que doivent présenter les diverses pièces pour résister aux efforts qui tendent à les plier ou à les rompre ; 2° en augmentant le diamètre des roues, ce qui peut se faire dans d'assez grandes limites, si les roues sont tout en fer forgé ; 3° en diminuant la fusée des essieux, en leur assurant un bon graissage et en les préservant des poussières ou de la boue qui augmentent le frottement.

Les roues sont faites parfois en fonte par économie, elles n'ont alors qu'un diamètre assez faible et sont sujettes à rompre. Par précaution, quelques constructeurs les entourent d'un cercle en fer : mais il vaut beaucoup mieux les faire en bois, légères, ou en fer forgé qui se prête mieux à l'exécution de roues très-hautes et très-légères.

Pièces de liaison : Bâtis. — Il doit être fait aussi léger que possible, mais sans que la solidité soit compromise ; il doit empêcher les roues de prendre de la voie. On arrive à le faire solide et léger en employant du fer plat posé de champ et même des fers creux.

Étais : Supports. — On arrive de même à les faire solides et légers en employant convenablement les fers ronds ou plats, et surtout les fers creux.

Construction. — La solidité, dans tout appareil agricole, est à rechercher ; mais tout homme du métier sait qu'on peut l'obtenir par un bon choix et un bon usage des matériaux, tout en conservant la légèreté qui est ici un point capital. La *simplicité* des mécanismes doit être recherchée pour diminuer le prix d'achat, l'entretien et les réparations ; mais il ne faut adopter la simplicité que lorsqu'elle n'empêche pas de satisfaire à toutes les conditions d'un bon travail que l'on peut résumer ainsi :

1° Le déchargement du râteau doit être complet sans exiger ni un effort considérable, ni un temps trop long, ni un mécanisme compliqué.

2° Le râtelage doit pouvoir se faire avec légèreté ou lourdeur suivant le travail à faire, et quelque irrégularité que présente le sol.

3° La traction doit être la plus faible possible, pour une largeur donnée de râtelage.

4° Le râteau doit pouvoir s'adapter à toutes les tailles de cheval et de conducteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

5° Le râteau doit être solide et simple dans toutes ses parties, et facile à démonter et remonter.

Du jugement des râteaux à cheval dans les concours.

Le cultivateur ne doit employer une machine que si elle fait un travail supérieur à celui des instruments à main, ou si elle exécute ce travail plus rapidement au même prix, ou enfin si elle le fait à un prix de revient inférieur (gain de récolte compris).

L'utilité du râteau à cheval est donc facile à démontrer.

Il peut servir non-seulement à ramasser ou glaner les froments, les avoines, les féveroles, etc.; mais encore à mettre en andains les foins de prairies naturelles et artificielles.

En outre, il peut être employé avec grand avantage pour recueillir le chiendent après un hersage ou une façon de scarificateur, pour arracher la mousse, etc.

Lorsqu'il s'agit, par exemple, de ramasser du foin, un râteau à cheval, employant suivant les systèmes un seul homme ou au plus un homme et un jeune garçon, râtèle au moins 5 hectares par jour, pertes de temps comptées, car théoriquement le cheval peut faire au moins 3 kilomètres par heure, et par suite parcourir, avec un râteau de 2m.50 de largeur, 75 ares par heure, ou 7 hectares et demi dans une journée de dix heures de travail effectif; et ce qui est à considérer pour la plupart des fermes, c'est que la dépense ne se solde pas tout entière en argent, puisque cheval et charretier ont un compte annuel invariable : le jeune garçon devant conduire les chevaux est seul payé.

Mais comme en bonne comptabilité on doit attribuer à chaque spéculation végétale la part de frais, en charretier et chevaux qu'elle emploie, nous compterons ces dépenses dans le prix de revient d'un hectare de ratelage.

Lorsqu'il s'agit de glaner un champ de céréales, la vitesse du cheval peut être plus grande d'au moins un dixième, et par suite on peut compter sur une surface d'au moins 5 hectares 5.

Le râtelage du chiendent demande plus de force évidemment, et par suite le râtelage d'un hectare sera plus coûteux; mais on peut compter sur 5 hectares par jour au plus et pratiquement sur 3 hectares et un tiers.

Détail du prix de revient. — Il se compose : 1° des frais d'attelage et de main-d'œuvre; 2° des frais de graissage et de petites réparations ou d'entretien; 3° des grosses réparations et de l'amortissement du rateau.

En déduction de ce prix de revient, il est juste de compter l'économie de récolte due au bon fonctionnement du râteau à cheval, comparé au travail à bras.

Les frais d'attelage et de main-d'œuvre seront, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant moindres par hectare, que le râteau pourra râteler une plus grande surface par jour. Or, la surface parcourue dans une journée dépend de la largeur du râteau et de la vitesse que le cheval peut prendre, vitesse qui est à très-peu près en raison inverse de la *traction* exigée par l'appareil.

Pour des râteaux de même largeur et de poids peu différents (200 à 250 kil.), la traction dépend surtout du diamètre des roues et du bon fonctionnement de leurs boîtes : dans les divers modèles de râteaux que les concours nous ont fait connaître, les roues ont des diamètres variant de 0m.60 à 1m.20. Or, sur un sol gazonné, le coefficient de frottement ou plutôt de traction est de 0.024 au plus pour des roues d'un mètre de rayon : ce serait donc pour les roues de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

0m.30 seulement de rayon trois fois et un tiers ce coefficient, ou 0m.08 et pour des roues de 0m.60, ce ne serait que 0m.04.

Si le poids le plus faible du râteau peut être de 200 kilog., et que le plus fort ne dépasse pas 250 kilog., pour des valeurs ordinaires d'une moyenne largeur, il s'ensuit que suivant le diamètre des roues la traction variera de 20 kilog. (0.08 × 250) à 8 kilog. seulement pour le transport du râteau à vide. La quantité de foin que peut amasser un râteau ordinaire est d'environ un demi-mètre cube, pesant tout au plus 33 kilog. : or, lorsqu'un râteau est en marche, une partie du poids du râteau presse sur les roues ; les dents seules traînent sur le sol et y font naître une résistance au glissement de moitié de leur poids au plus et de la charge qu'elles supportent. Chaque dent peut peser de 1k 5 à 2k.5, suivant qu'elles sont en acier et de bonne forme ou en fer de forme peu convenable : le poids des dents traînant sur le sol est de 42 à 70 kilog. La charge de foin est au plus de 33 kil.; par suite, la traction nécessaire pendant le fonctionnement du râteau sur un gazon peut se calculer ainsi :

De 158 kil. à 180 kil. portés par les roues (poids total, 250—70 ou 200—42) et exigeant une traction de 4 à 8 centièmes, soit de....	6k.32	à	14k.40
75 kil. à 103 kil. traînant sur le sol (dents : 42 à 70, plus 33 de foin) et exigeant une traction d'environ moitié au plus, ou.....	37k.50	à	51k.50
Totaux.....	43k.82	à	65k.90

Cette traction peut être facilement fournie par un cheval : celui-ci pouvant donner en marche constante un travail de 65 kilogrammètres, pourra prendre une vitesse d'autant plus grande, que la traction sera plus faible. Pour 43k.82, sa vitesse pourra être égale à 65 kilog. divisés par 43k.82 ou 1m.48 ; tandis que pour 65k.90 sa vitesse ne peut être que de 0m.986. Dans le premier cas, avec un râteau de 2m.50 de largeur, le parcours théorique par jour sera de 13 hectares et un tiers, soit pratiquement 10 hectares 66 ; tandis que dans le second le parcours théorique ne sera que de 8 hectares 87, soit pratiquement 7 hectares 10.

Entretien du râteau. — Il est difficile d'estimer *a priori* les frais d'entretien d'un râteau. Pour un très-bon instrument, ils se réduiront à la dépense du graissage et de quelques reforgeages de dents faussées : en estimant ces frais à 10 francs par an pour un bon râteau, et à 20 francs pour un mauvais, nous sommes au-dessus des limites de la vérité, surtout pour le bon râteau.

Amortissement du râteau. — Combien peut durer un râteau ? Cette question est encore plus difficile à résoudre que la précédente. On peut citer des râteaux qui, au bout de quatre ou cinq ans, n'avaient pas nécessité la moindre réparation ; dans ces conditions, s'ils sont en bonnes mains, régulièrement graissés et repeints, ils peuvent durer, sans exagération, vingt à trente ans et plus : mais pour tenir compte du manque de soins, des accidents pendant le transport, etc., nous supposerons une durée de quatorze ans seulement pour les bons râteaux. Mais un mauvais rateau mal construit, en mauvais fer, peut être hors de service ou exiger d'énormes réparations après quelques années seulement : nous lui supposerons une durée moitié moindre, ou de sept ans.

Le prix d'amortissement par hectare variera, en outre, suivant le nombre de jours d'emploi du râteau chaque année : si l'on sait l'utiliser non-seulement pour le râtelage du foin et des blés, mais encore pour les autres récoltes ; si on s'en sert pour arracher et recueillir le chiendent et les autres mauvaises

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

herbes, sarcler les jeunes blés, etc., etc., on peut admettre au moins vingt à trente jours d'emploi du râteau chaque année.

D'après ces hypothèses, vérifiées pour la plupart par la pratique, mais qu'il serait utile de contrôler par des essais dynamométriques et des observations suivies, voici le prix de revient par journée et par hectare de ratelage, avec un bon ou un mauvais râteau ; nous supposons que la ferme fournit 200 hectares de râtelages de toute espèce : foin, blé, chiendent, mousse, etc.

1° Le meilleur râteau faisant 10 hectares par jour sera occupé pendant vingt jours.

	PRIX.	
	Par année.	Par hectare.
Un cheval : 20 journées à 3 fr.....	60f.00	0f.300
Un charretier : 20 journées à 3 fr.....	60.00	0.300
Entretien.....	10.00	0.050
Amortissement de 200 fr. en 14 ans, par annuités de 4.46 p. 100 ou de.....	8.92	0.045
Intérêt du prix d'achat, 5 p. 100 de 200 fr..	10.00	0.050
Totaux.....	148f.92	0f.745

2° Un mauvais râteau faisant 7 hectares par jour seulement, sera occupé trente-trois journées un tiers.

Un cheval : 33 j. 1/3 à 3 fr.....	100f.00	0f.500
Un charretier : 33 j. 1/3 à 3 fr.....	100.00	0.500
Un gamin : 33 j. 1/3 à 1f.50.....	50.00	0.250
Entretien.....	20.00	0.100
Amortissement de 250 fr. en 7 ans, par annuité de 11.70 p. 100 ou de.....	29.25	0.146
Intérêt du prix d'achat, 5 p. 100 de 250 fr.	12.50	0.062
Totaux.....	311f.75	1f.558

Or, il est facile de comprendre qu'en glanant un hectare de blé, on ramassera du blé pour une somme supérieure au prix de revient du râtelage, et par suite quel que soit le travail fait par le râteau, les frais sont plus que payés, ou de beaucoup inférieurs au prix qu'exigerait le râtelage à la main. Nous ne tiendrons donc pas compte de cette plus-value, nous servant des chiffres ci-dessus pour déterminer les conditions auxquelles doivent surtout satisfaire les râteaux.

En comparant les deux prix de revient ci-dessus, on voit que, par cela seul que le bon râteau est plus léger, a de plus grandes roues, il exige moins de traction, ce qui lui permet de faire plus d'hectares par jour et d'économiser des frais d'attelage et de main-d'œuvre : 0f.20 d'attelage, 0f.20 de charretier et 0f.10 de jeune garçon, soit pour moindre traction..... 0f.50

2° Le mécanisme de soulèvement étant bien disposé, le charretier peut conduire ses chevaux de l'arrière, ce qui économise le jeune garçon, ou, par hectare, une économie du râteau le moins tirant par rapport au plus lourd..... 0.15

3° Une bonne construction, un bon choix des matériaux, économise en entretien 0f.05, en amortissement 0f.071, en tout..... 0.121

4° Une disposition générale simple diminue le prix d'achat et même l'entretien, soit une économie par hectare de 0.012 en intérêts, et de 0.03 en amortissement, soit en tout..... 0.042

Or, la différence totale du prix de revient du râtelage d'un hectare, suivant qu'il est fait par un bon ou un mauvais râteau, est de..... 0f.813

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite la perfection d'un râteau étant coté 100 bons points, chacun de ces points représente une économie du centième de 0f.813, ou de 0c.813. Toute qualité donnant cette économie mérite un bon point, et autant de fois 0c.813 se trouve dans l'économie due à une qualité donnée, autant de bons points mérite cette qualité. D'après cela :

1° La plus faible traction économisant 0f.50, mérite $\frac{0^f.50000}{0^f.00813} = 61.5$ bons points.

2° Le meilleur système de soulèvement économisant 0f.15, mérite $\frac{0^f.15}{0^f.00813} = 18.45$ bons points.

3° La meilleure construction économisant 0f.121, mérite $\frac{0^f.121}{0^f.00813} = 14.76$ bons points.

4° La plus simple disposition d'ensemble économisant 0f.042, mérite $\frac{0^f.042}{0^f.00813} = 5.166$ bons points.

Il conviendrait de tenir compte du meilleur râtelage pouvant économiser un certain poids de récolte : faute de renseignements, nous n'en tenons pas compte, d'autant plus que les rateaux capables d'être primés râtèlent tous bien.

En traduisant en langage ordinaire les indications ci-dessus et arrondissant les chiffres, voici quelle serait notre *échelle de points* pour le jugement des râteaux dans les concours.

Moindre traction.....	61	ou en arrondissant davantage..		60
Meilleur soulèvement..	19	—	—	20
Solidité.....	15	—	—	15
Simplicité.....	5	—	—	5
Totaux.....	100	—	—	100

Manière de procéder pour le jugement. — Les râteaux exposés seront examinés d'abord par les jurés, qui décideront si un certain nombre de ces appareils doivent être éliminés. Il faut pour cela qu'à l'unanimité un râteau soit trouvé trop défectueux, soit comme disposition, soit comme construction.

Les râteaux sont ensuite essayés pour décider quels sont ceux qui râtèlent le plus proprement, qui ont le mécanisme de soulèvement le plus convenable, se vidant le mieux, etc. Le dynamomètre étant appliqué à chaque râteau détermine la traction, celle-ci pouvant varier de 43k.82 à 65k.90 environ, les 60 bons points correspondent donc à une économie de 22k.1 : ainsi, une économie de traction de 0k.370 vaut un bon point.

Après cet essai, chaque juré donnera aux râteaux essayés le nombre de bons points qu'il mérite pour sa traction, son bon râtelage et son mécanisme de soulèvement. Tous les râteaux qui, d'après cet essai, seraient à l'unanimité reconnus comme beaucoup inférieurs aux autres, ou qui n'auraient eu qu'un nombre de points très-faible, peuvent être éliminés : les râteaux restants seront examinés au point de vue de la construction et de la simplicité, et le nombre de bons points donnés en conséquence. En définitive, le râteau ayant obtenu le plus de bons points recevra le prix.

Bien qu'il y ait trois systèmes tout à fait différents de râteaux, le système presque exclusivement employé est le râteau anglais.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1re classe : *râteaux anglais*. 1er genre, 1re espèce. Dans cette classe, les râteaux les plus communs sont ceux qui se vident à l'aide de la main appuyant à l'arrière sur un levier. La fig. 8, pl. 224, représente le mode de soulèvement par levier simple soulevant une barre placée sous les dents, adopté dans le râteau de Ransomes et dans celui de Pinel qui l'a copié. Le levier A, placé au milieu de l'arbre B de rotation du levier, étant abaissé, les deux petites branches C C calées sur les extrémités de l'arbre B et formant avec la grande branche A un levier simple du premier genre, se soulèvent, comme l'indiquent les flèches, et entraînent avec elles, par l'intermédiaire de deux chaînettes, la barre D placée sous les dents et reliée par deux retours d'équerre D E avec l'axe commun des dents autour duquel elle tourne aussi.

Les râteaux à cheval de Ransomes sont recommandés par le fabricant comme bons pour ramasser le foin et le blé, et faire le glanage sur les chaumes; en outre, on peut s'en servir pour sarcler les prairies et les jeunes blés. Pour ce dernier cas surtout, ils sont de la plus grande utilité, car le travail est exécuté mieux que par tout autre moyen et à moindres frais.

Les dents peuvent se soulever et s'abaisser, entre certaines limites, indépendamment l'une de l'autre. Sur les côtés du bâti, près des roues, se trouvent des leviers se mouvant contre des arcs régulateurs percés de trous; ils permettent de placer isolément chaque roue à la hauteur voulue, l'axe de rotation de chacun de ces leviers peut même varier de hauteur par rapport au bâti : le support de cet axe étant percé de plusieurs trous, non-seulement ces leviers permettent de régler l'entrure des dents, en mettant le centre des roues plus ou moins haut, mais on peut mettre l'une des roues beaucoup plus bas que l'autre pour la faire passer dans une dérayure, tandis que l'autre plus élevée roule sur le sol.

Un arc M en fer termine chacune des barres qui relient l'avant du châssis aux limons. Ces arcs sont percés de trous, de sorte qu'en ôtant les boulons traversant les arcs régulateurs et les limons, on peut faire tourner ces derniers autour des deuxièmes boulons N, et en plaçant les premiers boulons à l'un des trois ou quatre trous de l'arc, on fait varier l'inclinaison du châssis par rapport aux limons et par suite par rapport au sol, ce qui règle l'inclinaison du premier élément des dents par rapport au sol. Ce règlement des limons combiné avec celui des leviers du bâti, permet de râteler *légèrement* sans entraîner les pierres ou la terre ou *lourdement* pour le chiendent et quelle que soit la taille du cheval.

Les quatre étais R R R supportent l'axe de rotation du levier.

On peut soulever à part toutes les dents paires ou impaires pour faire un râteau grossier, ce qui convient, mieux lorsqu'on râtèle du chiendent ou d'autres mauvaises herbes ramenées à la surface par un hersage énergique.

Les roues représentées sur le dessin sont en fonte : leurs moyeux sont encapuchonnés pour que le foin ne puisse s'entortiller autour de la fusée des essieux et éviter en partie l'entrée des poussières ou de la boue dans les boîtes des roues.

Ces râteaux sont de trois grandeurs, avec dents de fer ou d'acier à la volonté de l'acheteur : mais le fabricant recommande avec raison les dents d'acier comme plus solides, plus durables et plus légères.

Le levier de soulèvement des dents peut être mu par un garçon de 15 à 16 ans, sans arrêter le cheval.

Prix : râteau ordinaire marqué A : 24 dents en fer, largeur extrême 2m.286.
Poids moyen 228k.321 : prix total 200f.00 : prix par kilog. 0f.863.
Grand râteau marqué B : 28 dents en fer, largeur extrême 2m.591
Poids moyen 241k.219 : prix total 212f.50 : prix par kilog. 0f.880.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Très-fort, marqué C : 24 dents en fer, largeur extrême 2m.591.
Poids moyen 355k.477 : prix total 275f.00 : prix par kilog. 0f.773.

Si les dents du premier et second modèle sont en acier, ils coûtent 6 fr. 25 de plus seulement.

Râteau N. Nicholson. (Fig. 10, pl. 224.) Le mécanisme de soulèvement de ce râteau est en principe le même que celui du précédent, mais il présente l'avantage que chaque chaîne passant sur un secteur à gorge (en fonte), le rapport entre les bras de levier de la puissance et de la résistance est constant. Lorsqu'on appuie sur le levier A, les chaînes attachées aux secteurs C C (calées sur les extrémités de l'axe de rotation du levier A) s'enroulent sur le secteur en attirant la barre placée sous les dents, qui soulève enfin toutes ces dents.

La tige D, qui se replie pour former la fusée d'essieu de chaque roue, peut s'élever ou s'abaisser dans une coulisse de la plaque formant chaque côté du châssis : on peut donc élever à volonté des roues indépendamment l'une de l'autre, comme dans le modèle précédent. Deux cercles en fer E E, percés de trous, servent à régler l'inclinaison du châssis par rapport aux limons ou au sol, ce qui règle l'inclinaison du bout des dents par rapport au sol et les fait mordre peu ou beaucoup.

La construction de ce râteau est très-remarquable : elle est basée surtout sur l'emploi du fer creux; les traverses du châssis, les limons et leur traverse sont en fer creux; les roues sont tout en fer, à l'exception du moyeu; c'est un des bons râteaux anglais.

Le n° 1, de grandeur ordinaire, coûte 187f.50; le n° 2, plus grand et plus fort, 208 fr.; le n° 4, très-fort, 250 fr.; si ce dernier modèle est disposé pour être traîné par deux chevaux, il coûte de 237f.50 à 275 fr. Enfin, quand les dents sont en acier, chaque râteau coûte 12f.50 de plus.

M. Nicholson fait aussi le râteau à siége (fig. 11). Il ne diffère du précédent que dans l'addition d'un siége S pour le conducteur et d'un levier T placé à portée de sa main droite. Le conducteur peut suivre le râteau si cela lui plaît : il se sert alors du levier A. Ce râteau appartient, comme on le voit, en même temps au premier et au second sous-genre, c'est pourquoi nous le décrivons immédiatement après le râteau ordinaire du premier sous-genre, première espèce.

Le crochet X retient en l'air la barre sur laquelle reposent les dents, lorsqu'on veut les tenir élevées pour aller d'un champ à l'autre, ou rentrer à la ferme. Le tube en fer formant l'arrière du bâti est légèrement cintré pour mieux résister au poids du conducteur.

La fig. 10, pl. 224, représente un râteau ancien de Clubb et Smith. Les secteurs sur lesquels s'enroulent les chaînes dans le râteau Nicholson sont remplacés ici par des portions d'excentriques CC; les rayons successifs des excentriques formant les petits bras du levier moteur : on peut donner à ces excentriques une forme telle que le soulèvement exige une force constante, comme dans le râteau Nicholson, ou de plus en plus grande pour accélérer le soulèvement, ou réciproquement. Le bâti de ce râteau est en bois, et les dents, courbées de la pointe seulement, sont fixées par leur partie supérieure à l'extrémité d'un levier horizontal; cette forme tasse trop le foin : il pèse 240 kilog. et coûte, à Londres, 190 fr.

L'ancien modèle de râteau Garrett représenté fig. 13, pl. 225, a aussi quelque analogie avec celui de Nicholson : ici le secteur est remplacé par un cercle entier excentré; il en résulte que le bras du levier de la résistance va en croissant lorsqu'on soulève les dents pour les débarrasser du foin amassé. Une seconde diffé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rence consiste dans la disposition de la barre de soulèvement MM, qui est placée au-dessus des dents et non au-dessous, et gêne moins le remplissage ; mais il faut que chaque dent soit attachée après cette barre par une petite chaîne. En soulevant la barre par le levier à excentrique ABC et les chaînes D, on finit par tendre toutes les petites chaînes N qui entraînent ensuite les dents ; les chaînettes N sont laissées plus ou moins lâches, pour que les dents puissent descendre indépendamment l'une de l'autre dans les creux qu'elles rencontrent, de même qu'elles se soulèvent si elles rencontrent des monticules. Les vis OO, par la pointe desquelles la barre M s'appuie sur le châssis, permettent de régler la quantité *maxima* dont les dents peuvent s'abaisser en dessous du plan d'appui des roues. Dans ce modèle de râteau, les dents, courbées du bout seulement, sont fixées à leur partie supérieure à l'extrémité d'un levier horizontal en bois. La barre M et le châssis sont aussi en bois, ainsi que les limons ; les roues en fonte sont d'un trop petit diamètre. Un nettoyeur fixe est composé des barres PP, fixées sur les traverses du bâtis : il y a une barre P toutes les trois dents.

Le modèle de 2m.286 de large coûte 187f.50 ; celui de 2m.743, 207f.25 ; le troisième modèle destiné aux fortes récoltes et à la mise en carré du foin, a des roues de 1m.219 de diamètre et des dents de 0m.762 de hauteur : il coûte 275 fr.

La fig. 14, pl. 225, représente le râteau ordinaire de Waren : il rappelle la disposition du râteau ordinaire de Ransomes.

Lorsqu'on appuie sur le levier D, les deux branches B tournent d'arrière en avant et soulèvent, par l'intermédiaire des chaînes ZZ, une barre placée sous les dents et qui les soulève toutes, dès que le levier D est assez abaissé ; le châssis fixe est garni de tringles rondes qui arrêtent le foin et l'empêchent de suivre les dents dans leur mouvement d'ascension. Des leviers TT permettent de régler la hauteur des roues indépendamment l'une de l'autre, et les arcs GG, percés de 5 trous chacun, servent à régler l'inclinaison des dents par rapport au sol. Le crochet X retient le levier D baissé lorsque le râteau ne doit plus fonctionner. Ce râteau coûte 183 fr. 75.

Dans ce modèle la barre placée sous les dents ne pouvant être placée par trop au-dessous des dents, ce qui forcerait à faire un plus grand arc avec le levier pour soulever les dents, la descente de chaque dent est limitée, de sorte que si le terrain est très-irrégulier, les dents peuvent ne pas râteler dans les trous profonds (cette observation s'applique à tous les râteaux précédents, celui de la fig. 13 excepté). Pour ces sols accidentés, M. Warren dispose (fig. 15) la barre en dessus des dents et chacune de celles-ci y est suspendue par une chaînette lâche. Dès qu'on appuie sur le levier D, les branches B tirent les chaînes U qui soulèvent la barre AA et peu après les dents. En laissant entre A et les dents une grande longueur de chaîne lâche, il faut que le levier D décrive un grand axe comme dans le modèle précédent, mais au moins la barre A placée sur les dents ne gêne pas le remplissage comme si elle était placée en dessous et beaucoup au-dessous des dents, pour leur laisser une grande latitude de descente. Ce râteau coûte 210 fr.

La fig. 16 représente le râteau de M. Wightman et Dening, à levier simple comme tous les précédents, soulevant la barre placée sous les dents. La différence consiste ici dans le remplacement des chaînes des modèles précédents par des barres de fer CC articulées et suspendues aux petites branches DD du levier A : quand on appuie sur le levier A, les branches DD soulèvent les barres CC, et après elles une barre placée sous les dents et qui les entraîne toutes avec elle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une seconde différence se remarque dans le régulateur d'entrure : un arc E en fer, articulé sur l'arrière des limons en F, porte de l'autre bout des crans, ou est percé d'un grand nombre de trous : il passe dans une mortaise percée dans une pièce en fer B à poignée, fixée d'une manière invariable sur les deux traverses du châssis par les étais H H. Si donc on appuie sur B, on soulève l'avant du châssis, et en changeant de place une goupille, on retient ainsi l'avant du châssis soulevé à volonté. Ce mode de règlement de l'entrure ou de l'inclinaison des dents est complété par le règlement de la hauteur des roues: il force à relier les limons au châssis par les charnières J.

Dans la première espèce nous trouvons, comme seconde variété, les râteaux à levier simple qui soulèvent les dents en pressant par une barre sur leurs têtes. Le levier moteur est alors du deuxième genre. Nous donnons comme exemple le râteau de William Pearce (fig. 17). Lorsqu'on appuie sur le levier A, la barre B appuie sur la tringle C sur laquelle toutes les dents sont enfilées par l'intermédiaire de petites douilles en fonte. Cette tringle C tourne par deux retours d'équerre autour de l'essieu D des deux roues porteuses, elle fait ainsi baisser la tête de toutes les dents qui reposent bientôt sur l'essieu et sont soulevées de la pointe si le mouvement de descente du levier A continue. Le bâti est relié aux limons par les charnières E ; en faisant tourner la vis F, on peut faire varier l'inclinaison du bâti par rapport au sol, et, par suite, régler l'entrure des dents. Une vis R permet d'arrêter le levier dans son mouvement spontané, de façon à régler la pression des dents sur le sol et râteler fortement ou légèrement à volonté. Ce râteau a 24 dents, et couvre une largeur de 2m.286 ; ses roues ont un diamètre de 1m.67 et il coûte 175 francs si les dents sont en fer, 187 fr. 50 si elles sont en acier.

Le râteau *Alcok* (fig. 18) a le même mécanisme de soulèvement. Lorsqu'on abaisse le levier A, la bielle C s'abaisse et presse sur la manivelle D fixée à la tringle sur laquelle les dents sont enfilées et tournant autour de l'essieu, de sorte que la tête des dents s'abaisse et leur pointe s'élève. Deux arcs régulateurs à trous B permettent de régler l'entrure des dents. Comme variété de cette espèce, nous donnons le râteau de *Barrett, Exall* et *Andrewes* (modèle de 1856, fig. 19). Lorsqu'on appuie sur le levier A, dont le point de rotation est en haut du support rigide B, la tringle C presse sur le milieu d'une barre qui appuie, comme on le voit fig. 20 *bis*, sur le prolongement de la tête des dents; par suite, celles-ci se soulèvent de la pointe. Mais une modification importante est ajoutée à ce mode de soulèvement : c'est l'abaissement du nettoyeur E E que la tringle D pousse en bas quand la tringle C soulève les dents ; il résulte de cet abaissement du nettoyeur une prompte et complète chute du foin. La barre E E du nettoyeur est repliée d'équerre à ses deux extrémités qui sont enfilées sur l'arbre de rotation des dents : le châssis E E s'abaisse donc d'un mouvement rotatif. Il est facile de voir sur la figure que les roues peuvent être plus ou moins soulevées, et le châssis plus ou moins incliné à l'aide des régulateurs circulaires K K. Le râteau actuel de Grignon présente une disposition analogue.

Le râteau des mêmes fabricants, exposé en 1862, est du même système, mais présente plusieurs modifications importantes qui en font un des meilleurs râteaux qu'on puisse employer (fig. 20). Les roues sont réunies par un essieu allant d'un côté à l'autre du râteau, et les limons viennent s'appuyer sur cet essieu fixe par les barres de fer U U, solidement boulonnées sur la traverse de ces limons : en outre, deux étais M M viennent, des limons même, se fixer sur l'essieu. Le support B O du levier de soulèvement s'appuie en bas sur l'essieu, et au bout de l'arc-guide N, par deux forts étais X X, il vient se relier à la traverse des limons. Lorsqu'on appuie sur le levier A, la tringle jumelle C appuie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur une *saillie* V fixée sur l'axe de rotation des dents, de sorte que ces dents tendent à baisser de la tête et s'élever de la pointe : au commencement de ce mouvement elles passent un peu au-dessus de l'essieu sans s'appuyer sur lui, mais dès qu'elles ont commencé à s'élever elles s'appuient sur l'essieu. En même temps la tringle simple D appuie sur le peigne nettoyeur qui s'abaisse. Une vis P permet d'arrêter le levier A dans son élévation, de sorte que l'axe W des dents ne peut s'élever, par l'abaissement spontané de ces dents, qu'à la hauteur voulue pour qu'elles restent un peu au-dessus de l'essieu et puissent par conséquent s'abaisser indépendamment l'une de l'autre et pénétrer ainsi dans les dépressions du sol. L'élévation des dents n'est nullement gênée ; la vis P de règlement d'entrure des dents peut être mue pendant la marche même ; le petit détail de la fig. 20 montre comment les dents sont fixées sur leur axe par l'intermédiaire d'une douille en fonte ; une vis les retient dans une mortaise de cette pièce ; chaque dent peut être enlevée séparément à volonté, pour être redressée ou réparée.

L'emploi d'une vis d'arrêt P (fig. 20) pour régler l'entrure des dents sur le sol et limiter leur abaissement spontané et indépendant peut être critiqué. Nous trouvons dans la fig. 21, représentant un râteau primé à Bedford vers 1855, la vis d'arrêt remplacée par un contrepoids D qui tend à soulever la tringle C, et par suite, à faire appuyer sur le sol la pointe des dents qui tendent ainsi à pénétrer dans les creux du sol, et le conducteur peut, en appuyant plus ou moins sur le levier A, contrebalancer cette tendance des dents, de manière à appuyer fortement ou légèrement les dents sur le sol. Pour décharger le râteau, on appuie sur le levier A, la tringle B s'abaisse et fait baisser la manivelle fixée sur l'axe de rotation des dents qui s'abaissent de la tête et s'élèvent de la pointe. Avec 24 dents d'acier, ce râteau a une largeur de $2^{m}.286$ et coûte 206 fr. 25 ; avec 28 dents d'acier, ne prenant que la même largeur, il coûte 215 fr. 62 : il pèse en moyenne $228^{k}.5$, soit par kilog. $0^{f}.9$ et $0^{f}.94$.

La fig. 22, pl. 226, représente le râteau à contre-poids de *Underhill* où le soulèvement des dents a lieu aussi par un levier simple qui presse sur une barre placée au-dessus des dents, ou mieux sur une tringle qui réunit toutes leurs têtes et leur sert d'axe de rotation comme dans le râteau précédent. Un châssis fixe avec six tringles en petit fer rond sert de nettoyeur des dents. Deux grandes traverses en fer A A reçoivent des supports ainsi que les deux côtés des châssis pour porter un essieu au-dessus duquel passent les dents. Les têtes des dents sont réunies par une tringle ronde sur laquelle est enfilée l'extrémité d'une manivelle boulonnée sur l'essieu rotatif dont nous venons de parler. La tringle B B est articulée en haut avec le levier et en bas avec la manivelle formant saillie sur l'essieu et dont le maneton n'est autre chose que l'axe des dents. Si donc on abaisse le levier C, la tringle B pousse en bas la manivelle et par suite celle-ci tourne avec l'essieu en entraînant l'axe des dents dont les têtes s'abaissent. Dès qu'on cesse d'appuyer sur le levier C, les dents retombent par leur propre poids en faisant remonter la tringle B ; or, on est maître de faire remonter cette tringle plus ou moins haut, et par suite de laisser les dents plus ou moins au-dessus de l'essieu, libres de s'abaisser isolément et spontanément dans les creux du sol, grâce au contre-poids mobile D que l'on peut fixer en un point quelconque de la barre E E. Si le contre-poids est contre la poignée C, il abaisse plus fortement la tête des dents, et par suite les pointes reculent en arrière. Réciproquement si le poids D est porté au bout de E vers les limons, ce poids tend à soulever la tête des dents plus que précédemment, et les pointes tendent à venir en avant et sont moins inclinées par rapport au sol. Ce contre-poids sert donc pour régler l'entrure avec une grande précision, et si la courbe des dents est convenable elles ne reposent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que momentanément sur l'essieu pendant que l'on soulève les dents ; mais pendant le travail elles restent assez au-dessus de cet essieu pour être libres de tomber au fond des dépressions qu'un sol irrégulier peut présenter.

Les roues peuvent être plus ou moins élevées : elles ont 0m.82 de diamètre et sont faites en fer et assez légères.

Les dents sont faites en fer à sections lenticulaires et à tête soudée ouverte aux deux branches, de sorte que pour en sortir une il faut enlever toutes celles qui la précèdent. M. Peltier, à Paris, construit ce système de râteaux : les dents sont dans de petites douilles en fonte et les roues en fer à rais doubles et moyeu en fonte.

Le contre-poids, si le conducteur s'en sert avec intelligence, permet de râteler très-net avec légèreté pour ne pas enlever de la terre, des pierres ou de mauvaises herbes avec le foin, ou au contraire de râteler lourdement pour le recueil du chiendent ou les nettoyages dans les blés et les prairies : il coûte 150 fr. à Londres.

2e *espèce : Râteaux à leviers composés soulevant une barre placée sous les dents.* — Cette espèce est très-nombreuse. Un des plus anciens modèles est le râteau de M. Grant, de Stamford. Les fig. 23 et 23 *bis*, pl. 227, le représentent en coupe et en perspective.

Le châssis est en bois : sur sa traverse antérieure, une pièce en fer courbé I B sert en B d'appui à l'axe de rotation du grand levier moteur A B représenté abaissé dans la coupe. La petite branche B C de ce levier appuie, par l'intermédiaire d'une petite bielle C D, sur l'extrémité de la petite branche E D du levier DF, dont l'extrémité de la grande branche F supporte une barre ronde à laquelle les dents sont suspendues par de petites chaînes. Le premier levier multiplie la puissance par 6.5 environ ; mais le second la divise par 4 1/4, de sorte qu'en définitive l'homme, pour soulever les dents, n'a qu'une force égale à une fois et demie la pression qu'il peut exercer avec les bras ; ce râteau doit donc être un peu dur à vider, mais prompt. Les dents sont indépendantes et formées chacune par un levier en bois, à l'extrémité duquel est fixée une dent en fer. La perspective montre qu'il y a en réalité deux systèmes jumeaux de leviers réunis en A par une seule poignée, sur laquelle on peut appuyer des deux mains. Ce râteau n'a pas de règlement : comme construction et même comme disposition, il est donc inférieur à ceux que nous venons d'examiner. Le châssis porte des tringles fixes servant de nettoyeur. Ce râteau coûtait en 1852, de 131 fr. 75 à 187 fr. 50 suivant sa grandeur. La fig. 24, pl. 226, représente le râteau de Page. Le grand levier A, agissant comme levier de second genre, appuie par l'intermédiaire de la bielle courbe B sur la petite branche d'un levier courbe C formant un cadre passant en dessous du châssis et fixé à la barre D D qui soulève les dents. Le soulèvement est rapide sans être trop dur et le châssis armé de tringles rondes sert comme nettoyeur. Le fabricant signale aussi les perfectionnements apportés à ses râteaux : 1° emploi exclusif du fer forgé, sauf pour les limons qui sont en bois et les roues qui sont en fonte, mais cerclées en fer ; 2° les roues ont été agrandies ; 3° l'addition d'un régulateur de hauteur des roues qui permet à la pointe des dents de pénétrer à 10 centimètres en dessous du plan de pose des roues, et à 76 millimètres en dessus, suivant que l'on veut râteler plus ou moins légèrement ou arracher le chiendent ; 4° les dents sont fixées dans de petites souches en fonte enfilées sur un arbre unique, de sorte que chaque dent peut être enlevée séparément ; 5° la section des dents est telle qu'elle présente au foin une arête non aiguë, ce qui facilite aussi bien la montée du foin pendant le remplissage que sa descente lorsqu'on soulève les dents ; 6° Les dents mobiles indépendamment l'une de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre ont une assez grande latitude d'élévation et d'abaissement pour râteler très-nettement dans les sols les plus irréguliers ; 7° un porte-guides est fixé à l'arrière du châssis, ce qui permet à l'homme placé derrière le râteau de conduire les chevaux, tout en servant le râteau. On peut en revanche reprocher à ce râteau l'impossibilité d'abaisser le nettoyeur (puisque ce n'est autre chose que le châssis), lorsque le foin étant humide est entraîné avec les dents pendant qu'elles s'élèvent.

Le premier modèle a vingt dents de section ovale. Il est porté sur des roues de 0m.914 de diamètre, en fonte, cerclées de fer et à moyeux encapuchonnés pour empêcher le foin de s'enrouler autour de la fusée : la largeur du châssis est de 1m.976 et le râtelage se fait sur 2m.128 de largeur ; les bouts extrêmes des moyeux sont à 2m.357 l'un de l'autre : cette largeur permet de passer dans tous les chemins et par toutes les barrières. Ce modèle se fait à volonté avec 20 dents distantes de 88 millimètres 9 (prix 175 fr.), ou 22 dents distantes de 82 millimètres 55 (181 fr. 25), ou enfin 24 dents distantes de 76 millimètres 25 (187 fr. 50) : pour 12 fr. 50 de plus, les dents sont en acier. On peut aussi ajouter au râteau une barre supérieure portant des crochets, qui permet de tenir soulevées toutes les dents paires ou impaires lorsqu'on veut se servir du râteau pour réunir les andains. Cette barre coûte 3 fr. 12 : le râteau pèse en moyenne 228 kilog. 50 : c'est donc environ 0.80 par kilog.

Le second modèle ne diffère du premier qu'en ce qu'il est fait pour recevoir 24 dents distantes de 88 millimètres 9, ou 26 distantes de 82 millimètres 55, ou 28 distantes de 76 millimètres 25 ; il coûte alors 187 fr. 50, 193 fr. 75 et 200 fr. Pour 12 fr. 50 de plus, les dents sont en acier, et la barre pour accrocher moitié des dents coûte 4 fr. 37. Le troisième modèle est muni de dents à section rectangulaire posée de champ ; il a 24 dents et coûte 187 fr. 50, ou 200 fr. si les dents sont en acier.

La fig. 25, pl. 226, représente le premier modèle des râteaux Howard, si souvent imités. Le levier A, agissant comme levier de second genre, presse par l'intermédiaire de la bielle courbe B sur le grand bras C du second levier ayant son point de rotation sur l'axe des dents, et pour petit bras une barre placée sous les dents et reliée à l'axe même autour duquel elle peut tourner par son milieu et par ses extrémités.

Le châssis nettoyeur ; tournant autour d'un axe parallèle à celui des dents et placé en avant de ce dernier, peut être placé plus ou moins haut suivant que le foin est plus ou moins sec, à l'aide des régulateurs à coulisse D D : ce nettoyeur a 7 tringles pour 23 dents ou une tringle pour 3 dents. Les arcs régulateurs EE permettent de faire varier l'inclinaison du châssis par rapport au plan horizontal et par suite de régler l'angle suivant lequel les dents se présentent au sol pour entrer plus ou moins ou rateler plus ou moins légèrement : il coûtait 200 fr. à dents de fer et 212 fr. 50 avec des dents d'acier. A l'aide de trous percés dans le grand levier, on peut mettre la poignée à la hauteur la plus convenable pour la taille du conducteur.

La fig. 26, pl. 226, représente un râteau *Alcok*, d'un système analogue. Le grand bras C du levier est remplacé par un demi-châssis articulé avec la bielle B. Le régulateur E de l'entrure des dents est un grand arc en fer percé de trous. Un levier permet de soulever plus ou moins l'avant du châssis ou de râteler plus ou moins légèrement. Il y a, comme au râteau de Page (fig. 24), un porte-guides à l'arrière ; il coûte 200 fr.

La fig. 27 représente un râteau de Samuelson fait entièrement sur le deuxième modèle de Howard. Lorsqu'on abaisse le levier A, la bielle courbe B appuie sur la branche C' D D du second levier, formé du demi-châssis D D tournant autour de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe de rotation des dents par l'intermédiaire de la barre de soulèvement des dents qui y est fixée, et qui, par deux retours d'équerre, tourne aussi autour de l'axe des dents. Le second levier a aussi la forme bizarre d'un châssis enfilé sur l'axe, et dont les deux moitiés d'inégale longueur et largeur sont d'équerre l'une sur l'autre. Ce second modèle de râteau Howard a eu de grands succès dans les concours pendant près de dix ans : il a, comme le premier modèle, un nettoyeur qui peut être plus ou moins abaissé, et, en outre, un porte-guides à l'arrière, ce qui dispense, à la rigueur, d'un gamin pour conduire le cheval.

Le troisième modèle de râteau de la maison Howard est encore à levier composé, mais le second levier presse sur l'avant des dents pour les soulever de la pointe. Lorsque l'on appuie sur le levier du second genre coudé d'équerre A B (fig. 28 et 28 *bis*, pl. 227), la branche C du second levier tourne d'arrière en avant, et par suite sa double petite branche D appuie sur la tringle-axe des dents, ce qui fait baisser leurs têtes et lever leurs pointes. Il faut, pour que ces mouvements s'opèrent, que l'axe G (l'essieu) soit fixe : les dents passent donc au-dessus de l'essieu, ce qui limite un peu leur descente spontanée, mais leur élévation est tout à fait libre. Il y a encore dans ce modèle le nettoyeur à règlement et le porte-guides H.

Le n° marqué H a 24 dents d'acier, $2^{m}.286$ de largeur extrême, pèse en moyenne $228^{k}.5$ et coûte 206 fr. 25, soit $0^{f}.90$ par kilog.; — ou 28 dents, $2^{m}.286$ de largeur extrême, pèse en moyenne $228^{k}.5$ et coûte 215 fr. 62, soit $0^{f}.94$ par kilog.

Le n° marqué HH a 28 dents d'acier, $2^{m}.59$ de largeur extrême, pèse en moyenne 247^{k} et coûte 218 fr. 75, soit $0^{f}.85$ par kilog.; — ou bien 32 dents, $2^{m}.59$ de largeur extrême, pèse en moyenne 256^{k} et coûte 228 fr. 10, soit $0^{f},85$ par kilog.

Le n° marqué H H H a 24 ou 28 dents d'acier et $2^{m}.591$ de largeur extrême, ses roues sont plus grandes ($1^{m}.66$ de diamètre) ; il convient pour les fortes récoltes quoique à toutes fins. Pour rompre les andains, on peut soulever toutes les dents paires derrière la tringle : ce râteau coûte suivant le nombre des dents de 262 fr. 50 à 275 fr., et pèse en moyenne de 295 à 308 kilog., soit par kilog. $0^{f}.89$. Pour les pays à chemins étroits ou à champs clos, M. Howard vend un modèle qui se démonte et le châssis appuyé sur les roues forme une masse qui peut passer par toutes les portes : il coûte alors 18 fr. 75 de plus que les précédents.

Enfin le quatrième modèle adopté en 1866 par la maison Howard est représenté dans la figure 29, pl. 226, en coupe et en perspective.

En appuyant sur la poignée A du grand levier, dont le point de rotation est à l'intérieur de la boîte en fonte C, la barre B B, fixée au petit bout du levier par les articulations D D, se dirige vers l'avant en tournant autour de l'essieu fixe M allant d'un côté à l'autre du râteau ; cette barre entraîne avec elle le bras B M du second levier ayant son point de rotation sur l'essieu et dont la branche S M s'abaisse en entraînant la tringle ronde sur laquelle toutes les dents sont enfilées : le second levier presse donc sur la tête des dents. Dès que celles-ci commencent à se soulever, elles s'appuient sur l'essieu ; mais pendant le travail elles restent un peu au-dessus de cet essieu, ce qui leur permet de tomber dans les creux du sol ; elles sont aussi libres de se soulever indépendamment l'une de l'autre.

Le châssis horizontal des anciens modèles, qui portait les roues, est supprimé ; il est remplacé par un essieu fixe en acier réunissant les deux roues, et qui est relié au limon par les deux barres rondes G G et les étançons H H ; le demi-châssis fixe J J est le nettoyeur des dents : il porte des tringles en fer rond passant entre les dents et arrêtant le foin pendant le mouvement d'ascension des dents : il est fixe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un porte-guides K, qui sert aussi à guider le levier dans sa descente, permet au conducteur de conduire le cheval, tout en restant à l'arrière du râteau pour le vider. Un crochet vu au bas de ce porte-guides sert à fixer le levier A au point le plus bas lorsque le râteau ne travaille plus.

L'ensemble des leviers de la barre B et des dents est équilibré à un certain degré par rapport à l'essieu, de façon que les pointes des dents n'appuient pas trop sur le sol, et que leur partie supérieure reste un peu en dessus de l'essieu fixe; et comme les dents n'ont pas d'autre appui que le sol, elles peuvent s'élever indépendamment l'une de l'autre à une hauteur considérable et s'abaisser d'une certaine quantité, car elles sont toujours retenues par le poids des leviers un peu au-dessus de l'essieu fixe. En outre, dès que les dents, en tout ou en partie, s'élèvent ou s'abaissent de la pointe, elles réagissent sur le levier, ce qui fait un espèce de règlement automatique de l'entrure.

Les dents sont courbées en forme de faucille, et elles sont faites en acier assez mince pour que le foin glisse bien sur elles. Les roues sont en fonte, d'un grand diamètre et cerclées en fer. Les moyeux sont encapuchonnés. Des roues de fer d'un diamètre égal ou plus grand constitueraient un perfectionnement sensible.

Ce râteau, marqué X, a 24 dents d'acier, des roues de $0^{m}.813$ de diamètre; sa largeur extrême est de $2^{m}.817$ et son poids moyen $203^{k}.12$: il coûte 200 fr. ou par kilog. $0^{f}.984$. Le râteau marqué X X a 28 dents, des roues de $0^{m}.914$ de diamètre et une largeur extrême de $2^{m}.590$: son poids moyen est de $228^{k}.51$, il coûte 218 fr. 75 ou $0^{f}.96$ le kilog. au plus. Enfin, un 3e numéro du même modèle est destiné aux très-fortes récoltes d'herbe et peut servir à la mise en carré des foins. Ses roues sont très-hautes, mais comme il peut être mû par un homme, beaucoup de cultivateurs le préfèrent et s'en servent comme râteau à toutes fins. C'est celui que nous conseillons surtout ; il comprime moins le foin: il a 28 dents d'acier, des roues de $1^{m}.066$, une largeur extrême de $2^{m}.570$ et un poids moyen de $253^{k}.90$: son prix étant de 243 fr. 75, le kilog. revient à $0^{f}.96$.

MM. Howard disposent ce modèle avec un siége pour le conducteur, avec deux leviers moteurs à la portée de ses mains (fig. 30, pl. 226). Lorsqu'on attire à soi les leviers A A, les petites branches B B attirent les bielles C C et par suite la barre D D disposée absolument comme dans le modèle précédent; c'est-à-dire qu'elle forme, avec deux leviers extrêmes qui la relient avec la tringle-axe des dents et cette tringle, un châssis tournant autour de l'essieu. Ce châssis est le second levier. Lorsque la barre D D est attirée en avant par le levier A B, la tringle-axe des dents presse sur la tête de celles-ci qui, par suite, s'élèvent de la pointe en s'appuyant bientôt sur l'essieu fixe. Dans ce modèle, le porte-guides M est naturellement placé sur la traverse des limons devant le conducteur.

Le numéro marqué S a 24 dents d'acier, des roues de $0^{m}.815$ de diamètre, une largeur extrême de $2^{m}.286$; il pèse $203^{k}.1$ et coûte 212 fr. 50, soit par kilog. $1^{f}.040$.

Le numéro marqué S S a 28 dents d'acier, des roues de $0^{m}.917$ de diamètre, une largeur extrême de $2^{m}.590$; il pèse $228^{k}.5$, et coûte 231 fr. 25, soit par kilog. $1^{f},012$.

Le numéro marqué S S S a 28 dents d'acier, des roues de $1^{m}.066$ de diamètre, une largeur extrême de $2^{m}.590$; il pèse $253^{k}.9$, et coûte 256 fr. 25, soit par kilog. $1^{f}.009$.

Ce râteau est du deuxième sous-genre, mais nous l'avons examiné ici par suite de sa ressemblance avec le modèle précédent des mêmes constructeurs.

La fig. 31, pl. 226, représente un système de râteau qui a eu, depuis 1851 envi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ron, un grand succès ; c'est le râteau de Smith, primé à l'Exposition universelle de 1851, à Londres : il est à deux leviers successifs, comme les précédents depuis la fig. 21, mais une particularité importante ici, c'est que le premier levier A B C appuie par sa petite branche C, en forme de came, sur la grande branche D du second levier, armée d'un contre-poids E qui aide un peu à l'élévation des dents dès que le conducteur a commencé à appuyer sur la poignée A. La petite branche, ou plutôt les deux petites branches parallèles du second levier F, sont réunies par une barre longitudinale qui soulève les dents. Les flèches indiquent les mouvements simultanés de toutes les pièces. Ce râteau coûte de 189 fr. 50 à 200 fr., suivant sa grandeur. Pour obtenir un bon soulèvement, les deux cames doivent être faites de deux développantes de cercle conjuguées, comme les faces de deux dents d'engrenage qui se conduisent.

La fig. 32, pl. 226, est le perfectionnement du râteau précédent tel qu'il est actuellement fait par MM. Smith et Ashby. Le levier moteur simple a été remplacé par un levier double, le reste du mécanisme est identique avec le précédent râteau. Les autres perfectionnements consistent dans une meilleure forme, des dents plus arrondies sur lesquelles le foin monte mieux, et qui le tassent moins. Les contre-poids ont aussi été tellement placés que les dents retombent plus vite que dans l'ancien modèle, fig. 27. Les roues peuvent être plus ou moins élevées et l'inclinaison du bâti augmentée ou diminuée à l'aide des régulateurs en arc de cercle G G des limons. L'ensemble de ce râteau est très-léger. Les roues sont en fer forgé, plus légères et moins sujettes à casser que celles en fonte. La barre d'arrière du châssis restant à l'intérieur des dents pendant qu'elles s'élèvent, sert à les nettoyer ou arrêter le foin.

Les dents sont à section semi-angulaire, ce qui laisse monter le foin plus facilement, et le tasse moins. L'entrure des dents est réglée par les régulateurs des limons et par l'élévation ou l'abaissement des roues. C'est, en somme, un des meilleurs râteaux anglais.

Le premier modèle a 26 dents et coûte 187 fr. 50 : si les dents sont en acier, le prix s'élève à 200 fr., et à 250 fr. s'il est plus solide.

Le n° 2 est de même grandeur que le n° 1, mais sa barre de soulèvement est plus forte pour le cas de forts andains : il coûte 216 fr. 25.

Le n° 3, à roues plus grandes, léger et solide, a 26 dents et coûte 216 fr. 25.

Le n° 4 a 32 dents en acier ; il prend la même largeur que les précédents et est destiné à râteler les herbes fines, les feuilles, etc. Des essais ont prouvé qu'il peut servir avec avantage pour enlever la mousse dans les vieilles prairies et pour recueillir le chiendent ou les mauvaises herbes dans les terres préalablement scarifiées ou hersées, et pour râteler les compost sur les prés.

Lorsque le sol est pierreux, il convient de vider les râteaux plus fréquemment. L'essai du râteau Smith et Ashby, dans cette circonstance, a été favorable. Des fermiers anglais déclarent que leur râteau a été payé par le ratelage de 100 hectares d'orge et d'avoine par suite du produit des *glanes* obtenues. C'est-à-dire que l'on gagne 2 fr. par hectare de râtelage. Or, on peut râteler environ 7 hectares par jour. Un homme et un garçon glaneront donc pour 14 fr. de grains dans leur journée.

Les figures 33 à 38, pl. 226 et 227, représentent le râteau breveté de M. Th. Smith, de Bradfield : on peut traduire le titre du brevet par *râteau équilibré*. Le caractère de ce râteau est en effet dans l'addition à la tête de chaque dent d'un contre-poids destiné à équilibrer une portion du poids même de la dent. En conséquence, chaque dent se compose d'une douille en fonte N cylindro-conique portant sur un même diamètre horizontal des saillies, sur lesquelles on boulonne d'un côté la dent H et de l'autre le contre-poids à charnière J, de telle façon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il puisse rester dans la position J, saillant vers l'avant horizontalement ou être relevé en J, et courbé sur la dent pour augmenter son poids.

Le châssis est en fer et porte sur des roues de 0m.483 de diamètre qui peuvent être élevées ou abaissées à volonté ; un axe ou barre cylindrique K réunit les deux côtés du châssis : sur cette barre sont enfilées les douilles en fonte qui portent les dents et leur contre-poids. Toutes les dents passent au-dessus d'une barre G G, fixée à l'extrémité des secondes branches des quatre leviers F F, enfilés sur le même axe que les dents et dont les premières branches sont réunies par une barre L L. Le châssis plié, formé des deux barres G L et des quatre leviers F, constitue le second levier de ce râteau : il reçoit la pression du premier levier A C par la bielle D en forme de fourche articulée d'une part au grand levier et de l'autre à la barre L qui reçoit les branches au travers du second levier.

Dès qu'on agit sur le levier de second genre A A, dont le point de rotation est en C sur la traverse des limons, la bielle D appuie sur la barre L : les leviers F, par leurs branches postérieures portant la barre G, soulèvent les dents. Les tringles O O et P P du châssis arrêtent le foin et par suite l'empêchent de suivre, par adhérence, les dents dans leur mouvement d'ascension. Le premier levier multiplie la force de l'homme par 4.5, le second ne la multiplie ni ne la divise : il ne sert donc qu'à transmettre l'effort du premier levier à la barre G. Comme les dents sont en partie équilibrées, le soulèvement des dents ou l'abaissement du levier A est aisé ; et comme d'ailleurs les leviers sont d'une longueur restreinte, la main du conducteur n'est pas forcée de faire un chemin très-étendu pour soulever complétement les dents. Les dents ayant une bonne forme se vident bien, de sorte que dans quelques modèles on supprime les tringles P P de nettoyage. Le poids des dents étant en partie contrebalancé, elles pressent moins de leur pointe sur le sol, ce qui empêche qu'elles ne déchirent le sol en entraînant de mauvaises herbes ou de la terre avec le foin : lorsque les dents ne sont pas équilibrées, on est forcé de régler l'inclinaison du châssis de façon à ne pas râteler très-net pour éviter l'inconvénient que nous venons de signaler. En revanche, l'équilibre des dents est fâcheux dès qu'on veut faire mordre les dents pour herser les jeunes blés, arracher la mousse et surtout le chiendent. Si le contre-poids de chaque dent peut être renversé en J', il augmente au contraire la pression de cette dent sur le sol, et l'on a ainsi le moyen de râteler légèrement ou lourdement tout en laissant constante l'inclinaison des dents. La seule observation qui peut encore être faite, c'est que le contre-poids étant constant, on ne peut varier la pression des dents. Cet inconvénient disparaît lorsque l'on adopte le poids curseur, indiqué dans la figure 28. Remarquons que le râteau à contre-poids unique d'*Underhill*, figure 20, donne le même résultat plus économiquement. Nous avons donné comme figure principale (fig. 33) le modèle de râteau à contre-poids de M. T. Smith, tel qu'il est fait par Turner. Le constructeur signale : 1° sa légèreté de traction et l'impossibilité de détruire les jeunes plantes lorsqu'on se sert de ce râteau pour herser les blés, et 2° son mode de soulèvement rapide et efficace; sa légèreté, sa solidité et sa durée. Voici les dimensions et les prix des divers numéros (tableau, page suivante) :

2e Sous-genre : *Râteaux à siége se vidant de l'arrière par la main de l'homme appuyant sur un levier.* — Nous avons donné comme exemple celui de Nicholson (fig. 9) et celui de Howard (fig. 26, pl. 226).

3e Sous-genre : *Râteaux se vidant de côté par la main de l'homme qui conduit le cheval.* — Nous ne donnons qu'un seul exemple (fig. 39, pl. 227) ; il suffira pour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire comprendre la seule différence qu'il présente avec le râteau du premier sous-genre.

Largeur de râtelage.	Roues de fonte de 0m.711 de diamètre	Roues de bois de 0m.711 de diamètre	Roues de fonte de 0m.864 de diamètre	Roues de bois de 0m.864 de diamètre	Roues de bois ou de fer forgé de 0m.965 de diam.	Pointes simples d'extirpateurs en plus.	Soulèvement des contre-poids en plus.	Dents d'acier, en plus.	Leviers de côté pour régler plus facilement l'entrure des dents.
m.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.				
2.280	187 50	197 50	206 00	210 00	225 00	35	10.00	10.00	12.50
2.508	200 00	210 00	212 50	222 50	243 75	40	12.50	12.50	12.50
2.812	218 75	228 75	235 00	243 75	262 50	45	15.00	15.00	12.50

Le levier moteur B est placé à la gauche du cheval le long du limon. Lorsque le conducteur veut vider le râteau, il appuie sur la poignée B : alors les petites branches A A sont soulevées et attirent deux tringles fixées après la barre placée un peu au-dessous des dents, et reliée à l'axe de ces dents par deux retours d'équerre percés et enfilés sur l'axe commun.

Les manches des dents sont en fer creux et droits ; les dents d'acier sont fixées à vis : on a ainsi, en même temps, solidité et légèreté et par suite une moindre traction : la barre de soulèvement est placée au-dessous des dents pour leur donner une grande latitude d'abaissement spontané.

Les roues sont en fer forgé, d'un assez grand diamètre, et leurs moyeux sont encapuchonnés pour éviter que le foin ne s'entortille autour des fusées. Il a été plusieurs fois primé, comme simple, solide et travaillant bien. Il coûte, pris à l'atelier, 193 fr. 75.

1re Classe : 1re sous-classe ; 2e genre. *Râteaux se vidant par la main du conducteur soulevant un levier.* — Cette manière d'employer la force de l'homme étant défectueuse, puisque en appuyant il peut exercer un effort égal à son poids, ce que l'on ne peut faire en soulevant, il est facile de comprendre qu'il est peu de râteaux de ce genre. Nous n'en connaissons qu'un, représenté par la figure 40, pl. 227 : il est connu depuis longtemps en Écosse où, d'après H. Stephens, il serait assez répandu.

Le châssis de ce râteau se compose d'une traverse principale, en bois A A, de 2m.736 de long et de 76 millimètres d'équarrissage ; d'une seconde traverse B en arrière de l'axe, de même longueur que la précédente, mais de 57 m/m seulement d'équarrissage : ces traverses sont toutes deux boulonnées sur les barres latérales C C de 57 millimètres d'équarrissage et de 0m.837 de longueur. Les traverses A et B sont en outre supportées par deux barres intermédiaires D D qui, dans le plan vertical, sont courbées, comme on le voit dans la coupe. Ces barres s'assemblent sur A à tenon et mortaise, et sont boulonnées sur B. Une paire de mancherons, pouvant tourner autour du boulon-axe N, est boulonnée sous la barre F qui peut reposer à chaque bout sur deux billots de bois assemblés à tenon et mortaise sur les deux barres C C : cette barre soulevante F ne repose sur les billots que par l'intermédiaire de vis qui permettent de régler la hauteur de F par rapport au châssis. Les fusées des roues sont redressées d'équerre et viennent enfin se fixer sous la traverse A, de façon à ce qu'il y ait 0m.127 de l'axe des roues sous la barre : un contrefort G

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assure la solidité de l'assemblage des roues sous le châssis. Les roues H ont 0m.508 de diamètre : elles sont en fonte et de forme légère. Les limons I I ont une courbure convenable pour entourer la croupe du cheval et atteindre au collier lorsque le châssis est de niveau : ils sont boulonnés à la traverse principale A et aux barres intermédiaires D, et sont soutenus en outre par les étançons en fer L L.

Ce râteau a 20 dents M M M qui s'élèvent à 0m.475 au-dessus du sol, à compter du bord supérieur de la tête de chaque dent. La dent de fer s'assemble dans cette tête ou levier en bois par une queue filetée à embase et un écrou : la pointe de chaque dent est un peu courbée en avant et amincie, mais toutefois disposée pour qu'elle ne pique pas trop en terre. Les leviers, aux bouts desquels sont les dents, sont enfilés sur l'axe N, qui s'étend sur toute la largeur, et entre les leviers sont enfilés des cylindres en bois pour conserver l'écartement voulu. Entre les dents, sept tringles nettoyeuses P contournées sont fixées sur la principale traverse postérieure B par des boulons, et chaque levier de dent est suspendu à la barre de soulèvement F par une petite chaîne Q, de sorte que dès qu'on soulève les manches la barre qui est solidaire avec eux tend les chaînes et bientôt soulève toutes les dents. Dès qu'on abandonne les manches, les dents retombent, ainsi que la barre F qui retombe sur les billots où elle repose par ses deux vis : les dents ont ainsi la liberté de s'élever ou de s'abaisser indépendamment l'une de l'autre entre certaines limites : elles peuvent donc suivre toutes les inégalités du sol.

Il est visible, d'après sa construction que ce rateau est le plus ancien comme invention : il pêche dans la forme de ses dents; le foin y monte difficilement et s'y tasse fortement : le mode de soulèvement bien que très-simple est fatigant ; on l'estime beaucoup, dit H. Stephens, pour râteler les chaumes : il coûte de 87 fr. 50 à 93 fr. 75.

1re Classe : 3e sous-classe. *Râteaux anglais se vidant par le soulèvement des dents à l'aide des pieds du conducteur, appuyant sur un levier*, etc. — Ces râteaux sont forcément munis d'un siége sur lequel le conducteur est assis. La figure 41, pl. 227, représente le râteau à pédale de Ransomes. Le conducteur, assis en A, a les pieds sur la tablette B qu'un régulateur à trous C permet de placer convenablement suivant la taille du conducteur. Dès que celui-ci appuie fortement sur la pédale B, il entraîne les deux leviers E E, fixés solidement sur le tube G G, suspendu d'une part à l'extrémité des limons dans des anneaux en fer, et à chaque bout, sur des boîtes entourant l'essieu fixe, de façon qu'il puisse tourner librement en entraînant les quatre manivelles D D, auxquelles est suspendue une barre H placée sous les dents et qui les soulève dès que le tube G tourne d'arrière en avant d'une certaine quantité. Les manivelles D D ont une coulisse de façon, que l'on puisse régler la hauteur de la barre de soulèvement des dents pour laisser à celles-ci la faculté de s'abaisser spontanément et isolément dans les dépressions du sol. Les dents sont toutes enfilées sur une forte tringle qui leur sert d'axe et est suspendue à l'essieu fixé un peu au-dessous : on peut aussi régler la hauteur de cet axe.

Ce râteau est parfaitement exécuté ; ses roues très-hautes, son ensemble léger, rendent facile la traction : l'homme n'étant pas forcé de suivre à pied l'instrument, il peut faire marcher fort vite les chevaux et par suite exécuter en peu de temps beaucoup de besogne, ce qui est de première importance pour les foins. Sa largeur extrême est de 3m.8, et sa largeur de râtelage 3m.048 ; en ne supposant qu'une vitesse de 1m.3, il peut faire par seconde 3m2.9, et par heure 140 ares, soit 14 hectares par jour : en supposant un septième de temps

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perdu en tournées, ce serait encore 12 hectares par jour de 10 heures effectives. Ce râteau qui date de 1861 à 1862 pèse 355 kil. 50 et coûte 437 fr. 05, soit par kilogramme 1 fr. 23.

Le râteau à pédale de M. Nicolais (Paris 1860) est représenté en coupe (fig. 42, pl. 228). B pédale sur laquelle appuie, des pieds, le conducteur placé sur le siége A ; B C grands bras (double) du levier moteur réunis par la pédale ; C D petits bras réunis par une tringle D qui soulève toutes les dents dès que le conducteur appuie fortement sur la pédale.

Da la disposition adoptée en 1856 par M. Simphal (fig. 43, pl. 228), la barre C appuie sur la tête des dents. Le levier B D C peut tourner autour de l'axe B des dents : sur sa grande branche D B, se trouve la pédale M avec son déclic ; et la petite branche BC porte à son extrémité la barre C, qui doit appuyer sur les dents et les faire soulever de la pointe. Donc, dès que le conducteur appuie sur la pédale, il fait tourner le levier N O comme les flèches l'indiquent ; la barre O décroche le chien E qui tenait le levier D en place, soit que les dents soient soulevées, soit qu'elles soient en travail ; la branche D s'abaisse, ainsi que la barre C, et les dents se soulevant, le chien E, toujours tiré par le ressort, reste en position d'arrêter la barre D. (La figure n'est pas à l'échelle.) Le chien doit pouvoir soutenir la barre du levier, les dents soulevées ; on peut mettre deux chiens pour plus de facilité.

Les systèmes de râteaux à pédale ont comme inconvénient d'accroître d'environ un tiers la traction du cheval, d'exiger plus de force dans le châssis et de ne pas laisser voir au conducteur le moment où le râteau est plein ; mais on pourrait remédier facilement à ce dernier inconvénient en faisant le siége oblique, permettant de voir les chevaux à droite et l'extrémité gauche du râteau. En outre, les avantages compensent bien les inconvénients : on peut râteler plus vite que lorsque le conducteur marche derrière, et on économise le garçon conduisant le cheval ordinairement.

1re Classe : 3e sous-classe, 1er genre. *Râteaux se vidant par la traction qu'opère le cheval, ou râteaux automoteurs.* — Le premier en date est, croyons-nous, le râteau de Marychurch, représenté fig. 44, pl. 228, et détail pl. 227. Une roue à rochet E est fixée sur le moyeu de la roue gauche du râteau, le chien A, abandonné à lui-même, est décroché, car le contre-poids D tend à soulever A. Dès que le garçon qui conduit le cheval tire la ficelle N qu'il a dans la main, le chien A accroche la roue à rochet E, celle-ci continuant à tourner avec la roue, puisque le cheval continue à tirer ; le chien A est poussé en avant, son axe étant sur le maneton de la manivelle BE ; celle-ci tourne autour de l'axe B des dents, en entraînant celui-ci et la petite manette M (il y en a une seconde non vue dans la fig. 44, pl. 228), portant une tringle CC qui soulève toutes les dents : ainsi, pour vider le râteau, le conducteur, sans quitter le cheval, n'a qu'à tirer une ficelle qu'il tient dans la main, et en l'abandonnant toutes les dents retombent. Cette disposition est ingénieuse, mais appliquée forcément d'un seul côté du râteau, et exigeant à un moment donné et de suite un très-grand effort, il peut y avoir des ruptures. En outre, comme pour les râteaux à pédale, il faut que le conducteur se retourne de temps en temps pour savoir quand il doit vider. La ficelle peut être disposée pour être tirée de l'arrière.

Une autre particularité du râteau Marychurch, c'est le mode de règlement de l'entrure des dents ; une vis de rappel vue sur la fig. 44, en V, solidement fixée à sa poignée dans un double support R R, comme dans le râteau Wightman (fig. 16, pl. 225), permet de faire varier l'inclinaison du bâti par rapport au sol, de sorte que les dents se présentent au sol tangentiellement pour râteler sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pression, ou, au contraire, avec une forte inclinaison pour mordre dans le sol lorsqu'on veut arracher le chiendent. Le bâti est fixé aux barres des limons par charnières Q.

Un levier de soulèvement ordinaire, soulevant la tringle placée en dessous des dents, par l'intermédiaire de deux bielles de suspension, permet de se servir du râteau en le suivant; un crochet N' permet de tenir ce levier abaissé lorsqu'on ne veut plus travailler.

Ce râteau nous a paru bien exécuté : le n° 1, de 2m.210 de largeur, coûte 210 fr.; le n° 2, de 2m.515, coûte 225 fr.

M. Lallier a présenté, il y a quelques années, un râteau automate, dans lequel les dents étaient soulevées lorsqu'une came placée sur un engrenage, recevant son mouvement de l'essieu des roues porteuses, venait à rencontrer la grande branche d'un levier, dont les petites branches supportaient une barre placée sous et près les dents. Le râteau se vidait ainsi à une distance régulière; on pourrait aisément améliorer ce système, en embrayant la came seulement quand le conducteur juge qu'il faut vider le râteau.

Le dernier système de râteau automate que nous ayons à examiner est celui de M. Gustave Hamoir; nous ne pouvons mieux faire qu'emprunter la description et la figure qu'en a données l'inventeur lui-même dans le *Journal d'agriculture pratique* (pl. 229).

« Jusqu'ici c'est l'effort de l'homme qui a dû, au moyen d'un levier plus ou moins heureusement disposé, soulever les 24 à 28 dents du râteau pour qu'il abandonne sa proie. Avec de petites dents c'est fatigant, mais c'est possible; avec de grandes dents et beaucoup de foin, l'effort n'y suffit plus. Convaincu par l'expérience de la valeur qu'avait déjà pour la culture le râteau à cheval tel qu'il était, pénétré de l'importance qu'il devait acquérir en augmentant ses proportions pour le rendre propre à l'amassage des fourrages, j'ai cherché à substituer l'effort du cheval à celui de l'homme, et pour cela j'ai pris dans le sol mon point d'appui, je l'ai appliqué au moyen d'un simple levier, qui ne demande qu'un peu d'adresse de la part du conducteur. C'est parce que je crois avoir résolu d'une manière facile ce petit problème de mécanique, c'est surtout parce que j'ai vu cet instrument accueilli, je dirai presque avec enthousiasme, par plusieurs de mes confrères, que je viens aujourd'hui développer et les fonctions et les qualités du râteau à cheval, que j'appelle *automoteur*, qu'on pourrait avec un peu plus de syntaxe appeler *automatique*, et que des agriculteurs nomment très-justement *sauterelle*.

« Ce qui distingue tout d'abord ce râteau de la plupart de ses congénères, c'est l'ampleur des dents; elles ont dans le modèle moyen 1 mètre de hauteur, 0m.60 de profondeur, et peuvent contenir dans leur courbe environ 1 mètre cube de fourrage (le double du râteau ordinaire).

« Les organes en sont simples et aussi peu nombreux que possible : un essieu de fer en T supporte les roues (fig. 45, pl. 229); les dents sont soutenues par un second axe, autour duquel elles pivotent; une barre parallèle à cet axe, et qui passe sous toutes les dents, sert à les enlever toutes du même effort; une autre placée en avant sert à limiter leur mouvement et à les faire rentrer par leur propre poids dans leur position première.

« L'extrémité postérieure des limons est terminée par une pièce de fer formant à peu près un carré aux angles arrondis, qui est assujettie à sa base sur l'essieu en fer par quatre bons rivets; cette pièce sert en même temps à supporter l'axe autour duquel se meuvent les dents, elle arrête encore la barre qui passe sous toutes ces dents dans son mouvement rétrograde, et empêche

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

celles-ci de descendre plus bas que le niveau du terrain. Cette pièce porte à sa partie postérieure un petit organe que je décrirai tout à l'heure.

« Au même endroit de la limonière, où vient s'insérer la pièce précédente, deux pièces de fonte boulonnées soutiennent un axe assez fort, autour duquel se meut le grand levier ABC, dont la portion BC est mobile au moyen d'une charnière libre en B.

« Dans la position qu'occupe le râteau de la fig. 45 *bis* (même planche), qui est celle de fonctionner, la partie BC, que j'appellerai le *pied*, traînée moitié sur le terrain, moitié suspendue en l'air, par le contre-poids de l'autre extrémité du levier, forme un angle obtus, dont le sommet est tourné vers le cheval.

« Si je saisis la poignée placée en A et que j'attire à moi cette extrémité du grand levier, je porte en avant le pied BC; si je la relève ensuite par un mouvement un peu vif, je ramène intérieurement le point B avant que le point C ait rencontré le sol, et quand celui-ci y arrive, j'ai formé, comme dans la fig. 45, un angle obtus en sens inverse du premier : dans cette position, le pied BC forme un arc-boutant et force le point B à rester immobile, tandis que le râteau s'avance; la partie supérieure du grand levier décrit alors un mouvement qui est à peu près le quart de la surface du cercle dans lequel il se meut.

« Du point D, qui a été jugé le plus utile pour opérer suffisamment l'élévation des dents, part une chaîne, qui saisit un autre petit levier, dont l'axe de rotation est le même que celui de celles-ci, qui est caché entre elles, mais qui passe sous la barre d'entraînement et qui y est fixé; il enlève dans son mouvement cette traverse et tout ce qu'elle supporte.

« Si maintenant on suppose le râteau s'avançant toujours, on comprend que l'angle ABC de la fig. 45 tendra à s'ouvrir de plus en plus, que le pied BC se meut vers la position perpendiculaire, et qu'une fois ce point dépassé, comme il ne forme plus arc-boutant, le levier reprend de lui-même la position de la fig. 45 *bis* et laisse retomber tout le système.

« Si l'instrument devait cesser de fonctionner, on laisserait tomber un petit levier EF, qui pivote autour du point E et qui, dans la fig. 45 *bis*, est supporté par un petit ressort G. Chaque bras en porte un semblable, et dans la fig. 45 ils sont tous deux baissés. Ces pièces portent une dent, contre laquelle la barre longitudinale vient s'arrêter dans son mouvement rétrograde et empêche les dents de descendre plus bas. Ainsi, dans la fig. 45, si l'on suppose que l'outil s'avance lorsque les dents se seraient encore élevées un peu, elles reprendront la position qu'elles y occupaient; le levier, au contraire, reprendra celle de la figure 45 *bis*, on repliera alors le pied qui se fixe dans les branches du grand levier au moyen d'une petite cheville, et l'appareil sera disposé pour rentrer à la ferme.

« Cela est un peu long à expliquer, dans la manœuvre c'est d'une simplicité qui étonne; l'homme le plus rustique, du moment qu'il a compris qu'il doit relever le levier après l'avoir attiré à lui, ne peut plus manquer une fois sur mille de faire opérer la décharge. Ce râteau a eu le premier prix au concours international et spécial à Vincennes, en 1860, et le premier prix à Metz : il coûte 300 fr. pour toutes fins. »

Râteaux américains.

Ce système de râteaux, dont le nom indique la patrie originaire, est aussi employé assez communément dans les comtés si bien cultivés du Lothian (Écosse); on en trouve aussi un certain nombre en Angleterre et en France. La fig. 46, pl. 228, représente le modèle américain de M. Allen. Les traits du cheval

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont attachés en EE aux bras antérieurs, reliés entre eux par la traverse A d'une part et l'*âme* du peigne, à la partie inférieure : seulement l'âme du peigne peut tourner dans un lien ou étrier en fer, qui l'embrasse en la reliant à chaque bras. La traverse ou âme du râteau porte deux rangs opposés de dents en bois, coupées en sifflet à leur extrémité : elles sont plates et reposent par le biseau sur le sol. Un châsiss B, suspendu à la façon d'un pendule aux mancherons F, est relié à la traverse antérieure A par une pièce de bois D. Lorsqu'on appuie très-légèrement sur les manches, le bout des dents en avant est très-près du sol, et le bout des dents d'arrière un peu au-dessus (0.25 ou 30 centim.). Dans cet état, si le râteau est traîné en avant, le foin ou les tiges de céréales rencontrées s'élèvent sur les dents poussées par la réaction des couches d'herbes, restant en avant sur le sol : lorsque le râteau est plein, il suffit pour le vider de soulever brusquement les mancherons, sans les abandonner; alors les dents tendent à piquer en terre, et forment un point d'appui autour duquel le peigne tout entier tourne et fait bascule complète, abandonnant sa charge de foin. Les dents qui étaient en arrière sont actuellement en avant : elles se couvrent de foin, et le soulèvement des manches opère une nouvelle bascule. Un taquet coupé dans la pièce arrête l'âme après cette demi-révolution, si l'on a soin de laisser retomber les manches et même de les presser légèrement de haut en bas; au fur et à mesure que le râteau se couvre de nouveau de foin, on soulève les manches très-légèrement, de manière à râteler bien près et à prendre une plus forte charge de foin.

S'il se présente un monticule ou un obstacle quelconque à surmonter, le conducteur appuie fortement sur les manches et par suite sur le châssis-pendule B, et les dents restent la pointe en l'air.

Le mécanisme de ce râteau est ingénieux : sa construction est simple et il peut se vendre à très-bas prix. Il a l'avantage de ne pas comprimer le foin; un homme habitué en fait bien le service, bien que la manœuvre soit un peu fatigante, mais il présente plusieurs inconvénients. Le plus grave, c'est que l'âme du peigne et les dents qu'il porte formant un tout rigide de 2^{m}.50 de long, les dents par leurs pointes râtèlent très-bien les parties saillantes du sol, mais ne pénétrent pas dans les dépressions; les dents sont sujettes aussi à piquer, séparément en terre dans les parties convexes et à se briser. Or, s'il est possible de trouver des prairies ou des champs parfaitement plans, c'est une exception, qui explique comment le râteau américain peut être conservé dans quelques pays. Le second inconvénient ne se fait sentir que dans les champs, où le chaume laissé par la faux est un peu élevé : il passe entre les dents, et non-seulement arrête la moitié des tiges à glaner, mais peut les égrener et même effeuiller le trèfle.

On a construit ce râteau à Grignon pendant quelques années. Les figures 49 et 50 (pl. 228), faites à la même échelle, montrent bien les particularités de sa construction.

Peu de constructeurs, en Angleterre, fabriquent ce râteau. Nous signalerons seulement comme bonne exécution les râteaux américains de M. Fry, seul fabricant autorisé, en Angleterre, du râteau breveté en fer creux de Rowsell (fig. 47, pl. 228).

La fig. 48 représente un modèle en bois de cette maison : il se distingue du précédent par la suppression du cadre oscillant. L'âme du *peigne double* tourne dans de forts supports en bois; enfin, le bout des dents est ferré.

Le modèle en fer creux et fonte, représenté par la fig. 47, est en même temps léger et solide. Les supports en bois sont remplacés par des pièces en fonte, sur lesquelles les taquets d'arrêt sont bien visibles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ayant fait connaître succinctement les divers modèles de râteaux des systèmes anglais et américain, que l'on peut rencontrer dans une exposition universelle, il nous reste à signaler ceux qui se trouvaient exposés, et ont été remarqués ou primés.

Le jury, après des essais trop limités par un temps défavorable, a classé ainsi les râteaux :

Nicholson (voir fig. 10).
Howard, fig. 29.
Ransomes, fig. 9 et 41.
Ashby et Jeffry, fig. 32.
Peltier (en partie imité du râteau à contre-poids de Th. Smith, fig. 33).
Painchaud.

Il est du reste évident que nombre d'autres râteaux peuvent être avantageusement employés : les uns n'ont pas été essayés ou se trouvaient hors concours. Nous citerons entre autres ceux de M. Meixmoron-Dombasle, de M. F. Bella de Grignon, de M. Pinel, etc.

Nous regrettons que les bornes de cet article ne nous permettent pas de faire connaître nombre de bons râteaux fabriqués en France, pas plus que d'indiquer la troisième classe telle que nous l'avons imaginée. Nous devons attendre un essai pour en déterminer la valeur pratique.

J.-A. GRANDVOINNET.
Ingénieur, Professeur de Génie rural.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

XXXVI

BOULANGERIE ET PATISSERIE

PAR M. HENRI VILLAIN.

(*Deuxième article : suite et fin.*)

(EXPOSITION UNIVERSELLE, CLASSE 68)

La pâte, après le pétrissage, doit être façonnée de manière à avoir, après la cuisson, la forme et le poids voulus par les consommateurs. Les pâtons perdant pendant la cuisson une certaine quantité de leur poids, nous avons dit, dans le précédent article, qu'on était obligé de mettre environ 115 à 116 de pâte pour obtenir 100 de pain. Mais on comprend facilement que cette quantité additionnelle doive varier avec la forme et les dimensions des pains et suivant le degré de cuisson qu'on veut leur donner.

La pâte façonnée se place soit dans les plis d'une longue toile, soit dans des corbeilles d'osier garnies de grosse toile, soit encore dans des timbales en tôle ou dans des sébiles de bois.

On abandonne les pâtons dans leurs moules, et ces moules sont placés dans une sorte d'armoire à tiroirs voisine du four et qu'on appelle la *couche*, ou bien on les recouvre de longues bandes de toile ou de flanelle qu'on appelle *couches*. Le but à atteindre est de faire en sorte que la fermentation reprenne de l'activité et qu'un gonflement considérable se manifeste, sans attendre toutefois qu'il se produise de l'acidité. Une fermentation trop prolongée, en produisant de l'acide acétique, amènerait la liquéfaction d'une partie du gluten, et, par suite, une diminution dans la ténacité, une perte de gaz et finalement l'affaissement de la pâte.

Aussitôt donc que l'apprêt de la pâte est au terme convenable, il faut procéder à l'enfournement.

L'usage des fours remonte à la plus haute antiquité, ainsi que le constate un four trouvé dans des ruines égyptiennes, et qui est exposé dans un musée de Londres. Selon Suidas, un Égyptien du nom d'Annos, imagina le premier de faire de petits fours carrés. On perfectionna ensuite cette invention en creusant dans des bancs d'argile des fours d'une seule pièce, puis enfin on les fit en briques, en grés, etc. Au temps de saint Jérôme on connaissait déjà les fours de campagne.

Pline rapporte que les Romains, qui avaient personnifié le mot *fornax*, en avaient fait une déesse, à laquelle on sacrifiait devant le feu, et Ovide raconte dans ses *Fastes* l'origine de cette fête.

Lorsque l'usage du pain commença à se généraliser, et que la consommation des farines devint considérable, les meuniers dans le but de satisfaire complétement ceux dont ils réduisaient le grain en farine, firent construire de grands fours où l'on cuisait le pain de leurs chalands. Ces lieux, où s'assemblaient les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

femmes, pour faire et cuire leur pain, s'appelaient les boulangeries babillardes, *pistrinæ garrulæ*.

A une époque plus rapprochée de nous, on construisit pour subvenir aux besoins du peuple, des fours publics; et il paraît, par une ordonnance du roi Dagobert II, que le gouvernement a veillé de bonne heure à ce qu'il y eût des moulins et des fours dans tous les domaines royaux, pour assurer la subsistance publique. Il n'y avait que les seigneurs qui eussent les moyens d'avoir des moulins et des fours à eux; et ces propriétaires qui avaient fait des avances de constructions s'en firent un revenu régulier en recevant le produit de ce que payaient ceux qui venaient moudre à leurs moulins ou cuire à leurs fours. Telle est l'origine de la banalité qui s'exerça avec rigueur au profit des seigneurs, jusqu'au moment où les rois reprenant le pouvoir qui leur était échappé en partie pendant les siècles de féodalité, anéantirent peu à peu les servitudes qui découlaient de cette forme de gouvernement. Philippe-Auguste permit aux boulangers d'avoir des fours, non-seulement pour leur usage, mais aussi pour celui du public. Saint Louis défendit l'établissement des fours banaux dans les villes, et enfin Philippe-le-Bel donna, en 1305, à tout bourgeois de Paris, le droit d'avoir un four dans sa demeure.

Les fours ont ordinairement une forme elliptique; leur sole est plane, recouverte d'une voûte plus ou moins surbaissée. Leur longueur est le plus généralement de 3 mètres, leur largeur de $2^{m}.70$, et leur hauteur de $0^{m}.36$ à $0^{m}.40$. Pour rendre le chauffage plus parfait, on pratique vers le fond quatre conduits nommés *ouras*, qui passent au-dessus de la voûte et aboutissent à la cheminée. Quand le feu est allumé, on ferme la partie supérieure de la bouche du four; l'air s'introduit par l'ouverture placée au-dessous, passe avec les gaz provenant de la combustion dans toute la longueur du four, puis dans les ouras pour se rendre à la cheminée qui détermine le tirage.

Le four doit toujours être chauffé à une température supérieure à 200 degrés et inférieure à 300. Les parties de la pâte gonflée, voisines de la superficie, sont *saisies* par cette haute température, modifiées par l'action de la chaleur sur l'amidon et un peu caramélisées. Il se forme ainsi une *croûte* colorée qui maintient, par sa cohésion, les formes données aux différents pains. Dans l'intérieur, qui constitue la *mie*, la température ne s'élève pas au delà de 100 degrés, à cause de l'évaporation abondante de l'eau. Cette dernière température suffit, du reste, pour solidifier la pâte. Les vapeurs produites et les gaz se dégagent en grande partie pendant la cuisson, en plus petite partie pendant le refroidissement.

La durée de la cuisson a une influence marquée sur la qualité et la composition du pain; elle varie généralement de 36 à 75 minutes. Elle doit naturellement être moindre pour les petits pains que pour les grands. Plus un pain présente de surface, plus il perd au four, et, par contre, pour obtenir un pain d'un poids déterminé, il faut, comme nous l'avons dit plus haut, employer des quantités de pâte différentes pour chaque sorte.

Le massif du four doit être très-épais, et, autant que possible, exempt d'interstices. De cette façon le refroidissement est plus lent et le four est moins exposé à l'invasion des insectes qui, recherchant la chaleur, concourent si activement à le dégrader.

On place généralement dans un des côtés du massif du four, une chaudière destinée à donner de l'eau chaude; elle est pourvue d'un robinet sous lequel se placent facilement les seaux qui servent à l'utiliser.

En terme de boulangerie, on appelle *fournil* l'endroit où se trouve le four. Un meuble indispensable dans le fournil est l'*étouffoir*, destiné à éteindre la braise avant qu'elle se consume. Cet ustensile bien connu est en tôle forte; son emploi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est doublement précieux par l'utilité de la braise qu'il fournit et par les moyens qu'il donne d'éviter les causes d'incendie, résultant de l'usage de vaisseaux en bois dans lesquels on enferme imprudemment des braises mal éteintes. Nous avons remarqué à l'Exposition les étouffoirs de M. Hermier, à fermeture hermétique, sans frottement ni pression. Ces étouffoirs sont garnis de doubles cercles à recouvrements multiples, en métal résistant, qui les préservent de toute déformation.

Les fours ordinaires sont simplement chauffés en plaçant sur la sole même le combustible qui est composé de bois légers, tels que le bouleau, le peuplier, le sapin, quelquefois le chêne et le hêtre fendus et secs. On donne la préférence aux bois flottés, parce qu'ils ont perdu toute leur séve dans l'eau et qu'ils jettent une flamme très-vive sans beaucoup de fumée. La conduite de ces fours demande naturellement beaucoup d'attention pour obtenir la régularité désirable dans la distribution de la chaleur, et beaucoup de soin pour le nettoyage afin d'éviter que le pain soit sali par les cendres ou des fragments de braise qui s'incrustent dans la croûte de dessous. Ils ont de plus le double inconvénient de répandre de la fumée dans le fournil et d'exiger trop de combustible.

Depuis plusieurs années on a cherché à perfectionner les fours ordinaires. On s'est tout d'abord appliqué à régulariser le chauffage et à économiser une partie du combustible, en établissant une meilleure circulation des gaz de la combustion et en diminuant les causes de refroidissement.

Four Lespinasse. — Dans ce four, l'air froid extérieur n'arrive sur le combustible qu'après s'être échauffé sous l'âtre, et la fumée ne sort qu'après avoir fait de nombreux circuits dans des ouras épais placés au-dessus de la voûte. Des couches de sable sec au-dessous des briques de la sole, un peu inclinée du fond vers la bouche, et au-dessus des briques de la voûte, conservent la chaleur. Une trappe commode est ménagée pour la sortie de la braise. Un ouvreau spécial permet de surveiller la combustion du bois pendant le chauffage et la marche de la cuisson du pain. La fumée ne se rend dans la cheminée verticale qu'après avoir suivi une cheminée traînante, et passé sous une chaudière où elle échauffe l'eau nécessaire aux diverses opérations de la fabrication. Ces fours ont donné dans les manutentions civiles et militaires des résultats très-avantageux sous le rapport de l'économie du combustible et de la régularité de la cuisson du pain. Ils ont ordinairement 3m.90 de longueur sur 3m.60 de largeur. Ces fours sont chauffés au bois, et, pour que la chaleur se répartisse uniformément, on arrange le bois en avant durant la combustion. On allume ordinairement sur un des côtés, dans une petite caisse en tôle, des brins de bois sec dont la flamme éclaire l'intérieur du four. M. Mouchot a remplacé avantageusement ce mode d'éclairage par la lumière d'une lampe, que projette un réflecteur, au travers d'une large lentille en verre encastrée dans une embrasure latérale de la maçonnerie.

L'enfournement commence par les plus gros pains, et l'on place à l'avant du four les plus petits qui doivent être retirés les premiers, attendu que leur cuisson dure moins longtemps.

La température brusque que reçoit la pâte dilate les gaz, vaporise une partie de l'eau, arrête la fermentation, hydrate et fait gonfler la substance amylacée: elle produit l'adhérence entre toutes les parties hydratées; enfin le gluten, retenant les gaz qui le gonflent, en bulles nombreuses, rend la mie plus légère.

Four Rolland. — Ce four, dont le foyer est extérieur et en terre réfractaire, peut être chauffé avec toute espèce de combustible. Au-dessous de la grille, quand on y brûle du bois, ce qui est habituel à Paris et dans les villes où la clientèle exige des fournitures de braise, se trouve un étouffoir adapté sous une trémie close par une soupape oscillante, légère, équilibrée par un contre-poids.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et telle que chaque fragment de braise qui a passé entre les barreaux de la grille la fait basculer pour tomber dans le récipient inférieur. Les produits de la combustion distribuent la chaleur dans les parties inférieures du four, en rampant dans des tuyaux en fonte, divergents et placés sous un carrelage en pente légère; ils se rendent de là dans des carneaux verticaux noyés dans la maçonnerie, et réchauffent les parties latérales du four; ils s'étendent ensuite dans l'épaisseur d'un double plancher horizontal, en fer et en fonte, remplaçant la voûte ou chapelle des anciens fours, et ils s'échappent enfin par une cheminée dont la base est munie d'un registre pour régler le tirage. Une masse de cendres garantit le dessus du four du contact de l'air extérieur. Pour utiliser la chaleur ainsi produite, la sole circulaire et horizontale qui doit recevoir le pain est portée sur l'extrémité d'un axe vertical, et, en outre, par des bras inclinés, en fer, qui aboutissent tous à ce même axe. Cette sole est formée par des plaques en tôle, soutenues par des armatures en fer, et le tout est recouvert d'un léger carrelage. L'axe vertical est maintenu d'abord par un collier et repose à deux mètres plus bas sur une crapaudine qui s'élève ou s'abaisse à l'aide d'une vis de rappel mue par deux bras de levier. On peut ainsi élever ou abaisser la sole de manière à proportionner la hauteur du four au volume et à la hauteur du pain. L'ouvrier la fait tourner facilement au moyen d'une petite manivelle placée sous sa main près de la porte du four et qui, par une chaîne à la Vaucanson, transmet le mouvement à un arbre de couche, et ensuite, par un pignon, à une roue d'angle horizontale montée sur l'axe vertical lui-même. Toutes les parties de la sole tournante viennent ainsi successivement se présenter devant la bouche du four pour être chargées ou déchargées par l'ouvrier.

Ce four fonctionnait à la manutention établie dans le parc de l'Exposition. Il donne d'excellents résultats, entre autres une cuisson très-régulière et un pain exempt de cendres ou de braises, puisque la sole n'est pas en contact avec le combustible. On peut seulement lui reprocher de demander beaucoup d'entretien.

Four Perkins. — Ce four consiste dans une double enveloppe, garantie par des briques du refroidissement extérieur, et dans laquelle circule de la vapeur surchauffée, maintenue à une température élevée par une chaudière tubulaire à circulation continue. Dans ce système de chauffage, une petite quantité d'eau est vaporisée dans un très-grand espace au moyen d'un foyer fortement chauffé. La vapeur produite acquiert dans le foyer le degré de température voulu et porte sa chaleur dans le reste de l'appareil. On conçoit que la forme du four peut changer à volonté : être parallélipipédique pour pouvoir cuire des aliments aussi bien que du pain, ainsi que cela se pratique beaucoup à Londres, ou bien être longue et ellipsoïdale pour la cuisson des pains longs ou plats.

Four Carville. — C'est une sorte de moufle en terre réfractaire qu'entoure la flamme du combustible, houille ou bois. Ce four présente bien, comme tous les fours chauffés extérieurement, les avantages déjà signalés de salubrité et de propreté, mais il présente une certaine irrégularité de chauffage provenant de l'éloignement inégal des diverses parties du four par rapport au foyer.

Fours aérothermes. — Le chauffage est, au contraire, parfaitement bien égal, et peut se faire à la température exactement désirée dans les fours à circulation d'air chaud, dits aérothermes, qui ont été construits primitivement par Lamarre et Jamtel, et ensuite perfectionnés par MM. Grouvelle et Mouchot.

La fumée circule dans des carneaux placés sous la sole du four, et à côté desquels sont d'autres carneaux pour la circulation de l'air échauffé qui doit amener au point voulu la température intérieure du four. L'air circule librement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans de larges ouvertures ménagées dans les pieds-droits des voûtes autour des parois externes du foyer, et, quand il s'est échauffé il monte, en vertu de sa légèreté spécifique, par un conduit ménagé sous le carrelage, en parcourant les carneaux placés à côté des carneaux à fumée, et enfin il arrive dans le four par des tubes placés du côté de la porte. S'étendant alors dans le four, l'air chaud se refroidit, redevient plus lourd et redescend par des tubes placés au fond et dont l'ouverture inférieure, dans les pieds-droits des voûtes, est plus basse que l'ouverture des tubes d'amenée. Il y a ainsi un véritable siphon qui opère d'une manière continue pour forcer l'air à monter, quand il a pris la haute température des parois du foyer, et à redescendre quand il a léché, en se refroidissant, les parois du four. On comprend qu'une température régulière finisse ainsi par s'établir dans le four et par permettre une bonne cuisson. Cependant, il faut dire qu'on reproche à ces fours de dessécher trop fortement le pain en raison de la ventilation qui s'y opère.

Dans le four Mouchot on peut cuire dans une journée vingt fournées, de chacune 100 kilogrammes de farine ou 156 kilogrammes de pâte, qui représentent 133 kilogrammes de pain. On ne brûle pour cela que 300 kilogrammes de coke.

Parmi les fours aérothermes nous avons remarqué, dans la section belge, le modèle de celui de M. Alph. Ferguson, de Liége, qui permet de réaliser une notable économie de temps et de travail. Ce four, chauffé au charbon de terre, exige en moyenne 11 kilogrammes de combustible par 100 kilogrammes de pain. L'éclairage de l'intérieur se fait, comme dans le précédent, au moyen d'un bec de gaz adapté au bout d'un tube articulé en divers endroits, de manière à ce qu'on puisse diriger la flamme partout où on le désire.

Four Cowley. — Ce four est à quatre âtres mobiles, suspendus sur autant de traverses fixées entre deux grandes roues tournant sur un axe. Le foyer en fonte au bas de ce four, et les tuyaux en tôle de la cheminée constituent toutes ses parois intérieures; une double enveloppe retient la chaleur. Le service de ce four est très-facile, chacun des quatre âtres étant amené successivement au niveau de la porte pour l'enfournement et le défournement du pain.

Nous avons remarqué un four analogue dans le parc de l'Exposition, près de la section anglaise : il servait à cuire les petits biscuits secs, au beurre, d'un exposant américain (voir plus loin).

Four de A. Joly de Marval. — La grande question à résoudre, dans l'emploi de la vapeur, c'est de trouver le moyen de faire passer la chaleur rapidement et avec économie du foyer dans l'eau, et de reproduire ainsi une quantité considérable de vapeur en peu de temps, ce qui fournit un moteur puissant. C'est ainsi que les chaudières tubulaires de M. Séguin, jointes au mécanisme de Stephenson, ont créé les locomotives qui, malheureusement, n'utilisent qu'une faible partie de la chaleur développée par le combustible.

L'appareil imaginé par M. Joly de Marval prend, avec une simplicité et une efficacité sans pareilles, la chaleur du combustible du fourneau pour la transmettre à volonté à plusieurs capacités et la faire servir à divers usages de la plus grande importance. Toutes les parties de cet appareil ne laissent rien à désirer pour la sécurité, l'efficacité et le parfait fonctionnement qui, malgré la simplicité du procédé, n'ont cependant été obtenus que par de longs et dispendieux essais, qui rappellent ceux qui ont eu lieu pour la création de la locomotive.

Tout le monde connaît les calorifères et tuyaux pleins d'eau, qui portent lentement une chaleur médiocre à une distance plus ou moins grande du foyer. Perkins, dont nous venons plus haut de décrire le four, avait obtenu des effets beaucoup plus marqués du même genre, mais sans lois réglées. M. Joly de Mar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

val, en dérivant la chaleur d'un fourneau ingénieux et au moyen de tuyaux, où s'établit une circulation énergique et parfaitement régularisée a fait une découverte fondamentale.

L'appareil se compose invariablement d'un tube en fer ou en acier, sans fin, et doué d'une résistance presque indéfinie. Le diamètre est de 18 millimètres intérieurement et de 38 millimètres extérieurement. Ce tuyau est rempli d'eau sans aucun vide.

La partie inférieure de ce tube (tourné en serpentin, selon le besoin de l'emploi) est en contact avec la chaleur d'un foyer ordinaire, chauffé au charbon ou au bois. On peut échauffer facilement un four de plusieurs mètres cubes de capacité à 300 degrés et au-dessus, avec une chaleur constante et avec une dépense d'environ 5 francs de charbon par vingt-quatre heures.

L'eau, saisie par la chaleur du foyer, cherche à fuir; un compensateur, placé à l'endroit le plus élevé de l'appareil et le plus rapproché du foyer, appelle la circulation dans sa direction. La circulation ainsi établie dans un sens assuré continue en réglant sa vitesse sur la chaleur du foyer. L'eau, surchauffée jusqu'à 4 ou 500 degrés de chaleur, dépense dans la vitesse de sa circulation sa force d'expansion : elle fait balle dans le tube et porte, avec une immense rapidité, dans toutes les parties de l'appareil, une chaleur qu'elle renouvelle incessamment dans son passage à travers le foyer.

L'ensemble de l'appareil est essayé à 700 atmosphères de pression ; la pression qu'il supporte est indiquée par un manomètre bien en vue ; elle varie entre 50 et 200 atmosphères, selon les besoins de la chaleur demandée ; elle ne peut pas dépasser 200 atmosphères, le foyer étant réglé à cet effet : il reste donc une marge de 500 atmosphères pour prévenir tout accident. D'un autre côté un accident ne peut être dangereux, en aucun cas, puisque l'eau n'est concentrée nulle part : son volume n'a jamais plus de 18 millimètres de diamètre, section intérieure des tubes. L'expérience a prouvé que ce tuyau est employé des mois et même des années entières sans qu'il soit besoin d'y faire aucune réparation. A la boulangerie de l'Assistance publique, un même tuyau fonctionne depuis plus de deux ans.

La pression de 50 à 200 atmosphères dont il est question ci-dessus, est utile pour maintenir les tuyaux pleins d'eau; elle empêche l'eau de bouillir et de se réduire en vapeur, conformément aux calculs très-curieux et aux nombreuses expériences de M. Joly de Marval. Ces calculs ont été faits avec tant d'exactitude que les divers appareils existants, soit pour fours à plâtres, chaudières ou fours à boulangerie, fonctionnent tous absolument dans la même proportion.

Le tube, contourné selon les besoins de la forme d'un four de boulangerie ordinaire, sort du foyer et entre dans le four; il y porte la chaleur au degré nécessaire : 100, 200 ou 300 degrés, selon que l'on soulève plus ou moins le registre de la cheminée, et que l'on active ou que l'on diminue ainsi le tirage de la combustion. Le degré de chaleur reste fixe et régulier au point où on veut le maintenir. Il est facile de comprendre l'importance de la régularité de la chaleur, surtout pour les distilleries, et c'est un avantage qui n'a jamais été rencontré d'une manière absolue jusqu'à ce jour.

Comme on le comprend, la chaleur transmise par ces tubes est pure et insipide. Le récipient reste toujours propre et toujours chaud. Il suffit de jeter une pelletée de charbon toutes les trois ou quatre heures dans le foyer, et, jour et nuit, on conserve la chaleur nécessaire à la cuisson.

Le réservoir ou compensateur retire de la circulation le peu de gaz qui pourraient, à l'origine, être mêlés à l'eau d'alimentation.

Le fourneau occupe un espace très-restreint, et l'usage du charbon supprime

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les immenses et périlleux amas de bois nécessaires au chauffage des fours ordinaires.

Le tube générateur, en sortant du four pour retourner dans le foyer, traverse un réservoir d'eau de 100, 200 ou 300 litres de capacité, qu'il met en état perpétuel d'ébullition. La vapeur produite dans ce réservoir (qui n'est qu'un supplément dont on peut ne pas se servir si l'on veut, et qui n'enlève pas un degré de chaleur au four) sert, ou à se jeter par un robinet correspondant dans l'intérieur du four pour colorer le pain pendant sa cuisson, ou à faire marcher par un conducteur une machine de la force de 2 ou 3 chevaux; ou enfin, par un autre robinet, à donner de l'eau chaude constamment et autant qu'on peut en désirer, le tuyau qui traverse le réservoir conservant toujours sa même chaleur au contact de l'eau froide.

On peut aussi, en modifiant l'intérieur de ce réservoir, en faire une pompe aspirante, montant de l'eau à 10 mètres d'élévation, et en quantité proportionnelle à la section du tuyau d'aspiration.

Le four de M. Joly de Marval, placé dans la manutention du Parc, distribuait chaque jour 10,000 petits pains et croissants au public. La cuisson de ces pains était parfaite, avec une croûte dorée et très-appétissante, et une mie bien égale, sans brûlures et sans nœuds. L'intérieur du four est constamment net et les pains en sortent absolument propres; tandis que dans les fours ordinaires on estime, dans plusieurs cas, le déchet par brûlure à un pain sur vingt.

Ce qu'il faut également mettre en ligne de compte, c'est l'absence de l'influence délétère des opérations que les ouvriers font pour retirer des fours ordinaires, la braise incandescente, en s'exposant à des chaleurs excessives et aux gaz carboniques qui s'exhalent du bois imparfaitement carbonisé. Il est rare que ces ouvriers ne soient pas hors de service à quarante ans, et, si le local de la boulangerie n'est pas très-vaste, la nécessité de tenir les fenêtres ouvertes est une cause d'insalubrité. Nous pensons que dans notre siècle, qui s'occupe avec une si louable humanité de l'hygiène publique, ces considérations militent grandement en faveur de l'appareil tout à fait hygiénique de M. Joly de Marval.

Four de MM. Lebaudy et Landry. — Ces inventeurs avaient installé leurs appareils dans la boulangerie spéciale qu'ils avaient organisée dans le parc de l'Exposition, du même côté que la manutention civile et militaire de MM. Plouïn et Vaury. Leur pétrin mécanique, comme nous l'avons dit dans la première partie de cette étude, est mû par la vapeur. Cette dernière est obtenue au moyen de la chaleur qui s'échappe en pure perte par les ouras du four ordinaire pendant le chauffage. Les tubes générateurs de vapeur sont placés sur le four même, qui reste ce qu'il est habituellement. La seule modification à y faire concerne les deux ouras qui doivent être convertis en carneaux dans la longueur des tubes générateurs, et disposés de manière à laisser un passage à la flamme, à la fumée et à l'énorme quantité de calorique qui se dégage du four pendant la combustion. Donc, le calorique qui, dans les fours ordinaires, s'échappe par les ouras est ici utilisé à chauffer les tubes générateurs.

Pour le pétrissage de la première fournée, qui a toujours lieu avant le chauffage du four, un petit foyer ménagé dans le générateur produit la vapeur nécessaire avec une dépense qui n'excède pas un franc par jour. Nous avons dit que la pétrissée durait de dix à douze minutes. Au commencement de cette opération la vapeur est à une pression de cinq atmosphères; cette pression baisse pendant la marche du moteur, et quand elle est descendue à trois atmosphères la pétrissée est faite. Puis au moyen du chauffage du four la vapeur remonte jusqu'à cinq atmosphères pour être utilisée à la seconde pétrissée, et ainsi de suite pendant tout le travail de la nuit.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La force motrice ne coûte donc rien au boulanger, puisqu'elle se produit par une chaleur qu'on perdrait sans cet emploi, c'est-à-dire que le boulanger qui ne l'utilise pas ainsi, dépense autant que celui qui l'emploie à mettre en mouvement une machine à vapeur d'une force suffisante pour faire tourner le pétrin mécanique.

Cette production de vapeur, qui n'exige ni surveillance ni homme spécial, ne présente aucun danger, parce que par le chauffage du four, on ne dépasse jamais la pression de six atmosphères.

Utiliser la chaleur perdue du four pour obtenir une force motrice suffisante, c'est l'introduction dans le fournil du pétrin mécanique; c'est l'affranchissement au profit du maître des caprices des ouvriers pétrisseurs; c'est l'amélioration du sort de ceux-ci, déchargés désormais du travail le plus pénible qui existe; c'est l'ordre dans le fournil et la propreté si réclamée dans la fabrication du pain; c'est la dignité de l'ouvrier pouvant consacrer, sans fatigue, toute son intelligence à la confection de la pâte.

La chaleur perdue d'un four donne une force de trois à quatre chevaux qui est plus que suffisante pour pétrir des fournées doubles de 400 à 500 kilogrammes de pâte, c'est-à-dire de quoi alimenter deux fours, et cela en douze minutes.

Pour terminer cette étude sur la panification, nous allons donner comparativement les dépenses exigées à Paris par le travail à bras et par le travail mécanique suivant les procédés de MM. Lebaudy et Landry.

Travail à bras. — Boulangerie de Paris.

Fabrication journalière de 800 kilogrammes de pain usuel, produit de quatre sacs de farine de 157 kilogrammes.

	Dépenses annuelles.		Francs.
Farines.	1,460 sacs de 157 kilogrammes, à fr. 50		73,000
	Montage au magasin, à 0.25 par les forts		365
	Façon des mélanges, à 0.10		146
Panification.	Un brigadier à fr. 50 par semaine... fr. 2,600		
	Un premier aide à 50 — 2,600		6,760
	Un second aide à 30 — 1,560		
	Levûre 350 grammes par sac, à fr. 1 »» le kilog		550
	Sel 750 — à fr. 25 »» les 100 kil.		274
	Bois		3,000
	Eau par abonnement		75
Frais généraux.	Loyer		3,000
	Impôts et patentes		500
	Assurance contre l'incendie		50
	Éclairage au gaz		400
	Direction et vente		3,700
	Une porteuse de pain		600
	Nettoyage par abonnement		100
	Frais imprévus		2,000
	Entretien du matériel		500
Capital.	Installation complète de la boulangerie fr.	15,000	
	Fonds de roulement.,	6,000	
	Intérêt à 6 pour 100 sur	21,000	1,260
			96,280

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Produits annuels.

1,460 sacs à 100 pains de 2 kilogr. par sac, et fr. 0.66 par 2 kilog. 96,360
Balance en bénéfices, fr. 80.

Travail mécanique. — Boulangerie de Paris.

Fabrication journalière de 4,000 kilogrammes de pain usuel, produit de vingt sacs de farine de 157 kilogrammes.

	Dépenses annuelles.	Francs.
Farine.	7,300 sacs de 157 kilogrammes à fr. 50	365,000
	Montage au magasin, à 0.25	1,825
	Façon des mélanges, à 0.10	730
Panification.	Deux brigadiers à fr. 50 par semaine fr. 5,200	
	Deux premiers aides à fr. 50 — 5,200	14,040
	Deux seconds aides à 35 — 3,640	
	Levûre 350 grammes par sac, à fr. 1 le kilogr.	2,800
	Sel 750 — fr. 25 les 100 kilogr.	1,370
	Bois	15,000
	Eau par abonnement	200
	Loyer	10,000
Frais généraux.	Impôts et patentes	1,200
	Assurance contre l'incendie	300
	Éclairage aux gaz	1,500
	Direction et vente	8,200
	Portage du pain	3,000
	Nettoyage par abonnement	200
	Frais imprévus	4,000
	Entretien du matériel	2,500
Capital.	Installation complète de l'établissement fr. 50,000	
	Fonds de roulement 25,000	
	Intérêts à 6 pour 100 sur 75,000	4,500
		436,365

Produits annuels.

7,300 sacs à 100 pains de 2 kilog. par sac, et 0f.66 par 2 kilog... 481,800
Balance en bénéfices, 45,435 fr.

Ces chiffres, comme on le voit, seraient tout à l'avantage des produits mécaniques, si l'on pouvait opérer sur une grande échelle.

L'établissement d'une boulangerie de 20 sacs, installée à Paris, avec des appareils mécaniques qui réduiraient ainsi les frais de fabrication à 8 ou 9 fr. par sac au lieu de 13 ou 14 fr., et avec un ensemble bien étudié du système complet de panification, serait donc une excellente entrée dans la voie de réforme et de progrès qui sont demandés par tous ceux qui ont examiné et approfondi la fabrication du pain. Cet établissement offrant au consommateur le pain régulièrement, proprement fabriqué, plus substantiel et à meilleur marché, aurait certainement sa sympathie et son approbation.

Ce serait également une nouvelle industrie prenant peu à peu la place d'un infime métier manuel, resté stationnaire depuis des siècles, et cette industrie de première nécessité se placerait au même rang que les grandes industries d'alimentation et toutes celles qui ont triomphé par l'application des moyens mécaniques et des données de la science. Malheureusement une grave objection se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

présente : c'est l'éparpillement de la clientèle des boulangers : c'est par cette raison qu'il faut expliquer le grand nombre des boulangers et le chiffre relativement minime des affaires de chacun ; sauf quelques rares exceptions, les boulangers de Paris ne peuvent guères employer plus de six, cinq, quatre ou trois sacs par jour pour la fabrication du pain proprement dite. La boulangerie mécanique sur une grande échelle sera donc difficilement réalisable.

Pains de munition et biscuits d'embarquement.

Pains de munition.— Les Grecs et les Romains avaient, pour la nourriture ordinaire du soldat, un pain particulier dont la farine ne se passait pas, mais qu'on employait telle qu'elle sort du moulin, c'est-à-dire mélangée avec le son. Cet usage a prévalu pendant longtemps chez les nations modernes. En 1727, un novateur proposa au gouvernement français de faire bluter, au moins grossièrement, la farine de munition. Il prétendait qu'en ôtant seulement dix livres de son d'un sac pesant 200 livres, on obtiendrait à la fois et plus de pain et un pain de meilleure qualité ; mais les essais faits sur ces données ne réussirent pas. L'année précédente deux boulangers, Viel et Martin, avaient offert au ministre de la guerre de faire un pain de munition capable de se conserver quinze jours entiers sans altération, même dans les temps les plus chauds de l'année. Ils travaillèrent à l'Hôtel des Invalides en présence d'une commission nommée pour constater l'expérience, et, par le procès-verbal de cette dernière, il fut prouvé que le nouveau pain était, en effet, au quinzième jour plus frais et plus agréable à manger que l'ancien au cinquième. Tout leur secret consistait à bien travailler la pâte pendant un temps double de celui employé habituellement.

Actuellement on emploie, en France, dans la fabrication des pains de munition, des farines de blé dont on a extrait 20 pour 100 de son. Dans les boulangeries militaires avec 24 hectolitres de farine, ou seize sacs, représentant un poids de 2,512 kilog. de farine, à laquelle on ajoute 1,500 à 1,600 kilogrammes d'eau et 4 kilogrammes de sel, formant la pâte pour onze pétrissages et autant de fournées, on obtient ordinairement 2,327 pains, pesant chacun 1k.500, ou en somme 3,450 kilogrammes. On emploie pour le chauffage 880 kilogr. de bois sec, et trois boulangers, deux aides et un chauffeur suffisent à la main-d'œuvre.

Le pain tendre des boulangeries civiles présente 5/6 de mie et 1/6 de croûte ; la mie contient 45, la croûte 15, et le tout ensemble 39 pour 100 d'eau. Le pain tendre des manutentions militaires contient 4/5 de mie où se trouvent, en moyenne, 50 centièmes d'eau, et 1/5 de croûte renfermant en moyenne 15 centièmes d'eau ; par conséquent 100 parties de pain en poids se composent de 57 parties de substances sèches et de 43 parties d'eau.

Lorsque les armées sont en campagne on se sert, pour la cuisson de ces pains, de fours particuliers que l'on nomme pour cette raison *fours de campagne*.

L'invention des fours portatifs pour l'armée paraît due à Faguet, trésorier de France à Châlons, en 1761. Son four était composé de deux grandes caisses de tôle, placées l'une dans l'autre, et laissant entre elles un ou deux pouces d'intervalle ; ces caisses étaient soutenues par des barreaux de fer assujettis par des vis, de manière que le tout puisse se démonter. La caisse extérieure était de tôle plus forte que la caisse intérieure qui faisait l'office de four, et qui était partagée en trois étages pouvant chacun recevoir 192 rations de pain, ce qui faisait 576 rations dans les trois étages. Ce four recevait la chaleur du feu que l'on allumait entre les deux caisses, et dont la flamme, pénétrant dans l'intervalle qu'elles laissaient entre elles, communiquait à toutes ses parties une chaleur assez égale,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surtout si on avait le soin de défendre le four de l'action directe du feu par une caisse en tôle remplie d'une couche de sable de quelques pouces d'épaisseur.

Ce four, comme on le voit, était une espèce de four aérotherme, et c'est encore de fours analogues, mais construits sur des données scientifiques plus précises, dont on se sert aujourd'hui.

Lors de la guerre de Crimée, l'amirauté anglaise avait fait construire, à titre d'essai, deux navires de guerre à vapeur, dont l'un, le *Brunsey*, était une gabarre-moulin, et l'autre l'*Abondance*, une gabarre-four. La machine du premier donnait le mouvement à l'hélice et faisait en même temps tourner plusieurs paires de meules, pouvant moudre de 7 à 800 boisseaux de farine par jour. Ce navire-moulin donnait d'excellente farine.

Une partie de la chaleur de la machine à vapeur de l'*Abondance* était employée à chauffer deux grands fours pouvant cuire environ 10,000 kilogrammes de pain par jour; en même temps l'arbre de couche de l'hélice faisait tourner un pétrisseur mécanique qui travaillait la pâte.

Ces deux navires, formant une manutention complète, fonctionnaient bien et pourraient dans certains cas rendre de grands services. Malheureusement la fabrication du pain à bord demande un grand approvisionnement d'eau douce, aussi croyons-nous que jusqu'à nouvel ordre les équipages devront se contenter du pain de conserve que l'on appelle *biscuit*, et dont nous allons nous occuper.

Biscuits de mer. — On donne ce nom au pain préparé sous forme de galette et destiné aux approvisionnements des navires de guerre et de commerce. Le délayage de la farine et le pétrissage se font comme à l'ordinaire, seulement la pâte doit être bien plus ferme, et quand elle a acquis le degré d'hydratation et de fermentation convenable, on lui donne la forme de tables, épaisses de 4 centimètres, étendues au rouleau, puis découpées mécaniquement en petites galettes rectangulaires et percées de quelques trous pour favoriser l'évaporation et le dégagement des gaz, ce qui permet d'éviter les soufflures, c'est-à-dire les soulèvements partiels de la croûte.

Le four est plus surbaissé et chauffé à une température moindre que le four ordinaire. Les biscuits y restent de quinze a vingt-cinq minutes; ils se colorent moins fortement à la superficie que la croûte du pain ordinaire, par la raison qu'ils contiennent moins d'eau et que l'effet de la caramélisation est moindre. Dès que les biscuits sont défournés on les place dans une étuve où passe l'air chauffé par les parois de la cheminée du four. C'est là que leur dessiccation s'achève.

La figure 10 de la planche 72 représente le laminoir à biscuits de mer, qui était à l'Exposition, dans la manutention de MM. Plouïn et Vaury.

Ce laminoir, de l'invention de M. Deliry, se compose de cinq cylindres en fonte : le premier cylindre sert à amener la pâte entre les deux autres, qui la mettent d'épaisseur; quatre vis placées contre les coussinets des arbres des cylindres servent à les rapprocher ou à les éloigner selon les besoins, et donnent par ce moyen aux biscuits l'épaisseur que l'on veut obtenir. La pâte, en quittant ces deux cylindres passe ensuite entre les deux derniers, dont l'un est garni de lames qui découpent les biscuits et de petites broches qui les piquent à jour; l'autre cylindre est poli, et reçoit en tournant la pression des lames et des petites broches qui façonnent les biscuits.

Les biscuits, une fois coupés et piqués, sont repoussés par des plaques qui fonctionnent dans le cylindre découpeur, et qui les font tomber sur une table sans fin où on n'a plus qu'à les ramasser pour les porter au four.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce laminoir est disposé pour la fabrication des biscuits réglementaires de l'armée en campagne ; les biscuits ont 0m.14 carrés et sont percés de trente-six trous.

Pour la marine marchande, où les biscuits sont plus petits, on dispose les cylindres découpeurs de manière à ce que le fabricant biscuitier obtienne des biscuits plus petits, ronds, carrés ou hexagones, selon les usages du pays.

Ce laminoir qui peut fabriquer environ 36,000 biscuits de mer en dix heures de travail, coûte 2,400 francs. Il peut être mû par n'importe quel moteur; un homme seul peut même le faire mouvoir à bras.

Pour le mettre en marche, on place la pâte sur la tôle portant sur le premier cylindre, lequel l'entraîne et la donne aux cylindres lamineurs qui la mettent d'épaisseur et la conduisent aux autres cylindres qui la piquent et la coupent en biscuits égaux. Les biscuits étant repoussés par des plaques de tôle, se trouvent entraînés hors de la machine par une toile sans fin et donnent toute facilité pour les ramasser.

M. Bacon, de Boston, avait fait construire dans le parc une boulangerie mécanique pour la production du pain et du biscuit, non-seulement du biscuit de mer, mais aussi du biscuit de luxe. L'arbre de transmission d'une petite machine mettait en mouvement tous les appareils.

Une trémie verse dans un appareil mélangeur les diverses substances dont le biscuit est composé. Le mélange est produit avec une grande rapidité par des palettes hélicoïdales fixées à un arbre qui se meut dans le cylindre.

Après quelques tours les substances ont pris consistance, et alors elles passent aux laminoirs, qui sont de deux espèces : l'un dit cannelé, parce qu'il porte un cylinde cannelé destiné à faciliter l'entraînement de la pâte au moment où elle arrive du mélangeur, tandis que l'autre n'a que des cylindres unis. (Voir les fig. 1 et 2).

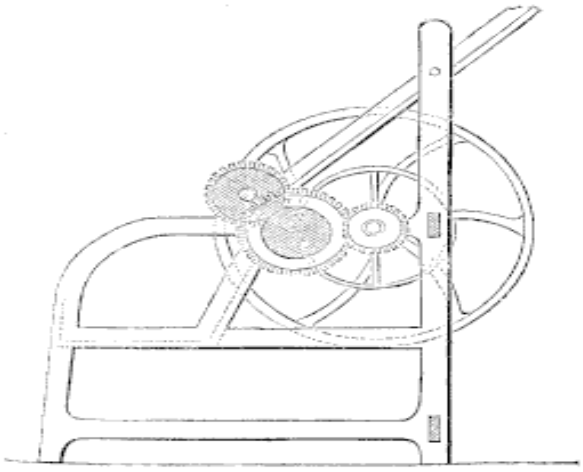


Fig. 1.

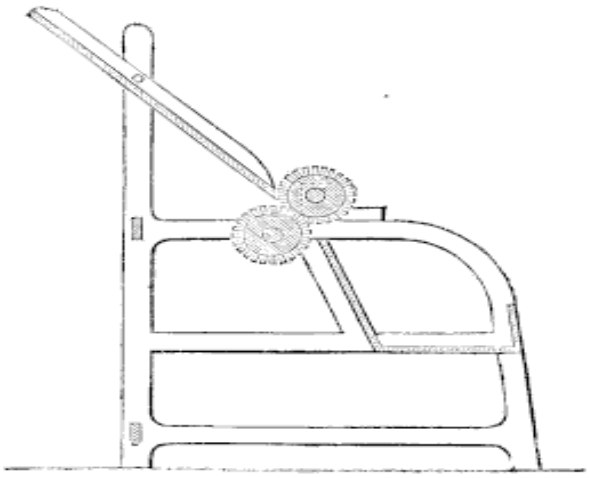


Fig. 2.

Une poulie, fixée sur le même axe qu'un volant, actionne les laminoirs; de la poulie aux cylindres la transmission du mouvement se fait par des roues d'engrenages.

Lorsque la pâte est laminée, elle passe à la machine à découper (fig. 3), qui se compose d'un bâti en fonte muni d'une table en bois, sur laquelle glisse une toile sans fin, mise en mouvement par une roue d'engrenage. Le mouvement est donné par le volant A, qui porte sur un de ses bras une tige B, dont la crémaillère engrène avec la roue que nous avons indiquée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Ce volant, dit une notice détaillée [1], porte également un excentrique donnant au découpoir un mouvement vertical alternatif, et une grande roue dentée faisant tourner les cylindres compresseurs. Ceux-ci peuvent être éloignés ou rapprochés au moyen d'une vis verticale mue par un engrenage conique C. La

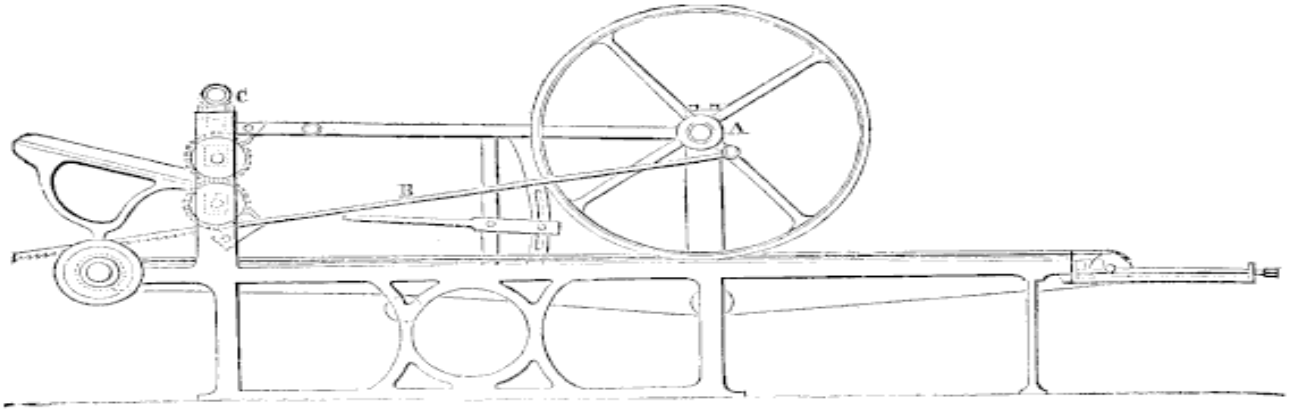


Fig. 3.

pâte réduite en feuille mince par les deux premiers laminoirs est placée sur un plan incliné garni de rebords en bois et fixé sur le bâti, puis elle passe entre les cylindres lamineurs et tombe sur la toile sans fin. Celle-ci est animée d'un mouvement progressif alternatif; pour cela la roue menée par la crémaillère est à rochets, et n'est mise en marche que pendant la période correspondant à la progression de la toile. La pâte entraînée par la toile sans fin se présente sous le découpoir; celui-ci se compose de tubes en fer juxtaposés, ayant les dimensions que l'on veut donner au biscuit. »

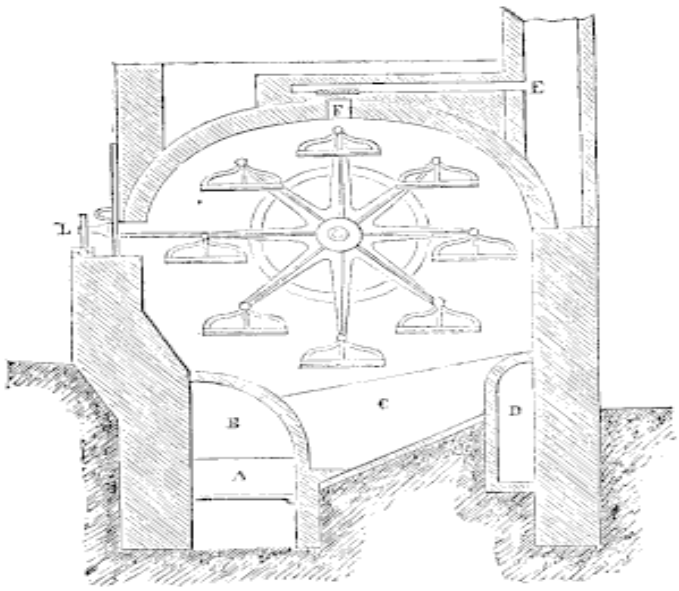


Fig. 4.

Le four de M. Bacon présente aussi des dispositions nouvelles : il renferme (fig. 4) une roue à palettes suspendues, sous lesquelles on place les biscuits. Par le mouvement de rotation ces palettes viennent successivement présenter aux surfaces chauffées les biscuits dont elles sont chargées. Lorsque la cuisson est jugée suffisante on décharge les palettes à mesure qu'elles se présentent devant la porte, pour les charger de nouveau.

Le mode de chauffage consiste dans l'application du principe de l'insufflation de l'air aux fours de boulangerie; pour cela la flamme produite sur les grilles A passe dans un carneau B qui les surmonte, puis dans deux conduits latéraux C, et enfin dans un carneau postérieur D, communiquant avec la cheminée. L'air

1. Extrait d'un rapport fait à M. le Ministre de la marine, publié par la *Revue maritime et coloniale*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

arrive d'abord à la manière ordinaire sous les grilles, puis deux ouvertures pratiquées sur la façade du four lui donnent accès dans deux compartiments placés sur les côtés des carneaux C. Ceux-ci sont percés de petits trous par lesquels l'air est aspiré, brûle la fumée et active la combustion. Les parois des divers carneaux C et D sont d'ailleurs percées d'ouvertures permettant l'arrivée des gaz chauds dans le four.

Un conduit supérieur E, aboutissant à la cheminée, peut être mis en communication avec le four par une coulisse F, et permet de diminuer la chaleur dans le cas où elle serait trop forte dans le four.

La porte servant à l'enfournement est équilibrée et peut se mouvoir au moyen de crémaillères.

L'ensemble de ces dispositions présente une grande économie : d'abord le chauffage a lieu au coke, ensuite il n'y a aucune intermittence dans le travail du moment que les fournées peuvent se succéder sans interruption.

Revenons maintenant au biscuit et remarquons que pour être de bonne qualité il doit être savoureux, d'une odeur agréable, avoir une cassure nette et brillante, ne pas couler au fond du liquide dans lequel on le place et s'imbiber néanmoins avec facilité, sans se détacher en morceaux. La pâte ne doit pas contenir de sel, ce dernier corps ayant la propriété d'attirer l'humidité avec rapidité. Les biscuits anglais et américains, faits sans levain, sont plus blancs que les nôtres, mais moins agréables au goût. Les biscuits fabriqués au Havre et à Honfleur sont très-estimés, et ceux de Wormer, près d'Amsterdam, jouissent d'une réputation universelle, justement méritée.

Pains de fantaisie et de diverses sortes.

Comme la pâte n'a en elle-même rien qui puisse la faire lever, on sent très-bien qu'elle devait donner, sans levain, un pain mat et insipide autant qu'indigeste. Pour le mieux cuire on lui donna d'abord fort peu d'épaisseur. Dans les repas, au lieu de le couper comme aujourd'hui, on le cassait, et Athénée, décrivant les festins des Gaulois dit que, par politesse, on l'y servait tout brisé. Ces pains, nommés *pains azymes*, ont été les seuls employés pendant fort longtemps et les Israélites en font encore usage à une certaine époque de l'année.

Plus tard ces mêmes pains furent employés en guise de plats ; de là leur dénomination de *pains-assiettes*. Humectés par les sauces et par le jus des viandes que l'on plaçait dessus, ils devenaient tendres et savoureux et étaient finalement mangés comme gâteaux. L'usage des *tranchoirs*, ainsi qu'on nomma ensuite ces pains-assiettes, s'est maintenu fort longtemps. Il en est fait mention dans une ordonnance du Dauphin, Humbert II, rendue en 1336. Il veut que tous les jours on lui serve à sa table *des pains blancs pour sa bouche, et quatre petits pains pour lui servir de tranchoirs*. Froissart les appelle quelque part *tailloirs*, nom qui comme l'autre indique leur usage. Ces pains étaient usités à la table des particuliers opulents et des gens en place, comme à celles des souverains. Les rois en ont conservé l'usage pendant longtemps ; ils en faisaient distribuer aux pauvres le jour de leur sacre. Au sacre de Louis XII on en servit 1,294 douzaines. Cette cérémonie s'observa encore au sacre de Charles IX.

On lit dans le *Traité de police* de La Mare, que c'est sous le roi Jean que l'on a commencé à raffiner dans Paris sur les différentes espèces et sur la qualité du pain. Mais cet auteur se trompe évidemment, car des chartes du douzième et du treizième siècle, citées dans le glossaire de Du Cange, au mot *panis*, parlent de *pain de pape*, de *pain de cour*, de *pain de la bouche*, de *pain de chevalier*, de *pain*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'écuyer, de *pain de chanoine*, de *pain de valets*, etc. Il y avait également des *pains matinaux* que l'on servait pour les déjeuners; des *pains du Saint-Esprit*, nommés ainsi parce qu'on les donnait en aumône dans la semaine de la Pentecôte; des *pains d'étrennes* que les paroissiens offraient en présent à leur curé vers la fête de Noël; des *pains féodaux* qui étaient des pains de redevance que les vassaux étaient tenus de payer à certains jours à leur seigneur.

On trouve encore dans les statuts des boulangers, le pain blanc ou *pain de Chailli*, le *pain bourgeois* qui était analogue à notre pain de ménage actuel, le *pain coquillé* ou bis-blanc, le pain bis ou *pain faitis*.

Il est question de biscuit, ou pain cuit deux fois, dans une ancienne chronique du règne de Charlemagne. Abbon en parle aussi dans sa relation du siége de Paris par les Normands. Soit que le biscuit fût regardé comme plus conforme à l'austérité de la vie monastique, soit que les moines, faisant eux-mêmes le pain qu'ils mangeaient, aient voulu fabriquer du pain qu'ils pussent conserver longtemps, il était en usage dans la plupart des maisons religieuses, ainsi qu'on le voit dans d'anciennes Vies des saints, moines ou abbés.

Néanmoins comme on raffine sur tout, on fit dans la suite des biscuits délicats qui furent des pâtisseries sèches et croquantes, et qui, par cette raison, gardèrent leur nom primitif de biscuits. Reims, Abbeville et plusieurs villes de France sont encore aujourd'hui renommées pour ces sortes de gâteaux secs. Reims l'était déjà du temps de Liébaut. Quelquefois on faisait pour la table des biscuits particuliers en ôtant la mie de pain ordinaire et en arrosant avec de l'eau-de-vie la croûte que l'on mettait ensuite au four. Ces biscuits se mangeaient avec le muscat et les vins de liqueur.

Vers le seizième siècle, il y eut à Paris un pain particulier et fort blanc qui, sans être aussi dur que le biscuit, était néanmoins d'une pâte si ferme qu'on ne pouvait la pétrir qu'avec les pieds, ou même avec une *brie* ou barre de bois. Son inventeur fut un boulanger du Chapitre de Notre-Dame, ce qui le fit nommer *pain de Chapitre*.

Vers la fin du seizième siècle on ne fabriquait à Paris que cinq sortes de pain : le pain *mollet*, le pain bourgeois, le pain de chapitre, le pain bis-blanc et le pain bis. La fabrication du pain mollet donna lieu à une discusion assez curieuse. Les boulangers faisaient lever la pâte de ce pain avec de la levûre de bière, dont on ne se servait plus depuis les Gaulois. Or, le pain mollet étant assez difficile à digérer à cause du lait et du beurre qui entrait dans sa fabrication, on prétendit que ce défaut tenait à l'emploi de la levûre. La question émut la ville entière; et la Faculté de Médecine, après un plaidoyer de Perrault en faveur de la levûre et un de Gui Patin, désapprouvant l'usage immodéré de ce levain, décida, dans une assemblée du 24 mars 1668, que la levûre de bière était contraire à la santé. On fit circuler à cette époque une chanson satirique, où l'on remarquait les deux vers suivants, qui s'adressaient au rapporteur de la docte assemblée :

Il conclut que la mort volait
Sur les ailes d'un pain mollet.

Un arrêt du parlement, du 21 mars 1770, leva l'interdit, et l'usage de la levûre devint général dans la fabrication des petits pains.

Outre les cinq espèces de pain faites dans la capitale même, il en arrivait encore, des villages voisins, d'autres qui se vendaient dans les marchés publics. Il en venait, par voie d'eau, jusque de Corbeil. Tous ces pains portaient le nom de *pains chelands*, à l'exception de celui de Gonesse, lequel garda la dénomination du village qui le fournissait. Ce pain était blanc, aussi bon que le pain mollet, mais seulement quand il était frais. Dans les guerres de la Fronde ce fut une des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

denrées que regrettèrent le plus les Parisiens, lorsque le prince de Condé les eut affamés en s'emparant des principaux passages qui conduisaient les provisions à la ville.

Rabelais parle aussi dans ses ouvrages de *gros pain ballé*, c'est-à-dire d'un pain de domestiques fait avec des grains de qualité inférieure, vannés et moulus si grossièrement que la farine contenait encore la balle ou enveloppe du grain.

Dans le *Théâtre d'agriculture* de Serre, il est en outre fait mention d'un pain *rousset*, fait de méteil et servi à la table des seigneurs, et d'un pain de deux couleurs, composé alternativement d'une couche de pâte de froment et d'une couche de seigle, ce qui formait un *pain bigarré* destiné aux gens de qualité inférieure, aux *hôtes de moyenne étoffe*.

Anciennement pour donner du goût à la croûte inférieure du pain, il était d'usage dans quelques-unes de nos provinces de saupoudrer d'anis pulvérisé la table sur laquelle on le posait lorsqu'il était en pâte. D'autres saupoudraient le dessus du pain, avant de l'envoyer au four, avec de la marjolaine réduite en poudre, et il fallait que cet usage fût très-répandu puisqu'une des branches du commerce des jardiniers de Nîmes était l'envoi de ces graines aux foires de Lyon, d'où elles se distribuaient dans toute la France.

Dans le pain de ménage on mettait des cormes cueillies avant leur mâturité, séchées au soleil et réduites en poudre. On prétendait que cette addition corrigeait les mauvais effets de l'ivraie s'il s'en trouvait dans le blé.

En Provence où le thym, le romarin et les autres plantes aromatiques sont si abondantes, les paysans chauffaient leur four avec des bourrées de ces plantes, et, d'après Beaujeu, le pain contractait en cuisant une odeur très-agréable.

Aujourd'hui, dans quelques provinces de France, on est encore dans l'usage d'additionner le pain de graines aromatiques, mais c'est surtout en Allemagne et dans les pays du nord que cette mode est répandue. Les Allemands mettent dans certains de leurs pains, des raisins, des cerises, des pommes et des poires, des graines de cumin, etc. Chacun a pu goûter et admirer, à la boulangerie autrichienne de l'Exposition, ces magnifiques pains aromatisés avec du cumin ou des graines de pavot.

L'emploi du lait et du beurre dans la fabrication de certains pains de fantaisie est fort ancien, puisqu'un concile d'Angers, de 1365, défend d'employer à cet usage ces substances pendant le carême. On retrouve leur emploi au seizième siècle, pour la fabrication de ces pains délicats qui furent servis à Marie de Médicis. Cette dernière les trouva si bons qu'elle ne voulut plus en manger d'autres. On les appela dès lors *pains à la reine*, et depuis, *pains de festin* ou *petits pains au lait*. La vogue qu'ils eurent excita l'émulation de beaucoup de boulangers; chacun d'eux voulut raffiner sur la première invention et se faire une réputation. C'est alors que prirent naissance les pains *blême*, *cornu*, de *Gentilly*, de *condition*, de *Ségovie*, d'*esprit*, à *café*, à la *mode*, à la *duchesse*, à la *citrouille*, à la *Montauron* (c'est le nom du célèbre financier à qui Corneille dédia *Cinna*), à la *maréchale*, etc.

Dans ce temps de guerres ridicules occasionnées dans Paris par le soulèvement général des esprits contre Mazarin, il y eut des pains et des gâteaux à la Fronde, que fit faire le cardinal de Retz, comme il y eut des chapeaux et des gants à la Fronde. On fit aussi vers le même temps une sorte de pain mollet, appelé pain de *mouton*, dont la croûte dorée au jaune d'œufs, était saupoudrée de quelques grains de blé. Ces pains étaient donnés par les domestiques en étrennes aux enfants.

Nos pains sont aujourd'hui beaucoup moins nombreux que ceux de nos bons aïeux, et la salle affectée à leur exposition au Champ de Mars était loin de pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

senter un aspect brillant. A voir notre exposition de pain, personne ne s'imaginerait qu'il forme la base de notre nourriture. Les pains qu'on y remarque sont justement ceux que nous mangeons le moins, les pains de seigle, les pains de maïs. Le vrai pain de ménage disparaît; le pain de gruau n'est déjà plus de mode; nous en sommes aux fabrications de luxe et nous cherchons à dépasser le pain riche en lui opposant le pain hygiénique. Nous n'entendons point, on le pense bien, condamner les pains de luxe, bien loin de là; nous nous bornons à constater que si les Tunisiens, les Mexicains, les Japonais et les Chinois jugeaient le pain français par les échantillons qu'on a exposés, ils se tromperaient fort, d'autant plus qu'on ne rencontre au palais que de rares pains de haute fantaisie.

Nous allons donner une indication sommaire des procédés employés pour la fabrication des pains de fantaisie les plus usités à Paris, nous contentant de nommer seulement les variétés de pain ordinaire, la couronne, le pain fendu, le jocko, la miche plate, le pain riche, tous ces pains ne différant l'un de l'autre que par leur forme, leur degré de cuisson et la qualité de farines employées.

Dans la fabrication des *petits pains à café*, on prolonge pendant plus longtemps le travail de la pâte de manière à lui faire absorber une plus grande quantité d'eau. On leur donne ordinairement la forme ellipsoïdale et on les accouple par paire, de telle sorte que, quand ils sont séparés, ils ont chacun une extrémité arrondie et une autre où la mie est à découvert. Ces pains sont très-spongieux, ce qui leur permet de tremper bien vite. A l'aide du même procédé, mais en mettant au four la pâte enfermée dans des boîtes cylindriques surbaissées en tôle, on obtient les petits pains blancs à croûte blanche, nommés *muffins*.

Pour la confection des pains de *gruau*, on emploie la farine dite de *gruau blanc*. Ces pains sont plus blancs et contiennent plus de gluten élastique, mais moins de phosphates, de matières grasses, de substance azotée non extensible que les pains préparés avec les farines ordinaires.

Dans la fabrication des *pains de dextrine*, on emploie de la farine de première qualité qu'on additionne de 2 à 4 pour 100 de glucose ou de dextrine sucrée, qui conservent à ces pains la saveur agréable et l'odeur aromatique propres aux meilleures farines. Cela tient à ce que la matière sucrée s'opposant à l'altération des substances azotées, laisse dominer l'odeur agréable de l'huile essentielle du froment.

Pour les *pains viennois*, on remplace l'eau de pétrissage par un mélange de 1 partie de lait et 4 parties d'eau. Leur croûte se vernit lorsqu'on opère la cuisson dans une atmosphère de vapeur. A cet effet on place sur la sole du four, préalablement bien nettoyée, un tampon de paille mouillée que l'on entretient constamment humide. La vapeur qui se dégage amène la caramélisation superficielle de la pâte et donne à la croûte un aspect luisant. Ces pains ont une forme ellipsoïdale avec un sillon longitudinal et des raies transversales.

Les *croissants*, nommés ainsi à cause de leur forme en demi-cercle, se préparent en délayant 1 kilogramme de farine première marque avec 500 grammes d'eau dans laquelle on a mêlé un œuf préalablement battu (blanc et jaune).

Les pains, dits *de luxe*, à levain doux, ont une origine anglaise, mais leur fabrication a été perfectionnée en France par M. Doisneau. Le levain se prépare avec 30 kilogrammes de pommes de terre cuites à l'eau ou à la vapeur, écrasées et délayées dans 60 litres d'eau, et finalement tamisées; on ajoute 5 kilogr. de farine et 500 grammes de levûre; on mélange bien, on place la liqueur dans un baquet et on l'abandonne à la fermentation pendant six heures dans un lieu clos dont la température soit d'environ 20 degrés. On se sert de ce levain pour délayer 40 kilogr. de farine. La pâte très-molle qui en résulte reste encore une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heure en fermentation, puis on y ajoute 500 grammes de sel et on y incorpore, par un bon pétrissage 112 kilogr. de farine. Au bout de quinze à vingt minutes la pâte peut être tournée et mise au four dès qu'elle est suffisamment apprêtée.

A côté de ces pains de luxe, on trouvait à l'Exposition le *pain de gluten*, qui est un pain de malade, espèce d'échaudé ou de colifichet grisâtre, destiné tout particulièrement aux diabétiques. Pour le préparer on prend 1 kilogramme de farine de gluten, gros comme une petite noix de levûre fraîche qu'on délaie dans un peu d'eau froide, et deux pincées de sel. On ajoute de l'eau chaude à 35 ou 40 degrés, en quantité suffisante pour faire une pâte de bonne consistance. Cette pâte étant mise dans un panneton saupoudré de farine de gluten, on la place dans un endroit chaud jusqu'à ce qu'elle soit bien soulevée par la fermentation, ce qui peut exiger de 1 heure 1/2 à 2 heures, suivant la température. On divise alors cette pâte, en se servant de farine de gluten, en petits pains allongés que l'on fait cuire comme le pain ordinaire. On peut mélanger des jaunes d'œufs et du beurre bien frais à la farine de gluten avant de la pétrir, et de cette manière obtenir des gâteaux de gluten qui servent à varier le régime. La proportion de quatre jaunes d'œufs et 125 grammes de beurre par kilogramme de farine est la plus usitée.

Ce pain, comme nous le disions, est plutôt un remède qu'un aliment normal, et nous serions bien en peine de nous prononcer entre le pain de gluten exposé par M. Fromentault et celui de MM. Bernardbeig et Sirben, de Toulouse.

Quant aux pains préparés avec d'autres céréales que le froment il n'y a guère que le pain de seigle, pur ou mélangé au blé, dont on fasse usage. Les anciens avaient cependant trouvé le secret de panifier et de faire fermenter la farine d'orge ; chez les Romains, on donnait ce pain aux gladiateurs, comme étant une nourriture forte et substantielle. Comment est-il arrivé que ce grain si connu par ses qualités rafraîchissantes, qui a fourni à Hippocrate tout un livre d'éloges, ne serve plus maintenant qu'à faire la bière ou à donner une nourriture tellement grossière, qu'on la réserve pour les animaux seuls, et que les malheureux qui ont été obligés d'en manger lors de la famine qui suivit le grand hiver de 1709, l'aient trouvé tellement mauvais, qu'ils le surnommèrent eux-mêmes *pain de disette?* Il y a sans doute là un problème d'économie sociale qu'il appartient aux boulangers de résoudre.

Disons pour terminer quelques mots de la pâtisserie.

L'art de la pâtisserie n'est qu'une suite des progrès de l'art de la boulangerie. Quand on sut faire du pain passablement bon, bientôt sans doute on voulut faire aussi des gâteaux, des brioches, c'est-à-dire des pains plus délicats, dans lesquels on mêla, pour les rendre tels, des œufs, du miel, du beurre et autres condiments. En creusant, en élargissant cette pâte, il fut aisé d'y mêler de la crême ou des fruits. Un couvercle de pâte ajouté et l'on pouvait y enfermer de la viande.

Pendant longtemps les pâtissiers ne vendirent que des pâtés ou tourtes à la viande, de là leur nom. Les mères de familles fabriquaient elles-mêmes les autres gâteaux ; c'était là un talent dont on se piquait dans les châteaux, ainsi qu'à la ville et au village. Il faisait partie de l'éducation des jeunes demoiselles, il fallait être bien grande dame pour s'en dispenser, et nous avons encore beaucoup de provinces où cette ancienne manière de penser et d'agir subsiste toujours.

Au quinzième siècle, nous voyons l'apparition des *tartes* de laitage, de fruits, d'herbes, de confitures. Taillevant fait mention de tartes aux poires, aux pommes, et Platine, de tartes blanches, tartes aux raves, au coing, à la courge, à la fleur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sureau, aux riz, au gruau d'avoine, aux roses, aux châtaignes, au millet, aux cerises, aux dattes; aux herbes de mai, à la crême, aux pruneaux, au vin blanc, etc. Champier rapporte que de son temps on faisait des tartes composées de différentes espèces de fruits, de manière à les diviser en compartiments, assortis de diverses couleurs et très-agréables à l'œil. Ce même auteur nous apprend qu'un cardinal, qu'il ne nomme pas, avait inventé une tarte aux nèfles et à l'hippocras.

L'Estoile cite les tartes au musc et à l'ambre du surintendant des finances d'O. Olivier de Serres fait grand cas des tartes de massepains, faites avec des amandes pilées et aromatisées à l'eau de rose, puis glacées avec du sucre et des blancs d'œufs.

Les *flans* existaient dans les premiers temps de la monarchie. On les regardait comme un plat digne de la table des rois, puisque, au rapport de Fortunat, c'était une des pieuses adresses qu'employait la sainte reine Radegonde pour se mortifier. Sous le prétexte qu'elle les préférait à la pâte de seigle ou d'avoine, elle les commandait ainsi; alors, rejettant la crême, elle ne mangeait que cette pâte grossière. Au treizième siècle, les flans de Chartres étaient déjà en renom.

On trouve les *gâteaux feuillés* ou *feuilletés*, dans une charte de Robert de Fouilloy, évêque d'Amiens, datée de 1311. Les *gâteaux de rois* étaient des gâteaux feuilletés. Au seizième et au dix-septième siècle, le nombre de ces gâteaux devint très-grand. On eut les gâteaux de *jour*, les gâteaux *joyeux*, les gâteaux de Milan, les gâteaux mollets, fraisés, à l'Italienne, etc. On désignait sous ce nom générique, toutes les pâtisseries sèches composées de beurre et d'œufs. Quelques provinces cependant, avaient les leurs propres auxquels elles avaient donné des noms particuliers, c'est ainsi que l'Artois avait les *gâteaux-razis*. D'autres étaient communs à plusieurs provinces; de ce nombre étaient les *fouasses*, *fouaches fouées*, *fougasses*, répandus en Normandie, en Picardie, dans le Poitou, et qui jouissent encore d'une grande renommée à Nantes et dans la Loire-Inférieure.

Les poëtes du dix-septième siècle parlent des *flamiches* et des galettes, c'est-à-dire de gâteaux plats cuits à la flamme du bois qui servait à chauffer le four.

Les *pains d'épices* de Reims étaient en réputation du temps de Charles Estienne. Reims avait encore, sur la fin du dix-septième siècle, une autre sorte de pains d'épices, qu'on nommait *croquets* ou *croquettes*. Parmi les diverses poésies de Chaulieu, on lit une pièce, très-jolie, par laquelle il envoie à une femme de qualité des croquets de Reims.

Le pain d'épices n'est pas, du reste, une invention moderne. Son usage est fort ancien et nous vient d'Asie. On lit dans Athénée qu'il se faisait à Rhodes un pain assaisonné de miel, d'un goût si agréable qu'on en mangeait avec délices après les repas. Les Grecs nommaient cette friandise *mélilate*.

Le pain d'épices est fait avec de la farine de seigle qu'on pétrit avec de la mélasse, ou mieux avec du miel. Le miel le plus blanc, et qui a le moins le goût de cire, est celui qui donne le meilleur et le plus beau pain d'épices. L'expérience a indiqué la farine de seigle que l'on doit choisir pour faire le pain d'épices. Ce n'est pas le seigle le plus beau, le mieux nourri, le plus apparent qu'on préfère; c'est celui dont les grains sont les plus menus, les plus sains, les plus nets et les plus odorants, qu'on récolte dans les terres les plus maigres et qui vient dans la craie. La farine que donne ce seigle est en petite quantité, mais elle est sèche et mieux disposée qu'une autre à recevoir la dose convenable de miel. On aromatise ordinairement les pains d'épices avec le néroli, l'écorce de citron, l'angélique. Les fours employés pour leur cuisson sont plus petits que ceux des boulangers et sont chauffés avec de la paille.

Les *beignets* étaient connus du temps de Joinville, et Platine rapporte que du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sien on en consommait de plusieurs sortes différentes : il parle des beignets amers, venteux (probablement nos *pets-de-nonne*), au riz, au caillé, aux amandes, aux figues, à la sauge, au blanc d'œufs, à la feuille de laurier, à la fleur de sureau.

Selon Liebault, les *massepains* se composaient d'avelines, d'amandes, de pistaches, de sucre rosat. Les *fidiaux*, les *menudes* et les *darioles* étaient également des sortes de massepains.

Les *talmouses* se faisaient avec du fromage et se doraient avec des jaunes d'œufs. Autrefois on en consommait beaucoup à Paris, mais aujourd'hui ce gâteau n'est plus qu'une spécialité de la ville de Saint-Denis.

Les *petits-choux*, les *ratons* et les *cassemuseaux*, composés de beurre, de fromage et de jaunes d'œufs, étaient des pâtisseries très-recherchées. De là, sans doute, l'usage de ces expressions familières : *mon petit-choux*, *mon raton*..

Les *échaudés*, ainsi nommés parce que pour les faire lever on les plongeait dans l'eau chaude, sont mentionnés dans une charte de l'Église cathédrale de Paris, datée de 1202. Ils étaient plus gros que ceux d'aujourd'hui, et ne contenaient que de la farine, du beurre et du sel. Au dix-septième siècle seulement on y ajouta des jaunes d'œufs.

Les *flageols* et les *gobets* dont parle Gautier, en 1668, étaient des espèces d'échaudés.

Les *gauffres* remontent au treizième siècle. « Les gauffres, dit Champier, au seizième siècle, sont un ragoût fort prisé de nos paysans. Pour eux, au reste, il ne consiste qu'en une pâte liquide formée d'eau, de farine et de sel. Ils la versent dans un fer creux, à deux mâchoires, qu'ils ont frotté avant avec un peu d'huile de noix, et qu'ils mettent ensuite sur le feu pour cuire la pâte. Ces sortes sont très-épaises ; celles que font faire chez eux les gens riches sont plus petites, plus minces et surtout plus délicates, étant composées de jaunes d'œufs, de sucre, de fleur de farine, délayés dans du vin blanc. On les sert à table comme entremets. » François Ier les aimait beaucoup ; il avait même des gauffriers en argent.

Les *étriers* et les *bridaveaux* ne différaient des gauffres que par leurs formes.

Gautier (1668) cite encore plusieurs pâtisseries usitées de son temps : les *cornuaux*, les *feuillages*, les *craquelains*, les *merveilles*, les *crêpes*, les *pâtes royales*, les *farces au fromage*, les *poutartes*, les *feuillantines*, mais il ne dit pas comment elles étaient composées. C'étaient probablement aussi des espèces de gauffres.

Les Grecs, dit Athénée, donnaient le nom d'*obélias* à certains pains cuits entre deux fers, et qu'ils mangeaient chauds. Telle fut, généralement, l'origine des dénominations d'*oublies*, d'*oblies* et d'*oblées* par lesquelles on désignait une feuille mince de pâtisserie qui se cuisait comme chez les Grecs. On donnait le nom d'*Oublayeurs* et d'*Oublieux* à ceux qui vendaient ces pâtisseries ; comme les oublies se mangeaient d'ordinaire après le souper, les oublieux sortaient le soir pour crier et vendre leur marchandise. C'est pour cela que, sous la Fronde, on donna le nom d'Oublieux aux ennemis de Mazarin qui sortaient la nuit pour intriguer et recruter des partisans. Plus tard, au dix-huitième siècle, lorsque la bande organisée par Cartouche faisait trembler la capitale, on défendit aux Oublieux de sortir, car beaucoup de voleurs se déguisaient ainsi pour commettre leurs crimes avec plus de facilité.

Aujourd'hui les Oublieux se contentent de parcourir les guinguettes, les promenades et les foires. Ce sont des femmes qui sortent le soir pour débiter les cornets d'oublies, qu'elles crient sous le nom de *plaisir des dames*.

A notre époque, le nombre des pâtisseries est considérable, et chaque jour on en voit, pour ainsi dire, naître une nouvelle. Cependant la vraie pâtisserie fran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çaise, la première du monde sans contredit, était très-faiblement représentée à l'Exposition par des pièces d'un bon goût contestable, et par des gâteaux bretons, des pains d'épices et quelques biscuits.

Les *gâteaux bretons*, exposés par la maison Crucer, de Lorient (Morbihan), sont fabriqués avec de la farine de froment, des traces de beurre et de l'angélique. Leur mérite principal étant de se conserver longtemps, nous leur préférons les pâtisseries parisiennes qui ne se conservent pas.

L'industrie des pains d'épices, qui est considérable en France, et dont la réputation est justement et solidement établie, ne comptait à l'Exposition que quatre représentants tout à fait spéciaux : MM. Sigaut, Robin-Courtois, de Paris, Javouhey, de Chartres, et Watbled, de Lille. Les fabricants de Dijon n'étaient pas représentés ; cependant le pain d'épices de Dijon a son caractère propre ; il est le seul fabriqué avec de la farine de blé, tandis que les autres pains d'épices le sont avec de la farine de seigle. De là le défaut pour le pain d'épice dijonnais de durcir plus vite que celui de seigle ; mais de là aussi pour ce pain d'épices l'avantage très-appréciable de ne jamais sentir le savon.

L'emploi du savon et quelquefois du protochlure d'étain dans la fabrication du pain d'épices n'est un secret pour personne. Le savon agit énergiquement comme levain dans la pâte de farine de seigle, et le sel d'étain blanchit assez bien la pâte faite avec des miels et des mélasses noirs. Mais il y a progrès de ce côté : on arrive peu à peu à supprimer le savon et surtout le protochlure d'étain. Tout pain d'épices qui porte la signature du fabricant doit inspirer de la confiance ; mais toutes les fois qu'un pain d'épices ne porte pas sa marque de fabrique, on doit se tenir prudemment sur ses gardes, car on est exposé à manger du savon, ce qui n'est pas agréable, et avec cela un peu de protochlure d'étain, ce qui est dangereux.

En dehors des biscuits de Reims, de Paris, etc., on remarquait à l'Exposition une fantaisie de biscuit de mer, agréable, utile pour les voyageurs, et dont les Anglais avaient eu jusqu'ici le monopole. On doit féliciter M. Olibet jeune, de Bordeaux, d'avoir introduit chez nous la fabrication de ce biscuit. Il y en a de trois sortes : le *Saint-Georges* est très-fin, et se fabrique avec des farines de blé dur et de l'eau de Seltz, en guise de levain ; l'*Albert* est aussi de bonne qualité ; la *Marguerite* est le biscuit à bière.

Cette industrie, de récente importation, mérite d'être encouragée.

HENRI VILLAIN.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

IV

HORLOGERIE

DANS TOUTES SES PARTIES

Y COMPRIS LES HORLOGES ÉLECTRIQUES[1],

PAR M. **J. BERLIOZ**,
INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR.

(Planches 238, 239, 240.)

DEUXIÈME PARTIE.

Avant d'aller plus loin, il est indispensable de rappeler le principe fondamental de tout mécanisme d'horlogerie.

Le MOTEUR est un *ressort* ou un *poids* qui imprime au rouage une impulsion que modère l'ÉCHAPPEMENT : cette dernière fonction s'opère au moyen des battements égaux d'un *pendule* (pour les horloges), ou d'un *balancier annulaire* (pour les montres).

Ces battements égaux sont en durée et en nombre suffisants pour que le rouage indique les heures, minutes, et secondes.

Tel est le principe très-simple de toute machine horaire.

Quelques explications préliminaires sont indispensables sur la théorie des ÉCHAPPEMENTS. On désigne sous ce nom le mécanisme par lequel le mouvement de la dernière roue est suspendu d'une manière intermittente. De toutes les parties d'une machine horaire, l'*échappement* est la plus importante. C'est elle qui en assure la régularité, et qui donne à la pièce sa véritable valeur.

Le problème à résoudre, au moyen de l'échappement, consiste à modérer, dans des limites précises, parfaitement régulières, s'il se pouvait, la marche du rouage, de telle façon que le mouvement des aiguilles indique exactement la mesure du temps. On aurait pu croire, tout d'abord, qu'un modérateur à mouvement continu, tel que celui des machines à vapeur (c'est-à-dire un volant), remplirait de bons offices dans le cas dont il s'agit. Mais les tentatives faites dans ce sens n'ont pas été heureuses : l'emploi du pendule *conique* dont nous parlerons plus tard n'a pas produit des résultats complétement satisfaisants ; l'unique moyen connu, jusqu'à ce jour, d'obtenir un bon réglage, a été d'interrompre la marche du rouage par intermittences régulières.

Ces explications amènent à dire que tous les échappements, quel que soit leur système, consistent à *placer* successivement, devant les *dents* de la dernière roue, un *arrêt* pour suspendre sa rotation, et à le *retirer* de même, pour la laisser marcher.

Il a été imaginé une grande profusion d'échappements : nous ne parlerons que de ceux qui, en petit nombre, réalisent sérieusement les conditions du problème.

Soit pour les horloges et pendules, soit pour les montres et chronomètres, les systèmes connus d'échappements se divisent en trois classes :

1° Les échappements à RECUL, dans lesquels le rouage agit constamment sur le

1. Voir t. 1er, page 64, article contenant les figures 1 à 8.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendule ou le *balancier*. (Nous avons décrit la principale variété de ces échappements, — dite à *palettes* ou *roue de rencontre*, — dans notre article préliminaire.)

2° Les échappements à REPOS, dans lesquels l'action du rouage est intermittente mais sans qu'il cesse jamais d'être en contact avec l'organe lié au pendule ou balancier.

3° Les échappements LIBRES, dans lesquels, hors le moment d'impulsion, il n'y a aucune communication entre le rouage et l'organe lié au pendule ou au balancier.

L'échappement à *recul* est aujourd'hui presque complétement abandonné ; il est relégué dans la basse horlogerie, car il ne donne qu'une régularité de marche très-imparfaite ; en outre, l'action du *recul* forçant tout le rouage à rétrograder dans chaque vibration, l'usure s'y produit plus promptement, elle est suivie de près par la désorganisation générale de toute la machine. C'est l'échappement à recul qui existe dans les vieilles montres qualifiées aujourd'hui du nom d'*oignons;* il existe aussi dans les horloges Comtoises, les coucous, réveils d'Allemagne, et autres pièces que l'on n'achète plus qu'à cause de leur extrême bon marché.

Les échappements à *repos frottant* donnent une régularité très-satisfaisante dans l'horlogerie à l'usage civil.

Les échappements *libres* atteignent une régularité plus grande encore : appliqués aux chronomètres, ils ont donné des résultats admirables.

Les deux échappements les plus usités et les meilleurs, pour horloges et pendules sont :

1° L'échappement à *ancre* (fig. 9, pl. 238) dont voici la description :

§ La pièce A *c i* — A *c' i'* est suspendue au-dessus de la roue R (dite d'*échappement*) et oscille sur le centre A. Ses deux *becs* ou *palettes*, dont chacun se trouve alternativement en contact avec les dents de la roue, sont terminés par des plans *inclinés* ou *fuyants e i*, *i' e'*. Le fonctionnement de ce mécanisme est facile à concevoir :

La roue R, sollicitée par le rouage à marcher dans le sens indiqué par la flèche, présente tour à tour ses dents à chacun des becs dont le rôle consiste d'abord à recevoir la pointe de la dent et la *retenir* pendant que l'ancre continue son mouvement oscillatoire ; ensuite à recevoir l'*impulsion* par le frottement de la dent sur l'*incliné* qui suit, lorsque l'ancre revient en arrière pour accomplir l'oscillation en sens inverse.

Ceci devient sensible à l'inspection de la figure : le moment d'action est celui où le commencement du bec *i e c* entre en prise avec une dent. Le mouvement oscillatoire de l'ancre le pousse à engager plus profondément ce bec sous la dent qui, dès lors, ne peut avancer et reste en *repos*. Lorsque le bec *i e c* reviendra en arrière pour accomplir l'oscillation de retour, il reculera jusqu'à ce que la dent glisse sur l'*incliné e i*, lui donne l'impulsion et *échappe* enfin. Mais alors l'autre bec *i' e' c'*, qui se meut solidairement avec le premier décrit, sera venu présenter le point *e'* à la dent X ; le *repos* et successivement l'*échappement*, après que la dent X aura glissé sur l'*incliné e' i'*, se reproduiront comme on vient de le voir ; après quoi, la même fonction sera remplie par le bec *iec*, et ainsi de suite. Comme on le voit, chaque bec de l'ancre fournit à une dent le *repos*, qui modère la marche du rouage ; chaque dent, de son côté, fournit, par son glissement sur l'*incliné*, l'impulsion nécessaire pour entretenir le mouvement oscillatoire de l'ancre. L'ensemble de cette fonction réciproque constitue l'*échappement*.

Inutile de dire qu'un *pendule*, de longueur convenable, oscillant avec l'ancre, assure la régularité et la durée des vibrations, déterminant ainsi, par intermittence, le mouvement de la roue R dite d'*échappement*.

On nomme *levée directe* ou simplement *levée*, l'action de poussée produite par chaque dent sur l'un ou l'autre des inclinés. Outre cette impulsion directe, il y a en plus une continuation de mouvement dans le sens de chaque oscillation et qu'on appelle *levée supplémentaire*. Cette continuation de mouvement produite par l'élan du pendule amène chaque bec de l'ancre à une pénétration un peu plus grande sous chaque dent en prise ; et alors,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avant que la dent attaque l'*incliné* après le recul de l'ancre, il y a *repos frottant* sur la partie plate des becs qui est en arrière des *inclinés*.

2° L'échappement à *chevilles* (fig. 10, pl. 238).

Dans ce système, les effets sont les mêmes, avec des organes d'une forme différente. L'*ancre*, ou pour mieux dire la pièce qui en remplit les fonctions, oscille sur un centre A; ses deux *becs* ou *palettes a e i*, *a' e' i'* ont pour fonction d'arrêter alternativement les *chevilles* 1. 2. 3. 4. 5. 6. etc., qui sont plantées sur le limbe de la roue R., lesquelles *chevilles* glissent tour à tour sur les *inclinés e i*, *e' i'*, et en les poussant entretiennent le mouvement d'oscillation.

Il y a, comme dans l'échappement à *ancre*, une *levée directe*, une *levée supplémentaire*, un *repos frottant*.

Le moment d'action représenté dans la figure est celui où la cheville 4., après avoir glissé sur l'incliné *e' i'*, va faire *repos* sur le *bec* ou *palette a e i* qui s'avancera plus profondément sous cette cheville, en accomplissant son arc de *levée supplémentaire*, puis reculera par l'oscillation inverse, jusqu'à ce que la cheville 4. arrive à glisser sur l'incliné *e i* en lui donnant l'impulsion nécessaire. A ce moment, la cheville 5. viendra faire repos sur la *palette a' e' i'* dont elle poussera ensuite l'incliné *e' i'*.

Ces deux systèmes d'échappements se retrouvent dans la généralité des horloges monumentales que nous allons décrire.

Il est indispensable de bien faire comprendre ce qu'on appelle *remontoir d'égalité*, car, dans toute l'Exposition, on ne trouve que deux horloges publiques qui n'en soient pas pourvues. La science ne parait pas avoir progressé sur ce point, car le même système a été généralement adopté : ce système, ancien déjà, consiste en un mécanisme additionnel remontant sans cesse un petit poids chargé, seul, d'agir par sa gravité sur l'échappement.

Le type de ce système a été inventé, il y a une soixantaine d'années, par le fameux et habile Lepaute : depuis lors, on a erré autour de son idée ; on a fait autrement (quant aux dispositions), sans rien changer au principe ; et, très-certainement on n'a pas fait mieux, peut-être pas même aussi bien.

Nous allons donner, d'après l'auteur lui-même, la description de ce *remontoir* qui fonctionne à l'horloge de la Bourse de Paris.

La fig. 11 le représente (pl. 238).

P serait, dans un rouage ordinaire et en l'absence de *remontoir*, le *pignon* de la roue d'*échappement*. Pour obtenir le *remontoir*, on a établi un autre *pignon* P' sur l'axe duquel est montée la roue d'*échappement* E.

Une roue RR engrène en même temps dans les pignons P et P' ; son *axe* I est dans le même plan que les deux axes des pignons P et P'; elle est *mise en cage* (c'est-à-dire établie) sous un *pont* (pièce percée d'un trou dans lequel roule l'axe de la roue) porté par la pièce TTT. On va voir que, par dérogation aux dispositions ordinaires de l'horlogerie, cet *axe* I et sa roue RR ont un mouvement circulaire de *va-et-vient* autour du centre C.

La pièce TTT est mobile sur un axe C, concentrique avec le pignon P' d'échappement, en dehors de celui-ci et dans le prolongement de la même ligne.

De cette construction, il résulte que le poids *p'''* (qui rompt l'équilibre de la pièce TTT), tendant à descendre, fait tourner cette pièce TTT sur son axe C.

La roue RR, étant retenue par le pignon P, ne peut tourner librement autour du pignon d'échappement P'; elle obéit cependant à l'action du moteur et force ce pignon à tourner jusqu'à ce que le bec crochu contre lequel appuie la partie supérieure A d'une *détente* (fixée sur l'axe du *volant* V), étant dégagé, le pignon P et sa roue M se mettent à tourner, produisant alors un double mouvement : 1° le pignon *p''*, qui porte la *détente* A et le volant V, fait un tour sous l'action de la roue M et s'arrête, lorsqu'après ce tour, le bout A de la détente est venu se raccrocher au bec crochu de la pièce TTT qui s'est abaissée simultanément par l'action qui va être expliquée ; 2° le pignon P a agi sur la roue RR, l'a fait reculer dans le sens indiqué par la flèche, et par cela même a remonté le poids *p'''*, et aussi a fait baisser le bec crochu destiné à retenir la détente A.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On voit donc que la roue RR oscille, pour ainsi dire, sur le centre C de la pièce TTT, et que le poids p''' est ici le réel moteur de la roue E d'échappement, sur le pignon P' de laquelle agit la roue intermédiaire RR comme un levier retenu en P et donnant l'impulsion en P' sous l'action du poids p''' qui s'exerce sur l'axe I.

Ce remontoir serait d'une force constante, si le bec de la détente, pressant au point A sur le bec crochu du chariot TTT, n'opposait une résistance au dégagement de ce bec, et, par conséquent, ne diminuait plus ou moins l'intensité d'action du poids p'''.

Différents moyens ont été mis en usage pour remédier à cet inconvénient : les uns ont rapproché le bec crochu du centre C ; on a même été jusqu'à entailler l'axe de la pièce TTT et faire reposer l'extrémité A de la détente sur cet axe : le dégagement avait lieu lorsque l'entaille se présentait à la détente. On a encore formé la partie A en plan incliné, de manière à ce que la pression de la détente sur ce point, au lieu de résister au dégagement, y poussât et facilitât ainsi l'action du poids p'''. Entre ces deux systèmes extrêmes, on a cherché par le tâtonnement une inclinaison moyenne que n'altérât pas l'action du poids p'''.

Mais toutes ces tentatives n'ont pu remédier aux inconvénients résultant du choc, de l'ébranlement de la machine, de l'altération qu'éprouvent les parties frottantes ; et, comme nous l'avons dit précédemment, un résultat positivement bon est encore à trouver.

Cependant, il faut reconnaître que cette disposition, simple, facile à exécuter, et régulière dans ses fonctions, a rendu des services ; elle a peut-être indiqué la voie de la perfection aux chercheurs de l'avenir.

Nous pouvons maintenant aborder la description des horloges de l'Exposition.

L'œuvre de M. Detouche est de très-grandes dimensions : le châssis horizontal en fonte est monté sur quatre colonnes à champs polis, reliées par des arcs de cercle ; le *mouvement* proprement dit, c'est-à-dire le mécanisme indicatif des heures, est établi en élévation au milieu du bâti ; les sonneries d'heures et de quarts sont à droite et à gauche sur un plan inférieur. Le tout repose sur un socle en chêne sculpté. L'ensemble de ce beau mécanisme est vraiment monumental, et un des plus heureusement conçus parmi ceux qui sont à l'Exposition.

Ce qu'on ne saurait trop apprécier dans cette horloge, c'est le *fini* de la main d'œuvre : on y remarque des pignons en acier, polis comme ceux d'un régulateur ; des engrenages en cuivre, fendus à la machine avec une netteté qui ne laisse rien à désirer ; des pivots roulant dans des coussinets de bronze bien proportionnés ; des ajustements bien conçus et bien exécutés. Ici la difficulté à vaincre était d'autant plus grande que les pièces sont d'un volume considérable.

En dehors de son exécution très-soignée et très-réussie, de sa constitution robuste, et de son aspect grandiose, cette horloge offre le vrai type classique de la grande horlogerie sérieuse et soigneusement établie.

Le *remontoir d'égalité*, sauf quelques modifications organiques, reproduit le système que nous avons décrit précédemment : une roue satellite rendue libre par intermittences (ici toutes les 10 secondes) ; un charriot à contrepoids, agissant par sa pesanteur sur le pignon de la roue d'échappement ; une détente dont le jeu est modéré par un volant à ailettes : tels sont les organes que l'on connaît. Deux seules différences sont à noter :

1° Au lieu d'être portés par un pignon, le volant à ailettes et la détente ici sont portés par une *vis sans fin* que commande une roue à denture hélicoïde. Cette disposition a sans doute pour objet de ralentir la marche du *mouvement* (ou *train* du rouage général, et par conséquent d'avoir à remonter l'horloge moins fréquemment ; car la vis sans fin fait un tour par chaque dent qui la mène, tandis que, pour produire le même résultat avec un pignon il faudrait employer les menées successives d'au moins dix ou douze dents. Le constructeur a peut-être encore eu pour but d'obtenir un mouvement doux et sans bruit. Dans tous les cas, il lui a fallu déployer une grande habileté de main-d'œuvre pour obtenir d'aussi bons résultats par l'emploi de la vis sans fin, qui, comme on le sait,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne s'opère pas sans des frottements nuisibles ; qui, par conséquent, exige une force motrice considérable, et enfin ne peut se passer d'huile ;

2° Le poids qui commande le charriot de remontoir est disposé de façon à ce que le raccourcissement du levier, par rapport à la verticale, soit nul dans tous les moments d'action de ce levier.

Pour arriver à ce résultat, on a employé un procédé très-simple : au lieu d'un poids fixé d'une manière rigide à l'extrémité du levier, c'est un arc de cercle en cuivre ayant pour centre celui du charriot : sur cet arc, qui n'est à vrai dire qu'un segment de poulie, est fixé un cordon auquel est suspendu le poids. Comme toutes les parties de la circonférence de cet arc, étant également distantes du centre de rotation, sont continuellement tangentes à la même verticale, l'action du poids s'exerce sur un rayon toujours le même; de là il résulte que le raccourcissement du levier, lorsqu'il s'élève ou s'abaisse dans le mouvement de va-et-vient, est complétement neutralisé ; son action de pesanteur reste toujours égale.

Cette tentative de perfectionnement existe dans beaucoup d'horloges : les uns suspendent le poids avec des chaînettes métalliques, afin que leur poids ne change pas (comme celui d'un cordon) par le fait des variations hygrométriques de l'atmosphère ; les autres emploient un simple fil d'acier ou de cuivre. Ces correctifs restent tous soumis à un défaut commun : le mouvement de trépidation qui s'empare du poids à chaque sautillement que produit la marche de l'échappement, et à chacune de ses descentes rapides au moment où le *remontoir* fonctionne. Ces trépidations ne peuvent manquer d'avoir une influence nuisible sur la marche du remontoir. Tant il est vrai, comme nous l'avons dit précédemment, que la perfection sur ce point n'est pas encore atteinte !

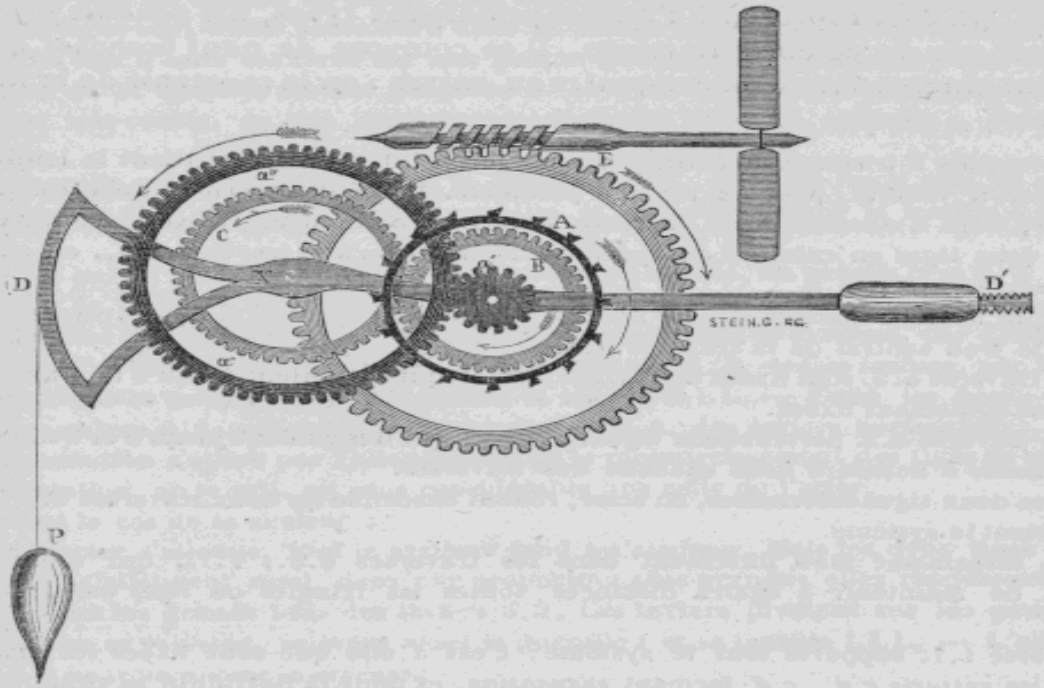


Fig. 12.

La fig. 12, qui représente ce remontoir, sera intelligible à première vue :

A. Roue d'échappement sur le premier plan.

a'. Le pignon sur lequel elle est fixée et qui marche avec elle. *a''* *a''*, roue satellite du remontoir qui mène ce pignon. Ces deux pièces sur le second plan.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D.D'. Chariot oscillant sur le centre *a'* et portant en D l'arc de cercle auquel le poids P' est suspendu par un cordon : il porte aussi la roue satellite *a''* *a''*, mobile sur le centre X. Ce chariot est sur le troisième plan.

C. Roue portée par le même axe X, qui porte la roue *a''* *a''*.

B. Roue du *mouvement* qui commande le remontoir, en engrenant avec la roue C. Ces deux roues sur le quatrième plan.

E. Roue à dents hélicoïdes agissant sur la vis sans fin : sur le cinquième plan. Cette roue, portée par le même axe que la roue B, se meut avec elle au moment où la détente est déclanchée ; alors la roue B agit sur la roue C et la roue *a''* *a''* portées par un axe commun ; à ce moment, le centre X et le bras D du chariot sont relevés, pour ensuite recommencer à descendre.

Afin de ne pas compliquer cette figure déjà si chargée, on n'a point dessiné la détente ; le lecteur n'en a pas besoin pour comprendre le système.

L'horloge dont nous nous occupons a un échappement à *ancre* dit de GRAHAM, fort bien exécuté, fonctionnant sans *chute*, sans secousse, et dont les *palettes* ou *levées* sont en *saphir*. La durée de cette pierre précieuse, la douceur de son frottement avec la roue d'échappement en acier trempé, assurent l'indestructibilité et la bonne marche de cet échappement.

Le *pendule*, long d'un mètre, bat la seconde. Il est *compensateur* suivant le système dit *à leviers*. C'est encore une pièce de très-belle exécution.

Ici nous sommes obligés de faire une courte digression pour expliquer ce qu'on appelle *pendule compensateur*.

La température influe sur les métaux : la tige d'un pendule s'allonge par la chaleur, se raccourcit par le froid ; de là variation dans la marche de l'horloge.

Pour neutraliser les effets nuisibles d'allongement et de raccourcissement, on a eu l'ingénieuse idée de composer des *pendules* où ces effets variables sont neutralisés, c'est-à-dire *compensés* les uns par les autres.

La fig. 13, pl. 238, représente l'un des principaux types, dit *pendule à gril*, qui a été inventé par le célèbre Harrison. Il se compose de neuf *branches* ou tiges rondes, dont cinq en fer ou acier, quatre en cuivre : on le construit de la manière suivante :

La tige centrale F traverse la *lentille* L ; un écrou inférieur E soutient la lentille qu'il fait remonter à volonté, pour le réglage préalable. Le bout supérieur de cette tige, qui est en acier, tient *à demeure* dans la traverse 3.3. A cette même traverse sont fixées, de même, les deux tiges en cuivre 3.3., qui descendent jusqu'à la traverse 5.5., où elles tiennent *à demeure*.

Notons que la tige centrale R joue librement dans le trou central de la traverse 5.5., et aussi dans le trou central de la traverse 4.4.

Dans la traverse 5.5. sont fixées deux tiges d'acier qui remontent jusqu'à la traverse 2.2., où elles sont également fixées.

De cette traverse 2.2. partent deux tiges de cuivre qui descendent jusqu'à la traverse 4.4. ; elles sont fixées à demeure dans chacune des traverses.

Enfin, les deux tiges extérieures, en acier, relient ensemble les deux traverses 4.4. et 1.1., qui complètent le système.

Tout ce mécanisme joue librement dans les traverses 6.6., 7.7., qui n'ont d'autre objet que de maintenir à égales distances toutes les tringles ou *tiges* composant l'appareil.

La traverse 1.1. supporte tout le système ; c'est à elle que sont fixées les *lames élastiques* ou les *ressorts c.d.*, *c.d.* formant *suspension*, et dont la flexibilité se prête au mouvement oscillatoire du pendule.

On comprendra aisément les fonctions *compensantes* du *gril* que nous venons de décrire. Elles sont basées sur la loi des dilatations inégales qu'éprouvent différents métaux, étant noté, d'abord, que la dilatation linéaire du cuivre est plus considérable que celle de l'acier. De là ressort ce principe, suivant lequel sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

établies les longueurs respectives des *tiges : qu'en général, pour qu'il y ait compensation, il faut que, si l'on compare la somme des longueurs des tiges de l'un des métaux à la somme des longueurs de l'autre métal, ces nombres soient réciproquement entre eux comme les dilatations linéaires.*

Voici ce qui se passe dans le *pendule compensé* par l'effet de la chaleur, supposons : la tige d'acier T, du milieu, dont le bout supérieur tient à la traverse 3. 3. s'allonge et fait descendre la lentille L. Mais les tiges en cuivre 3. 3., appuyées en bas, sur la traverse 5. 5., s'allongent aussi, et remontent la traverse 3. 3., qui repose sur leur extrémité supérieure. A leur tour, les tiges 5. 5., en acier dont le bout supérieur tient à la traverse 2. 2., s'allongent et abaissent la traverse 5. 5. Successivement les tiges 2. 2., en cuivre, qui reposent sur la traverse 4. 4., s'allongent et relèvent la traverse 2. 2. Enfin, les tiges extérieures 1. 1., en acier, suspendues à la traverse 1. 1., s'allongent et font baisser la traverse 4. 4.

De là il résulte que l'allongement des tiges d'acier 1. 1. — 5. 5. — T, qui tendrait à allonger le pendule en faisant descendre la lentille L., se trouve *compensé* par l'allongement des tiges de cuivre 2. 2 — 3. 3., qui tend à raccourcir le pendule en relevant (ou repoussant en haut) les traverses 2. 2. — 3. 3., que supporte le bout supérieur des tiges d'acier. Le calcul et l'expérience ont déterminé d'une manière certaine les proportions de longueur qui doivent exister entre les différentes tiges d'acier ou de cuivre.

On fait aussi des *pendules compensés*, à cinq et même à trois tiges seulement : ils ont donné de bons résultats.

Voyons maintenant le système de compensation, dit *à leviers*, analogue à celui employé dans l'horloge de M. Detouche qui nous occupe.

La fig. 14, pl. 239, le représente.

i i est une tige du milieu, en acier ; 2. 2. sont les deux tiges latérales en cuivre.

Ces trois tiges sont fixées à demeure dans la même traverse 2. 2. — L'extrémité inférieure de la tige d'acier est rivée sur une plaque demi-circulaire P, qui porte deux leviers horizontaux 3. 3. mobiles sur les goupilles *a. a.* — Il importe de remarquer que les *deux petits bras*, très-courts, de ces leviers reposent sur la goupille centrale *i*, dont voici les fonctions.

Cette goupille est fixée au centre de la *lentille* LLL, de telle façon que les deux *petits bras* des leviers 3. 3. retiennent cette goupille et en même temps la lentille LLL qui en dépend.

Repoussés par la pesanteur de la lentille et de sa goupille, les grands bras 3. 3. des leviers tendraient à se relever s'ils n'étaient retenus par les bouts inférieurs des tiges de cuivre 2. 2.

On comprend donc que la tige *i i* du milieu supporte tout le système, par l'intermédiaire de la plaque P., qui porte les goupilles *a. a.* des leviers 3. 3. — Ces leviers, par leurs *petits bras*, supportent la goupille *i* qui est fixée à la lentille LLL. — Enfin les bouts inférieurs des tiges en cuivre 2. 2. retiennent les grands bras 3. 3. des leviers horizontaux.

La compensation s'opère par l'allongement ou le raccourcissement des tiges en cuivre 2. 2., dont la dilatation, on le sait, est plus considérable que celle de l'acier.

Supposons le cas de la chaleur :

La tige d'acier s'allonge, tout le système tend à s'abaisser. Mais les deux tiges de cuivre se dilatent et s'allongent aussi, dans une proportion plus grande ; elles repoussent par leurs bouts inférieurs les grands bras des leviers 3. 3. Ces leviers pivotent sur les goupilles *a. a.* Les petits bras se relèvent, relèvent aussi la goupille *i* et sa lentille LLL. — L'allongement de la tige *i i* se trouve donc *compensé*.

Pour régler l'action de la compensation, on emploie un moyen aussi simple qu'ingénieux. V. V'. est une tige taraudée (en *d.* d'un pas de vis *à droite*), (en *g.* d'un pas de vis *à gauche*). Cette tige, amincie dans le milieu *b.*, tourne à frottement doux dans ce coussinet qui l'empêche de se mouvoir parallèlement à son axe. Suivant qu'on fait tourner cette tige à droite ou à gauche, on éloigne ou on rapproche l'une de l'autre les tiges en cuivre 2. 2., qui se meuvent par leurs écrous *d.* et *g.*, le long des vis inverses dont on vient de parler. — Sui-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vant que les tiges 2.2. sont écartées ou rapprochées, leurs bouts inférieurs agissent, plus loin ou plus près des centres *a. a.*, sur les grands bras 3.3. des leviers horizontaux ; alors le mouvement se traduit aux petits bras d'une manière proportionnelle. — On arrive ainsi à régler la compensation d'une façon complète ; et cela par des tâtonnements aussi brefs que faciles à vérifier,

Les boules V. V'. n'ont d'autre objet que de faciliter le maniement de la tige à deux vis.

L'horloge de M. Detouche indique l'heure à deux cadrans : l'un, intérieur, de 1m.50 de diamètre ; l'autre, extérieur, de 3m.80 de diamètre. Ce dernier cadran est placé à 45 mètres de l'horloge. Pour transmettre, à cette distance considérable, le mouvement aux colossales aiguilles qui marquent les minutes et les heures, on n'a pas eu recours à l'électricité. Le mécanisme chargé de cette fonction est construit en tiges de fer creux que relient des tampons d'acier poli, servant de pivots, et roulant sur des galets de cuivre.

Cette transmission, au moyen de roues d'angle et de mouvements de cadran, suit tous les contours des bâtiments. Elle fonctionne avec une grande régularité.

Pour résumer en peu de mots l'appréciation de cette belle horloge, nous dirons de nouveau qu'elle peut être considérée comme un type de l'horlogerie *classique*, et qu'à ce titre elle mérite d'être étudiée.

Ajoutons, en finissant, que sa vitrine mesure : en hauteur, 2m.70 ; en largeur, 2m.30 ; en profondeur, 1m.22.

Plus tard, dans le cours de nos études, nous retrouverons M. Detouche travailleur infatigable, promoteur généreux des idées nouvelles, se plaçant, par une exposition opulente, aux premiers rangs sur le terrain des innovations. Nous donnons ici, comme un des types les plus recommandables créés par lui, la reproduction de sa belle horloge placée au Conservatoire des Arts et Métiers. (fig. 15, page suivante.)

L'exposition de M. Collin renferme plusieurs nouveautés ingénieuses qui dénotent un chercheur courageux et intelligent.

La principale horloge de M. Collin (car il y en a plusieurs) est de très-grandes dimensions. L'échappement est *à chevilles* ; le pendule, long d'un mètre, bat la seconde. Le remontoir d'égalité est analogue aux premiers systèmes déjà décrits.

Dans cette pièce remarquable, il y a lieu de signaler l'emploi des engrenages *en fonte*, pour les gros rouages. C'est un acheminement vers le bon marché, toujours désirable quand il n'oblige pas à des procédés défectueux. Ici on ne saurait blâmer l'emploi de la fonte moulée, surtout si l'on considère la perfection à laquelle s'est élevé l'art du moulage. Bien entendu, pour les organes délicats du mécanisme, toutes les roues dentées sont en cuivre, et ont été fendues à la machine.

Le sujet d'étude qui se présente ici plus particulièrement, c'est l'épineuse question des *transmissions du mouvement horaire à de grandes distances*.

M. Collin a résolu le problème en employant l'*air* ou l'*électricité*. Le premier système est nommé par lui TRANSMISSION PAR LA PERCUSSION DE L'AIR. Pour en avoir l'intelligence il faut d'abord bien comprendre la figure 16, pl. 239.

A. *a.* sont deux pistons ajustés à frottement doux dans leurs cylindres, et communiquant entre eux par un tube T de longueur indéterminée.

Le piston A. est relevé ou abaissé par le levier articulé L.L.L. suivant les diverses positions que prend le *limaçon* (excentrique à cames) B., dans son mouvement de rotation.

Le piston *a.* est relié, par une tige polie, au levier articulé R. chargé de faire mouvoir la minuterie, au moyen d'un cliquet et d'une roue à rochet, placés derrière le cadran.

La *détente* à doubles becs D. D. est celle du *remontoir d'égalité*, qui est chargé de faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionner tout l'appareil ; elle se meut toutes les vingt secondes à chaque décrochement du remontoir. — C'est l'arrêt C. qui, oscillant avec l'axe commun au contre-poids et à la

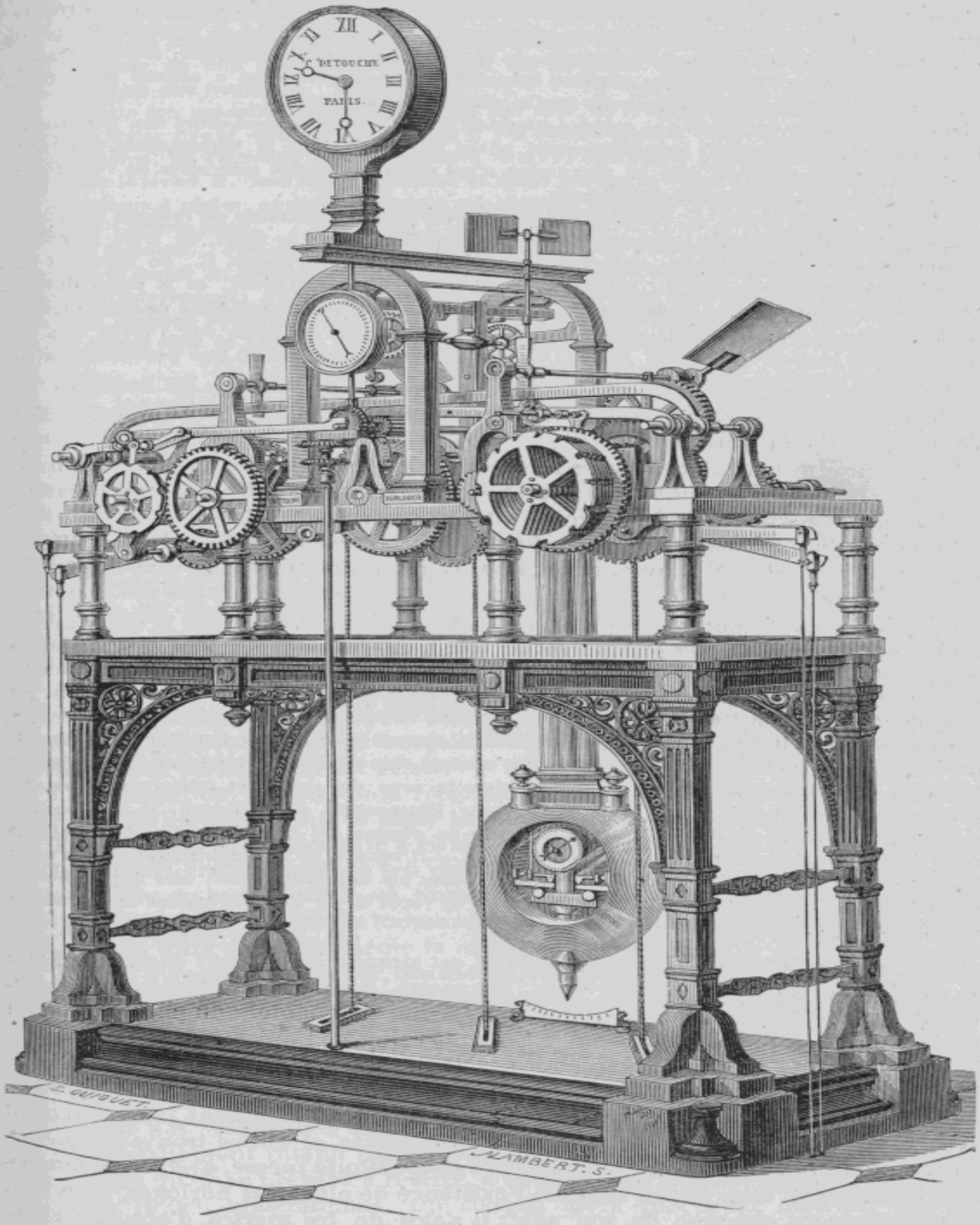


Fig. 15.

roue satellite du remontoir, retient successivement (à chaque déclanchement), les becs 1, 2 et les becs 1′. 2′.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On comprend que le piston A. suit, en s'élevant ou s'abaissant, tous les mouvements qui viennent d'être décrits : c'est par ce moyen que s'opère la *transmission*. Lorsque le piston A se trouve relevé (comme dans la figure), l'air contenu dans le tube T. a éprouvé un refoulement ou une compression que l'auteur nomme *percussion*. Cet effet se transmet jusqu'au piston *a*. qui se relève aussi, fait mouvoir le levier R. qui porte le cliquet ; alors la transmission est opérée, l'aiguille des minutes attenant à la roue de rochet a avancé d'un tiers de minute (soit 20 secondes) ; en trois fois la minute est parcourue.

Ici doit être noté un détail qui montre combien M. Collin a étudié et mûri son invention. Si le piston A, redescendait immédiatement après son ascension, la transmission pourrait ne pas avoir lieu, attendu que la *percussion* n'est pas instantanée (par suite de l'élasticité de l'air), surtout à de grandes distance.

Lors donc que le piston A. s'est relevé au point de pression extrême qu'indique la figure, il y a un repos durant trois secondes, du bec 1. sur l'arrêt C. ; ce délai de trois secondes suffit pour assurer l'effet de la transmission. — Lorsque ensuite l'arrêt C., en tournant un peu, a laissé échapper le bec 1., le bec 2. tombe sur le même arrêt, et y reste durant 17 secondes. Enfin, ce bec 2. échappe à son tour ; le limaçon B. fonctionne en même temps que la détente D. D. ; le bec 1', après son demi-tour, arrive en prise sur l'arrêt C. ; en même temps, le piston A. a été relevé, et une nouvelle transmission par percussion a eu lieu.

Ainsi fonctionne cet appareil, avec une régularité surprenante et qu'il faut avoir vérifiée pour y croire.

Nous reprendrons ailleurs l'examen scientifique et théorique de ce mécanisme ingénieux. Pour le moment nous nous bornerons à dire qu'il y a là une création nouvelle, intéressante et bien digne d'attention.

Passons à la *transmission par l'électricité*, que représente la fig. 17, pl. 239.

Ici encore, c'est par le fonctionnement du remontoir d'égalité que s'opère la transmission.

C. est une roue, E. un excentrique à double effet, montés tous deux sur le même axe, et dépendant du remontoir. Ces organes font un tour toutes les vingt secondes, ce qui procure un contact électrique et une transmission toutes les dix secondes, ainsi qu'on peut s'en convaincre en considérant que l'excentrique E. relève, deux fois par tour, le levier A. par l'intermédiaire de la roulette R.

Chaque fois qu'il est soulevé, le levier A. fait contact avec le bras fixe B. auquel aboutit nn fil de l'électro-aimant X. Au moment du contact, cet électro agit par attraction sur le levier D. qui, au moyen de son cliquet, pousse la roue du rochet et fait ainsi *passer* une dent, ainsi qu'il est facile de le comprendre par l'inspection de la figure. — Ce rochet-moteur porte trente-six dents ; il est monté sur un pignon de dix ailes qui commande la roue de cent dents portant l'aiguille des minutes.—Il résulte de la combinaison de ces nombres que trois cent soixante dents de rochet *passent* en une heure (soit une toutes les dix secondes). — Un cliquet de sûreté S. empêche le recul de la roue de rochet et régularise son mouvement.

Ce système de transmission électrique est simple, solide, sûr dans ses effets : il est bon, et fait fonctionner avec beaucoup de justesse plusieurs cadrans, quelle que soit leur grandeur, quel que soit leur éloignement du point de départ de la transmission. Les piles employées sont celles de Daniel.

Une autre nouveauté ingénieuse à signaler dans l'exposition de M. Collin c'est sa *remise à l'heure électrique*. Dans le cas précédent, il n'y avait à se préoccuper que d'une seule horloge qui transmettait électriquement le mouvement horaire à de simples cadrans plus ou moins espacés, et qui se trouvaient nécessairement toujours d'accord, pour l'heure et la minute même, avec cette horloge point de départ. Mais ici, on suppose l'existence de plusieurs horloges, marchant mécaniquement chacune de son côté. Il s'agit de les mettre d'accord ; chose difficile, impossible même, si l'on n'avait recours qu'aux moyens purement mécaniques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce problème a été fort heureusement résolu par M. Collin, ainsi qu'on le voit dans les figures 18 et 18 *bis*, pl. 239.

Nous appellerons *horloge type* celle qui sera chargée de régler les autres.

H'. est un excentrique attenant à la roue d'heures de l'horloge à régler (celle qui accomplit un tour en une heure). Cette horloge est disposée de façon à *avancer* de quelques secondes en une heure.

Lorsque son excentrique H'. a accompli son tour, le levier C. tombe et se met en contact avec le levier fixe D. (On remarquera qu'il y a encore contact en A. B. par suite de la position, *retard*, de l'horloge type.)—Alors le courant électrique s'établit, l'électro-aimant X. agit sur le levier R. dont le bec s'abaisse et vient arrêter la roue d'échappement E.

L'horloge à régler, et qui se trouvait en avance, s'arrête, attendant pour se mettre en marche l'heure juste.

A ce moment, l'excentrique H. (ou roue d'heures) de l'horloge type, a accompli sa révolution; le levier A. tombe et cesse d'être en contact avec le bras fixe B. — Aussitôt le courant est interrompu; l'électro-aimant X. cesse d'agir sur le levier R.; celui-ci se relève tiré par un petit ressort, et la roue E. d'échappement se remet en marche.

Le même effet se produit toutes les heures avec une sûreté et une justesse admirables.

Quoique un *carillon* ne soit pas de l'horlogerie proprement dite, nous croyons devoir placer ici la description du mécanisme nouveau exposé par M. Collin, et qui doit être placé dans la tour Saint-Germain-l'Auxerrois.

Une fois les cloches inventées, dit cet exposant dans une notice intéressante, des amateurs, en Espagne d'abord, imaginèrent, pour faire des accords, d'attacher des cordes aux *battants*, et de les tirer par les mains et par les pieds. De cette première idée naquit l'invention des carillons, qu'on perfectionna en établissant une espèce de clavier dont les touches communiquaient, par des fils, au battant des cloches. Mais comme il faut des efforts considérables pour lancer les battants, dont les poids peuvent varier de 5 à 200 kilog., on se garnit les mains de cuir, ainsi que les touches qui, pour les petites cloches, étaient des bâtons, et pour les grosses, des pédales.

On comprend alors combien le jeu de ces carillons était pénible. Cependant certains carillonneurs acquirent autrefois une espèce de célébrité, entre autres, celui de Dunkerque, à la fin du quinzième siècle, vers 1476. Depuis cette époque c'est le seul système qui ait existé.

Cependant, on a bien tenté récemment, mais sans succès, l'emploi de l'air comprimé, en appliquant le *levier pneumatique* des orgues de M. Barker.

La première objection faite à ce système, c'est qu'il pèche d'abord par la base, attendu que, comme dans le jeu par les battants, lorsqu'il y a répétition de note, l'intervalle de la première est toujours plus court que les suivants. Supposons qu'on passe outre, il restera toujours cet autre défaut, inadmissible de nos jours, que l'effet utile n'est pas même la moitié du travail.

Après l'invention du clavier, des mécaniciens ingénieux imaginèrent le *cylindre*, qui n'était d'abord que de petites dimensions, et ne permettait de faire que des accords, en le tournant à la main. On perfectionna ensuite cette idée, et, vers le seizième siècle, tous les carillons des villes du Nord eurent des cylindres mus par des rouages que détendaient des horloges, à toutes les heures, et même, pour certains carillons, à tous les quarts d'heure. Ce fut alors qu'on donna aux cylindres des proportions qui devinrent gigantesques. Celui de Dunkerque, qui a été parfaitement rétabli par M. Henry Lepaute, a un mètre de diamètre. Celui de Bruges qu'on se prépare à refaire, a deux mètres de diamètre; il est en bronze et pèse 10,000 kilogrammes. On conçoit alors que, pour mouvoir ces monstrueuses machines, il faille des poids moteurs variant de 500 à 3,000 kilog., suspendus à des chaînes enroulées sur des tambours au moyen de treuils qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

demandent de un à trois hommes, et d'une demi-heure à trois heures de travail pour être remontés.

Le carillon de la Samaritaine, à Paris, qui a été détruit en 1813, était établi d'après ce système. Depuis lors jusqu'à nos jours, en dehors des tentatives infructueuses faites au moyen de l'air comprimé, rien de nouveau ne paraît avoir été tenté avec succès.

Le carillon destiné à Saint-Germain-l'Auxerrois est donc une idée tout à fait neuve. Il se compose de quarante-deux cloches, c'est-à-dire aura environ trois octaves. Le spécimen qui est à l'Exposition n'a que quatre cloches, par conséquent quatre corps de rouages: il est muni d'un clavier ordinaire, d'un clavier électrique, et d'un clavier automoteur.

Les points principaux du système consistent: 1° dans l'emploi d'un rouage spécial pour chaque cloche, et proportionné à la pesanteur; 2° dans le déclanchement de ces rouages qui ont pour mission de lever les marteaux (au nombre de quatre pour chaque cloche) engagés l'un après l'autre dans un arrêt qui les retient en attente. Le *doigt* ou *argot* du cylindre n'a pas d'autre effort à vaincre, pour faire sonner, qu'un petit frottement pour les déclancher; aussitôt ils frappent instantanément et répètent la note avec assez de vivacité pour pouvoir jouer au besoin des doubles et même des triples croches, ce qui dépasse, pour des cloches, les limites du nécessaire. C'est au moment même ou le *doigt* déclanche le marteau, que le rouage est débrayé pour préparer un nouveau marteau et le mettre à la disposition du doigt, en cas de répétition de note.

La différence entre les anciens systèmes et le nouveau consiste donc à ne pas faire lever directement le marteau, mais à se servir d'un rouage intermédiaire entre lui et la touche, ce qui rend l'effort presque nul.

Un des autres avantages, c'est qu'au lieu d'avoir des cylindres énormes, mesurant jusqu'à deux mètres de diamètre, M. Collin peut obtenir le même résultat avec des cylindres dix fois plus petits. En outre, il est certain que ces cylindres seront d'un prix relativement modéré (trois cents francs environ), et n'atteindront jamais le chiffre fabuleux de cinquante mille francs, comme dans le carillon de Bruges. Enfin ils pourront être changés à volonté; ce qui permettra de changer le répertoire des airs joués.

Ce système a encore pour avantage de pouvoir employer l'électricité, puisqu'il n'y a plus a vaincre que des efforts très-minimes. Ainsi, à l'Exposition, un clavier à transmission électrique, long de plus de 100 mètres, le fait très-bien fonctionner. M. Collin se propose un essai qui consistera à établir une communication de ce genre, de l'orgue de Saint-Germain-l'Auxerrois à la tour du carillon; on réaliserait ainsi des *effets* de cloches entièrement nouveaux.

D'après les calculs de son auteur, ce système peut donner sur chaque cloche de deux mille cinq cents à trois mille coups, sans qu'on soit obligé de remonter les cylindres.

Les mêmes calculs démontrent que, dans l'ancien système, il ne faut pas compter plus de 60 pour 100 d'effet utile, attendu que, pour soulever un petit ou un gros marteau, le gros cylindre doit dérouler à peu près la même longueur de chaîne, et le poids descendre de la même quantité. Aussi les vieux gros rouages devaient-ils être établis avec un volant considérable pour que les résistances (très-différentes d'un gros à un petit marteau) ne changeassent pas la régularité de la marche. Au contraire, dans le système Collin, les petites cloches, qui ont de petits marteaux, ont de petits rouages; et les grosses cloches, de gros rouages.

En résumé, le doigt ou le cylindre n'a à vaincre que les frottements nécessaires pour déclancher les marteaux soulevés préalablement par les rouages, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sorte que, pour les petites cloches comme pour les grosses, les efforts sont sensiblement les mêmes, et pour les rendre tout à fait semblables, il n'y a qu'à tendre plus ou moins les ressorts de réglage. On peu considérer ce système comme très-simple, car il se réduit, pour chaque cloche, à un cylindre à quatre cames et leurs levées de marteaux.

La fig. 19, pl. 239, représente en détail le système de M. Collin.

A. est un clavier, mû par la main ou par un cylindre. B. B'. B''. sont les leviers en *équerres* chargés de la transmission.

L'*équerre-rouleau* B''. I. I'. I''. demande une description préliminaire : c'est une tige verticale (ou *rouleau* en style de facture d'orgues), qui tourne sur ses pivots placés en I. I''. B''. est un *bras* ou levier implanté dans ce rouleau, et que le lecteur voit par bout ou plutôt en raccourci ; à l'extrémité de ce bras vient s'attacher le fil de tirage arrivant de l'équerre B'. — Quand la touche A. est enfoncée, le fil correspondant vient tirer le bras B''. ; ce bras cède, en faisant pivoter le rouleau I. I'. I''. sur lui-même ; le rouleau, dans ce mouvement, dégage (par un *arrêt* ou *buttoir* non représenté dans la figure) la détente D'''. montée sur un axe F. dont la vis sans fin engrène avec la roue D''. ; alors cette roue marche jusqu'à ce que la détente l'arrête en s'arrêtant elle-même, au bout d'un demi-tour, contre le buttoir du rouleau I. I'. I''. qui s'est replacé de lui-même.

D'un autre côté, le bras B''. se prolonge derrière le rouleau, de façon à former un bras diamétralement opposé, et qui, par un fil assez court, tire le bras C. de l'équerre C. C'., en même temps que le rouleau I. I'. I''. dégage la détente D'''. F. — Dans son mouvement, l'équerre C. C'. relève son bras C'., et laisse ainsi échapper le bras vertical D. de l'*équerre-levée* à trois bras D. D'. D''.

C'est alors, et simultanément, que la roue D''. (ou roue de cylindre portant le poids moteur) tourne, et avec elle son système de *cames* E. ; chaque came, à chaque déclanchement produit par le clavier, laisse échapper le bras D''. (comme il est représenté dans la figure), et le marteau qui était suspendu par le fil attenant au bras D', frappe son coup sur la cloche.

Il y a, pour chaque cloche, une quadruple répétition de tout le système qu'on vient d'expliquer, puisqu'il s'agit de faire jouer quatre marteaux sur chaque cloche. (Un seul, représenté dans la figure, cache les autres au lecteur.)

Voici maintenant par quel moyen chaque marteau est relevé. Dès qu'un marteau a frappé, la came suivante qui le concerne avance progressivement pendant que les autres cames, échelonnées sur divers plans, font frapper les autres marteaux. Tout en avançant, cette came relève le marteau (c'est-à-dire l'*équerre-levée* D. D'. D''.) jusqu'à ce que le bras D. en rétrogradant, soit venu se replacer en avant du bras C'. de l'équerre C. C'. ; à ce moment le quatrième et dernier marteau a frappé et le mouvement suivant fait frapper de nouveau le premier. La même opération progressive relève ainsi tous les marteaux qui, chacun à leur tour, sont tenus suspendus par le bras D. de l'*équerre-levée*, et sont prêts à frapper lors du déclanchement.

Les chiffres 1., 2., 3., 4., répétés soit sur les cames, soit sur chacun des trois bras de l'*équerre-levée*, font comprendre ce fonctionnement successif du mécanisme.

La fig. 20, pl. 239, représente un système employé par M. Collin pour faire marcher une horloge par des moyens purement électriques, c'est-à-dire sans l'intermédiaire d'aucun rouage ou moteur mécanique.

Les fonctions sont faciles à comprendre : supposez le pendule B^1. B^1. B^1. en marche, dans le sens indiqué par la flèche ; le point A., du bras transversal fixé vers le haut de ce pendule, vient faire contact sur le bras B^2. du levier B^2. B^3. Aussitôt le courant s'établit, car le bras A. du pendule porte un des fils, et le levier B^2. B^3. porte l'autre fil. — Sur-le-champ l'électro-aimant E. E. agit sur le grand bras du levier-équerre C^1. C^2. C^3., l'attire, et, avec lui, le cliquet K. qui commande la roue à rochet de la minuterie : ce cliquet recule d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dent, et tout à l'heure, pendant la vibration contraire du pendule $B^1.B^1.B^1.$, fera avancer d'autant la roue dont il s'agit.

En effet, par le contact A., le bras $B^2.$ du petit levier a été soulevé suivant la marche du pendule, l'extrémité opposée du bras $B^3.$ s'est abaissée et a quitté le tasseau T. fixé au petit bras C^3 du levier-équerre ; en même temps ce tasseau se relevait de son côté par le mouvement d'attraction de l'électro-aimant.

Dans ces conditions, le bras à contre-poids $B^2.$ devient libre d'agir par sa pesanteur ; il s'abaisse donc, suivant le pendule dans sa vibration en sens inverse, et lui restitue ainsi l'impulsion nécessaire.

Dès que le contact A. a cessé, l'électro-aimant cesse d'agir ; le contre-poids $C^3.$ du levier-équerre agit à son tour, par sa pesanteur, et fait avancer une dent de la minuterie, ainsi qu'il a été expliqué tout à l'heure. — Les choses continuent de même, à chaque vibration.

Ce système fonctionne régulièrement et avec une grande sûreté, mais il ne peut échapper à l'inconvénient théorique de divers contacts nuisibles à la marche du pendule et capables de gêner sa liberté. D'un autre côté, il est très-simple, très-facile à établir, et il a pour lui la sanction de l'expérience qui en vaut bien une autre. Disons, enfin, que beaucoup d'autres systèmes analogues, ont fourni des marches suffisamment régulières. Tous ces résultats obtenus sont éminemment louables et satisfaisants, si l'on pense que les inventeurs s'occupent d'un sujet neuf et à peu près inconnu.

M. Paul Garnier a exposé une horloge monumentale à quatre cadrans, et un type de pendule ou horloge simplement électrique. Ces deux pièces méritent un examen approfondi, car elles renferment des idées neuves, dignes du nom de leur auteur.

Dans l'horloge monumentale nous trouvons un échappement d'invention et de dispositions nouvelles : M. Garnier le nomme *échappement libre, à force constante*. L'examen va démontrer qu'il justifie son titre.

Commençons par établir la légende des pièces représentées dans la figure 21, planche 238.

A. B. C. sont les *roues* du *rouage* ou mécanisme ordinaire de l'horloge.

D. *pignon* engrenant avec la roue C. et mené par elle. — Sa tige porte *trois bras* qui tournent avec elle, et font successivement arrêt sur la pièce M. — Elle porte aussi un volant à masses, mobile sur la tige, pour amortir la force du rouage.

E. *pignon* engrenant également avec la roue C. et mené par elle. — Sur sa tige est monté un *plateau* U'. qui porte six chevilles.

F. *cercle d'impulsion*.

G. *petite masse* montée sur le prolongement d'un *rayon horizontal* du cercle d'impulsion F.

H. *ancre de l'échappement*, monté sur la même tige que la fourchette. (La *fourchette*, le lecteur s'en souvient, est une pièce qui se meut avec le balancier ou *pendule* d'une horloge ; elle transmet l'impulsion du rouage au pendule, et reçoit de ce dernier la régularité et la lenteur nécessaires pour la marche du mécanisme horaire.) Elle n'est pas représentée dans la figure.

I. *bras de dégagement* monté sur l'*ancre* H.

J. *détente* retenant le *cercle d'impulsion* F.

L. *dent de dégagement* du *bras* I.

M. *détente d'arrêt* du rouage moteur.

O. *cheville de dégagement* de la *détente* M., montée sur le *cercle d'impulsion* F.

P. *bec de la levée* de l'*ancre* F.

R. *cheville d'impulsion* montée sur le cercle F.

S. *cheville d'arrêt* du rouage moteur, montée sur la *détente* M.

T. *dent* du *cercle d'impulsion* faisant arrêt sur la détente J.

U. *dent* du *cercle d'impulsion* servant à sa remise en place par chacune des six chevilles du plateau U'.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une courte explication fera aisément comprendre les fonctions de cet échappement.

Il est représenté, dans la figure, le balancier étant arrêté et dans la position verticale.

Si, à ce moment, on écarte le balancier (ou *pendule*) pour l'amener vers la droite, le *bras* I. *de dégagement* passera à la droite de la *détente* J.

Si l'on abandonne alors le balancier à lui-même, il accomplira son oscillation de droite à gauche, et, dans ce mouvement, la *dent* L. du *bras* I. rencontrera la détente J., l'écartera de sa position de façon à dégager la *dent* T. du *cercle d'impulsion* F.

Ce *cercle* alors, sous l'action de la *masse G.*, tournera dans le sens indiqué par la flèche, la *cheville* R. rencontrera la *levée* ou plan incliné P. de l'ancre H., l'accompagnera afin de donner au balancier l'impulsion suffisante pour entretenir son mouvement d'oscillation.

Au moment où la *cheville* R. quitte le plan incliné, la *cheville* O. rencontre la *détente* M, l'écarte de sa position, et dégage l'un des trois bras du pignon D. qui fait repos sur *l'arrêt* S.

Alors le rouage moteur se met en mouvement, en même temps fait tourner le pignon E. qui porte le *plateau* U'. à six chevilles. Une de ces chevilles rencontre la dent U. du cercle d'impulsion et le ramène à sa position primitive, en remettant la dent T. de ce cercle en prise avec la détente J.

Simultanément l'un des trois bras du pignon D. vient s'arrêter (comme l'était le bras précédent), sur la cheville S. qui a repris sa position primitive. — Alors le rouage s'arrête.

Cependant le pendule a continué son oscillation de droite à gauche, entièrement libre et dégagé de tout frottement : au retour, il accomplit son autre oscillation de gauche à droite, pour recommencer ensuite les mêmes fonctions avec la plus grande régularité.

Comme on le voit, cet échappement est vraiment *libre* : la seule résistance qu'il ait à vaincre consiste dans le dégagement de la *détente* J, qui s'opère dans le parcours d'un quart de degré environ, et dont la résistance se trouve aussitôt neutralisée par la force que restitue à ce moment le *cercle d'impulsion*.

Cet échappement est aussi à *force constante*, car la masse G travaillant, par sa pesanteur, toujours dans les mêmes conditions de hauteur et de poids, donne toujours une impulsion égale.

Cette disposition, qui a des analogies avec les autres *remontoirs d'égalité*, paraît surtout devoir être d'un excellent emploi lorsque l'horloge a de longues conduites de tringles (ou transmissions de mouvement) à mener, et lorsque les aiguilles de grands cadrans sont exposées à offrir des résistances variables et considérables par suite de l'action du vent.

En effet, le rouage ne participant plus immédiatement à la régularité de la marche horaire, peut être construit dans des conditions de force et de stabilité plus en rapport avec les résistances à vaincre.

Considérons maintenant la pendule *électro-magnétique* que représente la double figure 22, planche 238.

Suivant une remarque faite par M. Paul Garnier et plusieurs autres savants expérimentateurs, dans la plupart des pendules ou horloges électriques, l'interruption du courant se fait entre le pendule et la pièce intermédiaire destinée à entretenir son mouvement oscillatoire ; il en résulte, à l'endroit du contact de ces deux pièces, une oxydation qui exerce les effets les plus préjudiciables sur la marche de la pendule, et qui peut troubler considérablement l'isochronisme des oscillations.

Dans la pendule dont nous nous occupons, l'interrupteur est isolé du balancier et les effets nuisibles disparaissent. Voici la description du système :

R. est la pièce à ressort qui sert à entretenir le mouvement du balancier ; elle porte un petit appendice de platine A. — Sur son prolongement, à son extrémité, est, en B., une pierre ou rubis sur lequel réagit le bras latéral du balancier (ou pendule) P.

Au-dessous de l'appendice de platine se trouve une pièce C., munie d'une vis de platine,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette pièce (dont la position C'. est indiquée dans la portion de figure nº 2) est portée par un bras C'. adapté à l'axe X. qui porte l'armature L. de l'électro-aimant E.

Sur le même axe X. est fixé le levier G.H. qui porte le cliquet d'impulsion et aussi un autre bras I. sur lequel réagit le *ressort antagoniste* V. (On désigne sous ce nom le *ressort* destiné à remettre les choses à leur place primitive, après que l'action électro-magnétique a cessé d'agir.)

Lorsque le balancier n'est pas encore en contact avec le ressort moteur, la pièce C. touche l'appendice A., et le courant vient dans l'électro-aimant E. qui attire la platine (ou *armature*), de fer doux L. soulève le bras supérieur G. de cette armature qui porte le cliquet et soulève aussi la pièce de contact C.

Mais au moment où le bras latéral du pendule arrive jusqu'au ressort R., le courant est rompu, l'armature L. se détache de l'électro-aimant, et le levier (ou pièce de contact) C. s'abaisse, le ressort R. réagit sur le bras latéral du pendule qu'il accompagne pendant un certain parcours, en lui restituant une quantité de mouvement égale à l'écartement qui existe entre les pièces A. et C.

Après cette impulsion, le pendule achève son oscillation et abandonne le ressort R. qui rencontre de nouveau le bras C. ; le courant est rétabli dans l'électro-aimant, le levier (ou pièce de contact) C. est relevé ; en même temps le ressort R. se trouve relevé, tendu de nouveau et prêt à donner une nouvelle impulsion au moment de la prochaine rupture du courant.

En même temps que la pièce C. tend le ressort moteur R., le levier G.H. réagit sur la roue à rochet et la fait avancer d'une dent pour chaque double oscillation, c'est-à-dire, à chaque seconde, le pendule battant les demi-secondes.

Cette roue fait un tour en une minute, et communique le mouvement aux aiguilles.

Une pendule de ce système transmet la seconde, la minute, l'heure, à un ou plusieurs cadrans récepteurs, quelle que soit leur distance. Elle peut être parfaitement utilisée dans un observatoire pour *synchroniser* (indiquer simultanément) la seconde identique en plusieurs lieux.

L'horloge exposée par M. Henri Lepaute est merveilleuse de fini et d'exécution; sa forme élégante sort des dispositions ordinaires.

Ici nous revenons aux grandes traditions de l'horlogerie classique, celle qui a réalisé des prodiges de régularité et de longue durée à l'aide des moyens exclusivement mécaniques.

Cette horloge magistrale donne l'heure à deux cadrans adossés, qui occupent le grand vitrail intérieur donnant sur le square central. La transmission de l'heure se fait sans le secours de l'électricité, à l'aide d'engrenages et de tiges rigides munies de *plaques de dilatation*.

On appelle *plaques de dilatation* des appareils employés dans les transmissions très-longues, et où, par conséquent, les effets de la chaleur et du froid peuvent produire des allongements ou des raccourcissements nuisibles.

Ces *plaques* sont des disques placés bout à bout, à chaque extrémité de tige. L'un de ces disques porte des trous en boutonnière; l'autre porte des chevilles saillantes qui correspondent aux trous et y entrent librement.

Chaque tige est placée de façon à ce qu'il y ait entre son extrémité et celle de la suivante un léger intervalle, assez grand pour que, dans les plus grandes dilatations, les deux disques ne puissent pas venir se toucher.

On comprend aisément que les chevilles engagées dans les boutonnières opèrent la *menée* d'une tige à l'autre, tout en glissant longitudinalement dans ces boutonnières, suivant les contractions ou dilatations des tiges.

Ces tiges roulent dans des coussinets plus *étroits* que les *portées*, pour que le même glissement longitudinal puisse se produire sans gêne.

Enfin, les trous sont en *boutonnière*, pour que les chevilles ne se trouvent pas gênées dans les trous, au cas où les *axes* de rotation des *tiges* ou des *plaques* ne seraient pas parfaitement *concentriques*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Revenons à l'horloge de M. Lepaute. Par suite des exigences architecturales, il a fallu faire passer la transmission sous le dallage, la faire remonter le long des murs, enfin l'amener derrière le vitrail.

Les difficultés ont été sérieuses; les cadrans étant éloignés de 35 mètres du corps de l'horloge, et les nécessités du local exigeant des contours multipliés, il a fallu employer sept engrenages d'angle pour renvois de mouvements, et quatorze paliers graisseurs avec autant de plaques de dilatation.

Malgré les nombreux frottements qui résultaient inévitablement de cet état de choses, l'horloge n'a cessé de fonctionner très-régulièrement. Cependant ce mécanisme marche huit jours sans remontage, et le poids moteur n'est que de 40 kilogrammes.

L'échappement est à *chevilles*, semblable à celui dont nous avons précédemment donné une description sommaire (fig. 10, pl. 238).

Néanmoins, M. Henri Lepaute a apporté à ce système une modification déjà employée par d'autres artistes, et qui constitue un progrès réel, ainsi qu'on va le voir.

Dans la figure 10, les deux *bras a, a'*, portant les *becs de levée e i, e' i'*, sont inégaux en longueur; le bras *a* est plus long que l'autre. Si l'on considère que les *becs e i, e' i'*, chevauchent l'un sur l'autre, on comprend que si les deux bras étant égaux de longueur, ces deux becs se fussent trouvés vis-à-vis, ils n'auraient pu être placés en position convenable pour livrer passage aux chevilles : force a donc été de faire les bras inégaux.

Mais ici on a supprimé la difficulté en prolongeant les chevilles de chaque côté de la roue, et en plaçant un bras devant, un bras derrière la roue. Par ce moyen, on a pu faire les bras égaux, ce qui est une réelle amélioration, à divers points de vue.

Le principal avantage est de rendre égaux le temps et les forces d'impulsion, ainsi que les durées des repos; car alors les chevilles, rencontrant des organes égaux remplissent des fonctions égales, produisent des effets identiques, ce qui est toujours désirable en horlogerie.

Quand les bras, c'est-à-dire les leviers et les rayons sont inégaux, on conçoit que les fonctions et les effets le sont aussi, et c'est là un inconvénient que M. Lepaute a su éviter.

Une autre amélioration doit être notée.

Dans tout échappement, il est essentiel que chaque dent vienne se reposer sur son point d'arrêt avec le moins de chute possible. Ce qui revient à dire que l'espace parcouru par chaque dent, hors des points d'arrêt ou d'impulsion, doit être le plus court possible.

Or la forme adoptée pour les chevilles (fig. 10), et qui est celle d'un cylindre réduit à son demi-diamètre par une coupe suivant son axe, cette forme, disons-nous, ne permet pas de réaliser l'économie d'espace ou de *chute* dont il s'agit.

En effet, la partie ronde de la cheville se présente aux *levées* et à leurs *inclinés* d'une façon défavorable pour cela, ainsi qu'on peut le voir à l'inspection de la figure 10.

Pour obvier à cet inconvénient, M. Lepaute a modifié les chevilles en leur donnant une forme analogue à celle des dents employées pour l'échappement à ancre (voir fig. 9, pl. 238), c'est-à-dire en substituant à la configuration *convexe* de la cheville une portion *concave*, qui facilite la *rentrée* de la dent après que l'échappement s'est opéré.

Inutile de dire que la même perfection de travail existe dans la roue et les chevilles d'échappement que dans le reste de l'horloge. Tout cela est en acier trempé, poli au plus haut degré, et ajusté avec une précision digne d'éloges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *levées* ou *inclinés* sont en rubis, dont la dureté et le poli assurent à l'échappement toute la durée et la régularité désirables.

Il est regrettable que les sonneries soient restées à l'état rudimentaire, et qu'ainsi cette belle horloge soit incomplète à ce point de vue.

Tout ce qu'on en peut voir consiste dans les *détentes* (pièces que soulève la roue d'heure pour déclancher le rouage de sonnerie), et deux régulateurs, semblables au modérateur de Watt, à boules, dont la fonction est de redresser des volants à ailettes lorsque la vitesse de rotation augmente.

Cette combinaison (qui, autant qu'on en peut juger, fait pressentir une idée neuve) a pour but de régulariser les intervalles des coups de marteaux, quelle que soit la grosseur des cloches qu'on doit faire sonner.

Le remontoir d'égalité a été combiné de façon à prévenir un inconvénient qui devait forcément résulter des torsions des tiges et des *ébats* des engrenages, dans une aussi longue transmission de mouvement.

En effet, lorsqu'une certaine quantité de mobiles est en jeu, les petits retards partiels, existant dans la mise en mouvement des pièces successives, finisssent par s'annihiler lorsque la pression imprimée par le moteur a établi tous les contacts d'un bout à l'autre de la transmission.

Mais si le mouvement de la force motrice s'arrête brusquement, les autres pièces entraînées par leur force d'élan, continuent leur marche jusqu'au point de désunir tous les contacts, et d'en établir d'autres à l'extrémité opposée de l'*ébat*, dans le sens du mouvement.

Il résulte de cet état de choses que, lorsque le remontoir d'égalité s'arrête tout court, les aiguilles (placées à l'autre bout de la transmission) continuent de marcher et peuvent ainsi accuser une avance de trois, quatre, cinq minutes, suivant la somme des variations venant de tous les *ébats* additionnés; et quand le remontoir défile de nouveau, il peut y avoir retard par une raison inverse.

Pour parer à ces fluctuations vicieuses, il faudrait obtenir une *menée* uniforme, exempte de temps d'arrêt. M. Lepaute, dans la combinaison de son remontoir, est arrivé bien près du but.

Son système est toujours celui que nous avons décrit précédemment, et représenté fig. 11, pl. 238; mais ici le levier arrêt du remontoir n'interrompt pas directement la rotation de la détente et de son volant; il est relié à un levier auxiliaire dont le *bec* chargé de cette fonction ne peut l'accomplir qu'après un certain nombre de tours du volant combinés avec les oscillations du pendule.

Dans le remontoir dont il s'agit, le temps d'arrêt n'a lieu que toutes les six secondes (intervalle adopté entre chaque fonctionnement du remontoir), et ne dure que l'*espace d'une vibration*.

Cette combinaison, outre l'avantage qu'on vient de signaler, rend insensible le déplacement de la roue satellite pendant la durée des six secondes qui sépare chaque arrêt du remontoir.

Il en résulte encore que le rouage moteur remonte, dans des conditions de force, de mouvement et de poids *presque absolument égales*, le poids agissant sur la roue d'échappement, d'où la conséquence que cette dernière roue obéit à une force *presque absolument* constante.

Tous ces résultats sont fort précieux en horlogerie; le mécanisme que nous étudions est très-louable, car il les réalise d'une façon extrêmement rapprochée.

Les figures 24 et 24 bis, pl. 238, présentent, l'une en élévation, l'autre en plan, ce remontoir, qui, nous devons le dire, est assez compliqué.

Le 3e mobile M. de l'horloge, par l'intermédiaire du 2e mobile, est en communication directe avec le cylindre portant le poids moteur.

Une *lanterne* (petite roue à *fuseaux* remplaçant le *pignon* A.), portée par l'arbre de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3e mobile, engrène avec une roue B. dite *intermédiaire*, et fixée sur un arbre dont les pivots son portés par un *coq* TTT (espèce de *chappe*), appelé *chariot de remontoir*.

Ce chariot TTT est emmanché sur un arbre dont l'axe est dans le prolongement de celui qui porte la roue d'échappement. (Cette roue n'est pas représentée dans la figure.)

La roue B., montée sur son chariot, constitue le système *satellite* que nous avons décrit en expliquant le remontoir de Michel Lepaute.

L'axe de cette roue B. intermédiaire décrit donc, dans son mouvement d'oscillation, un arc de cercle dont le centre est sur l'axe de la roue d'échappement.

Cette même roue engrène, d'autre part, avec une lanterne C. que porte l'arbre de la roue d'échappement.

On voit ainsi que le chariot de remontoir (dont la pesanteur est équilibrée à volonté par un contre-poids D.) agit sur la roue d'échappement.

On comprend de même que le 3e mobile, tendant constamment à soulever le chariot de remontoir, l'empêche de descendre, ce qu'il ferait évidemment, si la roue intermédiaire n'engrenait qu'avec la lanterne d'échappement.

Mais le 3e mobile mène aussi une roue F., en communiquant le mouvement à la lanterne K., dont l'arbre porte le *limaçon* L. (roue portant cinq coches à sa circonférence).

L'arbre autour duquel oscille le chariot de remontoir porte, en prolongement du contre-poids D., un levier Y.Y., dont l'extrémité est reliée à un autre levier J.J.K. au moyen d'une petite bielle Z.

Ce second levier J.J,K., dont le poids s'équilibre à volonté, porte à son extrémité un bec crochu G. contre lequel vient s'arrêter l'*argot* de volant H.

A côté du bec G., et sur le même levier, est un autre bec *e*. garni d'une pierre fine, et destiné à entrer dans les cinq entailles que porte la circonférence du limaçon L. Quand ce bec *e*, rentre dans une entaille, le rouage s'arrête; quand il en sort par l'abaissement du levier Y.Y. qui tire avec lui l'autre levier J.J., le rouage se remet à courir; ensuite, les deux leviers remontent, puisque le chariot avec sa roue satellite agit sur eux dans ce sens; une nouvelle entaille se présente et le bec *e*. y entrant, l'autre bec G. arrête l'*argot* de volant H. Le rouage s'arrête de nouveau.

L'action combinée de ces deux leviers fait parcourir aux becs *e*. et G. une course verticale qui eût été insuffisante, si le levier J.J.K. avait servi seul à arrêter l'argot de volant H. car le remontoir fonctionnant très-souvent, la course du chariot est très-minime.

Il y a lieu d'observer ici que cette brièveté de course est une condition avantageuse, puisqu'elle atténue les variations produites par le désengrènement qu'on a reproché quelquefois au remontoir de Michel Lepaute.

Les explications données précédemment au début de l'article sur les remontoirs, se réfèrent au mécanisme actuel, qui, au fond, repose sur les mêmes principes.

Supposons le bec *e* au fond d'une entaille du limaçon L; le balancier fera une oscillation pendant laquelle le bec sera dégagé par le mouvement de l'axe du chariot de remontoir; au même instant, le rouage, devenu libre (puisque le bec *e* qui le retenait est sorti de l'entaille), se met à courir.

Les *nombres* des rouages de volant sont calculés de façon à ce que, après cinq vibrations (ou oscillations) du pendule, le volant ait fait trois tours. — A chaque déclanchement du rouage, l'argot de volant décrit une révolution entière.

De cette façon, les aiguilles marquent les 5/6 du temps, et, par suite, leur mouvement n'ayant rien de rapide, on ne voit plus se produire ces secousses si fréquentes dans les remontoirs ordinaires.

La marche de ce remontoir est extrêmement curieuse à suivre; on dirait que le chariot de la roue satellite se maintient dans un équilibre perpétuel, tant ses oscillations apparaissent peu sensibles. La menée qui en résulte est d'une grande uniformité; aucun *ressaut* ne se manifeste dans la marche des aiguilles.

Il nous reste encore à signaler, dans la section française, une horloge monumentale, exposée par M. Beignet.

Cette pièce, remarquable par son ensemble très-bien combiné et par le fini par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait de son exécution, est destinée à la Bourse du nouveau marché de la Villette.

Échappement à ancre; balancier compensé, à gril; remontoir d'égalité, système Lepaute; transmission mécanique pour deux grands cadrans; transmission électrique pour trente cadrans distribués dans l'intérieur des bâtiments; sonneries d'heures et de quarts; sonneries de carillon, ou *volées* annonçant les heures d'ouverture et de fermeture des marchés : tout se réunit dans cette horloge pour en faire une œuvre complète et pourvue de toutes les ressources de l'art moderne.

Les cadrans seront situés à 145 mètres de l'horloge. La transmission mécanique destinée à franchir cette longue distance est composée en tiges de fer creux, mesurant chacune 2 mètres de longueur; elles sont munies à chaque bout de plaques de dilatation, et d'axes en acier roulant sur des galets dont les pivots sont également en acier.

Un poids de 200 grammes, tirant sur un cylindre dont le diamètre n'excède pas 5 centimètres, suffit pour déterminer la rotation de tout ce système, et pourtant la nécessité de suivre plusieurs détours, imposée par les exigences architecturales, a forcé le constructeur à employer vingt engrenages à angles différents.

Le remontoir d'égalité fonctionne par tiers de tour toutes les dix secondes : l'arrêt de détente est l'axe lui-même portant une entaille, ainsi que nous l'avons expliqué précédemment, au sujet de la figure 11. — Un contre-poids de 5 grammes suffit pour le fonctionnement de cet organe et pour entretenir la marche de l'horloge.

C'est par le prolongement de l'axe portant la détente du remontoir que s'opère la transmission électrique; par conséquent, l'impulsion est donnée aux cadrans récepteurs toutes les dix secondes. A cet effet, un disque (ou excentrique) à trois *dents* (ou cames), fixé au bout de l'axe de la détente, soulève, par l'action de ces dents, un levier flexible qui établit le contact et provoque la circulation du courant. Un bon détail à observer, c'est que ce moyen de faire contact agit par frottement (puisque chaque dent (ou came) glisse en tournant sur la petite masse de contact); dans cette condition, la poussière, l'oxyde, et toute autre impureté nuisible, se trouve balayée à chaque fonction de l'appareil. Les circuits de cette transmission représenteront une longueur de plus d'un kilomètre.

Tous les organes de contact sont fixés sur une plaque de cristal qui les isole du corps de l'horloge. Les sonneries d'heures et de quarts sont établies suivant le système ordinaire; mais celle du carillon (ou sonnerie de *volée*) présente quelques détails intéressants. Une batterie de trois marteaux produit l'effet désiré, d'une façon très-satisfaisante. Comme ce signal doit être répété huit fois par jour, il y a, spécialement pour cet objet, une grande roue faisant une révolution en 24 heures. — Des chevilles implantées latéralement sur la serge, et espacées convenablement, déclanchent cette sonnerie à l'heure voulue.

Mais comme les heures d'ouverture et de fermeture des divers marchés varient suivant les saisons, il a fallu rendre mobiles les chevilles de déclanchement. M. Beignet a réalisé ce but d'une façon aussi simple qu'ingénieuse et sûre. Il a pratiqué dans la serge une *creusure circulaire* qui va en s'évasant à *queue d'hironde* vers le fonds. Les chevilles portent des sabots ou embases de forme exactement pareille qui peuvent se mouvoir dans cette *creusure* à frottement *gras*. Un écrou vissé sur une partie taraudée, ras du pied de chaque cheville, permet de la fixer par un serrage (sur la serge), auquel la queue d'hironde sert d'appui.

Lorsqu'on veut modifier les positions et les distances des chevilles entre elles, pour changer les heures des sonneries, on n'a qu'à desserrer les écrous, faire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvoir les chevilles dans la creusure, puis serrer les écrous. Ce moyen est bon, facile et très-solide.

Enfin, une dernière nuance à noter : comme les marchés sont fermés le dimanche, et que, par conséquent, la sonnerie de volée doit devenir muette ce jour là, l'extrémité de la détente est articulée ; elle se relève automatiquement le samedi soir, sans qu'il y ait besoin de déclancher son rouage, et se trouve remise en place le lundi matin. Cet effet est produit au moyen d'*étoiles différentielles* qu'un des mobiles de l'horloge met en jeu ; à peu près comme cela se pratique dans les mécanismes de *quantièmes*.

Ce rapide examen nous conduit maintenant hors des produits de l'industrie française.

Une œuvre magistrale, entièrement neuve, la plus remarquable peut-être de toute l'Exposition, appelle l'attention dans la section américaine.

C'est l'œuvre de M. Fournier, exposant de la Nouvelle-Orléans. Hâtons-nous de le dire, M. Fournier est un Français, un élève, un digne continuateur des grandes traditions de Michel Lepaute. Il a exposé :

Deux sonneries très-puissantes dont l'une d'heures et de quarts, à déclanchement électrique ;

Deux horloges à sonnerie mécanique d'heures et de quarts, par le même rouage ;

Plusieurs cadrans récepteurs, électriques.

Tout cela est basé sur des idées neuves, et réalise des effets incontestablement nouveaux. Au mérite de l'invention vient se joindre celui de l'exécution et d'une irréprochable combinaison dans tous les organes.

La description fera mieux apprécier le mérite de cesmécanismes.

Commençons par les sonneries à déclanchement électrique représentées par les fig. 25 (vue d'ensemble), 25 *bis* et 25 *ter* (détails), pl. 240.

Al. *Électro-aimant* double chargé de mettre la sonnerie en mouvement.

T. *Armature* qui, attirée par l'électro-aimant, laisse échapper le *bec* S., et opère ainsi le déclanchement (mise en mouvement) de la sonnerie.

O.N.R.Z. *Levier* horizontal mobile autour de l'*axe* Z., dont le *bec* S., au moment du déclanchement, tombe entraîné par le poids R., et dont le butoir O. vient frapper le *levier-détente* C.Z.

C.Z. *Levier-détente* vertical, mobile autour de l'axe Z., dont le *crochet* C. recule, lorsqu'il est frappé par l'organe précédent, et laisse échapper le *bec* A.

A.B,B'. *Équerre-détente*, mobile autour de l'axe U., dont le *bec* A., échappant au *crochet* C., s'abaisse par son poids ; alors le *cliquet* D., porté par le bras B.B'., recule avec ce bras et laisse échapper le *tasseau d'arrêt* D'. fixé au levier F. La fonction de ce *cliquet* (mobile sur un axe) est de retenir le *tasseau d'arrêt* D', lorsqu'il tend à descendre, mais de le laisser remonter et *raccrocher*, lorsqu'il se relève, après être descendu, à chaque déclanchement.

V. *Chappe* mobile sur l'axe V., munie d'un levier F,F'. et des deux *levées* G.H. articulées sur les axes v^1., v^2. Nous appellerons cet organe multiple LEVÉE ARTICULÉE. Disons tout de suite que l'ensemble V'.F^2.G'. et H'. constitue un autre organe entièrement semblable et appelé à une destination analogue.

En voici les fonctions :

Chacune des *levées* G.H.G'.H'. entre alternativement en prise avec la grande *roue* I., après chaque déclanchement. Notons que cette roue est sollicitée par le *poids* X suspendu à la *chaîne Galle* X.X.X.

La figure 25 représente G' en prise.

Avant d'aller plus loin, disons qu'il y a aussi deux *équerres-détentes* A.B.B'. entièrement semblables et de mêmes fonctions. (Un seul représenté dans la figure couvre l'autre et ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permet pas de le voir.) Disons, enfin, qu'il y a également deux *leviers-détentes* verticaux C.Z. entièrement semblables et de mêmes dimensions.

Revenons à la *levée* G'. qui est en prise. Lorsque le bras B.B'., au moment du déclanchement, reculera avec son *cliquet* D^2., ce cliquet laissera échapper le *tasseau-d'arrêt* D'^{2}. attenant au levier F^2. qui appartient à la *chappe* V'. Alors le levier F^2. deviendra libre de s'abaisser sous la pression de la roue I. avec laquelle la levée G'. est en prise.

Cette *levée* G'. reculera, faisant tourner la *chappe* V'. sur son axe V', le levier F^2. s'abaissera, et par l'intermédiaire des pièces J'.K'.L'. fera frapper le marteau M'.

Mais, pendant que la *levée* G' aura reculé, la levée H' aura avancé et sera entrée à son tour en prise avec la *roue* I. A ce moment précis, la *levée* G' cessera d'être en prise et échappera à la roue qui, continuant sa marche, agira de même sur la *levée* H', et faisant décrire à tout l'organe un mouvement inverse, fera frapper le marteau M' en sens inverse.

Il y aura eu là transformation du mouvement circulaire *continu* de la roue en mouvement rectiligne *alternatif* du marteau M'.

C'est-à-dire, que le marteau, avec la *levée* G' en prise, aura frappé un coup pour *aller*, et avec la *levée* H'. en prise un coup *retour*.

En termes d'horlogerie, il y aura eu *coup double*.

Dans le mouvement de *retour* produit par la *levée* H'. en prise, le *levier* F^2. s'est relevé, s'est *raccroché* au *cliquet* D^2. par le *tasseau* D'^{2}.; la levée G' est rentrée en prise et, à ce moment précis, la levée H' est retombée, cessant d'être en prise.

Récapitulons les effets décrits jusqu'ici.

Sous l'action du courant, l'*électro-aimant* AI. attire l'*armature* T ; celle-ci laisse échapper le *bec* S. du *levier horizontal* R.N.O ; ce *levier* frappe contre le *levier-détente* C.Z.; alors le *crochet* C. laisse échapper le *bec* A. de l'*équerre* A.U.B.B'. ; alors le *bras* B.B'. de cette *équerre* recule avec son *cliquet* D^2., qui laisse échapper le *tasseau d'arrêt* D'^{2}; aussitôt le *levier* F^2., qui porte ce tasseau, devient libre ; la *levée* G' obéit à la *roue* I., fait tourner sur son axe la *chappe* V'., force le *levier* F^2. à s'abaisser et, par les pièces J'.K'.L'., fait frapper le *marteau* M'. Cependant la *levée* H'. s'est avancée, est entrée en prise à son tour ; la *levée* G' est retombée, cessant d'être en prise ; sur-le-champ, nouvelle action en sens inverse sur le marteau qui frappe son second coup ; en même temps, le tasseau D'^{2}. s'est accroché sur le cliquet D'., et la levée G'. est rentrée en prise ; alors la *levée* H'. est retombée, cessant d'être en prise.

D'autre part, les mêmes mouvements ont produit d'autres effets qui ont eu pour résultat de *raccrocher* à leur point primitif les becs A. et S.

Voici comment :

Le *levier* F^2. porte une *cheville* saillante F'^{2}, dont la fonction est d'opérer un fort contact de glissement sur le dos convexe du *bras* B.B'., lorsque le *levier* F^2. s'abaisse pour faire frapper le marteau.

Le dos convexe de ce bras B.B'. figure une courbe calculée de façon à ce que le contact de la *cheville* F'^{2} le ramène à sa position initiale, et, ce faisant, relève le *bec* A. qui alors se raccroche au *crochet* C.

De plus, il y a sur le bras A.U. un *butoir* P., dont nous n'avions pas encore parlé, et qui, rencontrant la *cheville* saillante N., relève le *levier* horizontal O.N.R.Z. de façon à ce que son *bec* S. se raccroche sur l'armature T.

Dès ce moment, le courant a été interrompu et l'électro-aimant AI. a cessé d'agir. Mais, pour plus de sûreté dans le raccrochement du *bec* S., et dans le cas où un reste d'attraction serait demeuré dans l'électro-aimant (la désaimantation de l'armature n'ayant pas été assez instantanée), une *cheville* saillante S. vient (lorsque le *bec* se relève) opérer sur le haut de l'armature, recourbé en *crochet* T'., un contact de glissement intérieur qui tend à détacher l'armature de l'électro-aimant ; alors, le raccrochement du *bec* S. est parfaitemen assuré.

Inutile d'expliquer que, l'opération finie, le *bec* S., qui avait été relevé plus haut que le nécessaire, redescend un peu avec sa *cheville*, de façon à ce que celle-ci ne puisse pas gêner le jeu de l'armature au déclanchement suivant.

Après avoir parcouru le cercle des fonctions diverses qui réalisent la sonnerie,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous voici revenus au point de départ, tous les organes sont remis en place, attendant un déclanchement nouveau.

Voyons maintenant comment se produisent les transmissions électriques successives qui opèrent les déclanchements : nous verrons ensuite comment se détermine le nombre des coups de marteau nécessaires pour les heures ou les quarts ; et enfin comment, après les quatre quarts, l'heure sonne.

Sans autres détails sur les transmissions électriques successives qui opèrent les déclanchements, disons en passant qu'elles ont lieu par l'action d'un cylindre tournant, sur la circonférence duquel sont espacées des plaques de platine et d'ivoire établissant ou interrompant le courant. Nous reviendrons sur ce point ultérieurement.

Le nombre des coups de marteau, pour les heures et les quarts, se règle ainsi qu'on va le voir dans les fig. 25 et 25 *bis*.

h' est une roue de *chaperon* (ou de *compte*) dentée en rochet, que fait mouvoir le *cliquet h*. articulé sur la *chappe* V., lorsque les levées G. H. fonctionnent, en prise avec la roue I.

C'est la sonnerie des heures.

Cette roue *h'* porte sur sa serge (du côté opposé à celui que voit le lecteur) un *cercle* faisant saillie et qui porte douze *coches* ou *entailles* espacées inégalement comme les *coches* d'un *chaperon* ordinaire. (Ce détail est représenté à part, dans la figure 25 *bis*, sous la désignation *h'* bis.)

Les parties *pleines* et les *coches* de ce cercle jouent à peu près le même rôle que dans un chaperon ordinaire, ainsi qu'on va le voir tout à l'heure.

La même roue *h'*. porte aussi du même côté que le cercle précédent douze *chevilles*, espacées inégalement dans la même proportion que les *coches* du cercle. (Ces chevilles sont représentées, au pointillé, dans la roue *h'*.)

Ces *coches* et ces *chevilles* ont pour fonctions de limiter les nombres des coups de marteau suivant les heures, et de mettre le mécanisme des quarts prêt à fonctionner, lorsque l'heure a fini de sonner.

Les *parties pleines* du cercle existant entre les *coches* ont pour objet de maintenir, sûrement et invariablement dans la position voulue, le mécanisme que nous allons décrire :

1.*a*., *a*.5 est un levier mobile sur l'axe $\overset{a}{x}$. — Il porte un appendice descendant sur la roue *h'*., et se terminant par un *plan incliné p'*. (représenté au pointillé).

Ce *plan incliné* a pour fonction d'être accroché successivement par les *chevilles*, à leur passage, de façon à ce que, par contact de glissement, chaque cheville trouvant ce plan relevé le fasse s'abaisser vers le centre de la roue, d'une quantité égale à l'incliné de ce plan.

Dans ce mouvement, tout le côté 1*a*, du levier (à gauche de son axe $\overset{a}{x}$) s'abaisse aussi, puisqu'il est d'une seule pièce avec l'appendice et le plan incliné *p'*.

La figure représente la *cheville* 5., commençant à fonctionner : elle abaisse le plan *p'*. qui se relèvera après que la cheville l'aura dépassé. — La même fonction sera remplie à l'heure suivante par la *cheville* 6.

Voyons maintenant ce qui a fait relever le *plan incliné p'*, et avec lui tout le côté 1*a*., du levier.

q'. est une autre roue de *compte* ou *chaperon*, à dents de rochet, que fait mouvoir le cliquet *q*. articulé sur la *chappe* V', lorsque les levées G'.H', fonctionnent, en prise avec la roue I.

C'est la sonnerie des quarts.

Cette roue *q'*, porte une cheville *c*. (vue en pointillé), chargée d'accrocher et d'abaisser, en temps utile, le *plan incliné p*. que porte un appendice dépendant du côté *a*5. du levier. — Cette cheville unique joue un rôle analogue à celui des douze chevilles de la roue *h'*.

Nous comprenons donc que tantôt la cheville *c*., tantôt l'une des douze chevilles, abaisse à son tour un des bras du levier oscillant sur l'axe $\overset{a}{x}$. — Nous voyons que du côté du bras 1*a*., par l'action de la cheville unique *c*., a été relevé le plan incliné *p'*, après que la cheville 4 l'a eu dépassé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un dernier détail reste à expliquer :

Le levier 1*a*., *a*5. porte des *chevilles* saillantes *r*., *r'*.,—*s*., *s'*., chargées de mettre alternativement en prise avec la roue I., les levées G.H., ou les levées G'.H'.

En effet, quand c'est le côté 1*a*. qui est relevé (par l'abaissement du plan incliné *p*.), les chevilles *r*.*r'*. sont relevées aussi, elles soulèvent les levées G.H., et ainsi les mettent en prise avec la roue I.

L'effet inverse n'a pas besoin d'être expliqué : il est identique, c'est celui que représente la figure.

On comprend de même que lorsque le côté *a*5. est abaissé, les chevilles *s*.*s'*. sont également abaissées, les levées G'.H'. sont tombées et ont cessé d'être en prise.

Le *cercle à douze entailles* (représenté sous la désignation *h' bis*) a pour fonction de présenter ses *parties pleines* à une *cheville d'arrêt* que porte l'appendice *p'*. (cette cheville n'est pas représentée dans la figure) ; cette cheville ainsi retenue empêche l'appendice de s'abaisser, tant que l'heure sonne ; puis au moment où une des douze chevilles se présente pour abaisser le plan incliné *p'*, une des douze *entailles* se présente aussi et livre passage à la cheville d'arrêt.

Résumons rapidement toutes les fonctions qui viennent d'être décrites, et prenons pour point de départ la suite du moment représenté par la fig. 25 :

La *cheville c*., au moment où les quarts finissent de sonner, va abaisser le *plan incliné p*. et le dépassera (c'est-à-dire qu'il faut se le figurer plus loin que le dessin ne la représente). Le côté 1*a*. du *levier* se relèvera et, par le moyen des *chevilles r*. *r'*., les *levées* G. H. seront en prise avec la roue I.

Les heures commencent à sonner : la *chappe* V., dans ses mouvements d'oscillation, ramène et pousse le *cliquet h*. qui, à chaque mouvement, fait avancer une dent de la roue *h'*. Lorsque cinq *dents* ont ainsi passé (il s'agit de sonner cinq heures), la *cheville* 5 se présente, s'engage sur le *plan incliné p'*., l'abaisse pendant le passage de la 5e dent, et le dépasse, *le laissant abaissé*.

A ce moment, les *levées* G. H. ont cessé d'être en prise ; la sonnerie des heures est finie. La roue I. se trouve arrêtée dans son mouvement par la levée G'. qui est entrée en prise : tout reste immobile, car l'électro-aimant a cessé d'agir.

Remarquons que la sonnerie des quarts se trouve ainsi prête à fonctionner.

Un premier quart sonne : pour cela, G'. H'. agissent successivement ; le *cliquet q*. ramené et poussé par la *chappe* V'., a fait avancer une dent de la roue *q'*.

Un second quart, c'est-à-dire deux quarts sonnent : le *cliquet q* fait avancer deux dents.

Les trois quarts sonnent : le *cliquet* fait avancer trois dents.

Les quatre quarts sonnent, le *cliquet* fait avancer quatre dents : alors dix dents ont passé. Au moment où la quatrième et dernière dent des quatre quarts passe, la roue *q'*. a accompli un tour entier, la cheville *c*. se présente contre le plan incliné *p*., l'abaisse pendant le passage de la dernière dent, *le dépasse*, et s'arrête là, le laissant abaissé.

Voilà les quarts finis, les levées G'. H'. hors de prise :

Voici les levées G. H. en prise ; les heures vont sonner, car l'électro-aimant, cette fois, continue d'agir, au lieu de s'arrêter, comme il l'avait fait à la fin du 1er, du 2e et du 3e quart.

Alors l'heure sonne, comme nous l'avons expliqué ; et lorsqu'elle a fini de sonner, le mécanisme, pendant le dernier coup, replace automatiquement la sonnerie des quarts en prise, et prête à fonctionner.

Il nous reste à voir par quel mécanisme le *déclanchement* électrique agit tantôt sur la sonnerie des quarts, tantôt sur la sonnerie des heures.

La fig. 23 *ter* le représente. Cette figure reproduit en élévation, mais vus *par bout*, les organes de détente, que la fig. 25 représente vus *de face*.

On s'en souvient, nous avons dit que plusieurs de ces organes existaient en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

double, mais que la figure n'en pouvait représenter qu'un (vu de face), l'autre se trouvant caché.

La fig. 25 *ter*, aidée de la fig. 25, les fait voir *tous deux*, désignés par les mêmes lettres :

Al. Al. électro-aimants. (Les armatures T. ne sont pas représentées.)

O. N. R. S. S. Z. Z. levier mobile sur l'axe Z., et qui est le premier déclanché lorsque l'armature est attirée par l'électro-aimant. Ce levier a, en outre, un mouvement de translation parallèle à l'axe lorsqu'il est sollicité par le *levier-équerre é.* auquel aboutit la tringle *l.*

C. Z'., C. Z' *leviers* verticaux dont les *crochets* C. (fig. 25) laissent échapper les *becs* A. (fig. 25).

P. A. B., P. A. B. *équerres-détentes* mobiles autour de l'*axe* U. (fig. 25).

l. tige articulée, dans le haut, avec l'équerre *é.*; dans le bas, avec le bras 1*a.* (fig. 25).

Les fonctions de ces organes sont connues déjà en grande partie : le seul point à expliquer consiste à dire que le *levier* O. N. R. S. S. Z. Z en se déplaçant à *droite* ou à *gauche*, par un mouvement parallèle à l'axe Z., se trouve à même de faire agir le bout *de droite* de sa cheville saillante O., ou le bout *de gauche* de cette même cheville.

Si c'est le bout de *droite* qui agit, ce sont les quarts qui sont déclanchés.

En effet, qu'on suive les fonctions à partir du bras 1*a.* (de la fig. 25) : si ce bras est abaissé, la tige *l.* a fait aussi abaisser le bras horizontal de l'équerre *é.*; et le bras vertical de cette même équerre a poussé vers la droite le levier Z. Z. R. N. O.; le bout de droite de la cheville O. agit donc sur tout le système de droite (fig. 25 *ter*); en même temps la figure 25 démontre que le côté 1*a.* étant baissé, ce sont les levées G'. H'., c'est-à-dire les levées des *quarts*, qui sont en prise,

L'effet inverse n'a pas besoin d'être expliqué; il se comprend au simple aspect des figures. — Il en est de même des fonctions remplies par la *cheville* saillante N. et par la *cheville* S.; ainsi que des fonctions remplies par les pièces P. A. B., etc., etc.

Tel est l'ensemble de cette sonnerie qui renferme, je l'ai déjà dit, le triple mérite de l'invention, de l'exécution et du fonctionnement. Rien ne saurait surpasser la sûreté et la précision de ses effets, la solidité de sa structure, la vigueur de son fonctionnement.

Son volume est minime (hauteur 1^{m}.20, largeur 1 mètre, épaisseur 0.40), et cependant ce mécanisme est de force à faire sonner des cloches de 12,000 kilog. et plus. C'est là une œuvre de maître, digne des plus grands éloges, la plus remarquable de toute l'Exposition de 1867. A son mérite artistique elle en joint un autre : c'est de pouvoir être établie à des conditions de prix très-minimes, inférieurs de beaucoup à toutes les autres sonneries précédemment connues.

Dans les deux horloges à sonneries mécaniques, du même auteur, nous retrouvons encore une fécondité d'invention et un mérite artistique, dignes de l'œuvre qui vient d'être examinée. Nous décrirons la plus grande qui contient toutes les dispositions de l'autre, plus les communications électriques faisant sonner les heures et les quarts du mécanisme dont l'examen précède.

Cette horloge est pourvue d'un échappement à chevilles très-bien exécuté ; d'un pendule battant la seconde, compensé, à gril, à neuf tiges, système Jurgensen. Elle marque l'heure sur quatre cadrans placés autour de sa grande vitrine carrée, elle transmet électriquement l'heure à plusieurs grands cadrans, parmi lesquels s'en trouve un éloigné de plus de deux cents mètres; elle fait déclancher électriquement la grande sonnerie d'heures et de quarts que nous avons décrite ; enfin, elle fait agir aussi, à plus de trois cents mètres de distance, une autre sonnerie semblable qui frappe les heures sur une cloche de 12,000 kilogrammes.

Disons aussi qu'elle est pourvue d'un remontoir d'égalité, système Lepaute perfectionné, qui fonctionne dans les meilleures conditions. Son principal titre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'examen est une sonnerie d'heures et de quarts par le même rouage. C'est encore là une nouveauté des plus ingénieuses.

Pour faire apprécier la difficulté vaincue il faut rappeler ici certaines particularités essentielles aux sonneries d'heures et de quarts. Chaque pays a sa méthode pour faire sonner les quarts : la mode française, qui est en même temps la plus usitée, fait sonner un coup (double ordinairement) pour le premier quart, deux coups au second, trois coups au troisième, quatre coups au quatrième et dernier (qui en même temps est l'heure), et aussitôt après les quatre coups l'heure sonne. Total, pour les quarts, dix coups à frapper en une heure; cent-vingt coups en douze heures.

Pour les heures, il y a soixante-dix-huit coups à frapper en douze heures. Enfin, il est d'usage que les quarts soient frappés plus vite que les heures; c'est-à-dire que les coups de marteau se succèdent plus rapidement.

De là on conclut aisément que le rouage, quand il fait sonner les quarts, doit fonctionner avec une vitesse différente de celle qui fait sonner les heures; de plus, il y a, dans le même espace de temps, un bien plus grand nombre de coups à frapper pour les quarts que pour les heures. Enfin, les nombres de chaque heure qui sont inégaux se trouvent entremêlés avec ceux des quarts qui sont égaux.

Il s'agit donc de procurer au rouage de sonnerie des mouvements différentiels qui varient non-seulement de durée, mais d'intervalles entre eux. Pour quiconque voudra se donner la peine d'y réfléchir, c'est là un problème très-difficile à résoudre théoriquement; encore plus difficile, pratiquement. Aussi les horlogers, après avoir bien cherché, ont pris le parti d'établir deux rouages séparés, un pour les quarts, l'autre pour les heures. Ce double mécanisme est simple et facile à concevoir.

Un poids (ou un ressort) moteur sollicite constamment le rouage, qui est retenu par une *détente-arrêt*, aussitôt que la sonnerie a eu lieu. (Voir à ce sujet nos précédentes explications accompagnées de la fig. 8.)

L'aiguille (ou plutôt le rouage de l'aiguille) des minutes déclanche, à chaque quart, le rouage des quarts. La roue des heures est chargée de la même fonction pour les heures. Ces déclanchements consistent à soulever la *détente* qui retient le rouage; alors elle reste soulevée par la partie pleine des *chaperons* ou *roues de compte* (voy. fig. 8), et retombe ensuite dans le premier cran qu'elle rencontre. (Dans l'ancien système, il y a deux *chaperons;* un pour les quarts, un pour les heures.)

M. Fournier a victorieusement résolu les problèmes multiples que nous venons d'indiquer, et, pour cela, il a créé un système unique, d'une nouveauté et d'un mérite incontestables.

Il n'y a qu'un seul et unique *chaperon* B. B'. (fig. 26, représentant le mécanisme vu de face; et fig. 26 *bis*, représentant le même mécanisme vu de profil, pl. 240).

Ce *chaperon* est une roue à double couronne, dont l'une B'., sur le premier plan (représentée à moitié dans la figure) porte 138 dents de forme ordinaire; l'autre B., sur le second plan (représentée à moitié dans la figure), porte sur sa circonférence douze groupes d'encoches avec dent surélevée, conformes à ce qu'indique l'*accolade pointillée* sur la figure.

La denture ordinaire B. correspond avec le rouage unique de sonnerie et règle le nombre total des coups de marteaux pour heures et quarts, pendant douze heures. — Ce nombre est égal à 198—120 pour les quarts; 78 pour les heures. Mais le constructeur, pour ne pas avoir une roue trop *nombrée*, n'a alloué qu'une demi-dent pour chaque coup de quarts, ce qui réduit le chiffre de la denture à 138, comme nous venons de le voir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les douze groupes de *coches* avec *dent surélevée* correspondent aux sonneries des quarts et successivement des heures. Voici comment :

A la première coche, le premier quart a sonné ; — à la seconde, c'est le second quart, ou pour mieux dire deux quarts ; — à la troisième, ce sont les trois quarts.

Lorsque la *détente* D.C.C'. (en dessous de laquelle se trouve une pièce intermédiaire, non figurée, et que fait fonctionner le limaçon A.) est soulevée hors de la troisième coche, les quatre derniers quarts sonnent ; pendant ce temps, la roue B., en tournant, amène sa *dent surélevée* sous le bec C. de la détente et l'oblige à s'élever encore davantage.

C'est ce dernier mouvement qui amène la sonnerie des heures au point convenable, ainsi que nous allons l'expliquer.

F.H. est un *levier* ou *barrette* de *déclanchement*, vu par bout dans la figure 26 *bis*, et qu'un ressort pousse constamment dans la direction indiquée par la flèche.

Un *cliquet* E., dont le bec entre dans une *mortaise*, retient habituellement le levier et l'empêche de céder à l'impulsion du ressort.

La *détente* C'.C.D. est surmontée, comme on le voit, d'un *buttoir* D. qui peut passer librement dans la *mortaise* : ce *buttoir* vient pousser le *bec* du cliquet E. (lorsqu'agit la *dent surélevée* 4.), le chasse de la *mortaise* et s'y installe à sa place. — Par suite de l'élasticité de la *détente* C'.C., le *lévier de déclanchement* F.H., sous l'impulsion du ressort, fait un léger mouvement, de façon que le bec du cliquet E. ne pourrait plus rentrer dans la mortaise alors même que le *buttoir* se retirerait.

Ceci est la *préparation* de la sonnerie des heures.

Cependant, les quatre quarts continuent de sonner, la roue B. marche, la *dent surélevée* 4. dépasse le *bec* C. A l'instant même ce *bec* retombe sur la partie plane 5. ; le *buttoir* D. abandonne la *mortaise* (que la *préparation* ci-dessus expliquée a placée hors de l'atteinte du cliquet E.) ; le *levier* F.H. devenu libre cède au ressort qui le pousse, et dans ce mouvement entraîne avec lui l'*arbre* K. qui a l'état nécessaire pour se mouvoir longitudinalement sur ses pivots.

Ceci fait, la sonnerie des heures est en prise, les heures commencent à sonner, ainsi qu'on va le voir :

L'*arbre* K, porte (mobiles sur lui-même, mais retenues entre des collets qui empêchent tout glissement longitudinal) les deux *leviers* I. des quarts, et la *levée* I'. des heures.

Ces *levées* sont des leviers accrochés aux marteaux par les fils de tirage L.L'. ; leurs *becs* abaissés successivement par les *rouleaux* (ou cames) J.J'. implantés sur les deux faces de la roue G. ; leurs *becs*, disons-nous, tirent les fils L. L'. et font ainsi mouvoir les marteaux. — Seulement, par suite de la translation longitudinale de l'*arbre* K. qui les porte, tantôt les *levées* I. (des quarts), tantôt la *levée* I'. (des heures) est en prise. — Le moment représenté par la figure 26 *bis* est celui où la *levée* I'. (des heures) est en prise : alors il faut supposer que le bec C. (fig. 26) a échappé la *dent surélevée* 4., et qu'il est retombé sur la partie plane 5.

On comprend aisément que les heures sont en prise et sonnent dès que, par suite de la chute du *bec* C. et de son buttoir D., le *levier* H. a entraîné l'*arbre* K., et, par suite a amené la *levée* I' (des heures) devant les rouleaux J'. — Inutile d'observer que, par le même effet, les *levées* I. (des quarts) ont été tirées hors de prise.

Au moment où l'heure doit finir de sonner, le bec C. tombe dans la *coche* 1. et tout s'arrête. — Quelques instants après, la roue des minutes placée à proximité repousse, au moyen d'un *buttoir*, le *levier* qui recule jusqu'au point où la *mortaise* se présente sous le *bec* du *cliquet* E. ; celui-ci y tombe et retient tout le système dans sa position primitive.

A ce moment les quarts sont en prise : les mêmes fonctions se répètent ensuite, comme nous venons de l'expliquer.

Nous ne pouvons développer ici tous les problèmes qu'il a fallu résoudre numériquement et mécaniquement pour arriver à ce résultat obtenu. Il suffit d'indiquer ces difficultés, de laisser aux esprits laborieux et intelligents le soin de creuser la matière, et de constater que le mécanisme dont on vient de parler, fonctionne avec une précision étonnante. C'est encore là une nouveauté sérieuse, excellente, et qui fera école.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tout n'est pas dit sur l'œuvre de M. Fournier : cet ingénieux chercheur a placé dans son horloge une *transmission électrique* d'heures et de minutes à divers cadrans, quelle que soit leur distance.

Les figures 27 et 27 *bis*, pl. 240, représentent, de face et de profil, le mécanisme qu'il emploie pour ouvrir et fermer le courant électrique chargé de la transmission.

Pour éviter l'oxydation des pièces d'acier ou de cuivre et la décomposition des huiles, l'appareil électrique est isolé du reste de l'horloge par deux pitons en ivoire P.P'.

Les pitons reçoivent les fils B. B'. venant de la pile, et dont les bouts sont terminés par des *languettes* de platine $\overset{1}{B}.\overset{1}{B'}$.

Ces *languettes* reposent à frottement sur un *disque* A. en ivoire que porte l'axe du volant de remontoir.

Sur la circonférence du *disque* d'ivoire sont placés l'un à côté de l'autre (mais sans se toucher autrement qu'en *un seul point*) : 1° *un cercle entier de platine* B'^{2}. ; 2° *un tiers de cercle du même métal* B^{2}. (fig. 27 *bis*).

La *languette* de platine $\overset{1}{B'}$. repose constamment sur le *cercle entier* B'^{2}.

La *languette* $\overset{1}{B}$. repose tantôt sur le *tiers de cercle* B^{2}., tantôt sur les deux tiers du disque d'ivoire dépourvus de platine : dans le premier cas, le courant est ouvert, puisqu'il y a communication entre le *tiers du cercle* B^{2}. et le *cercle entier* B'^{2}. de platine ; la transmission fonctionne ; dans le second cas, le courant est interrompu.

Lorsque le rouage du remontoir est à son repos, c'est la partie non garnie de platine qui se présente à la *languette* $\overset{1}{B}$. — Mais lorsque le remontoir fonctionne, le *disque* d'ivoire tourne, et le *tiers de cercle* B^{2}. en platine passe sous la languette $\overset{1}{B}$. ; alors s'ouvre le courant, la transmission s'opère. Aussitôt le *tiers de cercle* B^{2}. passé, le courant est fermé ; en même temps le rouage est revenu au repos.

Ce genre d'*interrupteur* est bon, surtout parce que les contacts se font par frottement et qu'ainsi aucun corps étranger ne peut s'interposer, ni gêner la fermeture ou l'ouverture des courants.

Le système *moteur* proprement dit, qui, placé derrière le cadran, fait marcher la minuterie, est représenté dans la figure 28. : quelques mots d'explication le rendront facilement intelligible.

E. *électro-aimant* qui, lorsqu'il est en action, attire l'*armature* A. dont l'autre *bras* G. se relève avec son *cliquet* B., et vient placer ce dernier d'une dent en arrière. Puis, lorsque l'électro-aimant cesse d'agir, le grand bras G. retombe par son propre poids, et fait avancer d'une dent la roue de minutes M. dentée en rochet.

R. est un *crochet ou cliquet* servant à empêcher la roue M. de rétrograder.

T. est une *vis-buttoir*, d'une conception ingénieuse qui rend impossible le passage accidentel de deux dents. — En considérant la position respective des deux centres de rotation (celui de la roue et celui de l'armature), on voit de suite que plus le *cliquet* B. s'abaisse plus il se rapproche de la circonférence M. : le contraire a lieu lorsqu'il se relève. — Cela étant, la *vis-buttoir* est avancée au point de retenir le *cliquet* B. dès qu'il a poussé la roue de la quantité d'une dent. Alors, le rapprochement de la circonférence M. a fait reculer le *cliquet* jusqu'à toucher le bout de la *vis-buttoir ;* celle-ci le retient, il en résulte l'arrêt forcé du système, sans qu'il puisse faire le moindre mouvement dans le sens indiqué par la flèche.

Mais, au contraire, dès que sous l'action de l'électro-aimant le bras G. tend à se relever, a double pression qui maîtrisait le *cliquet* B. s'annihile, le mouvement de recul s'opère ibrement. — Ce petit détail constitue une idée, simple, très-sûre dans ses effets.

Il y a encore, dans l'horloge de M. Fournier, un mécanisme ingénieux destiné à économiser la dépense d'électricité, pendant douze heures sur vingt-quatre, en ce qui concerne la sonnerie à *déclanchement électrique*. — Dans ce cas, on suppose n'avoir pas besoin de faire sonner les heures pendant le jour, mais pendant la nuit seulement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 29 représente ce système.

R. est la *roue de compte* ou *chaperon* (désigné par les lettres B. B'. dans les figures 26 et 26 *bis*) : elle est sur le premier plan dans la figure 29, et porte sur sa serge, implantée du côté opposé à celui que voit le lecteur, une *cheville* saillante A.

B., sur le deuxième plan, est un *levier* en forme de coin, mobile sur un axe, et portant implantée sur le côté opposé à celui que voit le lecteur, une cheville saillante *e*. qui entre librement dans une mortaise traversant la platine V. — Cette cheville pénètre jusque dans le bout de la *tige articulée* Z. qui passe derrière la platine V.

Le *levier en coin* B. et la *tige articulée* Z. sont donc rendus solidaires par la cheville *e*.

Voici les fonctions de ce mécanisme :

La *roue* R. fait son tour en douze heures. — Marchant dans le sens indiqué par la flèche, elle fait passer la cheville A. *par dessus* ou *par dessous* le *levier en coin*, suivant que le bec pointu de celui-ci est *abaissé* ou *relevé*. — Puis, la même cheville A., continuant sa route, dépasse l'axe B., arrive avec un frottement toujours croissant sur le *talon* K. (que produit l'élargissement de la figure cunéiforme donnée au *levier*), force ce *talon* à s'abaisser et fait ainsi *basculer* le *levier*. — Enfin la cheville A. s'éloigne, laissant les choses en place.

La figure 29 représente la cheville A. au moment où elle va passer *au-dessus* du *levier-cunéiforme* B. ; quand elle aura passé en abaissant le *talon* K., le *bec* et sa cheville *e* se seront relevés ; — avec eux la *tige articulée* Z. se sera aussi relevée, poussant le bras C^1. du levier horizontal, et forçant ainsi le bras C^2. à s'abaisser. — Par suite de ce mouvement, la *tige-arrêt* D.D'. se sera abaissée et aura placé son *arrêt* D'. devant le doigt X. (fig. 30) qui appartient au rouage de *déclanchement-électrique* pour la grande sonnerie (étudiée la première, fig. 25).

Dès ce moment cette sonnerie ne fonctionnera plus.

Supposons qu'il soit six heures du matin, et qu'on n'ait pas besoin d'entendre sonner les heures jusqu'à six heures du soir : la sonnerie reste muette pendant ces douze heures.

Cette dernière heure arrivée, la *roue* R. (fig. 29.) aura accompli un tour et la *cheville* A. se trouvera proche du *levier cunéiforme* Be. Mais cette fois le *bec e* sera relevé, la *cheville* A. passera *dessous*, et dans son passage agira sur le *talon inférieur* K'. — Alors il se produira dans tout le système un mouvement qui dégagera le doigt X. (fig. 30), et la sonnerie à déclanchement électrique deviendra libre de fonctionner jusqu'à six heures du matin.

Inutile de dire que la platine V. (fig. 29.) reçoit toutes les douze heures un petit mouvement préparatoire qui la fait *hausser* ou *baisser* un peu afin que la cheville A. puisse passer *dessous* ou *dessus le levier cunéiforme* B. *e*.

Pour en finir avec l'exposition de M. Fournier, voyons ce qu'il appelle *communicateur*, c'est-à-dire le rouage chargé de distribuer les courants successifs pour les déclanchements électriques de la grande sonnerie.

La figure 30, pl. 240, le représente en partie.

Le premier détail à noter c'est le système au moyen duquel, avec une faible batterie, il devient possible de faire déclancher une grande quantité de gros électro-aimants à toutes distances.

Pour cela, au lieu d'opérer les déclanchements d'une manière simultanée, M. Fournier les réalise d'une façon successive, par l'action d'un cylindre tournant C. C.

Ce cylindre est muni de plusieurs *rondelles* ou *disques* d'ivoire, en nombre égal au nombre d'électro-aimants à déclanche. — Dans la figure il y en a *six*.

Chacun de ces *disques* porte sur une partie de sa circonférence (ici un sixième parce qu'il y a six disques) une petite plaque de platine. Mais ces plaques, représentées en noir sur la figure, ne sont point placées sur une ligne parallèle à l'axe ; elles sont disposées en hélice, de façon à n'être que *successivement* en contact avec les languettes 1.L., 2.L., 3.L., etc., etc. — D'où la conséquence que les envois de courants, c'est-à-dire les *déclanchements* ne sont que *successifs*.

La prodigieuse rapidité avec laquelle fonctionne l'électricité permet de faire tourner le cylindre C.C. avec assez de vitesse pour qu'à chaque tour il y ait l'intervalle convenable entre les coups de marteau.

Pour mieux faire comprendre ce mécanisme, supposons-le en fonctions :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *languette* 1.L. est en contact, le premier coup de la première sonnerie *récepteur* est frappé.

Dès que la *languette* 1.L. cesse d'être en contact et que le courant est fermé, la *languette* 2.L. est rencontrée par la plaque de platine qui arrive ensuite, le courant est établi, le premier coup de la deuxième sonnerie *récepteur* est frappé.

La même opération se continue pour les *languettes* 3.L., 4.L., 5.L., 6.L.; après la sixième *languette*, la première revient en contact, alors le second coup de la première sonnerie *récepteur* est frappé.

Ainsi de suite, à chaque tour de cylindre, toutes les sonneries ont reçu successivement le courant, et l'heure a sonné à toutes les distances sans autre différence de temps que l'intervalle compris entre deux coups de marteau.

On comprend que cette façon d'opérer réalise une économie considérable dans la consommation des *piles*.

Le cylindre C.C. est mis en mouvement par un petit rouage indépendant du reste de l'horloge, et qui reçoit de ce dernier un déclanchement tous les quarts d'heure.

Un volant à ailettes règle la vitesse de rotation du cylindre : mais ces ailettes sont mobiles de façon à se présenter au mouvement, tantôt avec une inclinaison très-prononcée (comme les ailes d'un moulin à vent), tantôt sans inclinaison et presque de face.

Dans cette dernière position les ailettes *prennent plus d'air* (suivant une expression d'atelier), et alors elles ralentissent leur mouvement. Il en résulte que le rouage, et par conséquent le cylindre C.C., vont moins vite; les espaces entre les envois de courants, c'est-à-dire entre les coups de marteau, deviennent plus longs; c'est le moment où les heures sonnent.

Aussitôt que la sonnerie des heures est finie, les ailes se remettent en position oblique, prêtes à sonner les quarts, avec le mouvement plus rapide qui leur convient.

Cet effet est produit très-sûrement et simplement par un *limaçon*, ou pour mieux dire une roue dont la circonférence est déterminée par des rayons inégaux de longueur. Ce limaçon est désigné par la lettre W., figure 30.

Une *détente*, rattachée aux *ailettes* par des leviers articulés (ce système a de l'analogie avec un régulateur à boules, de Watt), vient reposer successivement sur les crans 1., 2. et 3. du limaçon W. — Lorsque cette détente repose sur le cran n° 2., c'est la sonnerie des quarts qui fonctionne : les ailettes, n'étant pas encore relevées, conservent leur position oblique; — mais quand la détente a été remontée jusque sur le cran n° 3., les heures sonnent, alors les ailettes relevées par les leviers qui les relient à la détente se présentent de face, le mouvement est ralenti.

Tout ce que nous venons d'étudier, dans l'exposition de M. Fournier, forme un ensemble des plus complets et des plus nouveaux, en ce qui concerne l'horlogerie monumentale et ses diverses applications électriques. Aux mérites de bonne conception et de belle exécution déjà signalés, les appareils de cet artiste joignent celui de la simplicité et du bon marché : ce sont là les *desiderata* de toute industrie et de toute science. D'ailleurs M. Fournier avait encore exposé d'autres mécanismes également dignes d'attention.

Dans la section anglaise, M. Dent a exposé un modèle d'horloge publique; la main-d'œuvre y est fort belle, l'ensemble du mécanisme est gracieux. Il n'y manque aucune des recherches de l'art moderne ; un remontoir d'égalité, système Lepaute, en assure la régularité ; le pendule est à tige en sapin desséché et rendu hydrofuge par l'ébullition dans l'huile, et l'application d'un vernis très-dur.

L'échappement de cette horloge est une invention de M. Dent, dont le caractère tout particulier est de nature à attirer l'attention. Il est nommé par l'auteur *double three legged gravity escapement* (mot à mot : échappement de gravité, à trois jambes doubles). En d'autres termes, c'est un échappement à force constante, l'impulsion étant restituée au pendule par la *gravité* (ou *pesanteur*) de deux leviers qui agissent sur lui à tour de rôle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *arrêts* (ou intermittences de mouvement) qui suspendent alternativement la marche du rouage et en communiquent la force motrice, sont produits par les fonctions de *deux* roues à *trois* longues dents, ou *jambes*.

La figure 31 représente ce mécanisme.

Les deux roues d'*arrêt*, à trois longues dents, sont A. B. C. sur le premier plan ; *a. b. c.* sur le second plan.

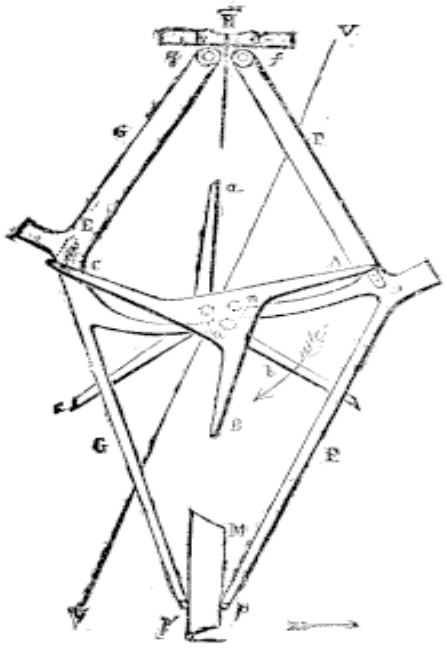


Fig. 31.

Elles sont fixées sur le même arbre, avec un espace entre elles suffisant pour que les *palettes* ou leviers d'*impulsion par gravité* F.F'. et G.G'. puissent agir entre elles deux sans les toucher.

Les leviers ou *palettes* d'impulsion sont leur axe de mouvement en *f, g.*, aussi proches que possible du point H. où est attaché le ressort formant la suspension du pendule.

Au centre des roues d'arrêt sont fixées trois chevilles que représentent trois petits ronds pointillés : ces chevilles sont prises entre les deux roues. Leur fonction consiste à repousser alternativement les *becs n. n'.*, contre lesquels elles arrivent en contact dans le mouvement de rotation qui va être expliqué.

Observons que la tige M. du pendule a été supprimée dans le haut, pour ne pas encombrer inutilement le dessin.

E.D. sont deux *repos* (un sur la face de *derrière*, l'autre sur celle de *devant* des leviers d'impulsion), sur lesquels s'arrêtent tour à tour les longues dents des deux roues. — Les faces agissantes des *dents* et des repos doivent viser au centre de l'axe. — Un volant V. V. modère la vitesse de rotation et amène les longues dents à s'arrêter presque sans chute sur les *repos*.

Le *levier* F. F'., au début de sa fonction, a été préalablement repoussé par la cheville en contact avec le bec *n.*, lorsque la tige du pendule avait déclanché la dent *a.* du repos E. — Alors le pendule, faisant son oscillation dans le sens indiqué par la flèche, vient faire impulsion sur le bout inférieur *p.* du levier F. F'. et l'entraîne jusqu'à l'extrémité de l'oscillation.

Ce mouvement a dégagé la dent A. du repos D. ; la roue se met en marche dans le sens indiqué par la flèche, mais accomplit seulement un sixième de tour, car la dent *c.* vient s'arrêter sur le repos E. ; notons que la *cheville n'.* relève alors le bec *n'.*, de la même manière que la *cheville n.* avait relevé le *bec n.*

Pendant ce temps le pendule accomplit sa vibration de retour dans laquelle il reçoit l'impulsion communiquée par la pesanteur (ou *gravité*) du *levier* F.F'. retombant à sa place primitive, contre un arrêt non représenté dans la figure. — Le pendule, continuant son oscillation, rencontre de l'autre côté le bout inférieur *p'.* du levier G. G'., le repousse jusqu'à l'extrémité de l'oscillation, et au retour reçoit l'impulsion de la gravité, comme cela s'est passé avec le levier F. F'. — La différence entre *toute* la hauteur de chute parcourue par ce levier et la hauteur *partielle* où l'avait relevé l'une des trois *chevilles*, constitue la force d'impulsion. Comme on le voit, c'est l'action du rouage qui entretient cette force d'impulsion en relevant successivement à l'aide des *chevilles* chacun des *leviers* F.F'., G.G'., lesquels ensuite retombant sur le pendule, l'accompagnent jusqu'au bas de leur chute, c'est-à-dire *plus loin* que la position où les avait laissés chaque cheville.

On peut admettre que l'impulsion due exclusivement à la *gravité* des *palettes* (*leviers d'impulsion*) représente une force constante, les hauteurs de chute étant égales, et l'action variable du rouage ne pouvant, en aucune façon, réagir sur les oscillations du pendule.

Il peut être objecté que le frottement de *dégagement* entre les *longues dents* et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les *repos* est dépendant des variations du rouage, mais cette quantité d'influence est si minime qu'elle peut être considérée comme nulle, car elle s'exerce sur l'extrémité d'un levier très-long, et qui transmet une portion imperceptible de la force du rouage.

Cet échappement est une idée, ou tout au moins une application neuve ; il fonctionne bien : peut-être serait-il possible d'atténuer les chutes et le frémissement des roues à longues dents, que nous avons remarqués dans le spécimen fonctionnant à l'Exposition.

En résumé, l'œuvre de M. Dent est recommandable, elle mérite de l'attention et des éloges : on y trouve le cachet de recherches sérieuses et savantes.

L'énorme horloge de M. Benson, est, comme nous l'avons dit au début de ce travail, la plus gigantesque pièce de l'Exposition ; son volume dépasse 3 mètres en longueur, 2m.50 en hauteur, 1m.50 en profondeur. On y voit des roues en bronze qui ont 60 centimètres de diamètre et 6 centimètres d'épaisseur ; des axes, des pivots gros à proportion : plus d'une pièce de *grosse mécanique* paraîtrait menue en comparaison de ce mastodonte de l'horlogerie.

L'échappement est à ancre ; le pendule, long de 15 pieds anglais, accomplit une vibration en deux secondes. Le remontoir d'égalité est un analogue du système Lepaute.

La figure 32, page suivante, est une vue en perspective de cette horloge dont l'ensemble ne manque ni de symétrie ni de majesté. Ce qui constitue le vrai mérite de cette pièce, c'est l'admirable perfection de la main-d'œuvre : toutes les roues, même les plus énormes, ont été taillées à la machine ; tous les axes sont polis comme ceux d'un régulateur ; l'échappement est pourvu de rubis aux levées de l'ancre. Tout cela est soigné, ajusté, perfectionné avec une puissance d'exécution qui donne la plus haute idée de l'outillage que possède M. Benson : on sent là une atmosphère de très-grande maison commerciale.

A propos de l'horlogerie monumentale et de ces applications électriques, nous devons consigner ici une double observation, qui n'est pas sans intérêt au point de vue statistique.

La première, c'est qu'une supériorité indiscutable est acquise, en cette matière, aux produits de l'école française.

La seconde, c'est que cette branche de l'horlogerie renferme, à elle seule, plus de recherches utiles, plus de progrès, plus d'inventions que toutes les autres parties.

Ce n'est pas qu'il n'y ait aussi de très-belles et ingénieuses créations dans les nombreux mécanismes des autres parties de l'horlogerie. Mais il y a lieu de reconnaître que l'horlogerie monumentale et électrique, ayant été moins étudiée, était restée en arrière des progrès réalisés ailleurs. Aujourd'hui les recherches ont porté leur fruit, leurs auteurs sont arrivés au but et ont pris rang ; c'est là un vrai succès, bon à constater, d'autant mieux qu'il est plein de promesses pour l'avenir.

Une dernière observation s'adresse à nos lecteurs.

Chaque jour amène son progrès, et nous n'avons pas la prétention de ne rien avoir omis de ce qui était digne d'être remarqué à l'Exposition, au point de vue auquel nous nous étions placé. Aussi nous proposons-nous, avec l'assentiment du Directeur des *Annales du Génie civil*, de publier de temps en temps dans ce recueil quelques articles consacrés aux perfectionnements qui auront été réa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lisés dans les diverses branches de l'horlogerie; ce qui nous permettra d'y rat-

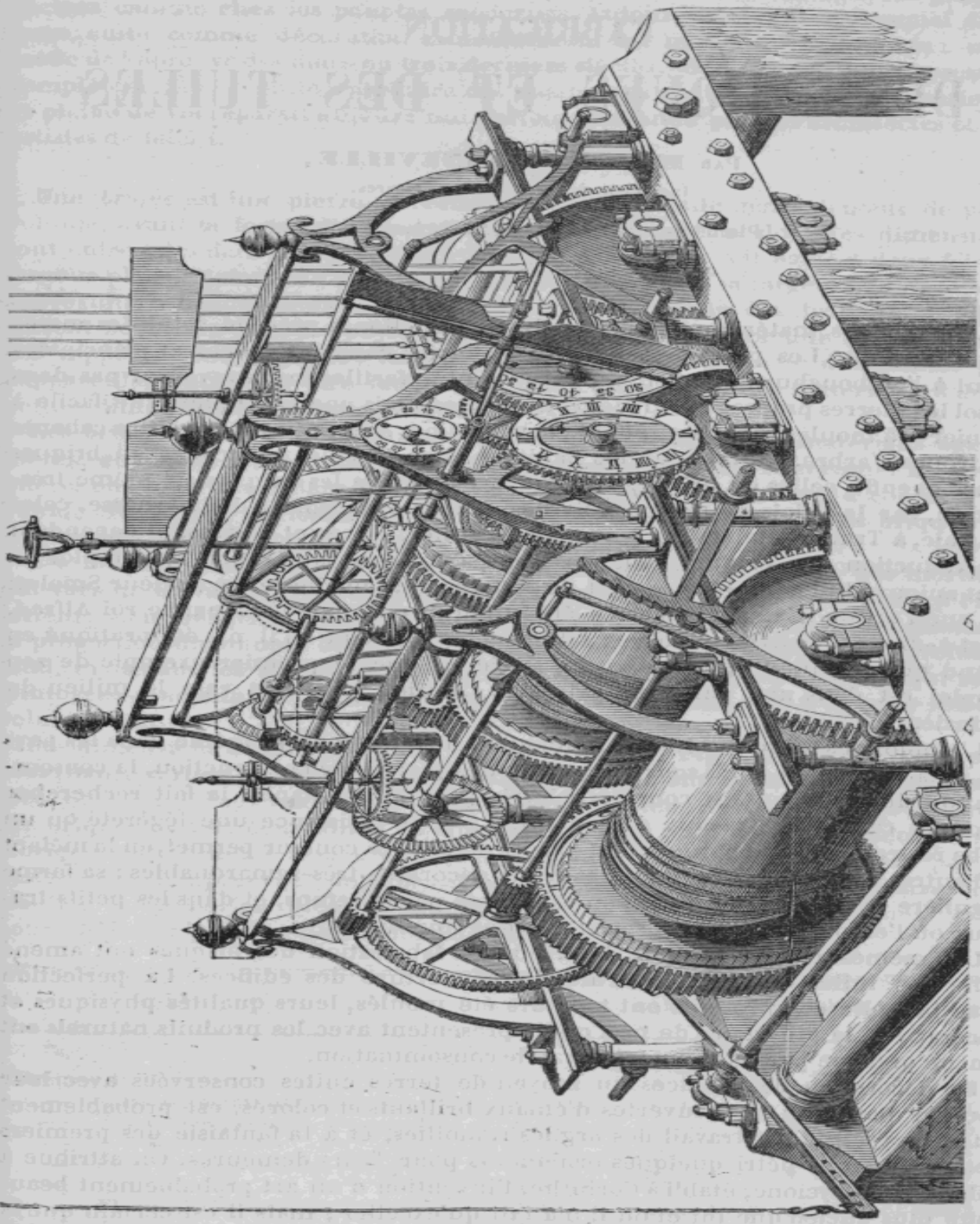


Fig. 32

tacher une revue rétrospective sur certains mécanismes, et certaines dispositions nouvelles qui ont figuré à l'Exposition de 1867.

J. Berlioz.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LXX

FABRICATION
DES BRIQUES ET DES TUILES

PAR M. PAUL BONNEVILLE,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

(Planches 230. 231. 232. 233. 234, 235.)

L'emploi des matériaux artificiels de construction a précédé celui des matériaux naturels. Les premières sociétés groupées dans les vallées et principalement à l'embouchure des fleuves, pays les plus fertiles, ne trouvèrent pas dans le sol les pierres propres à bâtir leurs demeures, mais une terre plastique, facile à manier et à mouler, durcissant par la dessiccation. Aussi voit-on, après les cabanes en troncs d'arbre, se succéder les habitations en torchis, puis celles en briques crues et enfin celles en briques cuites. L'art de cuire les briques est même très-ancien, car le palais de Crésus, à Sardes, celui de Mausole, à Halicarnasse, celui d'Attale, à Tralles, étaient en briques très-cuites, dures et rouges, et cependant l'introduction des briques dans certains pays, où la fabrication et l'emploi en sont aujourd'hui considérables, est de date presque moderne. Le docteur Smolett dit que l'art de faire les briques a été introduit en Angleterre par le roi Alfred, c'est-à-dire au neuvième siècle ; Aikin même prétend qu'il n'a été pratiqué en grand qu'au milieu du quatorzième siècle, et que le premier exemple de son emploi est dans une partie du palais de Croydon, construit vers le milieu du quinzième siècle.

L'emploi des briques a été en augmentant de plus en plus ; même dans les pays les plus richement dotés sous le rapport des pierres de construction, la consommation de la brique est considérable. Sa grande résistance la fait rechercher dans les cas où les travaux doivent unir à cette résistance une légèreté ou un cube restreint que ne donneraient pas les pierres. Sa couleur permet, en la mêlant à d'autres matériaux, d'obtenir des effets décoratifs très-remarquables ; sa forme régulière la fait utiliser quand on est pressé par le temps, et dans les petits travaux où l'emploi des pierres serait presque impossible.

Les mêmes raisons qui ont déterminé la fabrication des briques ont amené celle des tuiles destinées à former la couverture des édifices. La perfection avec laquelle ces produits ont toujours été moulés, leurs qualités physiques et décoratives, la différence de prix qu'ils présentent avec les produits naturels ont amené presque partout leur très-grande consommation.

La décoration des édifices au moyen de terres cuites conservées avec leur couleur naturelle, ou couvertes d'émaux brillants et colorés, est probablement due à la facilité du travail des argiles ramollies, et à la fantaisie des premiers potiers qui ont pétri quelques ornements pour leurs demeures. On attribue à Dibutade de Sycione, établi à Corinthe, l'invention d'un art probablement beaucoup plus ancien que lui et où il n'a fait qu'exceller ; mais il est certain que la *plastique*, c'est-à-dire la fabrication des pièces de terre cuite auxquelles l'art des sculpteurs et des statuaires contribue, fabrication qui peut donner les produits les plus purs de formes, reproduire économiquement le même type un grand nombre de fois, fournir aux architectes des ornements aux tons chauds ou cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verts de riches couleurs, a toujours été en grand honneur chez les peuples anciens comme chez les peuples modernes. Aujourd'hui, certes, l'emploi de la terre cuite comme décoration architecturale est moindre qu'autrefois ; mais sortie de l'épreuve des deux ou trois derniers siècles, où elle fut délaissée presque complétement et réduite à produire des objets sans goût, la plastique victorieuse et pleine de vie reparaît aujourd'hui partout, soutenue par des architectes et des artistes de talent.

Une *brique* est une pierre de construction artificielle généralement de petit volume, ayant la forme d'un parallélipipède rectangle, et dont les dimensions sont entre elles dans des rapports tels, que la longueur soit égale à deux fois la largeur plus un joint, et l'épaisseur égale à la moitié de la largeur, ou du moins approximativement. Quelles que soient les dimensions des briques, et elles varient beaucoup avec les pays, on n'a à proprement parler une brique que si ces rapports sont observés ; ils ne sont pas arbitraires, mais déterminés par l'appareillage qui doit être facile et solide et qui, pour des matériaux d'aussi petites dimensions, n'est possible que s'ils existent.

Les briques peuvent être faites en argile crue, en plâtre, en matériaux agglomérés, en argile durcie par une cuisson plus ou moins énergique. Les premières ont été traitées dans les chapitres si complets que M. Paul a consacrés à l'étude des bétons agglomérées. Je m'occuperai donc seulement des briques en argile cuite et d'abord des briques de construction non réfractaires.

Les briques, dans les constructions, sont reliées entre elles par des mortiers qui varient suivant qu'on emploie la brique en parements extérieurs, à l'intérieur, dans des parties chauffées, etc. Dans les gros ouvrages de maçonnerie la proportion du volume occupé par les joints est de 17 à 18 pour 100 du volume total, mais dans les maçonneries soignées avec mortier ou plâtre fin, qui sont jointoyées avec soin, le volume des joints peut être réduit à 10 à 12 pour 100 du volume total.

Les dimensions des briques, tout en conservant les rapports que j'ai indiqués plus haut, varient suivant les pays, mais seulement entre des limites peu écartées. En effet, il faut remarquer que si le constructeur trouve avantage à avoir des briques de fort échantillon, le fabricant dépense proportionnellement plus à fabriquer des briques trop grosses ou trop petites, ainsi qu'on le verra par la description des procédés de fabrication. De ces deux intérêts contraires est résultée la dimension presque généralement adoptée pour les briques. Voici pour différents pays les dimensions des briques :

	LONGUEUR.	LARGEUR.	ÉPAISSEUR.	VOLUME.
	m.	m.	m.	cc.
Briques de Bourgogne	0.220	0.110	0.060	1452
— dites de Montereau	0.220	0.110	0.055	1331
— de Sarcelles, rouges, 1re grandeur	0.220	0.110	0.050	1210
— — — 2e —	0.190	0.100	0.045	940
— dites de pays (Paris)	0.220	0.110	0.050	1210
— —	0.220	0.100	0.060	1320
— Flamandes	0.210	0.110	0.047	1085
— Anglaises	0.250	0.110	0.060	1650
— Anglaises	0.238	0.115	0.077	2107
— Anglaises	0.254	0.124	0.076	2400
— Hollandaises	0.260	0.120	0.054	1684

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les bonnes briques de construction sont solides, résistantes, sans fissures; elles se laissent tailler nettement, c'est-à-dire qu'elles donnent sous le coup de la hachette du maçon l'éclat qu'il veut détacher sans se briser au delà et sans exiger plusieurs coups inutiles : elles ont des formes régulières et bien égales; elles ne sont pas gélives ; si pour des cas spéciaux les briques doivent présenter moins de résistance, ou être tendres, jamais ces résultats ne doivent être atteints par un manque de cuisson, car elles s'altéreraient alors sous l'influence des agents atmosphériques.

L'homogénéité de la texture, une cuisson régulière, une couleur uniforme, un son clair sont des caractères assez constants des bonnes briques.

Les résistances des briques tant à la traction qu'à l'écrasement sont assez variables : dans la pratique on ne fait pas supporter aux briques des efforts qui dépassent le dixième des efforts qui produisent la rupture ou l'écrasement.

Voici quelques résultats d'expériences :

Résistance à la traction.

NATURE DES BRIQUES.	VALEUR DE L'EFFORT qui détermine la rupture pour une section de 1 centimètre carré.
	k.
Briques de Provence, très-bien cuites et d'un grain uniforme.	19.5
— ordinaires, faibles.	8.0
— de Bourgogne, brunes.	20.7
— de pays (Paris), fort cuites.	11.9

Résistance à l'écrasement.

NATURE DES BRIQUES.	VALEUR DE LA CHARGE par centimètre carré, qui produit l'écrasement.
Brique dure très-cuite.	150 kilog.
— rouge.	60
— mal cuite.	40
— de Hammersmith.	100
— Flamande, tendre.	18
— de Bourgogne, brune.	150
— de Sarcelles, brune.	125
— de Bourgogne (Montereau).	110
— de pays (Paris).	90
— — (Herblay).	38.2
— — (Sarcelles).	28.2

Les quantités d'eau que les briques peuvent absorber sont également très-variables, ainsi que le fait voir le tableau suivant :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

NATURE DES BRIQUES.	POIDS de la brique mouillée.	POIDS de la brique sèche.	EAU par différence.	EAU absorbée par 1000 kilog. de briques sèches.
	k.	k.	k.	k.
De Pont-sur-Yonne J. B. (Bourgogne).	2.980	2.650	0.330	124.5
De Villeneuve-sur-Yonne (Bourgogne).	3.120	2.710	0.410	151.2
De Flipou, grisée.....	2.380	2.105	0.275	130.6
De Flipou, tendre.....	2.560	2.195	0.365	160.3
De Flipou, violette.....	2.400	2.095	0.305	145.5
Chaville (pays-Paris), rouge.....	2.750	2.450	0.300	122.4
Des Moulineaux (id), tendre.....	2.790	2.490	0.300	120.5

Les briques mal cuites sont généralement gélives, ou tout au moins finissent par se désagréger sous l'influence des agents atmosphériques. Sans accorder au procédé suivant, modification de celui employé pour les pierres de construction, une confiance absolue, il peut servir à avoir des indications sur la résistance des briques à la gelée ; il est dû à M. Brard. On fait bouillir les briques pendant une demi-heure dans une dissolution saturée à froid de sulfate de soude ; on les retire et on les suspend par des fils au-dessus de la capsule dans laquelle elles ont bouilli. Au bout de vingt-quatre heures leurs surfaces sont recouvertes de petits cristaux que l'on fait disparaître en les plongeant de nouveau dans la dissolution. On opère de même et il reparaît de nouveaux cristaux. On les fait ainsi paraître et disparaître en répétant la même opération pendant cinq jours. Lorsque les briques sont gélives elles abandonnent au fond de la capsule de petits fragments. Lorsqu'elles ne le sont pas, la cristallisation du sulfate de soude n'en détache aucune particule ; les arêtes ne s'émoussent même pas.

Terres à briques.

Presque partout on trouve des terres bonnes à fabriquer des briques de construction, et surtout les pays d'atterrissement, où manquent les pierres, en sont riches.

Toutes les embouchures des grands fleuves, tous les delta fournissent des terres convenables et c'est probablement ce qui a permis la construction de plusieurs grandes villes dans des pays qui sont complétement dépourvus de matériaux calcaires.

Les terres à briques sont toutes des argiles plus ou moins salies par des corps étrangers, et les argiles pures, dont la composition est très-variable, sont des composés hydratés de silice et d'alumine, renfermant presque toujours un peu de potasse et de soude. Si on ne tient pas compte de ces bases, on voit que ces argiles pures, dites *argiles plastiques*, peuvent être regardées comme formées d'un silicate d'alumine hydraté, à proportion définie, dans le rapport de 57,42 pour 100 de silice à 42, 58 d'alumine, et qui peut être exprimé par la formule $^{2}Al^{2}O^{3}, 3SiO^{3}$, mélangé avec un excès de silice ou d'alumine. Ces argiles plastiques constituent, d'après certains minéralogistes, une espèce minérale distincte; mais le plus grand nombre est d'accord pour admettre qu'elles résultent de la décomposition lente, par les agents atmosphériques, des roches feldspathiques et du transport du résultat de cette décomposition loin des roches primitives. C'est dans ces transports que généralement ont dû se mélanger les corps étrangers tels que la chaux (à l'état de carbonate), l'oxyde de fer, les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bitumes, etc. La chaux à l'état de silicate qui se trouve dans certaines argiles doit avoir une autre origine, et résulter probablement de la décomposition des roches primitives.

Les caractères essentiels des argiles, quelle que soit d'ailleurs leur pureté, sont : la *plasticité*, c'est-à-dire la propriété de former avec l'eau une pâte tenace et facile à travailler, à mouler, se soudant à elle-même, durcissant par la dessiccation ; — la *transformation à la cuisson* qui détruit la plasticité et augmente la dureté et la résistance ; — le *retrait*, qui est la propriété des argiles et des pâtes qu'elles ont formées, de diminuer de dimensions en séchant et en cuisant à température élevée.

La *plasticité* résulte de la combinaison des trois corps *silice*, *alumine* et *eau*. Les argiles les plus alumineuses sont d'une manière presque constante les plus plastiques, mais le corps auquel il semble qu'on doive le plus sûrement attribuer la plasticité c'est l'eau. En effet, l'eau qu'on trouve dans les argiles est de deux natures, l'*eau de carrière* ou eau *hygroscopique* complétement étrangère à la composition de l'argile qu'elle ne fait qu'imbiber et dont la proportion peut varier sans altérer ses propriétés, et l'*eau combinée* qui fait partie de la constitution même du corps. La première, l'eau hygroscopique, est souvent en forte proportion dans les argiles qu'on vient d'extraire ; elle ne forme plus qu'environ 3 à 4 pour 100 du poids total après une dessiccation à l'air à environ + 30° C, prolongée quelque temps ; enfin si on chauffe l'argile à + 100° C, elle disparaît complétement. Mais à ce point l'argile a gardé toutes ses propriétés ; elle peut de nouveau s'imprégner d'eau en donnant une pâte plastique identique à celle qu'on aurait primitivement obtenue. Si au contraire on porte l'argile au rouge elle perd de 10 à 18 pour 100 de son poids ; l'eau combinée du silicate hydraté d'alumine disparaît et laisse un corps nouveau différant complétement de l'argile primitive, dur, sonore, dépourvu de toute plasticité, et il est impossible de la lui rendre. C'est ce produit doué de propriétés toutes nouvelles qui est le but recherché par toutes les fabrications céramiques. Non-seulement il diffère de la terre crue par ses propriétés nouvelles, mais encore par ses dimensions ; car, depuis le moment où, au sortir du moule, on a abandonné à elle-même la pâte plastique et humide, elle prend un *retrait* ou *retraite* qui augmente avec la température à laquelle la cuisson s'effectue.

Après avoir décrit les principales terres argileuses, je reviendrai sur ces modifications que leur fait subir la chaleur.

Brongniart a divisé les diverses terres argileuses suivant leur pureté en :

Argile plastique ;
Argile figuline ;
Marnes argileuses ;
Marnes calcaires ;
Marnes limoneuses.

Argile plastique. — C'est le silicate d'alumine hydraté, avec excès soit de silice, soit d'alumine ne renfermant les corps étrangers qu'accidentellement, mais contenant toujours de la potasse et de la soude. Elle est caractérisée par une grande plasticité, un façonnage facile, une grande résistance à l'imbibition et à la dessiccation. Elle est infusible à une température d'environ 130° (Wedg). C'est la base de la fabrication des produits réfractaires, et j'en reparlerai avec plus de détails à cet article.

Argile figuline. — On appelle ainsi une argile liante, moins tenace que l'argile plastique, dont elle a la composition plus 5 à 6 pour 100 de chaux à l'état de carbonate et de silicate. Elle cuit d'une couleur rose ou jaune. Elle peut être employée à la fabrication des briques et des tuiles en prenant les précautions

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

spéciales que j'indiquerai pour les terres douées d'une grande plasticité. Ce que je dirai du gisement des argiles plastiques s'appliquera également aux argiles figulines.

Les *marnes* sont des matières terreuses essentiellement composées d'argile, de carbonate de chaux et souvent de sable dans des proportions très-variables. On peut les considérer comme des argiles plus pures souillées dans les transports géologiques. Séchées, elles sont friables, sans consistance. Elles font effervescence avec les acides, donnent avec l'eau une pâte plus ou moins courte, et sont en général fusibles à une température peu élevée. Elles sont la base de la fabrication des briques et de la plupart des poteries communes. Suivant la prédominance de l'un ou de l'autre élément on les distingue en :

Marnes argileuses qui font facilement pâte avec l'eau, se travaillent assez aisément et acquièrent une bonne dureté au feu ;

Marnes calcaires généralement blanches ou grises, plus dures à l'état cru que les précédentes, mais se délitant sous l'influence des agents atmosphériques, ne formant avec l'eau qu'une pâte difficile à travailler, fusibles comme les précédentes.

Marnes limoneuses de couleur plus ou moins foncée, souvent presque noires, poreuses et friables, laissant après l'action répétée des acides un résidu sableux plus ou moins abondant. Elles donnent une pâte assez liante, mais qui manque complétement de solidité à la cuisson. Elles peuvent garder leur couleur quand la température n'est pas très-élevée ; plus généralement elles cuisent d'une couleur rouge, mais en conservant dans l'intérieur de la masse des parties noires ou grises. Les produits qu'elles donnent manquent de résistance. C'est à cette classe qu'appartiennent les terres franches qui dans tant d'endroits servent à la fabrication des briques consommées sur place et dites briques de pays.

Les marnes argileuses peuvent se rencontrer dans presque tous les terrains, mais on les trouve surtout dans les terrains tertiaires. On ne trouve que ces marnes dans les terrains épiolithiques (ou néocomiens), dans les terrains jurassiques, etc. Elles s'y présentent en lits réguliers qui alternent avec les calcaires, les gypses, les grès, et on y rencontre souvent des débris végétaux et animaux de l'époque géologique des terrains auxquels elles appartiennent. Les marnes argileuses et calcaires sont très-répandues à la surface du globe ; on les rencontre dans les terrains infra et supra-crétacés, tandis que les argiles plastiques ont les terrains crétacés pour limite inférieure, et de plus elles y forment des couches puissantes ; elles constituent des collines très-étendues et couvrent souvent à elles seules des pays entiers. Leurs couleurs sont très-variées.

Les marnes limoneuses, les terres franches sont superficielles ; elles se trouvent à toutes les embouchures des grands fleuves, dans toutes les larges vallées.

Les modifications que les terres argileuses subissent par la chaleur sont, comme je l'ai dit, de deux sortes : *modifications chimiques* ou transformation de l'argile en terre cuite ; *modifications physiques* qui comprennent la retraite et la déformation.

Quand on chauffe au rouge un morceau d'argile, le silicate alumineux hydraté qui la constitue perd son eau de combinaison et il reste un composé nouveau, doué de propriétés nouvelles très-différentes suivant la composition de l'argile et la température qu'on a atteint. Les corps étrangers mélangés naturellement ou artificiellement aux argiles sont presque exclusivement des bases ou quelquefois des silicates d'une autre base que l'alumine ; je ne parle pas du sable ou silice qui modifie les qualités physiques de l'argile, qui l'*amaigrit*, qui joue quelquefois aussi un rôle dans les transformations chi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

miques, je parle de la chaux, des oxydes de fer, de la magnésie, de la potasse, de la soude, des feldspaths, etc. Ces corps à température élevée tendent à se combiner au silicate simple d'alumine pour former avec lui un silicate multiple généralement plus fusible. En chauffant une argile il pourra donc se produire un des trois types suivants de modifications : 1° L'argile est suffisamment pure, et, à une température même très-élevée, aucun silicate multiple ne se forme. Le produit cuit sera alors plus ou moins dense suivant la température de la cuisson, plus ou moins poreux suivant la quantité de parties étrangères mélangées et non combinées, mais toujours poreux. Quelles que soient sa dureté et sa résistance, il absorbera l'eau facilement. 2° L'argile est impure, mais la température qui permet la décomposition du silicate d'alumine hydraté n'est pas poussée assez haut pour déterminer la combinaison du silicate anhydre restant avec les bases étrangères, et on obtient alors un produit analogue à celui du cas précédent, mais plus poreux et plus friable. 3° Les impuretés sont abondantes ou peu nombreuses, mais suffisantes et dans un état convenable pour que, à la température à laquelle l'argile est portée, quelque élevée ou quelque basse qu'elle soit, il y ait combinaison des divers éléments et formation d'un silicate multiple fusible. Si la température n'est que suffisante pour commencer la combinaison, pour fritter pour ainsi dire le silicate, on a une matière complétement imperméable et sans porosité, dure, analogue aux poteries de grès. Si la température, au contraire, est assez élevée pour amener la combinaison complète des éléments, il en résulte une matière scarifiée, si le silicate multiple n'est pas fusible à cette température ; un verre véritable, coulant et fluide, si la température est assez haute, ou assez prolongée pour produire la fusion complète.

Il y a bien peu de terres à briques de construction qui ne renferment de la chaux, de l'oxyde de fer en quantités fort notables, et les nécessités de la fabrication y font encore, comme je le dirai plus loin, bien souvent introduire des corps chargés d'éléments basiques.

Donc, toutes, par une température suffisamment élevée, pourront être au moins grésées, ou rendues pâteuses au point de permettre aux morceaux de se coller les uns aux autres. Ce second résultat est souvent un écueil dans la fabrication ; un four mal dirigé a été trop cuit, les silicates multiples se sont produits, et ont soudé toutes les pièces ramollies en une seule masse que l'on est obligé de défourner à coups de pioche ; mais aussi ces propriétés bien comprises du briquetier lui permettront d'obtenir à son gré des briques à texture compacte, imperméables, par suite pouvant braver toutes les intempéries, extrêmement dures et résistantes, inusables au frottement.

Modifications physiques. — Un morceau d'argile diminue de dimensions depuis le moment où on le tire de la carrière jusqu'au moment où il est complétement sec ; si on le chauffe il diminue encore ; il prend du *retrait*. Cette propriété est peu sensible dans certaines argiles, et, si on casse en deux un morceau de ces argiles, on peut après la cuisson d'une des moitiés à température élevée, appliquer les deux morceaux l'un contre l'autre, et faire se pénétrer les dents des deux cassures comme avant la cuisson ; la retraite a été presque insensible. Il n'en est plus de même si l'argile a d'abord été mise en pâte avec l'eau : dans ce cas il y a toujours retraite. Elle varie depuis 2 pour 100 jusqu'à 25 pour 100 des dimensions linéaires ; elle est en moyenne pour les pâtes à briques de 10 à 15 pour 100.

La retraite se fait en deux périodes ; la première qui s'étend depuis le démoulage de la pâte humide jusqu'à la dessiccation complète à l'air, et la deuxième

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis cet état de dessiccation jusqu'à la cuisson parfaite. La retraite et ses variations sont dues à deux causes principales :

1° La nature des pâtes. — 2° Le mode de façonnage.

1° Les pâtes très-plastiques[1] et les pâtes fusibles sont en général celles qui prennent le plus de retraite. Les pâtes plastiques doivent leur grande retraite au dégagement de l'eau ; les pâtes fusibles au rapprochement des molécules déterminé par le commencement de combinaison et de fusion qu'elles éprouvent. Les pâtes très-plastiques, dont je reparlerai à propos des produits réfractaires, renferment beaucoup d'eau et sont formées d'éléments non ramollissables ; aussi prennent-elles pour ainsi dire toute leur retraite à la température qui détermine le départ de toute l'eau, soit environ 40° (Wedg). On peut les chauffer à des températures beaucoup plus élevées 135° (Wedg) sans déterminer un rapprochement nouveau des molécules. Les pâtes qui se grèsent au feu, c'est-à-dire qui prennent pendant la cuisson une texture homogène et y deviennent imperméables, prennent souvent, au contraire, dans cette deuxième période, une retraite égale ou supérieure à celle qu'elles prennent pendant les dessiccations.

2° Le mode de façonnage a beaucoup d'influence sur la retraite de certaines pâtes ; il en a peu pour les briques, plus pour les tuiles mécaniques. On peut admettre d'une manière générale que les mêmes pâtes présentent rigoureusement la même retraite et que pour une pièce moulée dans toutes ses parties exactement de la même façon, conduite et soignée de même, la retraite est la même pour toutes les directions.

Les inégalités de pression pendant le moulage donnent des inégalités dans la retraite. C'est la cause principale des gauchissements observés dans les pièces moulées et ils peuvent en général tous lui être attribués. Les inégalités de surface, la retraite plus grande dans le sens vertical que dans le sens horizontal, etc., tout cela tient à une pression inégale.

La compression qui tend, quand elle est considérable, à expulser l'eau interposée, ne diminue pas la retraite autant qu'on pourrait le croire.

Les pâtes anciennes, c'est-à-dire celles qui n'ont pas été employées immédiatement après leur préparation, qu'on a abandonnées à elles-mêmes pendant quelque temps, prennent en général moins de retraite que les mêmes pâtes employées immédiatement.

Ces propriétés des argiles font qu'elles ne peuvent que rarement être employées sans mélange dans les fabrications. Les pâtes trop plastiques collent aux moules, engorgent les filières ; les pièces qu'elles fournissent manquent de la solidité nécessaire au sortir du moule, et s'affaissent et se déforment ; à la dessiccation, la partie superficielle sèche beaucoup plus rapidement que celle de l'intérieur, et se déchire sur elle en formant de nombreuses gerçures ; les parties les plus volumineuses ou les plus épaisses ne sèchent pas aussi vite que les parties minces, et il en résulte des fentes longues et profondes, qui mettent les pièces hors d'usage. Si par un surcroît de précautions on était parvenu à empêcher ces effets de se produire à la dessiccation, on les éviterait difficilement à la cuisson.

Il faut donc que l'argile, la terre à brique, obtenue par mélange naturel ou artificiel avec des corps étrangers, soit assez grasse pour que la pâte qu'elle donne avec l'eau soit plastique et d'un travail facile, mais en même temps suffisamment *maigre* pour ne pas s'attacher aux outils, pour se sécher rapidement et également, enfin qu'elle cuise uniformément. Les matières dites *dégraissantes*, *amaigrissantes* ou *antiplastiques* auront donc pour but :

1. Ce sont comme je l'ai dit plus haut en général les plus alumineuses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° de diminuer la plasticité des terres trop grasses, et par suite de faciliter le travail du mouleur, en permettant, par la consistance qu'elles donnent à la pâte, un maniement et un démoulage faciles ; 2° de drainer à fond, pour ainsi dire, toute la masse, de façon à ce que l'eau de l'intérieur s'évapore aussi vite que possible, et à ce que, dans les parties plus épaisses, le temps nécessaire à la dessiccation soit aussi peu différent que possible du temps qui est nécessaire pour sécher les parties plus minces. Formant, à l'intérieur de la masse plastique, comme une armature dont les parties indéformables et invariables dans leurs dimensions peuvent néanmoins se déplacer un peu les unes par rapport aux autres, elles empêchent la pâte plastique de s'affaisser et de se déformer quand on la démoule, et cependant elles la suivent dans sa retraite, maintenant les dimensions relatives et mettant, par leur enchevêtrement, un obstacle à la fente. Cette action régularisatrice de la retraite, elles la poursuivent encore pendant la cuisson.

Il est bien rare qu'une terre argileuse soit naturellement à l'état convenable pour pouvoir être employée directement à la fabrication même des briques, à plus forte raison des tuiles et des poteries dont je parlerai plus loin. Les terres franches qui servent au moulage des briques dites *de pays* sont généralement employées telles qu'on les trouve ; le prix auquel on livre ces briques ne laisse pas la liberté de faire un mélange, et la nature sableuse des terres permet de les employer aussitôt, les produits qu'on veut obtenir n'ayant besoin ni d'une grande régularité ni d'une très-bonne qualité. Mais la plupart des marnes, les argiles doivent être dégraissées avant l'emploi. Les matières dégraissantes les plus employées sont :

Le *sable*, qui est l'antiplastique par excellence. On doit préférer le sable siliceux, assez fin, et dont on trouve généralement des gisements près de ceux d'argile. Le sable jouit de tous les avantages généraux que j'ai décrits, et, de plus, s'il est siliceux, il pourra diminuer la fusibilité de certaines terres fusibles. Les sables feldspathiques, micacés, ferrugineux, calcaires, tendent, au contraire, à augmenter la fusibilité. Si le sable est mélangé de gros grains de gravier, il faut le tamiser avant de l'employer. On peut quelquefois, si on n'en a pas à proximité, le remplacer par des grès pulvérisés, mais le supplément de main-d'œuvre nécessaire pour pulvériser ces grès rend ce moyen un peu coûteux.

Les *ciments*, qui sont les débris de terres cuites pulvérisés, vieilles briques, vieilles tuiles, déchets des fours. Ils donnent des produits d'excellente qualité, quand ils sont broyés suffisamment fin, mais cette pulvérisation est toujours coûteuse.

Le *carbonate de chaux*, la *craie* doivent, en général, être exclus comme matières dégraissantes. En admettant même que le carbonate de chaux finement divisé soit réparti bien uniformément dans toute la masse, il faudrait que la température de cuisson fût suffisante pour amener la combinaison complète de la chaux, résultant de la décomposition du carbonate, avec le silicate d'alumine. Si cette combinaison se produit, on aura des briques dures, de bonne qualité ; mais sans cela, la chaux caustique disséminée partout, attirant l'acide carbonique et l'humidité de l'air, fera, par son foisonnement, tomber les briques en poussière. L'effet sera plus prompt et plus considérable, si la chaux forme des noyaux dans la masse ; elle fera sauter des éclats de briques souvent très-gros. Or, il est difficile d'obtenir d'une manière complète la combinaison, dont je parlais plus haut, de l'argile et de la chaux. Ce silicate est trop fusible pour que la température qui le produit puisse être soutenue quelque temps ; il reste alors toujours des parties non combinées qui rendent la brique de mauvaise qualité. D'une manière générale, si on ajoute du carbonate de chaux, ce ne doit donc être qu'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très-petites proportions. Au delà de 10 à 15 p. 100 en poids de carbonate de chaux, l'emploi des pâtes calcarifères ne donne plus que des briques de très-mauvaise qualité, et la plupart des marnes renferment assez de chaux pour qu'il soit inutile de chercher à les dégraisser par du moellon ou de la craie.

Les *scories de forges*, les *mâchefers*, les *laitiers de hauts-fourneaux*, etc., quand ils ont été pulvérisés, sont au contraire des antiplastiques d'excellente qualité. Ils permettent d'obtenir, par leur combinaison ou leur commencement de combinaison avec la pâte de la brique, des produits extrêmement durs et résistants. Ce sont des verres fusibles, seulement à très-haute température, qui se combinent facilement à l'argile, mais qui ne donnent pas un produit trop ramollissable.

Les *cendres* donnent également de très-bons résultats.

La *sciure de bois*, la *paille*, etc., peuvent être employées pour amaigrir les terres, et comme elles se détruisent dans le four, les produits qu'on obtient ainsi, percés d'un grand nombre de vides, sont d'une très-grande légèreté : mais ils manquent souvent de résistance.

Les *charbons* et les *escarbilles* sont des matières dégraissantes très-précieuses. Elles joignent aux avantages du sable la propriété de brûler au sein de la masse, et par conséquent de répartir la chaleur, par suite de hâter la cuisson et de la régulariser. De plus, les cendres qu'elles laissent se combinant à l'argile donnent un produit dur et résistant. Leur emploi permet de diminuer la quantité de combustibles à brûler sur la grille du four; c'est donc un moyen qui tout en fournissant de très-bons produits fait employer un combustible généralement à vil prix et dont ainsi on ne perd aucune partie de l'effet utile. La brique ou la poterie, après cuisson, est percée de beaucoup de petites cavernes ; mais la pâte n'est pas poreuse ; de sorte qu'on obtient ainsi des pièces légères, sonores et de très-bonne qualité. Cet antiplastique devra être employé dans la fabrication des briques aussi souvent que possible.

Il est une méthode de dégraisser qui est très-bonne et très-fréquemment suivie ; c'est de mélanger une terre trop grasse avec une terre trop maigre; une argile ou une marne argileuse avec une terre franche très-maigre, par exemple. Les résultats qu'on obtient ainsi sont, en général, très-bons.

Quelle que soit la matière dégraissante employée, on remarquera : 1° quand il n'y a pas combinaison des éléments entre eux, que les antiplastiques en gros grains facilitent la dessiccation et rendent les pièces moins délicates aux refroidissements rapides des fours, mais qu'en même temps ils augmentent la fragilité des produits cuits et leur porosité ; 2° que les grains fins, permettant un mélange plus complet, sont pour ainsi dire les seuls qui puissent être employés quand on veut profiter, dans la fabrication, de la combinaison des éléments entre eux ; sans cela, les produits seraient sans homogénéité, et, par suite, perdraient une partie des avantages qu'on a voulu leur donner.

Du choix des terres à briques. — A peu près toutes les terres argileuses peuvent servir à fabriquer des briques de construction, quand on ne cherche pas à en avoir d'une qualité exceptionnelle. Cependant on peut, d'une manière générale, regarder comme devant être exclues les terres qui renferment du carbonate de chaux en *morceaux* nombreux, les marnes calcaires qui renferment plus de 15 à 20 p. 100 de carbonate de chaux, les terres qui renferment de nombreux fragments de silice. Les premières donneraient des briques éclatant par suite de l'hydrocarbonatation à l'air de la chaux caustique qu'elles renfermeraient après la cuisson; les deuxièmes fourniraient des briques sans solidité et tombant en poussière à l'air humide ; enfin la silice des troisièmes, éclatant pendant la cuisson, ferait sauter des morceaux des briques pendant cette dernière partie du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

travail. Si la terre renfermait beaucoup de pyrites en gros morceaux, elle devrait également être rejetée ; mais si elle n'en renferme que peu et en petits morceaux, c'est sans inconvénients, et ces pyrites, par la combinaison de l'oxyde de fer qu'elles abandonnent avec l'argile, peuvent même ainsi donner des briques de très-bonne qualité.

L'examen de la terre qu'on doit employer, celui de la pâte qu'on en fait avec de l'eau et celui des briquettes crues et cuites qu'elle donne, permettront de reconnaître les qualités de cette terre. Si la terre, humectée d'une petite quantité d'eau, donne une pâte bien liante, qui a la consistance de la pâte à faire le pain, peut se façonner en longs *colombins* ou cylindres qui ne se rompent, sous l'influence de leur propre poids, qu'à une certaine longueur ; si cette pâte ne renferme pas de grains des corps cités plus haut; si elle ne colle pas aux doigts ; si quelques briquettes, façonnées à arêtes bien vives, sèchent sans se gercer dans un endroit à l'abri des courants d'air; si ces briquettes, cuites dans un four à briques ou dans un four à chaux, sortent sans gerçures, sans déformation due à un commencement de fusion, il est probable que la terre dont on dispose pourra convenir sans mélange à la fabrication des briques. Mais si la terre, onctueuse quand on l'écrase sous les dents, donne une pâte collante, des briquettes qui gercent en séchant et fendent à la cuisson, on a affaire à une terre trop grasse, qui a besoin d'être amaigrie par mélange des corps que l'on a à sa disposition, parmi ceux que j'ai indiqués, et la quantité de ces corps devra être fixée approximativement par plusieurs tâtonnements faits de la même manière. Quand la terre crie sous la dent, est incapable de donner des copeaux si, fraîche, on la coupe avec un couteau; quand on ne peut en former des colombins d'une certaine longueur et résistants; quand les briquettes, après la cuisson, sont friables et poreuses, la terre est trop maigre. Elle peut, à la rigueur, servir à faire des briques, si elle a encore un peu de plasticité ; mais ce ne seront jamais que des briques poreuses et sans grande solidité, à moins que par une pression énergique on ne contre-balance en partie ce défaut. Cependant, si cette argile sableuse renferme en même temps une petite quantité de chaux qui puisse, à une température élevée, se combiner avec elle, il se produira un silicate double qui empâtera toute la masse de sable et donnera alors des produits d'une très-grande résistance et d'un excellent emploi. La proportion de sable, dans ce dernier cas, peut dépasser 80 et même 85 p. 100 du poids total de la terre desséchée. Les terres trop maigres ordinaires ne peuvent servir qu'à dégraisser des terres trop grasses, et c'est un de leurs emplois fréquents. Cependant, si la terre était maigre par suite d'une forte proportion de chaux dépassant environ 30 à 35 p. 100, il serait difficile de l'employer, même pour amaigrir une terre qui n'en renfermerait pas du tout.

L'analyse chimique, dans les détails de laquelle je n'entrerai pas ici, peut fournir d'utiles renseignements. En faisant connaître les proportions de silice libre et de silice combinée qui entrent dans la terre, les quantités d'alumine, de chaux, d'oxyde de fer, elle peut immédiatement faire voir dans quel sens doivent être dirigés les tâtonnements qui fixeront la composition du mélange, si la terre qu'on a à sa disposition ne peut être employée seule.

Dans le choix de la terre à exploiter ou bien dans l'examen de la possibilité de créer une briqueterie pour employer une terre convenable, une question capitale est d'abord à examiner, celle des transports. C'est presque d'elle seule que dépend le succès ou l'insuccès des entreprises. Les matériaux doivent être produits en très-grande quantité et à très-bas prix. Pour le briquetier qui est établi à poste fixe, qui a une usine, les gisements à exploiter seront, parmi les plus rapprochés de l'usine, ceux dans lesquels l'extraction est la plus facile et qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

surtout présentent des moyens de transport commodes jusqu'à l'usine. Si une exploitation temporaire ou durable doit être établie sur un gisement reconnu de bonne qualité, on devra surtout se préoccuper des moyens de communication avec les centres de consommation des produits.

Quel que soit le mode de fabrication qu'on adopte, il présente toujours toutes les opérations suivantes :

Extraction des terres.
Transport des terres.
Préparation des terres et fabrication des pâtes.
Moulage.
Séchage.
Cuisson.

L'examen des méthodes d'exploitation des gisements d'argile ne doit pas m'occuper ici. Je dirai seulement que la terre peut être employée de suite après l'extraction, et par conséquent peut être extraite en été, mais qu'il est préférable, quand la disposition de l'exploitation et l'état des chemins le permettent, d'exploiter et d'approvisionner en hiver. L'avantage est double; d'abord l'extraction coûtera moins cher qu'en été, puisqu'on pourra y utiliser des ouvriers qui, à cette époque de l'année, trouvent difficilement à s'occuper : soit les ouvriers de la briqueterie même, soit des ouvriers des campagnes. Ensuite, la terre extraite pendant les mois d'hiver et abandonnée en couche mince ou en petits tas à l'action des agents atmosphériques, subit, par l'effet des gelées et des dégels successifs, par celui des pluies, un premier travail de préparation qui en améliore beaucoup la qualité. Cette action naturelle, qui divise la masse jusqu'au cœur et dans ses plus petites parties, permet même d'utiliser, dans certaines extractions, des bancs qui ne seraient pas immédiatement employables.

Je n'ai pas non plus à m'occuper ici de la question des transports que chacun doit faire, pour le cas particulier où il se trouve, de la façon la plus économique possible. Ces transports, suivant les cas, se font au moyen de brouettes, avec des tombereaux ou par wagonnets sur rails. Cette dernière méthode, la plus économique, devra être employée chaque fois qu'une briqueterie d'une certaine importance pourra être établie dans le voisinage d'un dépôt d'argile abondant.

Fabrication des briques.

L'industrie de la briqueterie peut être considérée sous deux points de vue quant à la fabrication, suivant qu'elle est temporaire et exploitée en pleins champs ou bien qu'elle est établie dans une usine. Il est difficile de relier ces deux industries pourtant semblables dans le principe des procédés de fabrication et qui donnent sensiblement les mêmes résultats. Je détaillerai à la page 368 chacune des opérations de la fabrication en usines, je décrirai les appareils et les procédés de préparation des terres, de moulage, de cuisson avec assez de soins pour permettre à chacun, je l'espère du moins, de choisir presque sûrement la méthode d'exploiter qui lui convient, mais je commencerai par décrire la méthode flamande ou wallonne pour la fabrication en pleins champs.

Méthode Flamande ou dite Wallonne.

On emploie la méthode flamande quand les briques qu'on doit fabriquer doivent être consommées sur place même, ou quand la production, qui d'ailleurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut être très-considérable, doit avoir une durée très-limitée. C'est celle qu'on emploie pour fabriquer généralement les briques de pays en terre franche. La campagne dure seulement la belle saison, car tout se fait en plein air, du mois de mars au mois de septembre, et le succès de l'entreprise est subordonné en grande partie à la beauté de l'été ; un été pluvieux cause beaucoup de pertes. Cette méthode convient parfaitement pour la fabrication des briques destinées à de grands travaux placés loin des lieux de production ordinaires et qui ont à leur proximité des bancs d'argile. On s'établit sur le banc même d'argile à exploiter, et comme les briquetiers qu'on emploie généralement sont des ouvriers à façon qui ne se chargent que de la main-d'œuvre de transformation de la terre extraite en briques crues, mais sèches, il faut extraire soi-même la terre. On découvre la terre végétale et on enlève à la bèche ou à la houe la quantité de terre suffisante pour faire le nombre voulu de briques, soit $1^{mc}.25$ de fouille par mille briques. Cette terre est simplement rejetée sur le côté de la fouille et mise en couche : cette extraction, comme je l'ai dit plus haut, doit se faire en hiver si c'est possible. Quand le monceau est formé on le livre aux ouvriers dont la réunion s'appelle *table de briques* dans le Nord, *brigade*, *équipe*, *compagnie*, dans d'autres pays. Dans le Nord la table de briques est formée de six ou sept ouvriers : un mouleur chef d'atelier, deux batteurs, un brouetteur, un ou deux porteurs, un manœuvre ; aux environs de Paris elle n'est composée que de quatre hommes, un marcheur, deux mouleurs dont l'un est en même temps brouetteur, un manœuvre.

La première préoccupation des ouvriers est de préparer l'emplacement sur lequel ils doivent travailler. Il faut compter qu'il leur faut environ 5,000 mètres carrés pour une briqueterie qui doit produire de 500,000 à 600,000 briques. La forme d'un parallélogramme de 100 mètres sur 50 est assez commode ; dans cette surface n'est pas comprise la fouille qui a fourni la terre, mais l'emplacement du tas de terre est compté. Ce terrain devra, autant que possible, avoir une pente de 5 millimètres à 10 millimètres par mètre afin de faciliter l'écoulement des eaux, et être situé à proximité de mares ou de puits. Si on manque d'eau, les briquetiers devront de suite creuser un puits et disposer des rigoles pour amener l'eau partout où ils en auront besoin. Ils disposeront après une cabane pour leur logement et une autre pour enfermer leur provision de sable qu'ils auront d'abord fait sécher au soleil. Il faut compter, tant pour saupoudrer la place que pour les moules, 1 mètre cube de sable fin par 5,000 briques.

Les briquetiers régalent le terrain et le nivellent avec soin. Ils en laissent environ la moitié libre pour former une aire, et divisent le reste au cordeau en plusieurs espaces dont les uns d'environ 3 mètres de largé sont destinés à recevoir les *haies*, ou piles à claire voie de briques à sécher, et les autres, larges de 6 mètres, servent à travailler les briques entre les haies. Chaque emplacement de haie doit être entouré d'une rigole de 25 centimètres de large sur 10 centimètres de profondeur pour l'écoulement des eaux de pluie. On arrache avec soin toutes les herbes des intervalles entre les haies et on en dame fortement le sol. On sable le tout en régalant au râteau et on a soin d'accumuler le sable aux emplacements des haies de manière à en surélever le sol à environ 15 ou 20 centimètres au-dessus de celui des intervalles. Toute la surface est de nouveau damée. Quelquefois même on étend de la paille sous les haies, mais c'est complétement inutile. L'aire restée non divisée est parfaitement dressée et battue et on la saupoudre de sable fin.

Deux hommes de la table, les *batteurs* préparent la terre. Ils arrosent le profil du tas de terre extraite et en coupent le pied à la bêche de manière à produire un éboulement. Les terres éboulées sont rejetées à la pelle à environ 2 mètres

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de distance, et de manière à en faire un petit tas de 2 mètres à 3 mètres de diamètre et de 0m,25 environ d'épaisseur; on arrose et on rejette dessus une nouvelle quantité de terre de manière à avoir un tas d'environ 0m.50 de hauteur. Avec une houe à long manche, à deux reprises différentes, en arrosant de temps en temps, les batteurs refont le tas à côté, de manière à déplacer toute la masse de terre et à la bien mêler. On coupe alors la masse à la pelle, et pendant qu'un des batteurs forme de nouveau le tas sur une hauteur de 0m.25 à 0m.30, le deuxième bat la terre avec le talon de la houe. On répète une deuxième fois cette opération qu'on peut compléter par un piétinage, et, à ce moment, la terre doit avoir la consistance d'un mortier un peu dur. On la met alors sous forme d'un tas de 1 mètre à 1m.50 de hauteur avec des pelles en bois et on en lisse la surface, ce qui aide à conserver la fraîcheur de la masse. On couvre de paillassons.

C'est pendant cette préparation que les batteurs retirent toutes les pierres qui se trouvent dans la terre, et il faut compter que deux hommes mettent environ une heure et demie pour préparer ainsi un tas de terre de 2 mètres cubes.

Souvent la terre, au lieu d'être *battue* est *marchée*, et cela surtout quand la terre à employer a besoin d'être amaigrie par une addition de sable fin. On creuse dans le sol une fosse dans laquelle on jette la terre à préparer; on ajoute une certaine quantité d'eau, et un ouvrier, qui prend alors le nom de *marcheur*, la piétine en la retournant à la pelle. Si on doit ajouter du sable, on met la terre par couches dans la fosse et sur chaque couche on répand la quantité de sable nécessaire. En marchant la terre, et en la retournant avec la bêche jusque dans le fond, on parvient à faire un mélange complet et ductile.

Le battage et le marchage doivent être exécutés avec le plus grand soin, car de cette préparation dépend en grande partie la solidité de la brique.

Le moulage se fait à la main, au moyen de moules en bois garnis de métal et dont les dimensions sont égales à celles des briques à produire, augmentées de la retraite que prend la pâte jusqu'après la cuisson. Un moule à briques (Pl. 230, fig. 1) est composé de quatre petites planches de chêne ou de hêtre assemblées de manière à former un cadre sans fond. On garnit les deux faces du moule A B, C D d'un fer feuillard destiné à empêcher l'usure trop rapide du moule. Quelquefois les moules sont garnis de métal à l'intérieur; souvent le moule construit plus large, est coupé en deux dans sa largeur de manière à permettre au mouleur de faire deux briques à la fois; mais les manœuvres sont plus longues et, somme toute, il est préférable d'employer les moules à un seul compartiment.

La terre préparée par un des modes indiqués plus haut est amenée par un brouetteur à la table du mouleur, table de 1m.00 environ de hauteur, 1m.30 de longueur et 1m.00 de largeur, et devant laquelle le mouleur se tient debout. Cette table a été posée par le petit porteur à l'endroit libre de l'aire, afin que le mouleur soit le plus près possible de l'endroit où il faudra porter les briques à sécher. Le brouetteur doit avoir soin de placer des planches par terre depuis le tas de terre préparée jusqu'à la table de moulage, afin que la brouette roule plus facilement et ne sillonne pas la surface de l'aire sablée. Chaque brouette renferme la terre de 80 à 100 briques; il la renverse près du mouleur et couvre le tas de vieux paillassons.

Le mouleur doit avoir son travail préparé. C'est le brouetteur qui sable l'aire, qui remplit de sable la *minette* ou baquet de 70 centimètres de long sur 30 centimètres de profondeur que le mouleur a sur sa table, c'est lui qui remplit d'eau le baquet à laver les moules qui se trouve derrière le mouleur. C'est le petit porteur qui lave les moules et les outils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le mouleur prend un moule trempé dans le sable, le pose à plat sur la table saupoudrée de sable à ce point, et le remplit, en la jetant fortement, de terre qu'il a prise à pleines mains (5 à 6 kilog. à la fois) dans le tas que le manœuvre a fait sur sa table avec la terre amenée par les brouetteurs. Il enlève, d'un coup de main rapide, la plus grande partie de la terre en excès, et arase avec une *plane* qu'il fait passer en appuyant sur les bords du moule. La plane est une barre de bois ou de fer qu'on tient à deux mains, ou bien une petite râclette (Pl. 230, fig. 2, 3, 4 et 5). L'excès de terre est jeté sur la table et est repris plus tard.

Le porteur tire alors le moule à lui par une des deux oreilles et le fait glisser sur la table. Il le retourne rapidement sur champ et l'emporte en le tenant dans cette position par les deux oreilles. La brique ainsi ne peut ni tomber ni se déformer. Il porte le moule à la partie de l'aire où les briques sont mises à sécher, et il les aligne au moyen d'un cordeau tendu (Pl. 230, fig. 7). Il approche le moule de terre, toujours sur champ, puis le met brusquement à plat ; il en résulte un choc qui fait détacher la brique. Il retire le moule en l'enlevant verticalement et bien d'aplomb.

Le porteur revient à la minette et y trempe le moule qu'il sable en en frottant à la main tout le contour intérieur. Mais pendant ce temps le mouleur a rempli un nouveau moule que le porteur prend et emporte de même. Il faut en général deux gamins porteurs pour fournir un mouleur.

Le mouleur recule sa table au fur et à mesure que l'aire se remplit derrière lui.

Les briques placées à plat sur l'aire y restent généralement jusqu'au lendemain. Pendant cet intervalle si le temps, par des éclaircies de soleil, menaçait de donner une dessiccation irrégulière, il faudrait couvrir de sable la surface des briques pour les protéger ; en cas de pluie on jette des paillassons dessus. Lorsque les briques suffisamment ressuyées sont devenues maniables sans danger, on les relève sur champ afin de pouvoir les mettre en haie le soir.

Pendant que le mouleur est occupé ailleurs, les deux petits porteurs relèvent les briques en les ébarbant de toutes les bavures au moyen d'un couteau en bois.

Le soir les briques sont mises en haie (Pl. 230, fig. 6), c'est-à-dire qu'on en forme un mur à claire-voie qui permette la dessiccation rapide des briques. Le premier lit du bas se fait quelquefois en briques cuites ; le surélèvement du sable doit généralement suffire. Le premier lit est formé de quatre rangées de briques dont la plus grande dimension est perpendiculaire à la ligne de front. Les lits supérieurs ont une direction oblique, contrariée pour chaque lit avec celle du lit inférieur. On ne monte les différents lits qu'au fur et à mesure de la dessiccation du dernier lit posé et on monte la haie jusqu'à une hauteur de $1^{m}.50$ à $2^{m}.00$. Les derniers rangs sont disposés de façon que les paillassons qu'on appuie pour couvrir la haie, puissent avoir l'inclinaison d'un toit. Les briques mises en haie y restent jusqu'au moment de la cuisson.

J'ai dû être bref dans les détails que j'ai donnés sur cette fabrication en pleins champs, car rien ne peut remplacer l'expérience du mouleur, l'habitude qu'il a du travail. Je le serai encore plus dans la description du procédé suivi pour la cuisson de ces briques, procédé dit cuisson des briques en tas ou à la volée. Absolument rien ne peut suppléer à l'habileté des ouvriers et il serait impossible avec la description la plus complète de cuire un fourneau de briques ; il faut des hommes habitués depuis longtemps à l'enfournement et à la conduite du feu. La cuisson est une opération délicate ; il faut toujours rechercher les cuiseurs les plus vieux et les meilleurs.

C'est un nouvel atelier qui prend à façon la cuisson des briques. Il se compose

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

généralement : d'un *cuiseur*, chef d'atelier, qui conduit le feu, de deux *enfourneurs* qui montent le fourneau, de trois *entre-deux* qui servent les enfourneurs et leur font passer les briques et le combustible, de sept *brouetteurs* qui mènent au fourneau tous les matériaux. Il y a quelquefois en plus un ou deux manœuvres pour écraser le charbon.

Pour cuire les briques en tas, il faut, si l'on veut économiser le charbon, donner au tas un volume considérable. Par ce moyen on diminue la proportion des rebuts qui sont constitués par les briques trop cuites des foyers et surtout par les briques non cuites de la surface ; en effet, le nombre total des briques pour deux tas de forme *semblable* varie comme le cube des dimensions homologues, tandis que les rebuts proportionnels à la surface extérieure varient comme le carré seulement des mêmes dimensions. On ne peut cependant dépasser 400 mètres cubes, parce qu'au delà de cette dimension le feu est trop difficile à conduire. Il y a avantage à allonger le tas dans le sens des vents dominants : aussi donne-t-on quelquefois au tas la forme d'un prisme rectangulaire, mais généralement il est cubique.

Quelquefois on dame et on tasse la *sole* ou *faulde* sur laquelle on construit le fourneau, mais en général il suffit de prendre, près des haies de briques, un terrain uni sur lequel les eaux ne puissent ni séjourner, ni former courant, et qu'au besoin on peut protéger par un fossé. Quand le fourneau doit être établi dans un chantier où l'exploitation recommencera, ou bien est placé de manière à desservir plusieurs chantiers, on en construit la base en maçonnerie solide de briques afin de ne pas la recommencer à chaque instant, mais dans la plupart des cas on construit chaque fois le pied du four.

Sur le terrain (Pl. 230), on trace au cordeau la base du fourneau (généralement un carré de 12 mètres de côté) et il est bon, à chaque angle, de mettre un contre-fort faisant saillie d'environ 25 à 30 centimètres et qui sera monté en talus de manière à venir se perdre dans le fourneau.

De mètre en mètre on marque un foyer. C'est une petite voûte de $0^m.45$ de large sur $0^m.50$ de hauteur et qui règne d'un bout à l'autre du fourneau. Chaque foyer est marqué par deux cordeaux, un suivant chaque pied-droit. Ils partagent le plan en bandes longitudinales. Il est bon de les recouper par un foyer perpendiculaire placé sur les deux autres faces. Le pied du four doit être fait en briques cuites de bonne qualité afin qu'elles n'éclatent pas au feu et qu'elles ne s'écrasent pas sous la charge. Ces briques se posent à sec, celles qui forment les rives ou pieds-droits sont posées avec soin et bien jointives.

Toutes les briques du fourneau, à l'exception de celles des parements des foyers, des angles, et quelquefois des parements du fourneau, sont placées sur champ en ayant soin de placer celles d'un rang perpendiculairement à celles du rang inférieur. On augmente ainsi le nombre des joints verticaux, c'est-à-dire le nombre des passages de flamme.

Les foyers ont la hauteur de quatre ou cinq assises de champ. Au-dessus seulement on commence à voûter ; mais auparavant on bourre les foyers de bois pour l'allumage du fourneau. On voûte et on répand un lit de houille demi-grasse cassée en fragments de la grosseur d'une noix et épais de 5 à 6 centimètres. On monte encore dessus deux ou trois assises de briques cuites en ménageant au-dessus de chaque foyer deux ou trois cheminées qu'on remplit de morceaux de houille ; on remplit de même avec du charbon les vides laissés par les briques du pourtour. Pendant que les *enfourneurs* et les *entre-deux* montent ces premières assises, le *cuiseur* et les *brouetteurs* garnissent l'extérieur d'un placage d'argile dégraissée avec beaucoup de sable, afin qu'elle ne fende pas au feu et ils plantent les sapins pour les garde-vents.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce travail préparatoire est généralement fini le soir de la première journée ; on allume les foyers et on cesse l'enfournement. Pendant la première nuit le travail proprement dit est interrompu et on se borne à surveiller le feu. Le lendemain on reprend l'enfournement sur le fourneau allumé. On commence par répandre une couche de houille demi-grasse et on monte les briques bien d'aplomb, sans liaison aucune en plaquant l'extérieur de terre dégraissée. Les bordures doivent être bien serrées et formées de briques bien assises ; elles sont entièrement en briques *boutisses* et *panderesses*[1] quelles que soient les directions des briques dans l'intérieur du tas. Les briques de parement cuisent moins que celles de l'intérieur, et, par suite, prennent moins de retraite ; de plus le charbon des lits se consume complétement dans le milieu du tas, et pas à l'extérieur ; donc, pour maintenir le fourneau solide et d'aplomb, il faut que l'enfourneur, dès que l'affaissement commence à se produire, au lieu de placer les briques de bordure boutisses verticalement les incline de manière à abaisser l'arête du parement ; on incline de même les briques intérieures jusqu'au rang où on rattrape le niveau.

Sur le premier lit de houille on monte trois tas de briques, puis on met un lit nouveau de houille demi-grasse mais fine et passée à la claie, puis trois tas de briques, puis un lit de houille, et ainsi de suite, en diminuant chaque fois l'épaisseur du lit de combustible. Il suffit de cinq ou six lits, après on met de la houille maigre en lits de 15 millimètres. Les briques du rang qui reçoit le charbon sont plus serrées afin qu'il ne passe pas à travers. On élève des échafauds pour faire passer à l'enfourneur les briques à mesure que le fourneau s'élève, et cela à chaque bout du fourneau qu'on charge alternativement d'un côté et de l'autre.

Le feu, en montant, doit suivre les enfourneurs à une brique au-dessous de celles qu'ils placent, et, à mesure qu'on monte, on a soin de plaquer de l'argile.

Il faut huit ou dix heures avant que le feu allumé dans les foyers se communique au premier lit de houille, et on entretient le feu des foyers en y introduisant de grosses bûches jusqu'à ce que cette houille soit allumée. Quand le cuiseur, qui se promène sur le fourneau en enfournant, voit un point gagné par le feu plus rapidement que les autres, il y jette du charbon qui vient boucher les passages de flamme. Dès qu'on a posé quelques tas de briques crues, le cuiseur bouche, en les maçonnant avec des briques cuites et de l'argile, les ouvertures des foyers afin de ralentir le feu ; de plus, si le feu est trop rapide pour l'ensemble du fourneau, on en diminue l'activité en répandant du sable sur toute la surface.

L'air rentre alors par les joints du parement et c'est par eux et par les ouvertures qu'il y pratique ou qu'il y bouche que le cuiseur règle et dirige son feu. Le vent retardant la marche de la cuisson et la rendant irrégulière, il faut avoir soin de s'en garder, ce qu'on fait au moyen de *garde-vents* ou paillassons supportés par des mâts en sapin plantés autour du fourneau.

Lorsqu'une partie du fourneau menace de s'écrouler, on la maintient avec un nouveau placage d'argile mêlée de paille hachée.

Lorsque toutes les briques sont enfournées, on couvre entièrement le fourneau du même placage et on l'abandonne à lui-même. Les briques des parois et celles des derniers tas, près de la surface supérieure, sont toujours mal cuites et constituent le déchet qui est généralement du sixième environ de la quantité totale des briques à cuire.

1. La brique *boutisse* est celle dont le petit côté forme parement.
La brique *panderesse* est celle dont une des longues faces est un parement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut assez facilement substituer, dans la construction d'un pareil four, la tourbe à la houille en faisant les lits de combustible plus épais, 6 à 8 centimètres au lieu de 15 millimètres. Les briques qu'on obtient sont plus uniformément cuites, mais la tourbe donne un tassement considérable et irrégulier qui nécessite une grande habileté pour monter le fourneau.

Quand on exploite un banc d'argile on manque souvent de briques cuites pour l'établissement de la base du fourneau ; on peut alors à la rigueur employer des briques vertes après les deux premiers tas de briques. Il faut aller avec beaucoup de précaution et observer un intervalle de 9 centimètres environ entre chaque brique placée de champ dans le premier lit de briques crues,

4 à 5 centimètres pour le deuxième lit ;
3 » pour le troisième
2 » pour le quatrième.

L'enfournement est alors continué de même.

La durée de la construction, et, par suite, de la cuisson d'un fourneau de 5 à 600,000 briques est de quinze à seize jours.

La planche 230 indique les différents détails d'établissement d'un fourneau.

Le procédé flamand permet d'obtenir des briques en quantités considérables. Dans le Nord une table composée de six à sept ouvriers peut produire 10,000 briques par jour ; aux environs de Paris une équipe de quatre hommes moule, en moyenne, 7,000 briques par jour de douze heures. En multipliant le nombre des ateliers on peut donc produire des quantités de briques aussi considérables qu'on le veut.

Les ouvriers mouleurs et cuiseurs sont à l'entreprise, et le prix à leur payer dépend des habitudes du pays.

Suivant la qualité de la houille et la nature de la terre, on brûle de 3 hectolitres 1/4 de houille à 5 hectolitres par mille de briques de dimensions ordinaires, la houille étant prise tout-venant. Je donne ici le prix de revient d'un mille de briques dans le Nord ; il pourra servir de type à l'établissement de tous ceux qu'on pourra désirer faire pour une fabrication analogue.

Extraction de la terre, avec choix, y compris transport à 30 mètres, 4 heures de manœuvre, à 2 francs par jour de dix heures.	0f.800
Préparation de la terre et *moulage* de briques, y compris recoupe des bavures et mise en haie, travail à l'entreprise.	3.500
Fourniture de la paille, des lattes, des gaules pour faire les cabanes des ouvriers, les paillassons pour couvrir les haies de briques, pour mille briques.	0.460
Dépense pour puits, tables, moules, outils divers.	0.450
Sable.	0.350
Frais de déplacement des briquetiers.	0.200
Houille, 300 kilog. à 15 francs les 100 kilog.	4.500
Cuisson, enfournement, etc., par mille briques.	0.875
Indemnité de terrain.	0.128
Salaire du surveillant.	0.375
Total.	11.638
Déchet un huitième.	1.454
Prix de revient de mille briques.	13.092

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication des briques en usines.

Je vais examiner maintenant les méthodes employées par l'industrie pour la fabrication des briques dans des établissements fixes. J'étudierai successivement chaque opération élémentaire : la préparation des terres, la fabrication des pâtes, le moulage et le soignage, la dessiccation, la cuisson.

Préparation des terres et fabrication des pâtes. — Les terres argileuses ne peuvent pas être employées à la fabrication des briques immédiatement après leur extraction. Si on ne parle pas des terres qui ont besoin d'être additionnées soit d'une terre plus grasse, soit de sable, et qu'on suppose une argile de plasticité convenable, il est certain qu'elle renferme toujours soit des grains de calcaire, soit de petites pierres siliceuses, ou des parties naturellement plus dures que le reste de la masse et y formant noyaux, etc. Les morceaux de la terre extraite qui sont à l'extérieur du tas sèchent et durcissent, et les mottes de terre, même les plus molles, si on ne les travaillait pas de manière à les souder complétement les unes aux autres, donneraient des *vents* dans les briques. Il faut donc faire subir aux terres, après leur extraction, une préparation pour les débarrasser des corps nuisibles ou pour rendre nulle l'action de ceux-ci, et qui permette de fabriquer une pâte bien homogène dans toutes ses parties. A bien plus forte raison faut-il cette série d'opérations quand à la terre il faut mélanger un autre corps qui, lui aussi, arrive avec ses impuretés, et que le mélange doit être complétement homogène. On arrive à ce résultat au moyen d'opérations très-diverses, qui varient d'un lieu à un autre et selon la nature des terres, opérations qui souvent se confondent l'une dans l'autre, et dont l'une ou l'autre est quelquefois complétement supprimée. Elles se réduisent à trois types cependant :

1° *Ameublissement de la masse*, séparation des corps étrangers, écrasement de ceux qu'on ne peut séparer de manière à rendre leurs particules assez ténues pour qu'elles puissent se mélanger uniformément avec toute la masse, et qu'en chaque point elles soient trop petites pour produire un mauvais effet.

2° *Addition des matières étrangères* qui sont nécessaires pour former la pâte convenable ; matières plastiques ou antiplastiques, et toujours de l'eau en quantités plus ou moins grandes. Mélange de ces parties entre elles.

3° *Corroyage et malaxage* de la masse pour en former une pâte ductile, bien homogène, sans solution de continuité et douée de la plus grande résistance. Les procédés par lesquels on réalise ces opérations sont les suivants :

1° Ameublissement de la masse. — Séparation et écrasement des corps étrangers.....	Hivernement des terres et exposition à l'air. Lavage. Taillage. Passage entre cylindres.
2° et 3° Additions des corps étrangers et de l'eau. — Corroyage.	Trempage. Marchage. Corroyage entre cylindres. Corroyage au tonneau malaxeur.

Hivernement des terres. — La terre extraite pendant les mois d'automne pour la campagne de l'année suivante et abandonnée pendant l'hiver à l'action de la pluie, de la gelée et des dégels est divisée, surtout si on la remue à la pelle, une ou deux fois pendant l'hiver, jusqu'aux parties les plus intérieures ; les noyaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'éclatent et se transforment en terre ductile, de sorte qu'au printemps la séparation des marrons, des silex, des pyrites est facile. On peut ainsi transformer en terres d'assez bonne qualité des argiles, qui autrement, et telles qu'on les exploite, seraient d'un emploi difficile. L'extraction d'automne et d'hiver a de plus, ainsi que je l'ai dit, et quand l'état des chemins le permet, l'avantage de donner un prix de revient moindre pour l'extraction, puisqu'on peut y occuper soit les ouvriers de la briqueterie, soit les ouvriers des campagnes sans travail à cette époque de l'année, et, par suite, à un prix moindre.

A défaut d'hivernement, on obtient de bons résultats en laissant la terre exposée en couche mince à la pluie, à partir de l'extraction jusqu'au moment de l'emploi. C'est ce que font la plupart des briquetiers. Cependant quelques grandes briqueteries et tuileries préfèrent mettre à couvert leurs approvisionnements de terre, afin d'éviter les saletés étrangères que ne manquent pas d'apporter les souliers des ouvriers qui marchent sur les terres à moitié détrempées et les roues des tombereaux. De plus, une partie du travail suivant, le *taillage*, s'effectue mieux ou plutôt plus rapidement sur les terres sèches que sur les terres humides et grasses, et le *trempage* se fait d'une manière plus complète, plus régulière et plus rapide, sur de petits morceaux d'argile bien sèche que sur des morceaux d'argile qui ne sont pas assez détrempés pour former immédiatement pâte, et qui sont assez mouillés cependant pour être presque imperméables et pour opposer une grande résistance à une nouvelle imbibition.

Dans les briqueteries ordinaires, on devra se borner à faire extraire autant que possible, avant ou pendant l'hiver, toute la quantité de terre à employer l'année suivante. La mise à l'abri sous des hangars entraîne des frais que peuvent supporter des produits plus soignés, mais qui pour la plupart des briques ne seraient pas payés par les avantages qu'elle procure.

Lavage des terres. — Le lavage des terres est peu pratiqué. C'est un excellent moyen, en les amenant à l'état de bouillie, de les débarrasser, par différence de densité, des pierres qui peuvent les accompagner, mais il est coûteux. Cependant, en Angleterre, et particulièrement dans les environs de Londres, on lave les terres de manière à en former une bouillie appelée *pulp* ou *malm* qu'on reçoit dans des fosses de dépôt et dont l'excès d'eau est séparé par décantation. Les appareils qu'on emploie sont : soit une auge dont le fond est formé par un grillage qui retient les pierres quand on y agite la terre avec de l'eau, soit le moulin à laver. Ce dernier se compose d'une fosse annulaire en maçonnerie de 7 à 8 mètres de diamètre extérieur, 1m.50 environ de largeur, sur 1 mètre de profondeur, et dans laquelle se meuvent quatre grandes palettes fixées aux quatre bras d'un manége qui a son axe vertical au centre de l'auge. Ces palettes sont formées de bras verticaux de manière à ne pas rencontrer une trop grande résistance de la part de la masse qui remplit l'auge. On met la terre, une quantité d'eau suffisante et on tourne. Quand toute la terre est amenée à l'état de *pulp*, on la fait écouler latéralement dans des fosses de dépôt où la décantation s'opère.

Cette opération, quand on l'effectue, se fait généralement à la fin de l'automne ; alors, quand les fosses sont pleines de terre à la consistance convenable, on recouvre cette terre de la matière dégraissante qui sera employée lors du mélange et qui, en Angleterre, est généralement de la cendre de houille, et on abandonne la masse à une sorte de *pourrissage*. Le *pourrissage* est une des meilleures préparations que puisse recevoir une terre, surtout si elle est grasse, et c'est la plus propre à donner des produits supérieurs ; il est peu pratiqué à cause du travail préparatoire qu'il exige et des pertes d'intérêt qui en résultent. Mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il est certain que le travail intérieur qui se produit dans la masse, soit par suite des décompositions des matières organiques qui accompagnent l'argile, soit par toute autre cause, ameublit l'argile d'une façon extraordinaire et lui fait acquérir des propriétés tout nouvelles à la cuisson, et en particulier une très-grande résistance.

Taillage. — Les terres, surtout quand elles n'ont pas été hivernées et qu'on les apporte de la carrière pour être employées de suite, ne peuvent pas, ou du moins généralement pas, être mises immédiatement dans la fosse de trempage pour former la pâte; il en résulterait une perte de temps et une mauvaise fabrication. En effet la masse renferme des parties inégalement humides, des parties dures, de volumes inégaux ou de compositions différentes, qui mettront un temps très-inégal à s'imprégner d'eau au même degré et qui nécessiteront, pour le trempage de la terre, un temps bien plus long que si toute la masse avait été réduite en petits fragments de même volume, éparpillés par lits de manière à avoir une composition moyenne, constante et se présentant par suite dans les meilleures conditions. Non-seulement la durée du trempage serait plus longue dans le premier cas, mais encore les noyaux laissés forcément dans la masse donneraient des déformations et des fentes à la dessiccation et à la cuisson, les pierres feraient éclater les briques, etc. Si on ne peut écarter toutes les pierres, il faut au moins les briser, comme je l'ai dit plus haut, en parties assez petites pour qu'en chaque point leur influence soit nulle. On obtient cette division de la terre et l'écartement ou le brisement des pierres calcaires ou siliceuses : dans les briqueteries primitives ou de peu d'importance, en coupant la terre à la pelle sur le tas de terre extraite ; dans les briqueteries plus importantes en brisant la terre si elle est sèche, en la coupant en minces copeaux, quand elle est humide, au moyen d'une *tailleuse*, dans le cas où elle ne renferme que peu de pierres ; en la faisant passer entre des *cylindres* à petit écartement si la quantité de pierres est notable. On peut combiner ces deux modes d'opérer, c'est-à-dire commencer par tailler la terre et ensuite la faire passer entre les cylindres (mais alors après le trempage), pour écraser toutes les petites pierres.

Je n'ai pas à insister sur le premier mode de division; plus les quantités prises sur la pelle et jetées dans la fosse de trempage seront petites, plus la division de la terre sera complète et en même temps mieux on pourra écarter une partie des corps étrangers.

Les *tailleuses* employées dans beaucoup d'usines pour diviser la terre qu'on envoie au trempage sont construites sur le principe des hache-paille, soit en conservant l'axe horizontal, soit en mettant cet axe vertical. Une tailleuse se compose d'un arbre en fer, soit vertical, soit horizontal, portant un plateau de fonte assez épais percé de trois ou quatre ouvertures dirigées suivant des rayons (voy. pl. 233, fig. 1, le dessin d'une tailleuse à axe vertical). Chaque ouverture est garnie d'une lame d'acier ou couteau, fixée par des boulons et inclinée par rapport au plan du plateau. Si on fait tourner ces lames au milieu de la masse de terre on la divisera, et les copeaux formés s'engageant dans les fentes du plateau viendront sortir de l'autre côté et tomber dans la fosse de trempage. Dans la tailleuse que j'ai figurée, la terre est mise dans une sorte de boîte cylindrique en tôle dont le plateau porte-lames forme le fond. Pour empêcher que la terre, en partie engagée dans les lames, soit entraînée dans la rotation du plateau au lieu d'être découpée, la boîte est partagée en deux par un diaphragme en fonte placé suivant un diamètre et fixé à la caisse en tôle par des équerres en fer. Les morceaux de terre viennent buter contre cette cloison, et sont découpés à leur partie inférieure par les lames du disque de fonte.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le diamètre du plateau de fonte est d'environ 80 centimètres, la profondeur de la petite caisse de 20 centimètres. L'arbre du plateau fait de 60 à 70 tours par minute. Une tailleuse de cette dimension peut débiter de 20 à 25 mètres cubes de terre bien sèche par jour, et de 10 à 15 mètres cubes de terre un peu fraîche. La force absorbée est d'environ 1/2 cheval à 3/4 de cheval ; mais il faut que l'arbre soit bien plus fort, afin que, quand le plateau rencontre une pierre, toute la machine ne soit pas détériorée ; de même on donne un petit excès de largeur à la courroie afin de n'être pas arrêté par les petites pierres qui doivent être brisées par les couteaux. Quand on rencontre une pierre assez forte pour faire glisser la courroie, on débraye rapidement et on enlève la pierre à la main.

Les tailleuses à arbre horizontal ont généralement un diamètre plus grand ; dans ce cas le disque en fonte forme le grand fond d'un demi-tronc de cône horizontal dont l'axe serait l'arbre du plateau, et qui serait coupé par un plan horizontal passant par cet arbre.

Les tailleuses sont placées directement au-dessus des fosses de trempage, de manière à ce que les petits morceaux ou les copeaux de terre tombent directement dans les fosses et qu'on puisse se borner à les écarter à la pelle pour avoir des lits parfaitement réguliers. Une tailleuse placée ainsi vis-à-vis ou au-dessus du mur de séparation de deux fosses de trempage, les dessert également bien toutes deux, et c'est la meilleure disposition qu'on puisse avoir de placer autant de tailleuses qu'on a besoin de deux fosses de trempage.

Quand on a une disposition en hauteur qui le permet, on peut se contenter d'une seule tailleuse pour desservir un plus grand nombre de fosses, en faisant couler la terre taillée de la machine à la fosse au moyen d'un chemin incliné mobile en bois, qu'on mouille de temps en temps pour faciliter le glissement. Mais il faut alors que la hauteur soit telle que la pente du chemin de la tailleuse à la fosse la plus éloignée soit assez grande pour déterminer le mouvement de la terre.

Les lames des tailleuses sont en acier et peuvent être fixées de deux manières, soit dans la fente elle-même, soit sur le disque en fonte. Cette dernière disposition est la plus commode, mais elle donne un peu plus d'usure des boulons. Le débrayage doit être facile. Tout le bâti qui porte la tailleuse doit être fortement consolidé par des tirants et longs boulons de fondations.

Les tailleuses peuvent affecter d'autres formes ; ainsi on a proposé dernièrement d'en faire de coniques. Un arbre vertical porte deux tourteaux inégaux en fonte sur lesquels sont fixées une série de lames en acier, dirigées suivant les génératrices du tronc de cône et écartées les unes des autres de 2 à 3 centimètres. Cette pièce, dont le petit tourteau est en haut, et qui est analogue à la noix des moulins à tan et à plâtre, tourne dans une enveloppe tronconique renversée en tôle, dont le petit diamètre correspond au grand diamètre du cône porte-lames. La terre jetée dans l'enveloppe est coupée par les lames et vient tomber dans l'intérieur de la lanterne des lames, autour de l'axe.

Passage entre cylindres. — Quand les pierres sont nombreuses dans la terre à employer, l'emploi des tailleuses n'est plus possible. Non-seulement on s'expose à des accidents à la machine, mais encore comme elle ne briserait pas les pierres, on aurait des briques de mauvaise qualité. Il faut recourir à de nouveaux moyens, et le plus employé consiste à faire passer la terre entre des cylindres unis ou cannelés, dont l'écartement est moindre que la dimension des pierres renfermées par la terre, mais qui doit être au moins de 4 à 5 millimètres quand on ne fait passer la terre qu'une fois entre les cylindres. La terre pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

venant de la carrière est jetée dans une trémie qui est au-dessus des cylindres entre lesquels elle est entraînée. Les petits cailloux sont brisés et passent avec la terre.

Les cylindres sont en fonte ; ils peuvent être unis ou cannelés. Les cylindres cannelés sont préférables pour le premier travail ; ils divisent mieux la masse de terre qui est obligée de pénétrer dans toutes leurs sinuosités. La différence de vitesse qui existe entre la surface d'une saillie et le fond de la cannelure correspondante (les deux cylindres cannelés faisant le même nombre de tours) produit un arrachement de la terre et avec cet avantage sur deux cylindres unis tournant avec des vitesses différentes, que cet effet se produit pour chaque cannelure de chaque cylindre et que, par conséquent, la terre déjà séparée par les cannelures est arrachée dans deux sens différents. Le travail de préparation est donc meilleur qu'avec des cylindres unis tournant à vitesses différentes. Un seul passage entre cylindres suffit quand les pierres qu'on a à briser dans la terre sont des pierres siliceuses qui se réduisent ainsi en fragments assez petits pour n'être plus nuisibles. La terre est de plus concassée et brisée, les noyaux sont écrasés, de sorte qu'en la prenant au-dessous des cylindres pour la jeter dans les fosses de trempage on a une terre convenable.

La figure 3, planche 231, représente une paire de cylindres broyeurs cannelés de moyennes dimensions, de la construction de MM. Boulet frères, mécaniciens spéciaux pour les machines céramiques, et demeurant à Paris, 74, rue d'Allemagne. J'aurai plus d'une fois à revenir sur les machines qu'ils construisent et pour lesquelles leur maison s'est acquis une réputation justement méritée.

Les cylindres font de 110 à 120 tours par minute. Il faut deux hommes pour les desservir : l'un qui verse la terre dans la trémie, et l'autre qui retire la terre préparée qui tombe sous les cylindres.

	FORCE MOTRICE.	CUBE préparé en 10 heures.	POIDS de la machine.	PRIX
		m.	kilog.	fr.
Cylindres, type n° 1....	2 chevaux vapeur.	10	600	1000
— — 2....	3 — —	15	700	1200
— — 3....	4 — —	20	850	1300

Horizontalement, suivant une génératrice de chaque cylindre, est disposée une série de lames d'acier qui pénètrent dans chaque cannelure presque jusqu'à l'affleurement du cylindre. Ces couteaux ont pour but de râcler la terre qui s'attache à la fonte, tourne avec les cylindres et viendrait repasser indéfiniment ; ils la font retomber. *Dans le cas où l'on a surtout en vue d'écraser les pierres*, les couteaux doivent être presque à fond des cannelures.

Quand la terre renferme des pierres calcaires, il ne suffit pas de les concasser ; il faut les réduire complétement en poudre afin que le calcaire puisse se mélanger intérieurement à la masse et qu'il ne vienne pas former, après la cuisson, des grains de chaux vive qui feraient éclater la brique. On y parvient en faisant passer la terre, si elle est assez homogène ou si elle a été déjà trempée après taillage, entre une paire de cylindres en fonte unis ; en la faisant passer, si elle arrive de la carrière, entre une paire de cylindres cannelés desquels elle tombe entre des cylindres unis. Ces cylindres unis ne doivent pas être écartés l'un de l'autre de plus de 1 à 2 millimètres et sont animés de vitesses différentes afin de commencer dans la terre un travail de corroyage sur l'utilité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duquel je reviendrai plus loin. Les cylindres doivent être, de même, nettoyés constamment par des couteaux râcleurs ; mais, bien qu'on puisse les placer comme plus haut, il est plus simple de les disposer sur un axe de rotation parallèle à l'axe du cylindre, contre lequel on les fait appliquer au moyen d'un contre-poids. Un des cylindres tournera avec une vitesse de 100 à 120 tours, et l'autre avec une vitesse de 60 à 80 tours.

Ces vitesses, tant celles indiquées plus haut que ces dernières, se rapportent à un diamètre extérieur des cylindres unis, de 20 à 22 centimètres, et à un diamètre de 20 à 22 centimètres au fond de la cannelure pour les cylindres cannelés. Les cannelures font saillie d'environ 3 centimètres sur le noyau central. Les cylindres peuvent avoir un diamètre plus considérable, qui souvent va jusqu'à 50 centimètres. Mais alors les nombres de tours doivent être réduits de manière à conserver sensiblement la même vitesse à la circonférence que pour les petits cylindres. Les gros cylindres donnent une meilleure préparation de la terre et s'usent moins rapidement.

Tous les cylindres doivent être construits de manière à pouvoir être rapprochés l'un de l'autre de façon à compenser l'usure et à maintenir leur écartement constant. Il faut donc qu'au moins un des deux axes soit mobile dans la place des coussinets, et de plus que les engrenages qui commandent les cylindres soient à longues dents et présentent beaucoup de jeu au fond de la denture. Comme je l'ai dit plus haut les cylindres se font en fonte. Le meilleur serait de les faire en fonte coulée en coquilles ; mais dans ce cas, même quand on les coule en segments qu'on emmanche après sur le même axe, on n'a jamais un rond exact. Il y a déformation tantôt suivant un diamètre, tantôt suivant un autre, de sorte que l'on est forcé de laisser un plus grand intervalle qu'il ne faut entre les cylindres et que la terre se trouve inégalement travaillée par suite du passage à la ligne des centres d'un grand ou d'un petit diamètre. Il vaut mieux faire les cylindres en fonte dure, mais pouvant se tourner, et cela est surtout important pour les cylindres unis dont l'écartement est toujours très-faible. Les arbres en fer sur lesquels les cylindres sont calés doivent présenter un très-grand excès de diamètre, afin de ne pas se déformer par suite du passage entre les cylindres d'un corps plus dur ou plus gros que d'ordinaire.

Trempage. — Le trempage est l'opération qui a pour but d'amener la terre argileuse à la consistance convenable.

Il est rare que les argiles renferment une quantité d'eau plus considérable que celle qui est nécessaire, qu'elles soient trop molles. Pourtant ce cas peut se présenter quand on a à employer des vases ; alors à moins que la quantité de matières antiplastiques à ajouter, s'il y en a à ajouter, ne soit suffisante pour amener la pâte à une plasticité convenable, la seule chose à faire est de laisser la masse se ressuyer en en formant des tas qu'on abandonne à l'air.

Le cas général est que l'argile a besoin d'être additionnée d'une quantité d'eau plus ou moins grande. Pour qu'elle s'en imprégne bien également, et que l'imbibition soit complète jusqu'au centre des morceaux (on sait que l'argile mouillée est presque imperméable), il faut que le contact soit prolongé quelque temps, que la terre trempe.

Ce trempage s'effectue après la division de la terre en petits fragments, que nous venons d'examiner, soit dans des baquets soit dans des fosses. La terre qui sort de la tailleuse ou qui tombe des cylindres est portée, dans certaines usines, dans une série de grands baquets en bois ou jetée, dans d'autres, dans des fosses rectangulaires, où on la régale à mesure qu'elle arrive. L'emploi des baquets est presque complétement abandonné maintenant et généralement on suit le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

système des fosses. Les fosses sont creusées dans le sol et revêtues intérieurement d'une chemise en planches ou en maçonnerie; leur capacité varie de 20 à 30 mètres cubes et il est commode de ne pas dépasser ce dernier chiffre. La terre ne doit pas être mise dans les fosses sur une épaisseur de plus de 1 mètre à 1m.50.

Il faut avoir une série de fosses de trempage afin qu'on puisse laisser la terre dans la fosse un temps suffisant pour s'imprégner régulièrement. Ce temps est très-variable suivant la nature de la terre et la manière dont elle est préparée par les tailleuses ou cylindres. Le trempage marchera, toutes choses égales d'ailleurs, plus vite avec des terres bien sèches qu'avec des terres à moitié humides, plus vite avec des parties fines qu'avec des morceaux un peu gros. En général une journée suffit pour le trempage des terres non mélangées, c'est-à-dire qu'on peut employer le lendemain, dans de bonnes conditions, la terre qu'on a trempée la veille. Il faut donc avoir un nombre de fosses représentant au moins un volume double de celui employé chaque jour.

Les matières antiplastiques sont quelquefois ajoutées dans les fosses par lits alternatifs avec la terre. Ceci peut être pratiqué quand le corroyage de la terre se fait en la marchant, mais autrement il vaut mieux ajouter ces matières seulement au malaxage. En effet les matières antiplastiques sont arides, ne trempent pas; elles occupent donc dans la fosse de trempage un cube qui serait utilisé en y trempant de la terre, et par leur mise en fosse, leur retirage avec la terre, elles causent une série de manœuvres sans résultat meilleur. Quand le moulage se fait à la main, il n'est pas généralement possible d'éviter le trempage. Mais comme cette eau qu'on ajoute doit être chassée par l'évaporation, moins on en ajoutera plus l'espace consacré au séchage pourra être restreint. C'est pour cela que dans beaucoup de machines à briques on a cherché à supprimer le trempage et à avoir une pression suffisante pour agglomérer des terres même sèches.

Corroyage par marchage. — Les terres amenées par un trempage convenable à renfermer la quantité d'eau nécessaire, ont besoin d'être intimement mélangées et *corroyées* dans toutes leurs parties afin d'obtenir une homogénéité complète, qui leur donne le maximum de résistance et en même temps facilite le moulage et la dessiccation. Dans les briqueteries de très-peu d'importance, ce travail de mélange des matières étrangères et de corroyage se fait en piétinant la terre. Pour cela on creuse dans l'atelier, à côté de la fosse principale, une autre fosse d'environ 2m.30 sur 1m.50 et 1m.00 de profondeur, et elle est revêtue d'une bonne maçonnerie; c'est le *marcheux*. L'ouvrier y jette la terre trempée dans la grande fosse, la pétrit avec les pieds, la coupe et la retourne avec sa pelle afin d'atteindre les couches les plus profondes. Cet ouvrier prend le nom de *marcheur* ou *marcheux* (voy. plus haut le procédé dit *flamand*).

Corroyage par cylindres. — Les cylindres cannelés que j'ai décrits précédemment peuvent servir à mélanger et corroyer la terre quand le moulage des briques, ne se faisant pas à la main, s'effectue avec des machines qui exigent une terre ferme, *dure* comme disent les briquetiers. Dans ce cas, les cylindres étant disposés comme plus haut, avec le même écartement et faisant le même nombre de tours, on verse dans la trémie la terre seule si elle n'a pas besoin d'additions; en même temps la terre et le corps étranger si on a besoin de faire un mélange.

En deux passages entre les cylindres, ordinairement, le mélange est complet. La seule précaution à observer, c'est de ne pas placer les couteaux râcleurs de manière qu'ils affeurent le fond des cannelures, mais de les en tenir écartés, afin qu'ils laissent dans la cannelure environ 3 millimètres de terre. Il en résulte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que cette terre, en se collant à celle qui est dans la trémie, l'arrache par petites portions qui viennent se souder entre les cylindres par la pression qu'elles y éprouvent. Il y a un vrai malaxage qui donne de très-bons résultats. Ce genre de préparation est très-employé dans la fabrication des tuiles en terre dure par les procédés de MM. Boulet frères, dont je parlerai à ce chapitre. Le mélange se fait très-bien, et après deux passages de terres de couleurs très-différentes, on n'obtient plus qu'une masse de teinte uniforme.

Corroyage par tonneau malaxeur. — L'outil le plus fréquemment employé dans les briqueteries pour mélanger aux terres les correcteurs voulus et les corroyer, est le *tonneau malaxeur*, imité des malaxeurs à mortier (pl. 233, fig. 2).

Un malaxeur se compose d'un cylindre en bois, tôle ou fonte de 0m.50 à 0m.80 de diamètre intérieur, placé verticalement, fermé à sa partie inférieure, sauf une petite ouverture, ouvert à la partie supérieure et dans lequel tourne un arbre vertical garni de lames qui divisent et triturent la terre dont on remplit le tonneau. Les terres sont amenées des fosses de trempage au malaxeur par brouettes ou par wagonnets, ainsi que les sables, escarbilles, etc., et on les met dans le tonneau à la pelle en prenant alternativement la terre et les matières à mélanger dans les proportions reconnues convenables : une, deux, trois, etc., pelletées de terre pour une, deux, etc., pelletées des matières à ajouter. Un robinet placé au-dessus du tonneau est la manière la plus commode de pouvoir ajouter de l'eau quand le mélange produit est trop ferme. Dans certaines usines on laisse même continuellement couler un mince filet d'eau le long de l'axe des malaxeurs.

L'arbre du milieu fait de 4 à 10 tours par minute. Les lames qui garnissent l'arbre peuvent être de simples bras perpendiculaires à l'arbre, qui agissent seulement en retournant la terre et en la coupant en passant dedans ; mais pour produire le maximum d'effet elles doivent, en restant perpendiculaires à l'arbre, être inclinées dans leur plan, et par rapport à la verticale, de 20° à 45° ; leur ensemble forme donc comme une surface hélicoïdale. Le sens de l'inclinaison n'est pas indifférent ; il faut que la surface inférieure des lames chasse la terre dans le mouvement vers la partie inférieure du tonneau. On obtient ce résultat en faisant tourner l'arbre porte-lames dans un sens tel, que si on le considère comme une vis dont la surface des filets serait la surface inférieure des lames, il se dévisse par rapport à la terre, considérée comme l'écrou. L'arbre étant maintenu fortement à sa partie supérieure, il en résulte que la terre sera chassée verticalement vers le bas.

On garnit souvent les lames d'autres lames perpendiculaires, c'est-à-dire parallèles aux génératrices du tonneau, afin de recouper la terre dans un sens perpendiculaire à celui dans lequel elle est déjà divisée par les lames principales.

L'écartement des lames doit être tel que la terre chassée par une lame rencontre au-dessous la lame suivante ; on aura ainsi le maximum de rapidité dans la descente de la terre. Il faut surtout éviter entre les lames, un écartement assez grand pour que le diaphragme de terre, toujours existant entre les deux plans décrits par les lames, soit assez fort pour n'être pas cassé par la poussée verticale des terres chassées par les lames supérieures. S'il en était ainsi, les lames tourneraient entre une série de diaphragmes de terre, entraînant avec elles une certaine quantité de terre, mais rien ne descendrait.

A la partie inférieure se trouve une ouverture placée sur la surface extérieure du cylindre, ou suivant les dispositions de l'atelier, deux ouvertures placées sur le fond, une de chaque côté de l'arbre. La surface totale ouverte doit être de 5 à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

7 décimètres carrés. Pour les dimensions indiquées plus haut, ces ouvertures sont généralement garnies d'un ajutage en tôle de 10 à 15 centimètres de longueur, et qui sert à empêcher la terre qui sort de s'arracher sur les angles et lui donne une forme régulière. L'arbre porte-lames est garni à la partie inférieure, contre le fond, d'une branche à deux ou trois lames qui sert à chasser la terre. Dans le cas où la terre sort par une ouverture placée sur la surface extérieure du cylindre, la lame a généralement en place la forme d'une S, et sa surface est une surface cylindrique dont les génératrices sont parallèles à l'arbre. Quand le tonneau crache par le fond, la lame est à deux ou trois branches, elle a la forme d'une hélice de bateau calée sur l'arbre, et la direction et le pas de l'hélice sont les mêmes que pour les lames ordinaires du tonneau. De ce que j'ai dit sur la marche de la terre dans le tonneau, il résulte que cette disposition, ne changeant pas la direction des filets de terre, exigera un peu moins de force que l'autre.

C'est aussi celle qui permet la plus grande production puisque la terre s'échappe tout de suite du tonneau. Dans l'autre cas, le prisme de terre qui sort, s'il n'est pas coupé immédiatement, est poussé par la terre qui sort et qui doit vaincre son frottement sur la surface horizontale. Il arrive donc un moment où ce frottement peut faire équilibre à la poussée de la terre, et il ne sort plus rien. Donc, quand l'ouvrier laisse un prisme trop long, le tonneau ne rend plus ce qu'il doit rendre.

On peut d'ailleurs, par ce moyen, obtenir un travail très-complet de certaines terres spéciales en laissant assez long le prisme qui sort, pour empêcher la terre de s'échapper trop vite.

Il arrive souvent que le ballon de terre, quand cette terre est ferme, en sortant du malaxeur, s'épanouit sur les angles et forme comme un tronc de palmier. M. Clayton semble le premier qui ait empêché cet effet de se produire, en disposant des deux côtés de l'ajutage des cylindres en plâtre dur de $0^{m}.40$ environ de diamètre, à écartement fixe et tangents aux deux faces externes du colombin de terre. Ils empêchent l'écartement des parties qui voudraient se soulever et raffermissent toute la masse.

Un malaxeur tel que je l'ai décrit prend, suivant la terre et le nombre de tours, une force de trois à six chevaux, et peut produire de 8 à 15 mètres cubes de terre par jour. L'arbre doit présenter un excès de force considérable et avoir au moins une section d'un décimètre carré.

Les malaxeurs sont aujourd'hui de fabrication courante et un grand nombre de maisons s'occupent de leur fabrication.

Moulage, soignage, dessication.

Le moulage des briques se fait soit à la main, soit à la machine. Le premier mode est encore de beaucoup le plus usité. Les considérations suivantes, que j'extrais du *Traité des Arts céramiques* de Brongniart, font parfaitement saisir pourquoi les machines à briques ne se répandent que difficilement.

« Le façonnage d'une brique et surtout de celles destinées aux constructions, se fait avec une si grande rapidité, les imperfections qui résultent de cette célérité sont, dans le plus grand nombre des cas, si peu importantes et les frais de façonnage sont si peu élevés, quoique très-nombreux, qu'une machine ne peut exécuter toutes ces simples opérations de la main qu'étant fort compliquée, et, par conséquent, dispendieuse d'établissement, de réparations et même de manutention. Deux ouvriers peuvent faire en un jour six à sept mille briques. Or il est difficile qu'une machine, fît-elle dix fois plus de briques dans le même

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

temps, n'égale pas les frais qu'entraîneraient les vingt ouvriers supposés et même qu'elle ne les surpasse pas bientôt, pour produire dans le même temps une si grande quantité de briques. Car il faut compter le prix considérable d'une machine qui fait tout, et, par conséquent, l'intérêt de ce capital, son entretien annuel, les réparations considérables de temps à autre qu'elle exige, les ouvriers qu'il faut pour la conduire, enfin le moteur puissant qui doit lui faire faire toutes ces opérations.

« Les briques, à moins qu'elles ne se fabriquent dans un port de mer, sur les bords d'un cours d'eau navigable ou d'un canal, ne peuvent être transportées plus loin sans que les frais de transport ne viennent augmenter leur prix au delà des limites admissibles. Le voisinage à trois ou cinq myriamètres est le seul rayon qu'elles puissent parcourir par les voies de transport ordinaires dans les pays les plus favorisés.

« Une machine bien faite et bien complète doit, pour payer les frais d'établissement, d'entretien, etc., fabriquer considérablement, et alors il faut une immense exploitation de terre, des aires ou des hangars immenses pour mettre en séchage à l'abri de la pluie ces innombrables produits. Or, supposons qu'elle surmonte tous ces embarras ; alors elle a tant produit qu'elle aura bientôt encombré tous ses canaux d'écoulement. Le chômage devient nécessaire et avec lui toutes les pertes qui en résultent.

« Il faut donc une réunion rare de circonstances favorables pour qu'une briqueterie, fondée sur l'emploi d'une grande et bonne machine, applicable en même temps à la fabrication des carreaux, soutienne la concurrence d'un briquetier qui, presque sans aucuns frais, avec sa femme, ses enfants et le secours de quelques ouvriers ambulants qui viennent lui offrir leurs bras dans le temps convenable, peut faire, dans la saison, près de deux cent mille briques.

« Néanmoins, il est telles circonstances favorables qui peuvent donner à une machine, bien faite et bien calculée, une supériorité économique réelle et durable sur la fabrication à la main. Tels sont des établissements d'usines nombreuses dans un pays où il n'y en avait pas, une ouverture d'écoulement particulière dans un port de mer, par des canaux ou par des routes qui n'étaient pas encore établies, enfin des constructions immenses en briques près d'une ville où la main d'œuvre est chère. »

L'essor de l'industrie, l'amélioration des moyens de transport et des voies de communication, les grands travaux entrepris dans certaines villes ont été les causes favorables dont parlait Brongniart pour beaucoup d'endroits ; aussi compte-t-on maintenant un assez grand nombre de briqueteries qui ont pu employer les ingénieuses machines à briques qui existent en grand nombre et dont je décrirai quelques-unes plus loin.

J'ai décrit plus haut le moulage à la main tel qu'il se pratique dans la méthode flamande. Le moulage à la main de la même façon est encore employé dans quelques briqueteries ; seulement les briques, au lieu d'être mises en haie en plein air, sont mises en haie sous des hangars qui entourent l'aire où les briques sont déposées après le moulage.

Cette méthode a l'inconvénient de forcer le mouleur d'arrêter son travail par suite du mauvais temps ; aussi, dans la plupart des usines, le mouleur travaille-t-il à couvert sous un hangar. Sa table est disposée comme pour le moulage en plein champ, mais à poste fixe, le plus près possible des malaxeurs ou des cylindres qui préparent la terre. La terre lui est apportée par un ou deux rouleurs, suivant la distance, et il procède alors pour le moulage absolument de même. Seulement le gamin qui tire à lui le moule rempli par le mouleur, au lieu de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'emporter avec la brique, démoule celle-ci immédiatement et replace de suite le moule dans la minette au sable.

Il démoule sur une petite planchette un peu plus grande que la brique et terminée par un manche, ayant si l'on veut la forme d'une batte à rebattre, mais en bois blanc de 0m.015 environ d'épaisseur et dont il a une provision près de lui. Quand il a démoulé deux briques il prend les deux planchettes à la main et va les porter au séchoir et est remplacé par un autre gamin qui agit de même. D'autres fois on démoule sur deux planches qui forment sur une sorte de longue brouette un plancher qui est horizontal quand on roule la brouette. Chaque planche peut porter douze à quinze briques. Quand la brouette est chargée, un rouleur l'emmène aux séchoirs.

Les séchoirs sont généralement disposés maintenant de façon à ce que le rebattage s'y fasse facilement. On ne met plus dans ce cas les briques en haie ; quand elles sont suffisamment fermes on les rebat et on les remet en place sur les planches pour achever de sécher, et quand elles sont sèches on les emmène autour des fours et on les empile.

Le moulage est généralement complété par un *rebattage* qui a pour but de redonner à la brique les arêtes vives et les faces régulières que les manipulations qu'elle a subies quand elle était molle et que son tassement sur la planche en séchant ont détruites. Le rebattage s'effectue, quand la brique est déjà ferme, par un ouvrier spécial qui avance dans les allées du séchoir avec un banc garni de tôle et présentant une surface aussi plane que possible. Il prend chaque brique l'une après l'autre et la frappe sur ses six faces au moyen d'une batte en bois de hêtre bien plane. Le banc à rebattre est large d'environ 25 centimètres et d'une hauteur de 1m.00 à 1m.20.

D'autres fois le rebatteur ne bouge pas de place. Il met en haie les briques à rebattre et place près de là un banc de hauteur ordinaire, soit de 40 à 50 centimètres, se met à cheval dessus et rebat les briques qu'il prend à côté de lui et qu'il pousse devant lui sur le banc.

On a imaginé, pour activer le rebattage, diverses machines dont la meilleure et la moins chère est celle de M. Brethon, constructeur, rue du Gazomètre, à Tours.

Les ouvriers qui font le rebattage sont généralement payés à la journée ; à raison de 30 à 35 centimes l'heure, à Paris ; rarement ils sont payés aux pièces ; dans ce cas, à Paris, le prix est d'environ 1 fr. 75 cent. par mille briques. Un rebatteur peut rebattre environ 4,500 briques dans sa journée.

Le prix de moulage est assez variable. On peut compter qu'il est maintenant dans Paris, pour la brique façon Bourgogne de 5 fr. par mille briques, y compris les aides du mouleur. De sorte que si on suppose les briques dégraissées avec les petits cokes que donnent en grande quantité le classement du coke des usines à gaz, ou les escarbilles des forges, on peut compter comme prix de revient du mille de briques rebattues sur séchoir en terre de Vaugirard :

Terre à 6 fr. la voie de 54 mottes.	6f.00
Mélange de sable et escarbilles.	1. 75
Préparation et trempage.	4. 00
Moulage.	5. 00
Rebattage	1. 75
Prix de mille briques à l'usine sans frais généraux ni bénéfice.	18. 50

Moulage à la machine. — Les machines à mouler les briques sont extrême-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment nombreuses, et, tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne, on peut compter dans ces trente dernières années plus d'un millier de brevets pris pour machines à briques, brevets qui, en grande partie, ont reçu une application ou un commencement d'application. Il est complétement impossible de décrire toutes les machines à briques et tout au moins très-difficile de les classer d'après un principe d'action commun à un certain nombre. Je me bornerai donc à décrire celles que je considère comme les meilleures.

Une seule chose générale peut être dite sur les machines à briques, c'est qu'il faut se tenir en garde contre l'affirmation des inventeurs dont les machines, n'étant pas pourvues d'un appareil de préparation, sont présentées comme moulant la terre directement et telle qu'elle sort de la carrière. Si on a bien suivi ce que j'ai dit, on verra que toutes ces matières si dangereuses, les morceaux de calcaire, les rognons de silex, les noyaux de terre dure subsistent alors dans la brique et donnent tous les accidents dont préserve une préparation faite avec soin. Certes, il ne manque pas de machines assez puissantes pour comprimer en briques résistantes, à arêtes vives, pouvant immédiatement se mettre en haies, des terres très-maigres, pleines des impuretés citées plus haut et telles qu'on les tire de la carrière, mais alors les machines emprisonnent dans la masse tous ces corps nuisibles, durcissent la croûte extérieure de la brique, de sorte qu'on a des produits qui sèchent mal et se gauchissent, qui s'éclatent au feu ou à l'emploi. Oui, quelques terres exceptionnelles sont assez pures pour donner immédiatement de bonnes briques, mais c'est un cas fort rare ; en général il faut une préparation de la terre quand on veut obtenir de bons résultats. Tout ce que peut faire la machine c'est de réduire cette préparation, supprimer quelquefois le trempage par exemple. De plus il est rare qu'une même machine puisse mouler indifféremment toutes les terres. De sorte que tout acheteur de machine à briques devra bien se garder de fixer son choix avant d'avoir vu les résultats que donne la machine avec la terre qu'il se propose de travailler. Il faut donc faire venir, près d'une machine du système qu'on croit convenable, une quantité de terre suffisante pour mouler quelques cents de briques, voir comment marche la machine et comment se comportent, avant et après cuisson, les produits qu'elle donne.

M. Salvetat a divisé les machines à briques en :

1° Machines imitant le travail à la main.

2° Machines opérant le moulage au moyen d'un mouvement de rotation continu.

3° Machines faisant le moulage avec un moule qui découpe.

4° Machines qui font le moulage au moyen d'une filière et qui découpent ensuite, soit avec un couteau, soit avec un fil.

M. Malpeyre, ingénieur, a cherché une autre classification, que je donne aussi, pour faire juger du grand nombre de machines qui peuvent être imaginées :

1° *Machines moulant les briques par piston*.....	Piston à mouvement graduellement varié, mû par excentrique, manivelle, bielle, levier. — Presse hydraulique, cylindre à vapeur à double effet, etc.
	Piston agissant avec force vive, comme presse à balancier, marteau-pilon, etc.
	Pression graduée au moyen de deux pistons, ou autrement.
	Pression par plaque sur un moule dans lequel elle ne pénètre pas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Machines moulant par laminage*. . . . . :
- Cylindre d'un grand poids dont l'axe de rotation reste fixe au-dessus d'une table tournante, ou d'une chaîne qui amène les moules.
- Même disposition, mais avec mouvement de translation du cylindre.
- Cylindre conique avec mouvement de rotation autour d'un axe perpendiculaire à l'axe du cône.
- Laminoirs.

3° *Machines moulant par l'action d'une hélice*. . . . . :
- Hélice chassant la terre dans des filières d'une manière intermittente.
- Hélice chassant la terre dans des filières d'une manière continue.

4° *Machines moulant par moule qui découpe*. . . . . :
- Moules descendant sur des croûtes de terre préparées sur des tables.
- Moules recevant la terre contenue dans des caisses où le moulage a été comme préparé.

5° *Machines diverses*.

Les machines à briques opèrent tantôt sur des pâtes molles, tantôt sur des terres non trempées, mais avec leur humidité naturelle, tantôt, enfin, sur des terres séchées. On voit que si les résultats obtenus étaient aussi bons dans les trois cas, on aurait avantage à préférer un des deux derniers modes, puisque la quantité d'eau à expulser par la dessiccation est celle seulement que contient naturellement l'argile ; mais le premier cas est celui qui se prête le plus facilement à la préparation des mélanges ; les machines, dans le deuxième, absorbent une force assez grande pour produire une pression suffisante, et les briques obtenues par les terres séchées et réduites en poussière présentent divers inconvénients, comme je le dirai plus loin. Aussi est-ce encore généralement sur les pâtes molles (bien souvent le trempage se fait dans la machine même, dans le malaxeur qui dessert l'appareil mouleur) qu'opèrent la plupart des machines qui donnent de bons résultats, bien que dans ce cas toutes les opérations secondaires du moulage à la main, dessiccation, rebattage, subsistent et exigent les mêmes dépenses de temps et d'hommes.

Je décrirai seulement parmi les machines à briques :

La machine Jullienne, qui convient parfaitement aux exploitations de moyenne importance et qui fournit de bons résultats avec des terres très-différentes.

Le laminoir Jardin-Cazenave, qui convient surtout au moulage des terres grasses.

La machine de F. Durand, qui, s'adaptant à toutes les terres, permet surtout un bon moulage des terres très-maigres.

Les machines Clayton, Hertel, Schlickeysen, etc., qui ont un principe commun et conviennent aux terres de plasticité ordinaire, soit naturelle, soit artificiellement obtenue par mélange.

J'indiquerai à la suite les noms et les adresses des principaux fabricants de machines à préparer la terre et à mouler les briques.

Machine Jullienne. — La machine de M. Jullienne est simple, d'une solidité extrême, peu coûteuse ; elle se manœuvre à bras d'hommes et pourtant travaille avec rapidité et donne de bons résultats.

On peut mouler la terre presque sèche, avec son humidité naturelle seulement. La qualité est bonne et le prix de revient assez bas.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine Jullienne se compose d'un fort bâti en bois, formant une table, dans laquelle est un cadre de fonte qui renferme les moules, qui sont eux-mêmes en bois doublé de cuivre, doubles et des dimensions (plus retraite) qu'on veut donner aux briques. Dans chaque moule est un piston; les pistons sont reliés et reçoivent, par l'intermédiaire de deux chaînes, un mouvement vertical, au moyen d'un grand levier tournant autour d'un axe. Si on suppose les moules pleins de terre et fermés à leur partie supérieure par un couvercle, en faisant tourner le levier, par suite monter les pistons, on pourra produire sur la terre une pression considérable. Ce couvercle est une pièce dite col de cygne, qui porte à sa partie inférieure deux petites plaques de bois qui pénètrent dans les moules et les ferment exactement. Le col de cygne peut tourner autour d'un axe et être assujetti à sa place par une cale.

Pour mouler, les pistons étant en bas de leur course, on remplit les moules de terre, qu'on arrase au niveau du bâti : on abaisse le col de cygne qu'on assujettit par la cale postérieure et on presse. Puis on relève le col de cygne, et pour faire sortir les briques moulées, on fait monter les pistons davantage, en faisant tourner un petit levier calé sur un arbre et dont le mouvement se transmet par des pièces articulées aux deux pistons.

Les briques sont alors enlevées. On ramène les leviers en place et on recommence.

La pression exercée par cette machine est de 18 kilog. environ par centimètre carré de la brique; mais l'action est plus considérable à cause du choc qui l'accompagne.

La rapidité avec laquelle se fait le moulage est telle, quand les ouvriers ont acquis l'habitude, qu'un homme, aidé d'un gamin, peut mouler 4000 briques par jour. Il faut compter pour desservir un chantier de trois machines Jullienne :

3 hommes aux leviers.
1 gamin pour lever les briques.
1 homme pour distribuer la terre.
1 — pour charrier les briques.
1 — pour mettre en haie.

On paye aux environs de Paris, aux ouvriers pour façon des briques, jusque et y compris la mise en haie, 4 francs à 4f.50 par 1000 briques.

Machine Jardin-Cazenave. — Cette machine (fig. 2, pl. 231) a été inventée par M. Jardin et perfectionnée par MM. Cazenave et Cie, constructeurs, 7, rue Linné, à Paris. Elle se compose d'un malaxeur, dans lequel on charge les terres débarrassées de toutes leurs impuretés et trempées. Le boudin de terre qui sort du malaxeur est pris entre deux cylindres de 70 centimètres environ de diamètre, garnis de buffle et munis de joues latérales, et qui ont une largeur égale à deux largeurs de briques, et entre eux un écartement égal à l'épaisseur de la brique. Les deux cylindres ont un mouvement de rotation, de sorte qu'ils entraînent la terre en la laminant. Il se produit une assez bonne compression, qui chasse les vents intérieurs et donne des formes assez nettes au prisme de terre. Ce prisme, à sa sortie des cylindres, rencontre un fil de fer tendu dans un plan vertical qui le divise en deux, c'est-à-dire en deux prismes continus, ayant la largeur et l'épaisseur d'une brique et une longueur indéfinie. Ils avancent, poussés par la nouvelle terre qui sort des cylindres, sur des toiles portées sur rouleaux, arrivent sur de petites planchettes, ayant chacune la longueur d'une brique, munies chacune d'une oreille en cuivre, et que des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gamins introduisent sur le côté à la suite les unes des autres. Le prisme de terre porté sur ses planchettes arrive alors à un appareil coupeur automatique des plus ingénieux, qui divise les deux prismes en briques de la longueur voulue, dont chacune reste sur une planchette. Le mouvement lui est donné par les petites oreilles en cuivre des planchettes. Cet appareil se compose de deux croisillons en fonte, calés sur le même arbre et reliés par huit fils de cuivre qui forment les arrêtes d'un prisme octogonal. Ce prisme peut tourner autour des tourillons de l'arbre, dont la distance à la face supérieure des planchettes qui portent le colombin de terre est telle que chaque fil arrive successivement tangentiellement au plan de ces planchettes, de façon à couper complétement la brique jusqu'à la planchette qui la porte. Le système des fils de cuivre reçoit un mouvement de rotation par les petites planchettes, dont les oreilles en cuivre viennent buter contre les croisillons en fonte et les forcent à tourner; la vitesse à la circonférence est donc égale à l'avancement de la terre. Il suffit alors, pour que la brique soit coupée verticalement ou du moins sensiblement, que le rayon du cercle des croisillons soit déterminé de telle sorte que, l'égalité de vitesse ci-dessus existant, la vitesse de la projection du fil coupeur sur le diamètre vertical, sur une hauteur égale à l'épaisseur de la brique, soit sensiblement constante. Les briques coupées, toujours poussées par celles qui sont en arrière, échappent du coupeur, et un gamin, qui se tient debout en face de la machine, les pousse sur les deux tables à rouleaux, à droite et à gauche. A chaque extrémité se trouve un autre gamin, qui enlève les briques des planchettes, les pose sur les brouettes et garnit constamment la machine de nouvelles planchettes.

La machine Jardin-Cazenave n'emploie pas plus de quatre à cinq chevaux de force. Elle exige pour son service un homme et trois gamins, non compris les rouleurs de terre et de briques. Elle peut produire 10,000 briques par jour. Le prix est de 5,500 francs.

Pendant quelque temps MM. Cazenave et Cie ont livré des machines non munies de malaxeurs, et entre les cylindres desquelles on jetait les ballons de terre malaxée. Cette disposition est mauvaise, parce que la machine ne peut qu'imparfaitement faire la soudure entre les ballons successifs.

Cette machine convient surtout aux terres bien plastiques, plus ou moins dégraissées, mais qui n'ont pas besoin d'être fortement comprimées pour être agglomérées. Les briques doivent être rebattues.

Voici à combien reviennent de façon les briques fabriquées à la machine Jardin :

Un homme.	4f.00
Trois gamins à 2 francs.	6 .00
Deux rouleurs à 3f.50.	7 .00
Deux hommes pour apporter la terre.	7 .00
Pour 10.000 briques non rebattues.	24f.00
Soit façon pour 1.000 briques.	2f.40

Machine F. Durand. — Cette machine (fig. 6, pl. 231) est construite avec le plus grand soin par MM. Wehyer, Loreau et Cie, ingénieurs, constructeurs, 15, avenue Parmentier, à Paris. La disposition de cette machine est toute nouvelle; l'ensemble de la machine est représenté dans tous ses détails par la pl. 235. Deux pistons sont disposés l'un vis-à-vis de l'autre et qui marchent alternativement en sens contraire et dans le même sens. Ces deux pistons laissent entre eux un intervalle, où tombe la terre contenue dans une trémie; puis avançant ensemble, ils amènent la terre dans un moule à quatre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faces, placé sous la trémie et qui fait l'arasement du bloc. La terre est alors comprise entre six faces, dont quatre fixes (celles du moule) et deux mobiles (les deux pistons). Les deux pistons se rapprochant alors font subir à la matière une pression aussi énergique qu'on veut, et continuant leur mouvement, amènent la brique moulée hors du moule. Les deux pistons s'écartent un peu et déposent la brique sur une courroie sans fin qui l'emmène. Des hommes emportent les briques et les mettent de suite en haie. On prend la terre telle qu'elle est, sans la mouiller, ni la sécher. La terre est jetée en A. Le piston P reçoit un mouvement alternatif d'une manivelle M et le contre-piston P' est amené en avant par les deux cames C.

Pour permettre le démoulage facile des terres grasses et humides, MM. Wehyer, Loreau et Cie ont apporté un ingénieux perfectionnement à la machine. Un des pistons est creux et reçoit un courant de vapeur, qui en desséchant la superficie de la brique permet son démoulage facile.

La force absorbée par la machine Durand est de 3 à 4 chevaux; elle exige un personnel de quatre hommes pour apporter la terre et enlever les briques. Elle produit environ 15,000 briques par jour. Comme on peut les mettre en haie et les enfourner presque de suite, elle dispense de grands hangars pour la dessiccation; les produits étant peu humides peuvent être faits même dans une saison froide, sans craindre la gelée. De plus elle dispense du rebattage. C'est dans ces économies accessoires qu'est surtout l'avantage de la machine.

Il faut pour desservir la machine Durand un homme qui jette la terre dans la trémie, deux qui amènent la terre et deux qui emmènent les briques moulées, soit cinq hommes à 3f.50, soit 17f.50 pour mouler environ 10.000 briques par jour, soit par 1.000 1f.75 de façon.

Machines de *Clayton*, de *Hertel*, de *Schlikeysen*, etc. — Ces divers constructeurs ont fabriqué et monté dans beaucoup d'usines un grand nombre de machines à briques de modèles très-variés, mais, dans ces dernières années, ils ont présenté des machines semblables au moins pour le principe.

Dans ces machines, qui font elles-mêmes la préparation, la terre amenée dans un malaxeur vertical ou horizontal, est chassée par les lames dans des ouvertures, véritables filières, qui ont la forme qu'on veut donner aux briques. J'indiquerai plus loin, à propos des matériaux creux fabriqués à la filière, les conditions que ces filières doivent réaliser pour donner un prisme sans arrachement. Ce prisme de terre de l'épaisseur soit à plat, soit sur champ des briques à produire, est ensuite divisé par un appareil coupeur à fil disposé comme celui des machines à briques creuses.

La terre est chassée comme je l'ai indiqué pour les malaxeurs, de même que le serait l'écrou d'une vis assujettie à ses deux extrémités et ne pouvant que tourner sur elle-même. Comme l'alimentation du malaxeur est continue, le prisme de terre qui s'échappe par les filières ou ouvertures du malaxeur est parfaitement continu et sans vents ni défauts dans sa masse.

Les machines Clayton, Hertel, Schlickeysen, etc., sont à malaxeur horizontal, les machines Sachsenberg sont à malaxeur vertical.

Dans la plupart de ces machines, la préparation est faite au moyen de cylindres à grands diamètres qui écrasent les pierres, broient les noyaux de terre dure. De là, la terre tombe dans le malaxeur où toutes ces impuretés, par leur mélange intime avec la terre, cessent de devenir dangereuses.

Ces machines ont toutes une production énorme et donnent des produits d'excellente qualité. Elles ne peuvent convenir qu'aux grandes exploitations; mais alors ce sont peut-être celles qui conviennent le mieux, à condition toutefois que les chômages seront réduits autant que possible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fabrication des briques par les terres en poussière.

Quelques constructeurs anglais et américains, entre autres M. Mac-Henry, de Liverpool, ont cherché à baser la fabrication des briques sur l'emploi de matières sèches agglomérées par une pression considérable.

L'appareil de M. Mac-Henry comprend :

1° Une étuve pour la dessiccation complète de la terre;

2° Un appareil de broyage pour réduire en poudre aussi tenue que possible cette terre séchée ;

3° Une machine à mouler.

L'étuve est une sorte de four à réverbère de grandes dimensions, dans lequel la terre est remuée dans des auges par des vis sans fin qui la font entrer par un bout de l'auge et sortir par l'autre.

L'appareil broyeur auquel la terre est amenée par une chaîne à godets, au sortir de l'étuve, se compose soit seulement de cylindres, soit de cylindres concasseurs et de moulins à meules horizontales. Toutes les impuretés de la terre réduites ainsi en poudre deviennent sans danger. La terre broyée, emmenée par une chaîne à godets, repasse par une étuve d'où elle est emmenée par une autre chaîne à godets à la machine à mouler.

Celle-ci est d'une construction compliquée. En principe elle se compose d'une série de moules, qui, par un mouvement de va-et-vient du chariot qui les porte, sont successivement amenés à former le fond d'une trémie où tombe la terre en poudre venant du broyeur. Dans cette trémie tournent des rouleaux qui forcent la terre à bien remplir les moules qui passent. Ces moules ont un fond mobile formé d'un piston dont la tige dépasse au-dessous du moule. Une fois pleins les moules sortent de la trémie et remontent une série de rouleaux inférieurs successivement plus élevés les uns que les autres, et qui, en agissant sur les queues des pistons, les forcent à monter. Au-dessus du piston, dans chaque nouvelle position, se trouve une plaque de contre-pression, de sorte qu'à partir de la trémie jusqu'à l'instant du démoulage la terre subit une pression graduellement croissante. Les briques sont assez dures et assez sèches pour être enfournées de suite.

Le moulage en terre sèche tend généralement à être abandonné, et, je crois, avec raison. En effet, la propriété si précieuse des argiles est, quand elles sont amenées à l'état de pâte plastique et bien homogène, de pouvoir donner par la cuisson un corps dur, résistant et également homogène. Ici on ne se sert plus de la plasticité de l'argile. Chaque petit grain pressé contre ses voisins, cuit isolément, mais sans concourir à la solidité générale de la masse ; on a donc une agglomération de grains durs, résistants, mais dont les parties ne sont pour ainsi dire pas soudées entre elles. Cet inconvénient est assez développé en pratique pour que ce procédé n'ait reçu que peu d'extension.

Je donne ici la liste de quelques-uns des principaux fabricants de machines à briques et à tuiles :

Wehyer, Loreau et C^e^, 15, avenue Parmentier, à Paris. Machines céramiques de toutes espèces.

Boulet frères, 74, rue d'Allemagne à Paris, idem.

Schloper, 13 et 15, rue Sedaine, à Paris, idem.

Schmerber frères, à Talgosheim, près Mulhouse, (Haut-Rhin), idem.

Brethon, rue du Gazomètre, à Tours, (Indre et Loire), idem.

Schlickeysen, Wassergasse, 17, à Berlin, (Prusse), idem.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sachsenberg frères, à Rosola-sur-l'Elbe (Machines diverses).
Hertel et Ce, à Nieubourg-sur-Saale, idem.
H. Clayton et Ce, Woodfield-Road, Harrow-Road, à Londres (Angleterre), idem,
François Durand, 115, rue de la Pompe, Paris-Passy. Machine à briques.
Jardin-Cazenave, 7, rue Linné, à Paris, idem.
Jullienne, 210, faubourg-Saint-Denis, Paris, idem.
Allemand, 12, rue Saint-Jean, Batignolles-Paris, idem.
Bootz-Laconduite, à Douai, idem.
Mazeline et Ce, au Havre, idem.
John Witehead, à Preston (Lancashire), Angleterre, toutes machines céramiques.
Paul Borie, rue de la Muette, à Paris.

Cuisson des briques dans des fours.

J'ai exposé, plus haut, le procédé suivi pour la cuisson des briques en plein air, sans autre appareil que les briques à cuire elles-mêmes. Ce procédé donne une cuisson irrégulière, cause un déchet de près de 1/6, nécessite des ouvriers spéciaux très-habiles, dont les exigences et le mauvais vouloir entravent souvent la fabrication. Il a donc fallu chercher des moyens d'obtenir un résultat meilleur et plus économique.

Les *fours* sont les appareils qu'on emploie pour y arriver. Un four comprend toujours un *foyer* pour recevoir le combustible, un *laboratoire* où se fait la cuisson de la matière, et *une cheminée* pour l'évacuation des produits de la combustion [1].

Les combustibles que l'on peut employer dans les fours, sont le bois, la tourbe, la houille, le coke. Les fours doivent être construits en matériaux mauvais conducteurs de la chaleur, pour empêcher la déperdition de leur chaleur intérieure, et assez réfractaires pour résister à l'action répétée du feu.

Les systèmes de fours sont très-nombreux et très-variés; ils peuvent cependant rentrer dans l'une des deux grandes classes suivantes : fours intermittents, fours continus. Les fours intermittents sont ceux dans lesquels la marche de l'appareil est arrêtée après la cuisson pour attendre le refroidissement complet de la masse, avant de pouvoir recommencer une nouvelle opération. C'est par leur description que je commencerai l'étude des fours; ils comprennent des fours découverts et des fours couverts.

Fours découverts. — Ce sont les plus simples; ils se composent d'une capacité rectangulaire en maçonnerie, ouverte à sa partie supérieure. Souvent ces fours sont pris dans un pli de terrain qui les maintient de trois côtés et laisse la façade libre. Quand on cuit au bois, les foyers sont des voûtes cylindriques qui s'étendent dans toute la longueur et dans lesquelles on jette les bûches nécessaires à la cuisson. Les briques sont alors rangées dans l'intérieur du four, comme pour la cuisson à la volée. On fait des fours qui contiennent 25,000 briques, et d'autres jusqu'à 100,000. Pour le chauffage au bois, les foyers n'ont pas de grille; ils sont pavés en briques dans toute leur longueur. Le diamètre des voûtes varie de 0m.32 à 0m.50; elles ont environ 1 mètre de hauteur et sont écartées de 1m.50 à 2m.00.

Les fours chauffés à la houille se composent d'une caisse rectangulaire en maçonnerie, ayant 8 à 10 mètres de longueur sur 4 à 6 de large et 6 de hauteur.

1. Quelques fours n'ont pas de cheminée distincte; mais alors tout le four forme cheminée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les murs ont 2 mètres d'épaisseur à la base, et 0m,80 de haut. Sur une des faces se trouve une porte pour l'enfournement ; on la ferme par une maçonnerie pendant la cuisson. Les grands côtés présentent 3 ou 4 ouvertures pour les foyers. Les briques sont rangées à l'intérieur comme pour la cuisson à la volée; les foyers sont établis à demeure en briques cuites maçonnées, seulement on y dispose des grilles qui ne s'étendent pas sur plus de 2m.00. Les foyers ont les mêmes dimensions que ceux au bois; mais ils ne sont pas écartés de plus de 0m.80 à 1m.00. Les barreaux sont en fonte. Il faut avoir bien soin de tenir le feu bien régulier et employer des garde-vents pour que l'influence des courants d'air ne vienne pas gêner la marche du four. On peut aussi couvrir de terre gâchée le dessus du four du côté où la combustion marche trop vite. Quand la cuisson est suffisante, on maçonne les bouches des foyers et on couvre le dessus de terre gâchée.

On met généralement au-dessus des fours découverts un toit élevé afin de les

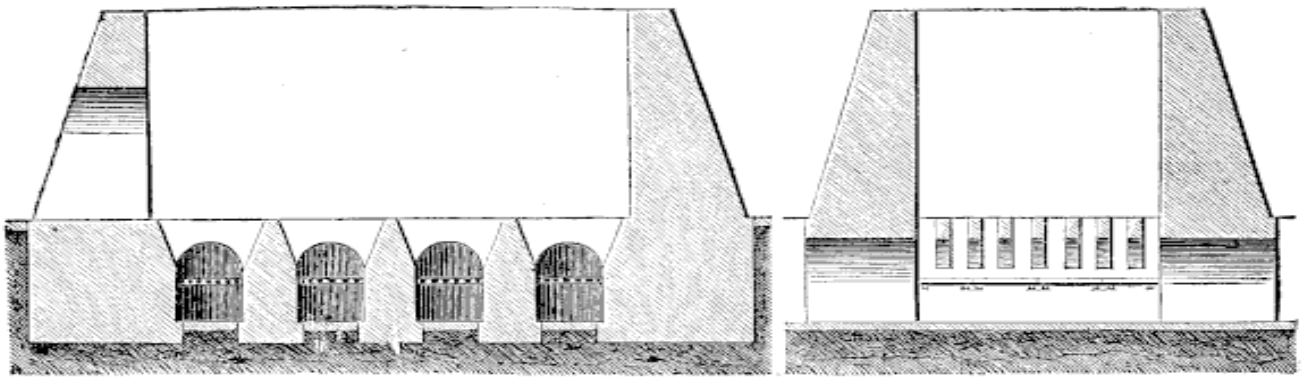


Fig. 1.

protéger contre l'action de la pluie. Je donne, fig. 1, le dessin d'un four découvert à la houille. Ces fours peuvent se faire simples ou accolés.

Fours couverts. — Les fours découverts laissent perdre une portion considérable de la chaleur développée pour cuire la brique, car celle qui n'est pas réverbérée par une voûte se dissipe sans profit; aussi malgré un excès de production de la chaleur, les briques du haut sont-elles mal cuites. De plus le vent, la pluie exercent une action nuisible sur la marche du four, et la quantité des rebuts est encore considérable.

Aussi la plupart des briquetiers ont-ils adopté une disposition de fours tantôt rectangulaires, tantôt circulaires, d'où les gaz chauds ne s'échappent dans la cheminée qu'après que la chaleur a été réfléchie sur les produits enfournés par une voûte qui les recouvre. Dans ces fours, garnis chacun d'un ou de plusieurs foyers, le feu est allumé sur une grille placée au-dessous des briques à cuire, et les gaz chauds montent à travers celles-ci. Les briques y sont enfournées de manière à laisser un passage à la flamme sur toutes leurs faces.

Les fours rectangulaires ont un foyer, quelquefois plusieurs, mais en petit nombre, disposés généralement suivant la plus grande longueur du four. Ils ont l'avantage de donner moins de place perdue dans les ateliers, d'être plus commodes d'enfournement, moins chers de construction que les *fours ronds*; mais ils sont plus difficiles à cuire également et moins solides.

Dans tous ces fours, au-dessus des foyers se trouve une *sole* en briques percée d'un grand nombre de trous, dont chacun est la terminaison d'un carneau, qui communique avec la voûte du foyer et en amène les flammes. La voûte supérieure est percée de trous pour le départ des fumées et des gaz ayant agi; — ces

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trous, communiquent avec la cheminée qui détermine le tirage, et doivent, ainsi que ceux de la sole, être répartis de manière à produire la cuisson la plus égale.

Chaque four peut avoir une cheminée distincte, ou bien une même cheminée peut desservir plusieurs fours. Quand la cuisson est terminée et que le refroidissement de la masse a commencé, on peut l'activer en déterminant par la cheminée un courant d'air froid dans l'intérieur du four; mais il faut remarquer que cette manœuvre, qui est sans inconvénient quand chaque four a sa cheminée, peut, quand une même cheminée dessert plusieurs fours, venir couper le tirage aux fours en feu. Aussi la meilleure disposition est d'avoir une grande cheminée desservant plusieurs fours, mais de garnir chacun d'eux d'une petite cheminée pour faire le refroidissement par appel d'air froid. — C'est le seul moyen d'avoir une cheminée de grande dimension donnant un bon tirage; en même temps, par ce système, les fours ne se nuisent pas les uns aux autres.

Les briques sont enfournées dans les fours de manière à être rencontrées sur toutes leurs faces par la flamme. Donc, elles ne se touchent que par leurs faces inférieure ou supérieure [1]. Les rangs sont croisés ou inclinés les uns par rapport aux autres, afin que la flamme, tout en circulant librement, soit *chicanée*, c'est-à-dire ne monte pas comme dans des cheminées verticales, et produise l'effet maximum.

La cuisson comprend deux périodes : la première, pendant laquelle on se borne, au moyen d'un feu très-doux, à dessécher les briques et à chasser toute l'humidité qu'elles contiennent; c'est la période du *petit feu* ou d'*enfumage;* la deuxième, pendant laquelle, sans plus craindre de faire éclater les briques, on les porte à la température nécessaire pour les cuire. C'est la période du *grand feu*.

Les combustibles qu'on peut employer sont :

le bois,
la tourbe,
la houille,
le coke,

suivant les localités. Il faut remarquer que les chaleurs fournies par ces combustibles sont douées de *qualités* très-différentes. Ainsi le bois donne une chaleur égale et toujours la même, tandis que la houille donne alternativement une chaleur de flamme due à la combustion des gaz au milieu de la masse, et une chaleur rayonnée due à la combustion du coke sur la grille, suivant que la houille vient d'être chargée ou qu'elle est déjà distillée. Le chauffage à la houille est donc sujet à des coups de feu; on est plus exposé à brûler les bas de fours, sans pour cela arriver à cuire le haut. De plus, le mode de chargement fait voler les cendres de la houille, qui viennent salir les briques, tandis que la flamme de bois, toujours chargée de carbonates alcalins en vapeur, communique d'excellentes qualités aux produits cuits en gressant leur surface.

Les briques ne demandant pas de qualités spéciales, la question du prix de la chaleur produite doit être la seule qui détermine dans le choix du combustible.

Toujours il faut rechercher les combustibles à longue flamme, qui permettent le mieux de régler la température du four.

J'indique, fig. 2, un four assez employé, rectangulaire, surmonté d'une voûte

1. Le rapport du plein au vide est environ comme 3 est à 2. On place environ 460 briques pleines, moule de Bourgogne, par mètre cube pour les briques sans escarbilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

demi-cylindrique. La cheminée est au centre. A chaque angle se trouve une petite cheminée qui permet de diriger le feu dans les angles, et en même temps

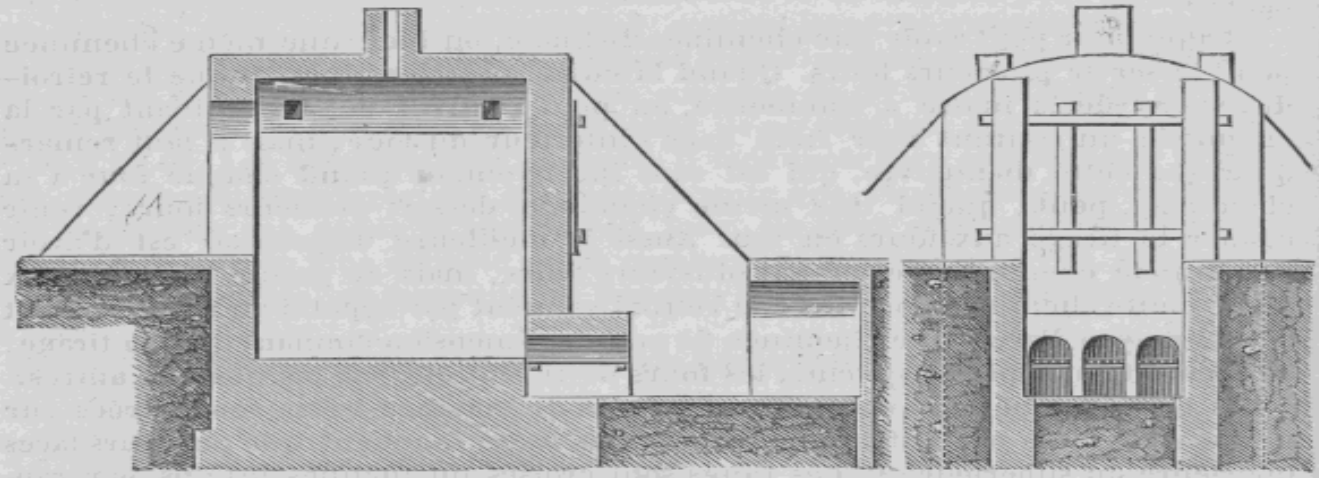


Fig. 2.

de l'amener du côté où la cuisson marche le moins vite. J'indique, fig. 3, un four avec grille sous les briques, et départ dans une cheminée commune à plusieurs fours.

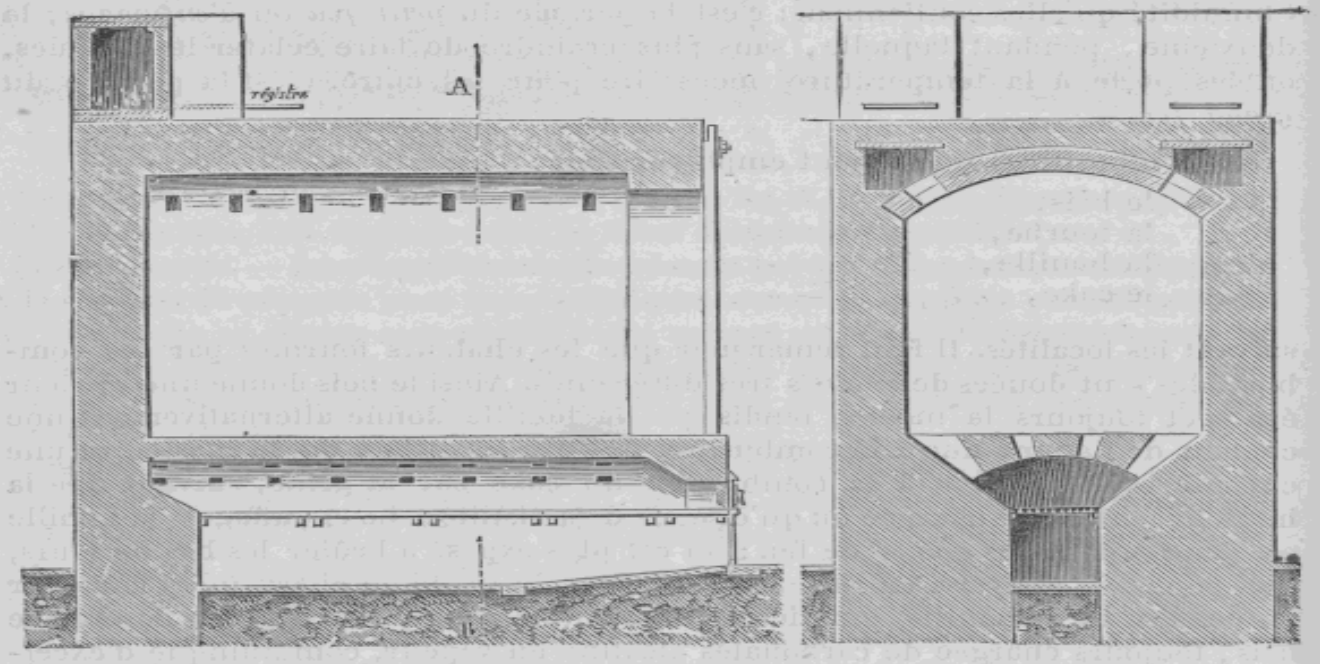


Fig. 3.

Dans les fours ronds, les foyers sont répartis au nombre de quatre, six ou huit autour des produits à cuire, de sorte qu'il est plus facile de cuire également. Mais, dans tous ces fours, une même cause fait perdre une grande partie de la chaleur produite. Les produits de la combustion sortent des fours à une température qui est au minimum égale à la température des produits renfermés dans le four, ce qui, quand la masse est tout entière portée au rouge clair, constitue une très-notable quantité de la chaleur développée dans le foyer. De plus, quand on charge, le four étant déjà au rouge, les produits de la distillation de la houille

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se décomposent en gaz combustibles et en carbone, qui forme une fumée noire très-épaisse et qui est perdu comme combustible; et la chaleur renfermée dans les produits cuits est complétement sans emploi. Certes, MM. Muller et Gilardoni ont réalisé un grand progrès par les fours accolés qu'ils ont inventés, et dans lesquels les flammes qui ont servi à cuire un four sont utilisées, dans les deux fours suivants, à échauffer les marchandises en fournées, jusqu'à ce que les gaz de la combustion n'aient plus que la température nécessaire à développer le tirage; mais ce n'était là qu'un commencement de la solution, qui n'est complète que dans les fours continus que je décrirai plus loin.

La durée de l'enfournement et celle du défournement varient avec les dimensions du four et celles des matériaux, avec la disposition à suivre. Il en est de même pour les durées des phases de la cuisson.

Je vais indiquer quelques règles à suivre dans la construction des fours. Je les ai déduites de l'observation d'un assez grand nombre de fours et de la comparaison de leurs dimensions.

Les dimensions d'un four ne peuvent guère être moindres que 15 mètres cubes, et ne doivent pas dépasser 50 mètres cubes. Les petits fours coûtent proportionnellement plus cher de construction, et les frais de cuisson au mètre cube y sont plus élevés. Les grands fours sont peu solides, et donnent en général des produits inégaux en cuisson, suivant leur position dans les fours; les fours hauts sont surtout désavantageux..

On peut admettre que pour un mille de briques ordinaires, moule de Bourgogne, et suivant la qualité de la terre, on brûle de 200 à 250 kilog. de houille, soit 100 à 120 kilog. de houille par mètre cube du four.

La quantité de charbon (houille), brûlée par heure dans un four, est toujours moindre que $\frac{10 \times V}{3} = q$.

q quantité de charbon en kilogrammes;
V volume du four en mètres cubes.

C'est sur cette quantité qu'il faut se baser pour calculer la grille, afin qu'elle ait toujours une surface plus grande qu'il n'est strictement nécessaire, pour parer à toutes les exigences de la cuisson.

Les grilles peuvent être faites petites ou grandes. Dans le premier cas, elles n'occupent qu'une portion restreinte de la longueur des fours; on les calcule en supposant une consommation de 1 kilog. de houille par décimètre carré et par heure. Ces grilles donnent de bons résultats avec des chauffeurs habiles qui savent bien diriger leur feu dans le four. Je donne de beaucoup la préférence aux grandes grilles qui, s'étendant dans toute la longueur du four, permettent plus aisément une égale répartition de la chaleur. On les calcule en supposant une consommation de $0^k.350$ seulement de houille par décimètre carré de grille et par heure. Si à l'usage ces grilles semblaient un peu grandes, on pourrait toujours facilement en diminuer la surface par une assise de briques.

Il faut que la cheminée ait une section plus grande que pour une grille de foyer ordinaire; car, outre les produits de la combustion, elle sert aussi à évacuer les buées qui se dégagent des pièces vertes pendant la cuisson. Quelle que soit la surface adoptée pour la grille, on suppose toujours, pour déterminer la cheminée, une grille calculée pour une consommation de 1 kilog. de houille par décimètre carré et par heure, et on prend pour section de la cheminée les 2/5 de cette surface. La cheminée doit toujours être pourvue d'un registre qui permette de limiter cette section aux besoins de la cuisson ou du refroidissement, et qui, pendant la première période du refroidissement, arrête tout tirage dans les fours.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans certains pays, on a encore avantage à employer le bois comme combustible. On prend alors une petite grille dont la surface sera telle qu'on brûle 2 kil. 5 de bois par décimètre carré et par heure.

Les carneaux qui servent à faire communiquer le foyer avec l'intérieur du four doivent avoir une section totale au moins égale à celle de la cheminée, et aussi grande qu'on peut le faire sans compromettre la solidité. Les carneaux d'échappement doivent avoir une section au moins égale à celle de la cheminée.

Les fours doivent être très-solidement armés de barres de fer ou d'armatures en fonte pour résister aux dislocations résultant des dilatations successives. Un four tend toujours à monter par suite de la poussière qui s'accumule dans les joints quand le four est chaud, et qui tend à les faire ouvrir au refroidissement. C'est la même cause qui fait que les carrelages poussent toujours au vide, et qu'il est nécessaire, si on veut avoir un four solide, de placer à hauteur du carrelage une forte ceinture, faisant tout le tour du four quand il n'est pas enterré jusqu'à cette hauteur. Les fondations doivent être très-solides, à l'abri de tout tassement et de toute atteinte des eaux.

Fours continus. — C'est seulement dans ces fours qu'on peut obtenir une bonne utilisation du combustible, parce qu'alors on peut procéder à un *chauffage méthodique*. Pour réaliser ce but, deux modes généraux se présentent : on fait avancer les marchandises à cuire par rapport au foyer, en sens inverse des produits de la combustion, de manière à leur faire rencontrer les gaz déjà refroidis, puis les gaz successivement de plus en plus chauds qui achèvent la cuisson ; ou bien les marchandises à cuire restant en place, on déplace le feu par rapport à elles, de manière à l'amener successivement aux endroits qui ont été déjà progressivement échauffés, presque jusqu'à température de cuisson, par les gaz chauds.

M. Demirnuid, dans un four dont l'emploi ne s'est pas généralisé, avait tenté de rendre pratique la première disposition. Son appareil se composait d'un four ayant la forme d'un long canal rectiligne incliné de 25° à 40°, et terminé à sa partie inférieure par un foyer. En haut du canal, on introduisait des wagons en fer chargés des marchandises à cuire ; ils descendaient sur des rails le long du four, et rencontraient successivement les gaz du bas, presque froids en haut, mais de plus en plus chauds à mesure qu'on s'approchait du foyer. Après leur cuisson complète au-dessus du foyer, les wagons étaient introduits dans une chambre de refroidissement. Les difficultés pratiques, l'entretien considérable du matériel ont empêché ces appareils de se répandre.

Les fours continus du second type réalisent complétement toutes les conditions qu'on peut désirer : utilisation aussi complète que possible du combustible, égalité de cuisson, excellente qualité des produits qu'ils fournissent. MM. F. Hoffmann et Licht, Kesselstrasse, n° 7, à Berlin, ont présenté à l'Exposition universelle de 1867 un four qui a mérité un grand prix et qui donne les meilleurs résultats. Son emploi est fréquent en Allemagne, et commence à se répandre en France.

M. Hamel, 24, boulevard du Prince-Eugène, a imaginé un four qui, en principe, diffère peu de celui de MM. Hoffmann et Licht, et dont quelques applications déjà faites permettent d'apprécier la bonne disposition.

Je décrirai seulement le four de MM. Hoffmann et Licht (voir fig. 4, page suiv.).

Ce four se compose d'un canal circulaire d'une forme quelconque, communiquant avec l'air extérieur par un certain nombre de portes (douze dans le four figuré), et pouvant être mis en communication avec une cheminée centrale par autant de canaux *cc*. Le four peut être bouché dans un même nombre de sections verticales au moyen d'un grand registre qui ferme exactement le canal

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

circulaire, et qu'on peut introduire par l'une quelconque des ouvertures gg, pratiquées à la partie supérieure, et de manière que le registre vienne un peu après le canal qui relie à la cheminée [1].

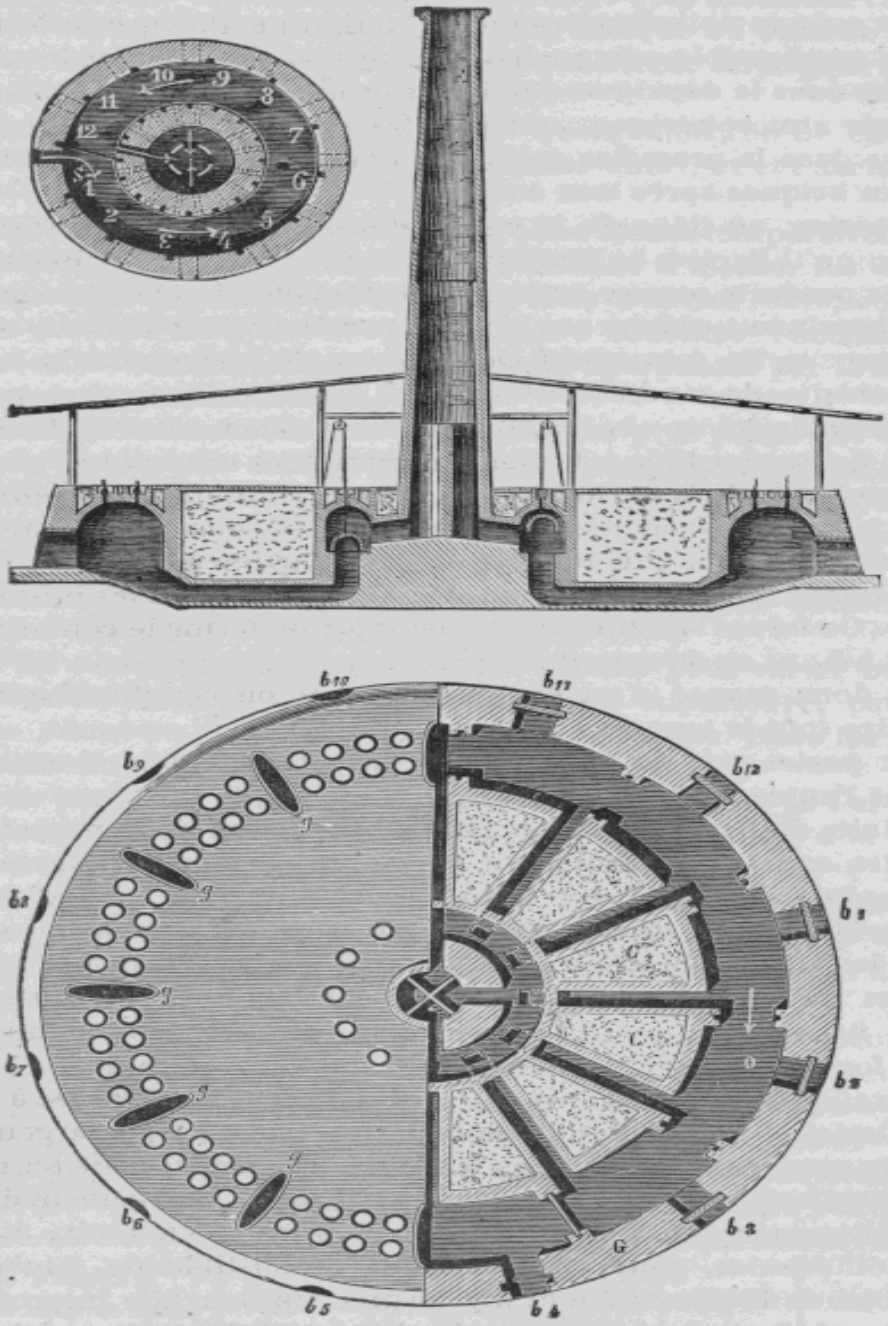


Fig. 4.

Supposons le registre placé en G, que la partie qui vient après, en allant de gauche à droite (b_4), soit ouverte, que le canal qui va à la cheminée située avant soit aussi ouvert, mais que toutes les autres portes et tous les autres canaux soient bouchés ; il est alors évident que, si par un moyen quelconque on détermine le

1. Actuellement on évite de couper ainsi la voûte et le registre est placé par les portes d'enfournement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tirage dans la cheminée, l'air entrera par la porte b_4, suivra tout le four circulaire et viendra à la cheminée par le canal qui est immédiatement avant le registre. Lorsque, dans ces circonstances, le four est plein de briques, de telle sorte que le courant d'air passe dans la première partie du canal sur des produits déjà cuits et en voie de refroidissement, qu'il alimente ensuite le feu, entretenu en jetant le combustible par en haut au milieu des briques incandescentes, et qu'il traverse dans la deuxième partie des briques non cuites, il est évident :

1° Que l'air atmosphérique, qui pénètre par la porte ouverte, s'échauffe de plus en plus dans la première partie de son trajet, tout en refroidissant *méthodiquement* les briques après leur cuisson ;

2° Qu'il arrive, au siége de la combustion, à la température presque de cette combustion, qu'il l'active et diminue la quantité de combustible nécessaire ;

3° Que les produits gazeux de la combustion et l'air chaud en excès, en se rendant à la cheminée, cèdent une grande partie de leur chaleur aux pièces non encore cuites, qu'ils échauffent *méthodiquement*, presque à la température de cuisson. Il résulte, de ces différentes causes, que la cuisson proprement dite a une durée très-limitée, et que la chaleur produite étant aussi utilisée que possible, la quantité de combustible à brûler est réduite au minimum.

Les briques, près de la porte ouverte, se sont refroidies suffisamment pour être retirées et remplacées par des briques crues. De sorte que, comme pendant ce temps on a effectué la cuisson dans le compartiment diamétralement opposé, on peut porter le grand registre au delà de b_4, derrière les briques qu'on vient de charger. On ferme b_4, on ouvre la porte b_5 ; on ferme le conduit de tirage correspondant à b_3, et on ouvre celui de b_5.

Le feu a donc avancé d'un compartiment et on comprend qu'on peut ainsi lui faire faire tout le tour de l'appareil.

Les deux portes près du registre sont ouvertes à la fois, l'une servant à l'enfournement l'autre au défournement.

Les conduits de tirage aboutissent tous dans une couronne annulaire, et ils peuvent être ouverts ou fermés au moyen de cloches qui fonctionnent comme des espèces de soupapes. L'entretien du feu se fait en laissant tomber le combustible, suffisamment divisé, par des ouvertures h h qui traversent la voûte du four dans les lits de briques déjà chauffés au rouge par le passage des gaz chauds ; ces ouvertures sont peu éloignées les unes des autres, comme le montre la figure, et on peut les fermer hermétiquement au moyen d'une cloche en fonte pénétrant dans une rainure pleine de sable.

Dans le canal du four, les briques sont disposées de manière à ménager trois petites galeries d'environ $0^m.35$ de hauteur sur $0^m.25$ de largeur ; les briques sont ensuite empilées comme dans les fours ordinaires, mais en ménageant une cheminée verticale sous chacune des ouvertures de chargement du combustible. Dans ces cheminées on dispose quelques briques en croix, à deux ou trois hauteurs différentes, pour empêcher le combustible de tomber immédiatement au fond de la cheminée et d'y former un bouchon interceptant l'arrivée de l'air. On obtient ainsi une grande régularité de cuisson, le combustible se trouvant à toutes les hauteurs de la masse à cuire et au milieu d'elle, et l'air arrivant également sur toute la section du canal du four.

Pour une marche régulière du travail dans un four qui a un seul compartiment en feu, on doit avancer d'un compartiment par chaque vingt-quatre heures. Les briques restent donc dans le four, huit jours pour les fours à huit compartiments, douze jours pour ceux à douze, etc. Cependant dans les grands fours on a deux compartiments diamétralement opposés en feu en même temps, de sorte que chaque jour on enfourne et on défourne deux compartiments.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'avancement du feu se fait graduellement par le contact des gaz chauds et on ne charge le combustible qu'au milieu des briques déjà rouges. Les charges se font par très-petites quantités, deux ou trois kilog. seulement à la fois, et à intervalles très-rapprochés. Sur le four est une horloge qui, toutes les cinq minutes, par un nombre convenable de coups de timbre, indique au cuiseur si ce sont les trous de la première, deuxième, troisième ou quatrième série qu'il doit charger. Le talent du chauffeur est donc presque nul.

Si une cheminée se bouche, ce qui arrive quelquefois, on ne charge plus, la chaleur développée dans les cheminées voisines suffit, et cet accident est sans importance.

La marche peut être accélérée ou retardée, voire même temporairement arrêtée sans inconvénients. Les fours Hoffmann permettent d'utiliser les combustibles menus et de qualité inférieure qui seraient, dans d'autres fours, complétement incapables de servir à la cuisson. Il n'y a pas à redouter l'accumulation des cendres dans les cheminées ; elles sont toujours éparpillées par le courant d'air dans le restant de la masse enfournée.

Les dimensions des fours sont très-variables. Les plus petits ont une capacité de 8 à 9 mètres cubes par compartiment ; les plus grands (ceux de M. Henri Drasche à Vienne) ont 80 mètres cubes par compartiment ; mais c'est un maximum qu'il est peut-être avantageux de ne pas atteindre. Il y a pourtant plus d'avantage à construire un grand four que plusieurs petits, car le cube de maçonnerie est moindre proportionnellement, et il faut le même nombre de chauffeurs pour un grand et pour un petit four.

La section du canal annulaire qui forme le four peut varier beaucoup. En général c'est un rectangle surmonté, à sa partie supérieure, par un demi-cercle dont le diamètre est égal à la base du rectangle. Dans les plus grands fours la hauteur sous clef ne dépasse pas trois mètres.

La cheminée peut être placée au centre du four, comme je l'ai supposé, ou en dehors, en la reliant alors, par une cheminée trainante, à la chambre où aboutissent les canaux de tirage.

La forme elliptique ou circulaire est sans influence sur la marche du four et la première a l'avantage d'occuper moins de place. Ces formes donnent une grande solidité aux maçonneries qui, sans ferrements proprement dits, résistent assez bien et se disloquent peu.

Le prix de revient d'un four est assez variable avec les localités, suivant le prix des matières premières et celui de la main-d'œuvre. Comme la cheminée forme environ le 1/5 de la maçonnerie, il y a avantage, quand on pense avoir l'emploi de deux fours, à construire une seule cheminée extérieure desservant les deux fours. On peut se baser pour l'évaluation des prix sur les données suivantes. Il faut approximativement pour construire un four, cheminée comprise :

NOMBRE DE BRIQUES CUITES PAR JOUR DANS LE FOUR.	6000	8000	10000	12000	16000	20000
Maçonnerie.....	400^{mc}	450	500	550	630	700
Sable.....	125^{mc}	150	170	185	210	230
Fer et fonte.....	3000 kil.	3350	3700	4000	4500	5000

Environ 25 pour 100 de la maçonnerie peut être faite en moellons.

A Paris, le prix du mètre cube de maçonnerie comme façon, briques et moellons ensemble, peut être compté de 10 à 12 francs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La quantité de combustible employé varie nécessairement avec la qualité de celui-ci et la résistance que les terres opposent à la cuisson. Elle est, en général, pour des terres ordinaires et des menus de houille de qualité moyenne, de 100 kilog. A la briqueterie des buttes Chaumont, où existe un four Hoffmann et Licht qui cuit 15,000 briques par jour, pour cuire des briques moule de Bourgogne, en marne verte facile à cuire et avec des houilles tout-venant de bonne qualité, on ne dépense pas plus de 100 kilog. par mille briques.

Ces fours représentent un grand progrès dans la cuisson des produits céramiques, car en réalisant toutes les précautions délicates nécessaires à une bonne cuisson, ils utilisent toute la chaleur développée par le combustible et ne laissent échapper les gaz produits qu'avec la chaleur nécessaire pour produire le tirage, à tel point que le grand registre qui limite le courant peut être fait en bois. La fumivorité est complète, car les gaz carburés formés, qui se décomposent en abandonnant du carbone, le déposent soit sur les briques déjà rouges du compartiment suivant où il brûle, soit sur des briques vertes où il brûlera plus tard.

On a essayé d'appliquer à la cuisson des briques le système Siémens, c'est-à-dire l'emploi de *régénérateurs* séparés de chaleur. Cette application, si elle est possible, ne sera jamais complète, car si les régénérateurs ordinaires permettent de récupérer une partie de la chaleur emportée par les produits de la combustion, ils se prêteront difficilement à recueillir celle contenue dans les briques en refroidissement et qui représente une notable fraction de la chaleur produite. Les fours Siémens ont une application toute naturelle pour les chauffages où l'on doit déterminer, dans un espace déterminé, une température constante longtemps maintenue, comme dans la verrerie et certaines opérations métallurgiques ; mais leur emploi difficile à installer ne donnerait que des résultats insignifiants dans un four ordinaire pour céramique.

Dans les fours annulaires d'Hoffmann et Licht, dans ceux de M. Hamel, etc., le régénérateur de la chaleur des produits de la combustion est formé par les briques à cuire, celui de la chaleur renfermée par les briques cuites, par ces briques elles-mêmes qui échauffent l'air destiné à la combustion et qui tamise entre elles. C'est dans cette voie seulement que la régénération est possible pour les produits céramiques et elle y donne de magnifiques résultats.

Briques creuses.

Depuis quelques années on emploie beaucoup les *briques creuses*, et leur importance dans la construction, les services qu'elles y rendent, leur durée sont aujourd'hui bien constatés.

Une brique creuse est une brique percée parallèlement à l'une de ses arêtes de trous cylindriques ou prismatiques qui vont d'une face à l'autre. Les briques presque exclusivement employées dans les constructions sont celles imaginées par M. Borie et qui sont percées longitudinalement, c'est-à-dire par des trous parallèles au plus grand côté de la brique. Ce sont celles qui ont déterminé la consommation considérable qui s'en fait.

Les avantages des briques creuses sont :

La *légèreté ;*

La *résistance ;* les briques creuses résistent au moins autant que les briques pleines, du moins quand elles sont faites avec des terres de bonne qualité, bien travaillées et bien cuites ;

L'*inconductibilité,* qui permet d'en faire des enveloppes creuses, des coussins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'air qui ne laissent pas passer la chaleur, soit de l'intérieur, soit de l'extérieur.

La fabrication des briques creuses comme celle des briques pleines comprend deux phases principales : la préparation de la terre et le moulage. Ce dernier ne peut, industriellement du moins, se faire que mécaniquement et il se fait toujours en forçant la terre à s'échapper par des ouvertures ou *filières* convenablement disposées, et telles que les ouvertures de la filière donnent les pleins de la brique et les parties pleines les trous. On comprend que puisque la brique est ainsi forcée de s'échapper sous forme d'un long tuyau, qu'on divise ensuite aux longueurs voulues, la terre qu'on devra employer sera forcément plastique, très-homogène. Les terres maigres ne peuvent donc servir ici qu'à dégraisser des terres trop grasses. La préparation, qui se fait comme pour les briques ordinaires, devra être faite avec beaucoup plus de soin, de façon à briser et à éliminer tous les corps durs, tous les cailloux, tous les noyaux de terre qui ne *fileraient* pas de la même façon que le restant de la masse et arracheraient le tuyau. Donc il faudra que les sables, les escarbilles destinées à amaigrir les terres trop grasses soient passés par un tamis fin et soient mélangées bien intimement dans la masse.

Les machines à fabriquer les briques creuses sont de plusieurs espèces. La machine type dont je donne la figure, planche 234, se compose d'un bâti en fonte porté sur des roulettes et formé principalement de deux flasques verticales reliées du bas par les axes des roulettes, et en haut par une table en fonte évidée au milieu par un trou rectangulaire et fixée par des boulons aux nervures horizontales qui terminent les flasques à leur partie supérieure. La table en fonte porte à ses deux extrémités des boîtes égales et symétriquement placées, en partie recouvertes, en partie ouvertes en dessus, et toutes deux sans fermeture dans le sens longitudinal.

Dans ces boîtes, on place deux diaphragmes percés en *filières* qui forment les fonds extérieurs manquants et qui donnent passage à la terre. Le dessus est fermé par des couvercles à charnière qu'on maintient en place par des leviers à mantonnets. Les deux autres fonds, ceux intérieurs, sont formés par deux pistons rectangulaires montés sur une tige commune portant une crémaillère à sa face inférieure, de façon que l'un des pistons entre dans une des boîtes, quand l'autre sort de la deuxième.

Les pistons sont mis en mouvement au moyen d'engrenages mus par une courroie passant sur des poulies montées sur un axe parallèle à l'appareil. L'une des poulies est fixée à l'arbre lui-même, la deuxième est folle, la troisième est montée sur un manchon creux qui entoure l'arbre. L'arbre et le manchon portent chacun un pignon conique qui engrène avec une roue d'angle montée sur un axe perpendiculaire au premier et qui fait saillie sur le bâti. Il porte en plus un deuxième pignon E, placé à l'autre bout et menant une roue B sur l'axe *d* de laquelle est monté un nouveau pignon F engrenant dans une deuxième roue A fixée à un manchon qui tourne fou sur l'axe supérieur J. Les pignons et les roues marchent dans un rapport final de 1 à 400 de l'axe *a* au manchon adapté à l'axe J.

Sur le manchon de la roue dentée A, est fixé un très-fort pignon qui fait marcher la crémaillère adaptée au piston rectangulaire destiné à refouler la terre dans les boîtes latérales. Celle-ci s'échappe sous forme de prisme creux à 2, 4, 6 etc. trous sur un tablier garni de rouleaux recouverts de toile, et on la coupe à la longueur voulue (5 à 6 briques à la fois) au moyen de fils de cuivre fixés à un châssis mobile tournant autour d'un axe parallèle à toute la machine. Les briques coupées sont prises à la main, mises sur des planches et emportées aux séchoirs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La planche renferme également diverses dispositions de filières qui les feront mieux comprendre que toutes les descriptions que j'en pourrais donner.

Le boudin de terre sort quelquefois en s'arrachant sur les angles. Cela tient au frottement contre les parois des orifices, à la maigreur ou à la fermeté de la pâte. On corrige ce défaut, quand il est faible, en passant sur les angles une éponge mouillée. La terre qui s'écoule par une filière subit extérieurement le frottement contre les parois, intérieurement le frottement terre sur terre; il faut les combiner.

M. Schlickeysen a fait, en 1856, diverses expériences sur l'écoulement des terres par les filières, desquelles il résulte que :

1° La terre refoulée verticalement, étant bien préparée et ductile, à travers un orifice en tôle rectangulaire et en minces parois, sort en boudin sans liaison qui s'ouvre sur les quatre angles jusqu'au milieu.

2° Si on augmente l'épaisseur des parois de manière à en faire un ajutage cylindrique, le boudin d'argile acquiert de la liaison, mais il se rompt perpendiculairement à son axe de pression à des intervalles assez rapprochés.

3° Si on augmente de plus en plus l'épaisseur des parois ou la longueur de l'ajutage, le ballon de terre se sépare alors seulement en deux suivant un plan passant par l'angle de pression. Cette séparation est due au ralentissement de vitesse des molécules extérieures par suite de leur frottement contre les parois de l'ajutage. Les deux morceaux se recourbent vers l'extérieur. Si par suite de l'épaisseur nécessaire à donner à la plaque de filière cet effet se produit, on peut donc diminuer l'influence du frottement en perçant les ouvertures coniques de dehors en dedans, ce qui diminue la surface frottante.

4° Si l'ajutage est conique de dedans en dehors, de telle sorte que la plus grande base soit du côté de la masse de terre comprimée, la cohésion du boudin augmente, mais toute la surface est couverte de stries et les arêtes sont dentelées et défectueuses.

Les machines de Schlickeysen, de Hertel, dont j'ai parlé pour le moulage des briques pleines et qui refoulent la terre au moyen d'une hélice, conviennent parfaitement à la fabrication des briques creuses en employant une filière convenablement percée.

La machine que j'ai décrite, et qui est connue dans l'industrie sous le nom de machine Borie ou de machine Clayton peut fabriquer, en un jour de travail, servie par un homme et trois aides, dont un amène la terre et les deux autres coupent les briques et les emportent, environ 4,500 briques. Mais cette production peut être beaucoup dépassée en augmentant le nombre de briques qui sortent parallèlement sur le tablier de la machine et en intéressant l'ouvrier à la production, et j'ai vu produire jusqu'à 8,000 briques par jour.

Le prix de fabrication est le suivant à Paris :

Un mouleur.....	3f »
Deux manœuvres, à 3 fr. 50.....	7 »
Quatre porteurs, à 3 fr. 50.....	14 »
Pour 5,000 briques creuses.....	26 »

soit pour 1,000, 5 fr. 20.

On peut admettre qu'à Paris le soignage, qui consiste à retourner les briques sur les planchettes et à les empiler, coûte 80 centimes par mille, ce qui donne un prix de main-d'œuvre moyen de 6 fr. par 1,000 briques.

Beaucoup de pièces différentes des briques peuvent, avantageusement, être filées plutôt que moulées. La main-d'œuvre est moins coûteuse, le travail plus sûr et en même temps les vides qu'on peut ménager dans l'intérieur aident à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une dessiccation égale et sûre. Certaines pièces de grandes dimensions qu'on peut obtenir par le filage seraient impossibles à mouler. Mais il faut bien remarquer ceci : que sous l'action de la filière la terre qui s'écoule prend une disposition moléculaire spéciale; elle devient comme fibreuse et présente une résistance différente suivant qu'on la fait travailler parallèlement à l'axe de pression ou perpendiculairement. L'effet est de même ordre que pour le bois *de fil* ou *de bout*.

Les briques creuses se cuisent dans les même fours que les briques ordinaires et s'enfournent de même.

Briques poreuses.

Les briques poreuses ont été employées avant les briques creuses comme matériaux légers, et depuis on les a souvent proposées pour les remplacer. Leur porosité résultant de vides laissés dans la massé en grand nombre, il en résulte qu'en même temps elles manquent en général de résistance, mais elles sont plus faciles à tailler. On les obtient toujours en mélangeant dans la masse un corps combustible qui disparaît à la cuisson. On a successivement essayé le poussier de charbon, celui de houille, la sciure de bois, la paille hachée, etc. Ce qui semble le mieux convenir est le poussier de tourbe. La terre doit être parfaitement mélangée et bien homogène. Le moulage se fait comme pour les briques pleines. La cuisson de même, mais avec une très-petite quantité de combustible, puisque la brique en apporte déjà avec elle.

Poteries de bâtiments.

Dans la construction des bâtiments outre les produits précédents on emploie des matériaux de terre cuite de plusieurs natures, et en particulier ceux connus sous le nom de *poteries*.

Ils sont de deux natures : les *pots* et les *poteries proprement dites*, qui comprennent les *boisseaux* et les *wagons*.

Les pots aujourd'hui peu employés servaient à hourder les planchers en fer. Ce sont des cylindres d'environ 12 centimètres de diamètre, 20 de hauteur, et fermés aux deux bouts. Ils sont aujourd'hui remplacés par des entrevoux de plusieurs natures[1] et par les briques creuses. On les fabrique au tour de potier ordinaire.

Les *boisseaux*, imaginés par M. Gourlier, et souvent encore désignés sous le nom de *poteries Gourlier*, sont les conduits de terre cuite pour les cheminées, appliqués contre les murs d'un édifice. Les *wagons* sont les conduits de fumée pris dans la maçonnerie du mur. Ils sont droits ou dévoyés. Leur emploi est aujourd'hui considérable dans les constructions. Ils se font les unes et les autres à la filière au moyen de machines qui ne sont que des machines à briques creuses placées verticalement, car afin d'éviter la déformation de ces tuyaux de grandes dimensions, on les reçoit chacune sur une planchette où ils sont placés debout. Chaque planchette est percée au centre d'une ouverture pour permettre la circulation de l'air et la dessiccation aussi rapide à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Les emboîtements à feuillure que les boisseaux présentent à leurs bouts sont

1. En particulier, ceux imaginés par M. E. Muller, ingénieur, 6, rue Impériale, à Ivry, qui rendent les plus grands services.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taillés avec un couteau de forme appropriée et à la main quand la pièce est sur la planchette.

Quand l'importance de la production est considérable, il y a avantage à commander le piston presseur qui force la terre à s'échapper par la filière, par un piston à vapeur placé sur la même tige et placé verticalement au-dessus.

Je regrette que le manque d'espace ne me permette pas de décrire ces ingénieuses machines. Je signalerai parmi les meilleurs constructeurs de machines à boisseaux et wagons :

M. Artige, rue du Théâtre, à Paris-Grenelle; M. Schlosser, 13 et 15, rue Sedaine, à Paris.

Tuyaux de drainage.

La fabrication des tuyaux de drainage dont la consommation est si considérable, se fait comme celle des briques creuses par filage. Toutes les machines à briques creuses peuvent servir à la fabrication des tuyaux de drainage. Cependant il est des cas où des briquetiers des campagnes qui trouveraient un débouché avantageux pour les tuyaux n'en sont empêchés que par le prix d'acquisition d'une machine. Je décris la machine de M. Laffineur-Ravier, fabricant de poteries à Savignies (Oise), et qui est connue sous le nom de machine Laffineur-Roussel, fig. 5, page suivante. Il ne faut qu'une aptitude ordinaire pour la faire fonctionner; on peut la construire pour 150 fr. environ. Le coupe-tuyaux est d'un mécanisme très-remarquable et surtout très-commode. Comme il disparaît complétement après avoir opéré la coupure, l'enlèvement des tuyaux pour les porter au séchoir se fait avec toute la facilité possible. Un ouvrier seul peut mouler ou étirer dans une journée de dix heures de travail 2,000 à 2,500 tuyaux de 3 à 8 centimètres de diamètre intérieur; le même, avec un aide, de 4,500 à 5,000. Deux ouvriers et un aide en confectionnent 7,500 à 8,000.

La légende explicative suivante donnera une idée à peu près exacte des parties composant la machine et de la manière dont elle fonctionne.

A B C D E F, fort bâti en bois de chêne supportant une caisse en bois de même nature, et divisée en trois compartiments.

I H J K, partie du milieu dans laquelle est enfermé le mécanisme de la machine.

G I H H′, J M K L, compartiments de la caisse remplis d'argile plastique dans lesquels se meuvent alternativement deux pistons carrés en bois destinés à presser cette terre contre les filières qui modèlent les tuyaux.

M N, couvercle d'un de ces compartiments muni de deux griffes au moyen desquelles la fermeture se fait instantanément.

O P, tablier à rouleaux recouverts de six en six par une toile sans fin, servant à recevoir les tuyaux à mesure qu'ils passent à travers la filière.

aa′ bb′ cc′, coupe-tuyaux. Cet instrument est composé de deux tringles parallèles en fer méplat auxquelles sont fixées verticalement des tiges en fer rond supportant à leurs extrémités les fils de laiton indiqués au dessin par les lettres *aa′*, *bb′*, etc.

ef, main d'échappement qui correspond à la bascule du *coupe-tuyaux*.

e′, point d'arrêt de cette main.

gh, manivelle au moyen de laquelle la machine est mise en mouvement par le moteur.

Le mécanisme de la machine se compose de trois axes parallèles portant des roues à engrenages retardateurs.

Le pignon du troisième axe fait mouvoir, dans le sens de la longueur de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machine, une crémaillère en fer aux extrémités de laquelle sont fixés les pistons dont il a été parlé ci-dessus.

Les pistons agissant alternativement, lorsque le moulage s'opère d'un bout, le vide se fait dans le compartiment opposé. On peut donc travailler sans interruption. Il suffit seulement de tourner la manivelle dans un sens ou dans un autre.

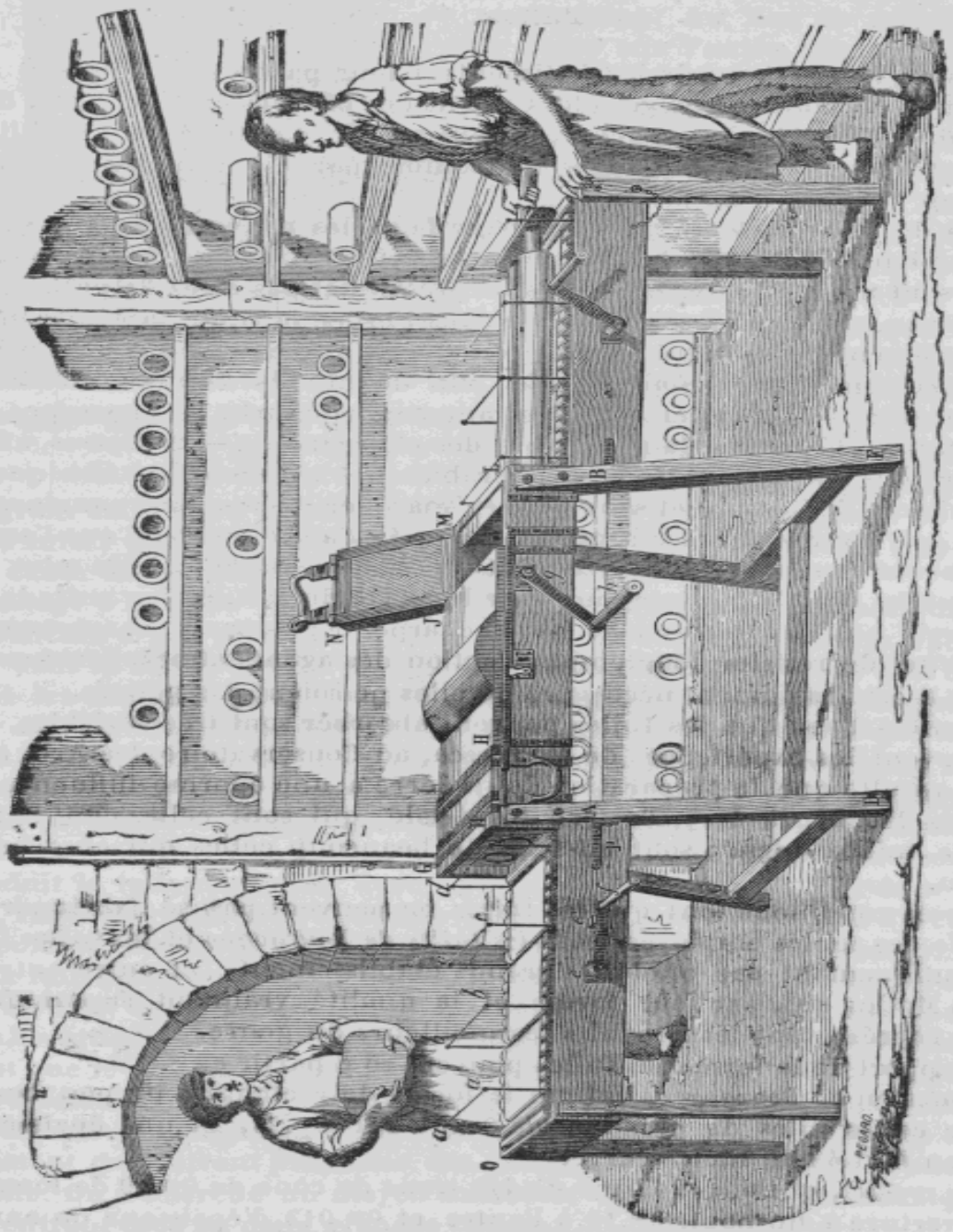


Fig. 5.

Je signale également la machine de M. A. Salomon, directeur de la ferme-école de Saint-Michel, par Fours (Nièvre), machine construite par MM. Wehyer et Loreau, les habiles constructeurs dont j'ai déjà parlé, 15, avenue Parmentier, à Paris. Cette machine dont je ne puis, à mon grand regret, donner la description complète, au moyen de deux filières qui agissent soit l'une soit l'autre, et dont on règle l'action à volonté, donne les tuyaux à emboîtement immédiate-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment, sans qu'il soit nécessaire de les coller, et par suite très-solidement fixés. Suivant le temps plus ou moins long qu'on laisse la terre s'écouler par la grande filière on a un emboîtement plus ou moins long. Cette machine donne les meilleurs résultats et dans des conditions d'économie qui ne laissent rien à désirer.

Tuiles.

Les tuiles servent à couvrir les bâtiments à leur partie supérieure et à les protéger contre la pluie, la neige, etc. Ce sont des plaques en terre cuite d'une forme variable, d'une épaisseur généralement comprise entre 10 et 15 millimètres, et accrochées sur les charpentes du comble par l'intermédiaire de *lattes* généralement en bois.

Beaucoup de corps ont été proposés pour faire les couvertures des édifices l'ardoise, le plomb, le cuivre, le zinc, le carton bitumé, le bois, le chaume, etc. — Les uns sont trop coûteux, les autres ne présentent pas assez de garanties de durée pour que leur emploi se généralise; aussi est-ce la tuile, la couverture la plus anciennement connue qui est encore aujourd'hui le moyen le plus usité.

Les *tuiles* doivent être : 1° *imperméables* afin de ne pas s'imbiber d'eau qui vient surcharger la toiture et qui, gouttant par capillarité à la surface inférieure des tuiles, détermine la pourriture des charpentes; — 2° *légères*, afin de ne pas exiger des charpentes trop considérables; — 3° *résistantes*, afin que les ouvriers puissent facilement et sans danger marcher dessus, tant pour poser la couverture que pour y faire les réparations; — 4° *d'une forme telle* que l'eau n'y puisse séjourner et s'écoule en parcourant à la surface de la tuile le plus petit chemin possible, afin de pouvoir diminuer la pente du toit, et par suite la surface à couvrir et le cube des bois de la charpente; — 5° *d'une substance* qui leur permette de résister longtemps à l'action des agents atmosphériques, par conséquent il est absolument nécessaire qu'elles ne soient pas gélives.

Les quantités d'eau que les tuiles peuvent absorber sont très-variables, ainsi que le prouvent les expériences de M. Tresca, au Conservatoire des Arts et Métiers; il en résulte que la préparation de la terre a une énorme influence. Les tuiles de M. Muller, à Ivry, 6, rue Impériale, qui sont celles dont la fabrication est la mieux soignée sont aussi et de beaucoup celles qui absorbent le moins d'eau.

Ces diverses conditions font que les tuiles ne peuvent pas se fabriquer partout. A Paris, les seules employées sont *les tuiles de Bourgogne* et les tuiles fabriquées mécaniquement par quelques grands établissements, et entre autres les tuiles dites Muller qui, par leur forme et la qualité vraiment supérieure de leur terre, représentent les produits les meilleurs du genre.

Sous le rapport de la forme les tuiles peuvent se répartir en :

Tuiles plates ou *de Bourgogne*, qui ont la forme de rectangles un peu bombés, ayant pour celles dites de *grand-moule* 0m.31 sur 0m.23, et une épaisseur de 0m.015. Il en faut 43 au mètre carré.

Les *tuiles creuses*, qui ont la forme de 1/2 tronc de cône de 0m.40 de longueur, 0m.45 d'ouverture à un bout, 0m.10 à l'autre et 0m.013 d'épaisseur ou environ.

Les *tuiles flamandes* ou *pannes*, qui sont disposées de manière à se recouvrir latéralement au lieu de se placer les unes à côté des autres comme les tuiles ordinaires. Elles ont environ 0m.35 de longueur, 0m.25 de largeur et 0m.116 d'épaisseur. Il en faut de 15 à 16 par mètre.

Les *tuiles courbes de Flandre*, qui sont pliées en forme d'S, qui ont 0m.40 environ de longueur, 0m.33 de largeur et 0m.015 d'épaisseur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les *tuiles à emboîtement*, fig. 6, dites quelquefois tuiles mécaniques, imaginées par M. Gilardoni, et qui forment la couverture la plus parfaite. Elles ont 0m.33 de pureau, 0m.20 de largeur utile, 0m.012 à 0m.015 d'épaisseur. Il en faut quinze au mètre carré et pour cette surface la couverture ne pèse pas plus de 40 à 45 kilog. Au lieu de recouvrir de 2/3 l'une sur l'autre, comme sur les tuiles ordinaires, elles ne recouvrent que de quelques centimètres, et, par des emboîtements latéraux, elles empêchent complétement l'eau de traverser les joints. Souvent (tuiles Gilardoni, tuiles Muller) on améliore beaucoup le joint en ajoutant à l'emboîtement un recouvrement qui empêche toute espèce d'infiltration.

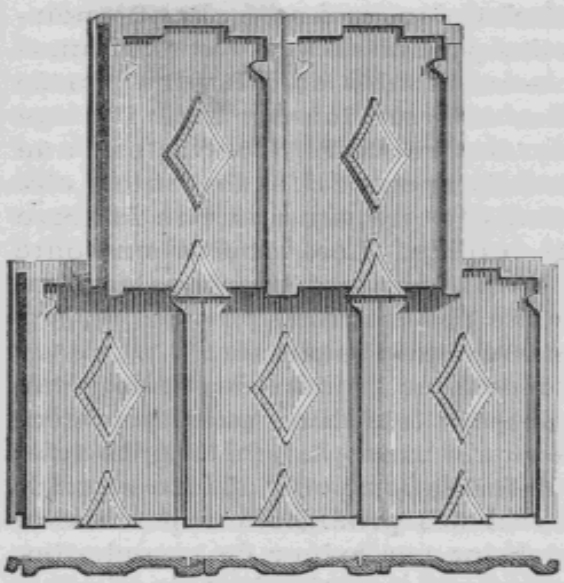


Fig. 6.

Les tuiles sont fabriquées soit à la main, soit à la machine. Tout ce que j'ai dit de la préparation des terres à briques s'applique aux terres à tuiles, mais il est important ici de prendre des soins bien autrement grands, puisque le moindre grain de chaux, la moindre fissure seront autant de causes de destruction de la tuile, puisque les éléments mal mêlés ou en fragments trop gros seront une cause de porosité ou de manque de solidité.

Moulage à la main. — La terre préparée est fournie au mouleur qui la découpe en tranches à peu près égales, minces, et dont chacune fournira une tuile. Il la jette dans le moule qui est un simple châssis rectangulaire en bois ou en métal ayant les dimensions, plus la retraite de la tuile à produire. Il passe la *plane* pour enlever l'excédant de terre et lève son moule, de sorte que la galette de terre reste sur la table qu'il a eu le soin de sabler pour empêcher l'adhérence.

Cette tuile est enlevée par un ouvrier ou porteur et portée au *ployeur* qui lui donne la légère courbure qu'elle doit avoir. Pour cela on l'introduit dans un moule généralement en métal qui est garni d'un fond ayant cette courbure. Il y introduit la tuile, la presse avec les mains, refoule le crochet dans un trou du fond, rebouche avec de la terre nouvelle le vide laissé à la place du crochet, puis démoule et repasse la tuile à un porteur qui l'emporte au séchoir. Au bout de sept à huit jours la terre est rebattue sur un calibre avec une batte en bois ; les bavures sont coupées et les arêtes dressées. On remet au séchoir. En dix à quinze jours les tuiles sont complétement sèches ; mais, pour n'être pas pris au dépourvu, il faut que le séchoir présente au moins une capacité de quinze jours de travail.

La fabrication à la main ne produit pas assez et ne donne pas assez de perfection dans le moulage ; mais il serait impossible de mouler ainsi les tuiles à emboîtement qui doivent présenter des arêtes vives et saillantes et une régularité parfaite. On a cherché un moyen meilleur, et les procédés mécaniques imaginés rentrent tous en deux grandes classes :

Le moulage en terre molle ;

Le moulage en terre dure.

Dans le premier, la terre, parfaitement travaillée et homogène, a la consistance de la terre à briques un peu ferme, est comprimée dans un moule, renversée sur une planchette qui, tout en permettant l'accès de l'air sur toutes les faces, doit soutenir la tuile dans toutes ses parties et empêcher la déformation pendant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tout son retrait, qu'elle ne doit pas gêner, et jusqu'à dessiccation complète, puis elle est portée au séchoir, soit après avoir été ébarbée des bavures, soit telle quelle.

Les moules sont en plâtre humide ou en métal qu'on graisse à chaque nouvelle tuile. Ce procédé a l'avantage de donner des produits extrêmement homogènes puisque la terre a pu être travaillée avec soin, moulés avec la plus grande netteté, très-solides. Il facilite les mélanges des diverses terres; mais il exige un matériel de planchettes très-considérable, des séchoirs très-vastes, une grande surveillance dans la conduite de la dessiccation pour éviter les fentes, etc. Les moules en plâtre sont les meilleurs, car il n'y a que sur eux que la terre n'adhère pas et ils permettent un démoulage rapide. Les moules en fonte graissée sont au moins aussi coûteux que ceux en plâtre; le démoulage est lent et la manœuvre de graissage empêche une grande production.

C'est le procédé qui convient le mieux aux grands établissements.

Dans le moulage en terre dure la terre préparée avec grand soin, mais généralement sans trempage, est amenée à l'état de pâte très-dure, puis fortement comprimée dans des moules en métal. On démoule sans planchettes, la tuile peut tout de suite être maniée sans crainte de déformation; on l'ébarbe et on la porte aux séchoirs. Ce procédé donne il est vrai des produits un peu moins beaux que les précédents, mais il a l'avantage de ne pas exiger de planchettes, de ne demander que des séchoirs restreints, puisque la quantité d'eau à éliminer est peu considérable, de donner des produits fortement comprimés et par conséquent résistants et peu poreux, de ne pas demander de surveillants aussi exercés pour conduire la dessiccation. C'est celui qui convient le mieux aux tuileries de moyenne importance.

Moulage en terre molle. — Les presses à tuiles en terre molle sont très-variées. La plus usitée et en même temps la plus ancienne est la presse à vis. Elle se compose de deux jumelles rabotées en fonte, portées sur un pied commun et sur lesquelles peut glisser un chariot raboté à sa partie inférieure, et qui porte dessus un moule en plâtre, rattaché au chariot par un axe formant charnière. Le mouleur met sur le moule une plaque de terre qui couvre tout le moule ou à peu près et qui a une épaisseur suffisante pour fournir la tuile avec le moins de bavures possible, puis il pousse le chariot jusque sous une arcade verticale en fonte qui supporte l'écrou d'une grosse vis à plusieurs filets. La vis est terminée à sa partie inférieure par un contre-moule en plâtre qui est guidé dans sa marche par des oreilles en fonte qui embrassent les deux jambes rabotées de l'arcade; à la partie supérieure est un grand levier à deux branches terminées par des contre-poids, au moyen duquel l'ouvrier peut imprimer un mouvement de rotation à la vis dans un sens ou dans l'autre, et, par suite, faire monter ou descendre le contre-moule. Il faut donner deux ou trois coups de balancier pour bien faire aller la terre dans tous les creux du moule.

Le prix de revient du moulage à cette machine, sur laquelle je ne m'étendrai pas davantage, est le suivant, qui se rapporte à la tuile à emboîtement ordinaire, qui se paye, suivant les localités, aux deux ouvriers nécessaires à servir la machine, de 5 à 7 fr. par mille. Une presse peut mouler de 15 à 1800 tuiles par jour à trois coups de balancier.

Par journée de 11 *heures.*

Moulage de 1600 tuiles à 7 fr.	11 f 20
Nettoyage, 2 gamins.	3 00
Pour mettre les plaques, 1 gamin.	1 50
Pour porter les tuiles moulées au séchoir, 4 gamins.	6 00
	21 70

Soit pour 1000 tuiles, 13 fr. 56 c.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La vraie machine à tuiles en terre molle est la machine de MM. Schmerber frères, constructeurs à Talgosheim près Mulhouse (Haut-Rhin). J'en donne le dessin planche 232.

Voici le fonctionnement de cette machine. L'arbre A, qui est commandé par la poulie et qui porte deux volants B, communique le mouvement par un pignon et une roue à l'arbre C; celui-ci est muni d'une came D garnie d'acier, agissant sur le galet en acier fondu E, qui se trouve placé dans le porte-moule F. La descente de ce dernier est ralentie de plus en plus vers le bout de la came afin de donner à la terre excédante le temps de s'échapper d'entre les moules supérieurs et inférieurs G et H. Le moule inférieur H est fixé sur un porte-moule inférieur à cinq faces, fixé sur l'arbre I. Pendant le temps du moulage de la tuile, ce porte-moule est immobile, fixé qu'il est par le verrou K arrêtant le plateau d'enclanchement L. C'est pendant ce temps que l'ouvrier pose la planchette sur la tuile précédemment moulée qui se trouve devant lui, et qu'un deuxième ouvrier, qui se trouve de l'autre côté, dépose sur le moule une galette de terre pour une nouvelle tuile. Dès que la pression est finie, le porte-moule supérieur F est relevé au moyen de l'excentrique M, agissant sur le galet *a* qui est au bout du levier N. Ce levier est calé sur l'arbre O qui porte le levier P dont le bout actionne le porte-moule pendant le relevage. Quand ce mouvement est près d'être achevé, une petite came *b* vient déclancher le verrou K. La courroie qui réunit les deux poulies à gorge Q et R, est à ce moment tendue au moyen d'une partie renflée *c* située sur la poulie Q, et provoque le mouvement de rotation de l'arbre I. Mais la petite came *b* a de nouveau lâché le verrou K qui retombe dans une nouvelle encoche du plateau d'enclanchement, et le porte-moule inférieur se trouve de nouveau fixé après avoir décrit un cinquième de tour. L'ouvrier enlève alors la tuile précédente qu'il a suivie pendant le mouvement, en maintenant appliquée contre elle la planchette.

Un frein puissant, à portée de l'ouvrier, embrassant une jante de l'un des volants, permet un arrêt instantané de la machine. Des plaques de sûreté sur lesquelles pose l'arbre I au moyen des vis de réglage *d*, garantissent les bâtis contre l'éventualité d'une pression accidentelle trop forte. Les moules sont constitués de manière à ce que la tuile ne reste pas accrochée au moule supérieur. La force prise par la machine est d'un cheval et demi.

Les moules sont en plâtre maintenu dans un encadrement en fonte boulonné sur le tambour à cinq faces. Ils doivent être changés deux fois par jour.

Les tuiles sont ébarbées de suite par des gamins et conduites aux séchoirs, ou menées immédiatement aux séchoirs où elles sont plus tard nettoyées à l'état demi-sèches par des femmes ou des gamins.

Ces machines sont généralement desservies par des chaînes sans fin qui amènent la terre et enlèvent les tuiles. Elles peuvent mouler de 4,500 à 5,000 tuiles par journée de onze heures. Le prix de revient de la main-d'œuvre est environ celui-ci :

Pour 4500 tuiles par jour de 11 heures.

4 hommes à 3 fr. 50.	14 f 00
6 gamins pour nettoyage à 1 fr. 50.	9 00
8 gamins pour enlever les tuiles et apporter les planchettes, à 1 fr. 50.	12 00
	35 00

Soit pour 1000 tuiles, 7 fr. 77 c.

Le prix de la machine à tuiles avec un jeu de moules est de 5,500 fr.
Les moules de rechange ajustés sur la machine valent 90 fr. les 400 kilog.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La paire de matrices en fonte pour le contre-moulage des moules en plâtre vaut 140 fr.

Dans le moulage des tuiles en terre molle il faut bien noter que la tuile doit présenter, au milieu de sa surface plane, une nervure ou une saillie (généralement en losange) qui la soutienne sur la planchette ; ensuite, que les tuiles doivent toujours être renversées sur leur face extérieure afin que les crochets ne gênent pas quand on tire les briques au séchoir.

Moulage en terre dure. — Les machines à mouler en terre dure sont également très-nombreuses. Les meilleures, les seules dont je parlerai d'ailleurs sont, à mon avis, celles de MM. Boulet frères, constructeurs mécaniciens, 74, rue d'Allemagne, à Paris, et dont j'ai déjà signalé les cylindres préparateurs.

La terre préparée est versée dans les trémies d'une machine à étirer (fig. 1, pl. 231), qui n'est autre chose qu'une machine à briques creuses sans couvercles des boîtes, et où la conduite des pistons est faite par un excentrique. La terre sort sous forme de galettes très-dures qui peuvent se manier sans crainte, et qu'on peut couper sur le tablier à la longueur nécessaire pour former les tuiles. Cette machine pèse 1,200 kilog. et coûte 2,000 fr. La poulie fait cent tours ; il faut quatre enfants de seize à dix-huit ans pour la servir. Elle peut produire par jour 6,000 galettes dont chacune fournit une tuile.

Les galettes sont portées près de la presse (fig. 4, pl. 231). Elle se compose d'un banc en fonte sur lequel sont placés des rails sur lesquels on peut faire glisser des chariots en fonte, portant chacun leur moule et le contre-moule, et les amener au milieu sous un plateau qu'un excentrique fait descendre et qu'un contre-poids relève. On ramène le moule après la pression, on retire la tuile qui est assez ferme pour pouvoir être maniée à la main sans crainte aucune de déformation, on l'ébarbe de suite et on l'emporte au séchoir.

Une machine à deux moules peut, dans une journée de dix heures, fournir de 4,000 à 4,500 tuiles, système Boulet. Le prix de revient est :

Pour 4000 tuiles par jour de 10 heures.

Façon des galettes,	4 gamins à 2 fr. 50.	10 f	00
Moulage des tuiles,	2 hommes à 3 fr. 50.	7	00
	2 gamins à 2 fr.	4	00
		21	00

Soit 1000 tuiles, 5 fr. 25 c.

Cette presse pèse environ 1,200 kilog. et coûte 1,700 fr.

MM. Boulet frères construisent pour les petites usines des machines (fig. 5, pl. 231) qui portent à la fois la machine à étirer et la presse. Elles pèsent 1,600 kilog. environ et coûtent 2,200 fr. Elles peuvent mouler de 2,000 à 2,500 tuiles.

Les machines Boulet exigent peu d'entretien et peuvent facilement être manœuvrées par des ouvriers peu exercés. Les excellents résultats qu'elles donnent en même temps en ont répandu partout l'emploi.

Cuisson des tuiles. — Tous les fours voûtés à cuire les briques conviennent pour cuire les tuiles, mais les soins à apporter sont bien plus grands ; en effet, les tuiles mal cuites sont poreuses et gélives ; les tuiles trop cuites n'ont plus les mêmes dimensions que les autres, elles sont gauches et quelquefois cassantes. Il faut donc en général, dans l'enfournement des tuiles, ne pas les mettre directement au-dessus du foyer, et les en séparer par quelques rangs de briques.

C'est surtout dans l'enfournement des tuiles à emboîtement qu'il faut prendre les plus grandes précautions. Il faut compter que par suite des briques du bas,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de celles qu'on est obligé de mettre entre les rangs de tuiles, des vides, etc., on ne peut pas mettre plus de 150 tuiles, format Gilardoni ou Muller, par mètre carré de four. Les fours les meilleurs ne doivent pas avoir plus de 25 à 30 mètres cubes de capacité; ceux à grande grille sont les plus commodes. On brûle, suivant la qualité de la terre et de la houille, pour ces grandes tuiles, de 1000 à 1200 kilogrammes de houille par 1000 tuiles.

Les fours accolés de MM. Gilardoni et Muller ont permis, en utilisant la chaleur d'un four en grand feu à faire le petit feu du four suivant et à sécher le troisième, de réaliser une économie très-sensible sur cette quantité de combustible.

Les fours de M. Martin, de Marseille, ont encore amélioré ce résultat; mais les seuls qui permettront, par un chauffage méthodique, d'utiliser toute la chaleur contenue dans le combustible, sont ceux de M. Hoffmann et Licht, que j'ai décrits, ceux de M. Hamel ou ceux basés sur les mêmes principes. Un certain nombre de tuiliers hésitent à adopter ces fours; ils craignent des accidents dans la cuisson, ils redoutent la place perdue par suite des cheminées qu'on doit ménager pour jeter le combustible, et qu'il faut forcément faire en briques à cause de la dégradation inévitable due au contact du charbon enflammé. On voit de suite que la première objection est sans valeur, car ces fours représentent la plus grande régularité dans les variations de température des produits qu'ils contiennent, et l'on n'a pas à redouter ici les refroidissements trop brusques comme dans les fours ordinaires. La deuxième raison, qui est la plus considérable, perd néanmoins de son importance si on réfléchit au cube souvent énorme qu'on est obligé d'employer en briques dans les fours ordinaires pour empêcher l'action trop directe du feu sur les tuiles.

L'arête supérieure du toit, suivant laquelle se rencontrent les deux pans de la couverture, est couverte par des tuiles de formes spéciales appelées *faîtières*, et qui ont généralement la forme d'un demi-cylindre. Elles peuvent être placées à la suite les unes des autres, avec ou sans recouvrement. Il en est de même des *arêtiers* ou petites faitières qui couvrent les intersections des pans de couverture des bâtiments dont le comble est disposé avec croupes.

Les faîtières et les arêtiers sont généralement moulés à la main dans des moules en plâtre où on applique une *croûte* ou feuille de terre de l'épaisseur de la pièce à mouler, et qu'on fait pénétrer dans tous les détails du moule en pressant à la main ou avec une éponge. La croûte est coupée sur une masse qui doit être bien homogène si on veut que la pièce vienne sans défaut. On démoule sur une planchette. La dessiccation doit être faite très-lentement; et il faut que la terre soit assez fortement dégraissée si on ne veut pas voir la faîtière gauchir ou se fendre à la dessiccation ou au four. Les courants d'air dans le séchoir doivent être évités avec grand soin.

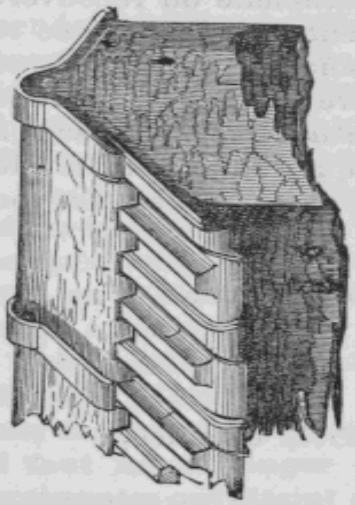


Fig. 7.

Quelquefois, on moule les faitières à la machine, avec des moules convenablement disposés et la même terre que pour les tuiles.

Une application des tuiles, qui a pris dans ces dernières années une très-grande importance, est l'établissement des chaperons de murs de clôture. Les murs sont ainsi parfaitement protégés contre la dégradation due aux agents atmosphérique, et en même temps cette sorte de couverture saillante sur les deux faces du mur produit le meilleur effet. Je donne ci-contre (fig. 7) la figure d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaperon de mur en tuiles avec faîtières spéciales, système de M. Muller, 6, rue Impériale, à Ivry.

Ce qui se rapporte à la plastique et aux émaux a été développé dans les chapitres si remarquables que MM. Jaunez ont consacrés à l'étude des produits céramiques, et je n'ai pas à y revenir.

Je vais dire quelques mots de la fabrication des produits réfractaires, fabrication si importante au point de vue de tant d'industries.

Produits réfractaires.

Beaucoup d'industries exigent, soit pour la préparation physique des corps qu'elles travaillent, soit pour produire certaines réactions, l'emploi de températures élevées, qu'on développe dans des fours ou appareils convenablement disposés. On appelle *matériaux réfractaires* ceux qui, à ces températures élevées, résistent à l'action des corps avec lesquels on les met en contact, et qui se prêtent par conséquent à la construction de ces fours ou appareils de chauffage. Les *produits réfractaires* sont les matériaux réfractaires artificiels; ce sont les plus employés.

La qualité réfractaire, et c'est une chose dont il faut bien se pénétrer, est donc bien loin d'être absolue; elle est relative à l'opération qu'on veut faire. Tel corps, tel mélange, qui est réfractaire pour une opération déterminée, peut cesser de l'être dans une autre.

La base de la fabrication des produits réfractaires est l'*argile plastique*, c'est-à-dire le silicate d'alumine hydraté, ne renfermant aucun corps étranger, si ce n'est de la silice ou de l'alumine en excès. La position géologique de cette argile est d'avoir été déposée au-dessous des terrains tertiaires de toutes les époques et au-dessus des terrains crétacés. On trouve cependant dans les terrains houillers, au milieu des schistes argileux, des lits d'argiles qui ont les caractères des argiles plastiques, mais qui ne sont en général ni aussi délayables, ni aussi malléables que les argiles supérieures aux terrains crétacés. Elles se présentent ordinairement en amas à peu près lenticulaires et ellipsoïdes allongées, presque jamais en stratification régulière, étendue, interposée entre les strates d'autres roches, mais généralement aussi presque superficielle ou recouverte de terrains sédimentaires. Leur exploitation peut rarement être suivie avec régularité en raison de leur disposition en nodules ellipsoïdes, comme disposés dans des bassins et qui retiennent les eaux et gênent encore par là l'exploitation.

Les argiles les plus réfractaires, sous l'action de la *chaleur seule*, ne sont ni celles qui renferment le plus de silice libre, ni celles qui renferment le plus d'alumine. D'après Brongniart, les argiles plastiques les plus ramollissables sont celles dont la composition est comprise entre

$Al^2\,0^3$, 2 $Si\,0^3$ soit 29,5 d'alumine pour 70,5 de silice.
et $Al^2\,0^3$, 3 $Si\,0^3$ soit 22,0 alumine pour 78,5 silice.

L'argile type, le silicate pur

2 $Al^2\,0^3$, 3 $Si\,0^3$, soit 42,58 d'alumine pour 57,42 de silice,

serait le plus résistant.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voici les compositions de 3 argiles réfractaires célèbres :

	DE STOURBRIDGE.	D'ANDENNES.	DE DREUX.
Eau	10.30	18	12
Silice	63.20	51	50.60
Alumine	23.30	27	35.28
Chaux	0.73	2	»
Protoxyde de fer (FeO)	1.80	»	»
Sesquioxyde de fer (Fe^2O^3)	»	2	0.40

Les argiles réfractaires fraîches sont onctueuses et polissables à l'ongle. Sèches, elles sont tenaces et happent à la langue. Leur couleur est variable, blanc, rose, gris ou noir ; mais elle doit être uniforme, sans marbrures. La cassure doit être d'un grain très-régulier et d'une couleur uniforme. Les blanches peuvent renfermer un peu de chaux ; il faut bien vérifier si elles ne font pas effervescence aux acides, ce qui indiquerait du carbonate de chaux.

Les modes d'essai qu'on a proposés pour les argiles réfractaires sont très-nombreux ; mais en général ils ne conduisent à rien. La meilleure marche à suivre est de faire une analyse chimique et d'y doser avec soin les alcalis, la chaux et la magnésie: les oxydes de fer [1], etc. La terre qui renferme le moins de ces corps étrangers sera probablement la plus réfractaire.

On fait alors une brique de la terre à essayer, et on l'emploie dans les conditions auxquelles les produits réfractaires doivent résister. Si on ne peut faire cet essai, on fait avec la terre un certain nombre de petits creusets qu'on chauffe au chalumeau à gaz de Schlœsing, autant que possible à la température qu'on doit atteindre plus tard, et en plaçant dans ces creusets les corps auxquels on devra résister.

Il faut remarquer qu'à l'exception des silicates alcalins qui sont fusibles, de quelques silicates métalliques qu'on ramollit, la plupart des silicates simples sont, pour ainsi dire, infusibles ; mais que les silicates multiples, dont la haute température détermine la formation entre les divers corps en présence, sont en général fusibles et forment de véritables verres. C'est ainsi que les alcalis, la chaux, les oxydes de fer, de cuivre, de plomb, de zinc, etc., les cendres des combustibles attaquent les produits réfractaires. Que l'un ou l'autre corps joue le rôle de fondant par rapport à l'autre, peu importe ; mais si on fournit d'une manière continue les éléments d'un silicate double qui puisse se former à la température qu'on atteint, le produit réfractaire sera rongé en peu de temps et coulera sous forme de verre.

Les produits réfractaires ne doivent ni fondre ni se ramollir ; ils doivent résister sans éclater aux écarts de température ; ne pas prendre de retraite à la température à laquelle on les porte ; ne pas s'écraser sous le poids de la construction qu'ils forment et des matières qu'elle contient ; ne pas se combiner facilement à ces matières.

Pour obtenir ces qualités, de même que, dans la fabrication des briques ordinaires, l'argile doit être amenée à un état qui permette un moulage facile, une dessiccation rapide, etc., et comme les argiles réfractaires sont très-grasses, il faut les mélanger d'une proportion souvent considérable de matières dégraissantes qui atteint et souvent dépasse les 2/3 de la masse totale. Le choix des

1. Le protoxyde est plus dangereux que le sesquioxyde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

matières qu'on emploie dans ce but est des plus importants ; car il peut, s'il est mauvais, déterminer les plus graves accidents. Il faut qu'il maintienne toutes les propriétés que j'ai énumérées au paragraphe précédent, et on voit de suite que les corps susceptibles de donner avec l'argile des silicates multiples doivent être exclus si la température à laquelle on doit résister atteint ou dépasse celle qui détermine la formation de ces silicates. Les plus favorables sont :

La silice,
L'alumine,
Les argiles cuites ou *ciments*,
Les corps inertes.

La silice, qui est très-employée, donne de bons résultats ; mais il faut la proscrire quand l'action que doivent subir les produits réfractaires est basique. L'alumine, peu employée à cause de sa rareté, le serait dans le cas contraire. Les argiles cuites ont le très-grand avantage de n'introduire dans la masse aucun élément nouveau ; donc si on a trouvé une argile réfractaire dans des conditions données, si on en cuit une partie, qu'on la pulvérise et qu'on la mélange comme matière dégraissante à l'argile, les produits moulés et cuits, ne renfermant en somme que de l'argile convenable, résisteront parfaitement.

Parmi les corps inertes, le plus remarquable, et dont l'emploi s'est beaucoup étendu dans ces dernières années, c'est la plombagine. La plombagine, qui est du carbone presque pur, ne se combinant pas aux différents corps, donne des produits très-résistants ; la seule crainte serait de voir la masse brûler, mais l'argile d'agglomération qui est à la surface forme toujours avec les cendres un laitier qui vernit la surface, et empêche le contact de l'air.

L'état physique des matières qu'on emploie dans le mélange a une très-grande importance ; il a une action mécanique et un rôle chimique. Quand les matières antiplastiques sont très-finement divisées dans la masse, elles présentent une bien plus grande surface à l'action de combinaison, et peuvent ainsi contribuer à la destruction des produits. C'est ainsi qu'il faut, si on emploie la silice comme antiplastique de produits soumis à une très-haute température, préférer le quartz broyé en grains au sable finement divisé. Les gros grains, ou plutôt les grains moyens, ont un autre avantage : ils permettent mieux les dilatations que les éléments fins, et comme ils agrafent entre eux les divers éléments des pièces dans lesquelles ils forment comme une charpente intérieure, ils se prêtent à des variations plus nombreuses et plus brusques de température que les éléments fins. Mais ils ont l'inconvénient de rendre le moulage et le polissage plus difficiles ; de plus, de compromettre la solidité des pièces si on dépasse certaines limites.

La préparation des mélanges a, dans la fabrication des produits réfractaires, une importance capitale ; aussi il n'y a que pour les produits de qualité inférieure que les mélanges sont préparés comme je l'ai dit pour les briques ordinaires. Pour toutes les pièces soignées, il est nécessaire que les éléments soient parfaitement dosés et mélangés. On opère donc toujours sur les matières sèches, réduites en poudre (terre et antiplastiques).

Cette pulvérisation des matières peut s'opérer au moyen de meules, de moulins à noix, etc. Mais l'outil le plus convenable, tant pour les ciments, les silex que pour les argiles, est le broyeur universel de Carr, construit par MM. Wehyer, Loiseau et Cie, 15, avenue Parmentier, à Paris. C'est une des machines les plus ingénieuses qu'ont ait imaginées et des plus simples ; j'en donne ci-contre le dessin (fig. 8). Il se compose de trois cages concentriques à barreaux de fer tournant à grandes vitesses, celle du milieu en sens contraire des deux autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par une trémie, on jette dans la cage du milieu les matières à pulvériser; elles subissent contre les barreaux un premier choc, et passant à travers ces barreaux, elles rencontrent ceux de la deuxième cage, qui tournent en sens inverse, puis

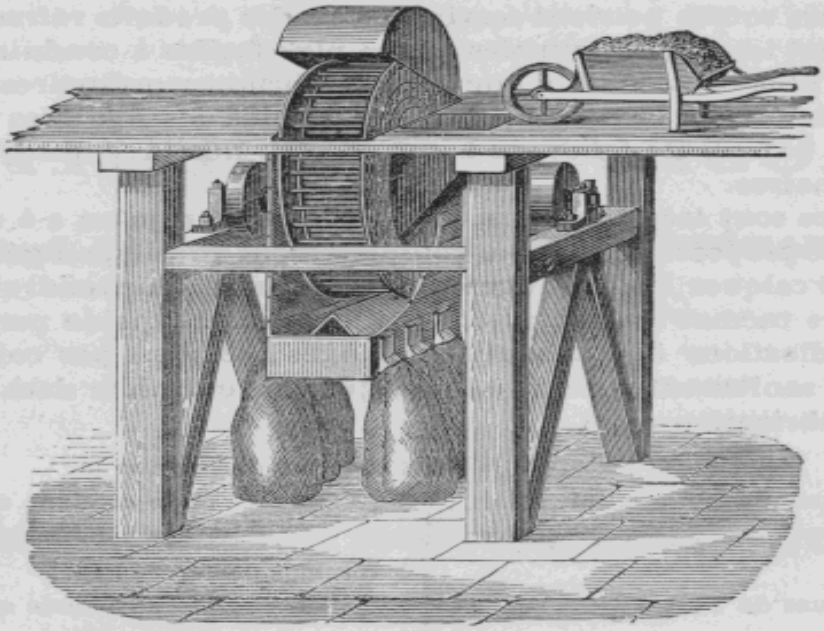


Fig. 8.

ceux de la troisième, encore en sens contraire; elles tombent alors dehors en poudre dont on fait varier la grosseur des grains en faisant varier les nombres de tours. Cet appareil, faisant ventilateur dans son enveloppe, empêche toute espèce de la poussière, qui rend si pénible et si dangereux le service des autres broyeurs. Avec quatre chevaux seulement de force, il produit 8 à 10 tonnes de poudre à l'heure, chiffre dont la plupart des autres instruments n'atteignent souvent pas la dixième partie.

Les matières broyées sont mélangées d'abord à sec, puis passées à deux ou trois reprises au tonneau malaxeur. Pour les pièces fines et qui doivent présenter une grande résistance, rien ne peut remplacer le marchage, qui, répété huit ou dix fois, donne à la terre *un corps* et des qualités dues probablement au corroyage par petites parties que donne le pied, et que les malaxeurs ne lui font pas acquérir. La terre abandonnée à l'état de pâte, et après malaxage, pendant cinq ou six semaines dans un lieu où son degré d'humidité ne varie pas, gagne encore en bonté par suite de cette action de pourrissage encore mal appliquée, et dont j'ai déjà parlé.

Le moulage des produits réfractaires se fait, pour les briques et les pièces, en pâte dure et en pâte molle. Ce dernier procédé exige une dessiccation plus longue et n'est pas applicable à toutes les formes de pièces; mais il donne des arêtes plus vives, une plus grande certitude que les produits ne renferment pas de vents, de manques de soudure entre les divers morceaux qu'on jette dans le moule.

La cuisson se fait généralement à température plus élevée que celle des argiles ordinaires. Elle doit être telle pour les pièces qui sont destinées à la construction des grands appareils, qu'aucun retrait ne se produise plus à la température d'emploi, ce qui pourrait amener des dislocations désastreuses; mais pour les pièces, destinées aux petits fourneaux, il vaut mieux ne pas trop cuire. En effet, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuisson, en faisant prendre à l'argile crue son retrait, la resserre sur les matières antiplastiques, et diminue *le jeu* entre les diverses parties de la masse, et cela d'autant plus que la température sera plus élevée. La pièce résistera donc moins bien dans ce dernier cas aux premiers feux et aux variations de températures.

Tous les fours voûtés peuvent servir à cuire des produits réfractaires; mais les fours ronds sont les plus commodes et les plus faciles à conduire. La durée de la cuisson est plus considérable que pour les briques ordinaires, et la quantité de combustible est de 35 p. 100 environ du poids des matières enfournées. On peut, pour le calcul des fours, se baser sur les nombres que j'ai donnés pour les fours ordinaires.

Les mélanges sont très-variables, suivant les terres qu'on a à sa disposition et le but qu'on se propose. Il est donc complétement inutile, en général du moins, de chercher à calquer les mélanges qui réussissent à un endroit; si on n'a pas exactement les mêmes matériaux, c'est généralement peine perdue. Donc si je donne les indications de quelques mélanges, ce n'est pas comme indication absolue, mais seulement comme jalons, qui peuvent aider dans le commencement d'une fabrication :

Andennes, briques de 1re qualité	3 volumes de terre crue.	
	3 — terre calcinée en grains.	
	6 — terre calcinée en farine.	
Andennes, briques de 2e qualité	3 volumes de terre crue.	
	3 — terre calcinée en grains.	
	3 — terre calcinée en farine.	
Andennes, cornues à gaz	2 volumes de terre crue.	
	6 — terre calcinée en grains.	
Bollène (Vaucluse), briques de 1re qualité.	2 volumes de terre crue.	
	5 — terre calcinée.	
Bollène (Vaucluse), briques de 2e qualité.	3 volumes de terre, 2e choix.	
	2 — sable quartzeux.	
Creuset à fondre de M. Juleif de Redruth (Cornouailles)	Argile de Teignmouth	1
	Argile de Paole	1
	Sable du mont Saint-Agnès (Cornouailles)	2
Creusets de verrerie dans la Bavière orientale	Vieux creusets broyés en grains	10
	Quartz calciné	8
	Coke broyé	2
	Argile de Memmingen	4
	Argile de Passau	8
Cazettes de Sèvres	Vieux débris broyés	6
	Argile crue d'Abondant	4
Creusets à zinc des usines de la Vieille-Montagne (Belgique)	Sable argileux d'Ampsin	6
	Sable blanc d'Andennes	2
	Crawe (argile, 2e qualité) calcinée	2
	Débris de creusets	4
	Terre de Tahier, crue	3
	Crawe, crue	4

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHEMINS DE FER

VOITURES ET WAGONS

PAR MM. **A.-C. BENOIT-DUPORTAIL** ET **J. MORANDIÈRE.**

(Pl. 191, 192, 193, 194, 195 et 196.)

CHAPITRE TROISIÈME.

GÉNÉRALITÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT, EN DEHORS DE L'EXPOSITION.

§ Ier. — Dispositions générales des voitures ordinaires.

Le nombre des véhicules exposés dans les sections étrangères est loin d'être suffisant pour indiquer l'état des choses dans les divers pays et tendrait plutôt à donner des idées erronées en faisant prendre certains cas particuliers pour des généralités. Ainsi, par exemple, en Prusse, la plupart des voitures sont à six roues, tandis que les voitures exposées n'ont que quatre roues. Nous pensons donc qu'il est utile de passer rapidement en revue les matériels roulants des divers pays, en ne donnant que les caractères généraux et en ne signalant seulement que quelques wagons particuliers ou intéressants. Nous suivons toujours l'ordre de classement des pays dans l'Exposition.

FRANCE. — Ici nous avons peu de choses à dire, car les wagons exposés sont nombreux et représentent bien ce qui est.

Voitures à deux coupés. — Outre la Compagnie de Lyon, dont toutes les premières classes, à six roues, ont un coupé, les Compagnies d'Orléans et du Nord ont une grande quantité de voitures avec coupés. Un type qui paraît à recommander, avec la limite d'entrave imposée par les plaques tournantes, est la dernière voiture de ce genre de la Compagnie d'Orléans, présentant deux compartiments de premières et deux coupés et dans laquelle on a reproduit le plus possible des dimensions de la voiture de première classe ordinaire, que nous avons données page 163, en augmentant la longueur totale du châssis et la saillie de la caisse au delà des traverses ; l'écartement des essieux restant toujours fixé à 3m.55.

Compartiments spéciaux. — L'usage de réserver des compartiments de dames seules s'est étendu à un nombre de trains de plus en plus grand, et, en outre, cette réserve a été faite, à l'imitation de la Belgique, pour les deuxièmes et pour les troisièmes classes : dans celles-ci le compartiment de dames seules est isolé des autres par l'exhaussement de sa cloison. On commence également à désigner des compartiments de *fumeurs* ; mais nous pensons que, vu la grande

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vulgarisation de l'habitude de fumer, il eût été préférable de désigner un ou plusieurs compartiments de *non-fumeurs*.

Matériel à couloir, des Dombes. — Le chemin de fer de Lyon à Bourg par les Dombes (60 kilomètres de longueur) possède un matériel calqué sur le Nord-Est-Suisse et dont la voiture exposée par la Société de Neuhausen peut être prise pour type : c'est-à-dire wagons à couloirs, à châssis en fer, à plates-formes et escaliers en bout. Les voitures sont de deux sortes : 1° mixtes, à couloir central, avec un salon ou un compartiment de premières, un compartiment de deuxièmes pour les dames et les non-fumeurs, et un ou plusieurs compartiments de deuxième classe ; 2° troisième classe avec couloir excentré de manière à mettre cinq voyageurs par banquette, trois d'un côté du couloir et deux de l'autre. En hiver, ces wagons sont chauffés par des poêles ordinaires prenant la place de deux voyageurs, mis à l'une des extrémités du wagon et chargés de l'intérieur même de la voiture. A chaque voiture, l'une des plates-formes est un peu plus longue que l'autre (1m.15 au lieu de 0m.95), et l'on y a ménagé des encoignures formant d'un côté un cabinet water-closet, et de l'autre côté un petit compartiment pour un agent du train, comme il est représenté par les figures 13 et 14, pl. 194.

Ces voitures, étudiées et construites dans les ateliers de M. Frossard (chantiers de la Buire), à Lyon, sous la direction de MM. Mangini frères, administrateurs des Dombes, offrent les principales conditions d'établissement suivantes : longueur de la caisse, 6m.90 ; longueur de la plate-forme d'avant, 1m.15 ; longueur de la plate-forme d'arrière, 0m.95 ; longueur du châssis, 9 mètres ; largeur de la caisse extérieurement, 3 mètres ; intérieurement, 2m.85 ; écartement extrême des essieux, 3m.90. Les ressorts, composés de sept lames, ont 1m.72 de longueur. Les lanternes mises dans le plafond sont allumées du couloir de la voiture. Le service de ces voitures ayant été trouvé très-satisfaisant, MM. Mangini se disposent à étendre leur emploi sur un réseau de 200 kilomètres environ de chemins départementaux qu'ils ont à construire. Il est fâcheux, toutefois, que ces voitures ne puissent se prêter à la combinaison du wagon à deux étages qui paraît économique pour les trains à petite vitesse des lignes secondaires.

Frein Newal. — L'Exposition nous présente quelques tentatives de freins continus, dont aucun n'a encore été appliqué ; mais nous croyons utile de dire un mot d'un frein de ce genre, dit système Newal, qui fonctionne au chemin de fer du Nord, avec succès, depuis environ dix ans, et y est appliqué à la généralité des trains express. Le système anglais de M. Newal a été perfectionné par M. Bricogne, ingénieur du matériel de la Compagnie du Nord, au moyen de l'addition d'un contre-poids. Les véhicules destinés à être réunis portent sous leur châssis un arbre de couche présentant à chaque extrémité un joint universel permettant les déplacements relatifs. Le frein de chaque voiture est établi de telle manière que, pour un déplacement angulaire donné de l'arbre, les sabots de chaque véhicule se serrent d'une même quantité. Si donc on peut avant l'accouplement des diverses parties de l'arbre produire pour chaque voiture un même serrage connu, en accouplant ensuite et desserrant le frein, on sera sûr de retomber dans ces conditions d'égalité de serrage, quand il s'agira de faire agir le frein. Pour arriver à ce résultat, chaque frein isolément est actionné par un contre-poids agissant sur l'arbre de couche général et établi de manière à donner le même serrage des sabots sur les roues, quel que soit le véhicule.

La crémaillère du contre-poids engrène avec un pignon placé sur l'arbre de couche, et à côté de ce pignon sont un rochet et un volant également calés sur l'arbre. Le volant sert à manœuvrer le frein, quand les véhicules sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

isolés, et le rochet est destiné à maintenir le contre-poids relevé et le frein desserré, quand les freins ne sont pas accouplés. Lorsqu'on veut les réunir, les voitures étant attelées, on enlève les rochets et on laisse tomber les contre-poids. On se trouve donc dans une situation où, d'après l'établissement même du frein, le serrage est sensiblement égal pour tous les sabots. On serre légèrement le dernier frein, au moyen de son volant, pour racheter l'effet de la torsion, et on accouple alors les tiges en emmanchant la douille creuse de l'une sur le carré de l'autre ; cet emmanchement est traversé par une clavette à mentonnet à ressort. Le conducteur relève alors tout le système qui est retenu par le rochet placé à sa portée. Pour se prêter aux mouvements de la voiture, l'arbre de couche est muni de deux genoux formant joints universels et de parties à tirages qui lui permettent de suivre le jeu des tampons. Les contre-poids sont établis de manière que trois freins puissent être manœuvrés par un seul garde. On peut donc accoupler trois voitures, dont une avec guérite pour le garde et avec manivelle de commande disposée comme dans les freins à contre-poids ordinaires, c'est-à-dire avec un premier rochet pour maintenir le contre-poids levé et empêcher le serrage, et un deuxième rochet pour tenir le frein serré.

Appareils de déclanchements du chemin du Nord. — La généralisation des freins à contre-poids et des ressorts de serrage de M. Lapeyrie a permis au chemin du Nord d'adopter une bonne précaution de sécurité, en mettant à la main du mécanicien un ou plusieurs des freins du train. Ces appareils produisent le serrage, quand on lâche le déclic qui les retient, et il a suffi de mettre au-dessus des voitures des tringles de tirage communiquant avec le déclic. Le mécanicien est tenu d'attacher une corde à l'extrémité de la tringle du frein le plus près de lui, et le chauffeur tire cette corde au moment de serrer le frein du tender, et quand le mécanicien siffle aux freins. Le conducteur placé dans la guérite complète le serrage du frein, s'il y a lieu, et opère le desserrage sur le signal spécial.

Perfectionnements aux freins à barres-guides. — Depuis quelques années, M. Bricogne, ingénieur du matériel roulant du Nord, tout en conservant les barres-guides nécessaires pour laisser la liberté d'action des ressorts du véhicule, a supprimé la partie défectueuse, c'est-à-dire le guidage proprement dit des sabots glissants sur les barres et l'a remplacé par des sabots suspendus aux barres-guides elles-mêmes. Une double suspension adoptée pour chaque sabot compense le défaut de longueur des bielles de suspension.

Pays-Bas. La Hollande possède les plus grands wagons à quatre roues qui existent en service sur les chemins de fer. Les voitures exposées étaient déjà grandes, mais elles sont bien dépassées par les voitures des chemins Néerlandais-Rhénans. Il est juste de dire que ces diverses lignes, qui ne sont pas longues, ont adopté le système d'exploitation usité en Allemagne, c'est-à-dire les décompositions de trains par aiguilles, et que les plaques tournantes n'imposent alors aucune limite à l'écartement extrême des essieux. Profitant de ces circonstances, la Compagnie des chemins de fer Néerlandais-Rhénans a établi des châssis en fer de plus de 10 mètres de longueur, portés sur quatre roues espacées de $6^{m}.70$; les tringles d'entretoisement des plaques de garde sont très-robustes, et elles sont soutenues au milieu de la longueur par une bielle de suspension du bas de laquelle partent également des barres venant en diagonale se rattacher au châssis, près des bras des plaques de garde.

Sur ces châssis sont installées diverses sortes de caisses, soit de fourgons, soit de voitures à voyageurs mixtes, ou de deuxième classe ou de troisième classe, soit enfin de combinaisons de compartiments à bagages et à voyageurs. La voiture mixte comprend trois compartiments de deuxième classe, de la longueur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ordinairement usitée, et trois compartiments de première classe, un peu moins longs que ceux de nos lignes françaises : soit 54 places. La voiture de deuxième classe comprend sept compartiments : soit 70 places. Ces voitures vides pèsent moins de dix tonnes, et l'on voit que, chargées, elles pèsent au plus quinze tonnes, ce qui est encore loin du poids que les locomotives ou les tenders exercent sur les rails. Les garnitures des voitures hollandaises sont un peu moins confortables que celles de nos voitures actuelles et ressemblent plus à ce que nous avions il y a une dizaine d'années.

Belgique. — Le matériel de ce pays s'est renouvelé dans ces dernières années et se trouve maintenant à peu près analogue à celui des lignes françaises. Les chemins de fer de l'État belge possèdent un assez grand nombre de voitures à deux coupés, bien que ces places ne soient pas soumises à un tarif spécial. Ces chemins possèdent aussi un assez grand nombre de fourgons pareils à celui qui était exposé par les ateliers d'Utrecht.

Prusse, Allemagne du Nord. *Grande dimension des voitures. Il n'y a en réalité que deux classes.* — Les voitures à six roues très-espacées, et dans le genre de celle qui est représentée par la fig. 15, pl. 192, ont été pendant longtemps les plus répandues, et sont encore exclusivement adoptées par quelques grandes lignes, comme celles de Cologne-Minden, Magdebourg-Berlin, Hambourg-Berlin et les lignes de la Prusse orientale. Mais peu à peu et grâce à l'introduction des châssis en fer permettant de conserver les grandes caisses, l'usage des voitures à quatre roues s'est répandu sur les autres chemins et se généralise de plus en plus. On trouve sur le chemin de Berg-Mark de grandes voitures à quatre roues ayant 6 compartiments de $1^{m}.86$ de longueur intérieure, 5 de deuxième classe et 1 de première. Ces voitures ont plus de 10 mètres de longueur.

Les habitudes de voyage de ce pays diffèrent des nôtres d'une manière qui mérite d'être signalée. Très-peu de personnes prennent les premières classes ; on va en deuxième ou en troisième classe, et sur quelques lignes en quatrième classe, wagons où l'on se tient debout et dont les panneaux de côté sont ouverts et se ferment par des rideaux en cas de mauvais temps : comparés aux troisièmes classes, ils tiennent environ un cinquième de voyageurs de plus. Le tarif pour ces voitures est généralement moitié de celui de la troisième classe, et est d'environ deux centimes et demi par kilomètre. Les compartiments de troisième classe sont à dix places comme les nôtres. Les compartiments de deuxième classe ne contiennent que huit personnes et se rapprochent sous beaucoup de rapports de nos compartiments de premières. Ils sont un peu moins longs. Les compartiments de premières ont seulement six places et ne diffèrent de ceux de deuxième classe que par une garniture un peu plus luxueuse faite le plus souvent en velours au lieu de drap.

Dans les voitures à six roues et à cinq compartiments, comme celles de la figure 15, il n'y a qu'un compartiment de première classe, et cette proportion, qui paraît suffisante, est également conservée dans les voitures récentes à quatre roues et à cinq et même six compartiments. Les trains express contiennent toujours des voitures de première et de deuxième classe [1], et bien souvent ils contiennent des voitures de troisième classe. Les places dans ces trains sont en général de 20 p. 100 plus élevées que dans les trains ordinaires. Les deuxièmes classes sont chauffées comme les premières classes.

On admet en général, en Allemagne, qu'il est permis de fumer en wagon, et l'on réserve dans chaque voiture un compartiment sur lequel on inscrit :

1. Sauf sur le chemin rhénan pour les trains express en correspondance avec Bruxelles et Paris, où l'on ne trouve que des premières classes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Défense de fumer. » Il y a également des compartiments de deuxième classe réservés pour les dames.

Allemagne du Sud. — Le matériel adopté, sauf pour le Wurtemberg, est le matériel anglais à quatre roues. Dans le duché de Bade, la Hesse-Darmstadt, dans le Nassau et dans la Bavière, les voitures, bien que de grand modèle, sont moins grandes qu'en Prusse, et l'on trouve huit places dans les compartiments de première classe et dix places dans les compartiments de deuxième classe. Ces deux classes sont presque toujours réunies dans la même voiture. En Bavière, les gardes-freins ne sont pas installés dans une guérite, mais on réserve à l'extrémité des wagons-freins une plate-forme ayant la largeur de la voiture et où les agents peuvent se promener pour n'être pas engourdis par le froid. Les longerons en fer sont depuis longtemps adoptés dans ces pays qui tendent aujourd'hui à employer le fer pour tout le châssis.

En Wurtemberg, le système américain a été adopté dès l'origine, et les grandes voitures à huit roues supportées par deux trucks articulés continuent toujours le service. Cependant, dans ces derniers temps, on a fait comme au Nord-Est suisse et l'on a mis en service des voitures à quatre roues, tout en conservant l'accès par les plates-formes et les escaliers des extrémités, comme dans le système américain. L'hiver, le chauffage se fait par des poêles. Nous renvoyons, du reste, à ce que nous avons déjà dit à propos de la Suisse.

La règle pour les compartiments de fumeurs ou de dames seules, est, en général, la même que pour l'Allemagne du Nord.

Autriche. — Le matériel américain à 8 roues, après avoir été adopté à l'origine, a fini par céder la place, dans les constructions neuves, au matériel anglais à 4 roues : toutefois en Autriche, comme en Allemagne, la plupart des compartiments de 1re n'ont que 6 places, et les compartiments de deuxième ont 8 places avec un accoudoir dans le milieu.

Suisse. — Nous avons dit à propos de l'Exposition suisse, que dans l'est de la Suisse (Suisse allemande), les voitures des Compagnies Central-Suisse, Nord-Est-Suisse, Union-Suisse avaient d'abord été établies dans le système américain, avec 8 roues. Aujourd'hui on paraît préférer les voitures à 4 roues, tout en conservant pour la caisse la disposition à couloir (fig. 1, pl. 193). Dans la Suisse occidentale (Suisse française) l'exploitation des diverses compagnies a été réunie entre les mains d'une entreprise spéciale, et le matériel, si l'on excepte celui de la section Lausanne-Fribourg-Berne qui est dans le système américain, est établi sur les types français et presque totalement construit en France. En Suisse, comme en Allemagne, on désigne avec soin les compartiments de *fumeurs* ou les compartiments de *non-fumeurs*. On ne réserve pas de compartiments de *dames seules* (fig. 4, pl. 193).

Espagne et Italie. — Les voitures dont on se sert dans ces deux pays sont du système dit anglais, à 4 roues, et ont été pour la grande majorité construites en France et sur les modèles français. Les wagons espagnols portent une double toiture avec courant d'air libre entre les deux toitures, pour atténuer autant que possible le rayonnement du soleil si chaud de ce pays.

Suède et Norwége. — Dans le premier de ces deux pays le matériel employé est dans le système anglais. Pour la Norwége, nous avons indiqué, dans notre chapitre sur l'Exposition, les dispositions spéciales adoptées par M. C. Pihl.

Russie. — Sauf la ligne de Saint-Petersbourg à Moscou dont les wagons sont dans le système américain, les autres lignes possèdent le matériel anglais modifié suivant les indications de la pratique pour permettre de traverser les froids rigoureux de ces climats, et généralement à 6 roues. L'expérience a conduit à remplacer les portières par les plates-formes extrêmes, avec de doubles portes au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bout d'un couloir central (fig. 15, pl. 194). Les fenêtres ont de doubles châssis vitrés, et le nombre est réduit à une fenêtre par compartiment. L'éclairage se fait au moyen de bougies, et le chauffage au moyen de poëles en faïence, quelquefois au nombre de deux pour les voitures de 1re classe. Ces poëles prennent la place de deux personnes. Les voyages étant très-longs entre les stations à long arrêt, on a trouvé nécessaire d'installer des water-closets dans chaque voiture ; la fig. 15 de la pl. 194 en montre un exemple.

Ces diverses dispositions font que les voitures sont bien plus lourdes par place offerte que les voitures ordinaires. Les chantiers de la Buire, à Lyon, construisent en ce moment des voitures russes, montées sur des châssis en fer d'environ 10m.30 de longueur, plates-formes comprises, et portées par 3 essieux d'un écartement extrême de 5m.70, où les premières classes n'offrent que 26 places, et les 2es classes 32 places ; les 3es classes sont relativement plus avantageuses, car elles peuvent tenir 50 personnes. Nous rappelons que les roues à moyeu en fonte n'ont pu tenir en Russie, à cause du froid, et que l'on a dû adopter les roues faites entièrement en fer forgé.

États-Unis d'Amérique et du Canada. — On sait que les Américains emploient de grands wagons portés sur deux trucks articulés ayant chacun 4 ou 6 roues : on y monte par des plateformes extrêmes munies d'escaliers commodes nécessités par l'état presque rudimentaire de la plupart des stations intermédiaires. Sur la plupart des lignes il n'y a qu'une classe de voyageurs, ce qui répond assez bien à la libéralité des institutions de ce pays, mais par contre il est d'habitude que les nègres aient une place à part, dans un coin du fourgon à bagages, ou maintenant dans un wagon spécial. En général, on trouve un wagon spécial pour les dames, pouvant se convertir le soir en wagon-dortoir (fig. 11, pl. 193). La spéculation et les besoins du confort sont venus, par l'introduction de wagons-salons spéciaux dont il sera question dans le chapitre suivant, rompre l'apparence d'égalité due à l'unité de classe adoptée tout d'abord.

Angleterre. — Deux grandes compagnies, le Great-Western pour ses lignes à larges voies, et le Midland emploient une grande quantité de voitures à voyageurs à 6 roues. Sur la dernière ligne l'écartement extrême des essieux est faible et les voitures sont de dimensions ordinaires, analogues à celles de la fig. 6 de la pl. 193. Les 6 roues se retrouvent dans les wagons-poste et dans les trains de cour, ainsi que les roues en bois du système Mansell.

Voitures mixtes. — Les fig. 5 et 6, pl. 193, représentent deux types de la compagnie du London and Nord-Western. L'admission des 2es classes dans les trains express fait que sur cette ligne, comme sur beaucoup d'autres, en Angleterre, la voiture mixte, à deux compartiments de 2e classe et deux compartiments de 1re classe, est la plus employée. Les 2es classes sont rembourrées au siége et dans le milieu du dos, et n'offrent en général que 8 places, la voiture étant assez étroite. Les 1res classes n'ont que 6 places. Il faut ajouter que sur beaucoup de lignes nouvelles, comme, par exemple, le Chatam-Dover, le Lancashire-Yorkshire, les voitures ont été faites débordant le châssis, et le nombre des places est de 8 pour la 1re classe, 10 pour la 2e classe. On remarquera sur les fig. 5 et 6, pl. 193, que les plaques de garde sont extérieures aux ressorts. Dans cette voiture, comme dans toutes les voitures anglaises, les châssis vitrés des portières sont seuls mobiles.

Voiture avec compartiment de bagages. — La fig. 5, pl. 193, represente une voiture, également du London and North-Western, destinée au service de la correspondance de la grande ligne et des embranchements, sans transborder ni les voyageurs ni leurs bagages : on voit qu'elle contient à cet effet deux compartiments à bagages placés entre les compartiments ordinaires. On trouve sur les diverses lignes les combinaisons les plus variées de ce genre, et il n'est pas rare

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de rencontrer les voyageurs des trois classes et leurs bagages réunis dans un même véhicule.

Remarques générales. — Les caisses ne débordent généralement pas les châssis, ce qui fait qu'on ne met que 6 places de 1re classe, et 8 places de 2e classe par compartiment ; l'amplitude des mouvements oscillatoires est diminuée pour les voyageurs placés sur les côtés. Il faut attribuer en partie à cette disposition la grande douceur que présentent ces voitures à grande vitesse.

Ce n'est qu'à titre d'exception que l'on voit, en Angleterre, des compartiments réservés pour les *dames* ou pour les *fumeurs*.

Trains de banlieue. — Diverses compagnies anglaises des environs de Londres ayant à faire un grand service de banlieue, avec trains faisant la navette sans se décomposer, emploient des voitures à courts tampons, l'intervalle entre deux wagons étant réduit à 25 centimètres. Sur le chemin souterrain, les wagons sont très-longs et portés sur deux groupes de 4 roues : celles-ci présentent un grand jeu dans leurs plaques de garde, afin de passer facilement dans les courbes de petit rayon. Actuellement, on essaye diverses combinaisons où chaque essieu extrême est maintenu par un châssis pivotant autour d'un point d'articulation placé dans l'axe du wagon, sorte de variante du système américain dit de *Bissel*.

Graissage. — On remarque une certaine tendance vers l'adoption du graissage à l'huile. M. Beattié, du L.-S.-W., emploie une boîte du type mixte, et M. Adams, du North-London, emploie la boîte américaine *Zightner's patent*.

Éclairage au gaz. — Les divers trains de banlieue sont maintenant éclairés avec du gaz contenu dans un réservoir général porté par le fourgon, ou dans un réservoir spécial ménagé sur chaque voiture (*Génie civil*, année 1866).

Frein Clark. — L'un des chemins de ceinture de Londres, le North-London, emploie un frein du système Clark, opérant sur tous les véhicules d'un train. Chaque voiture porte un frein qui est serré quand on produit la tension d'une chaîne qui règne sous tout le train : le fourgon du conducteur du train porte un arbre auquel est attachée la chaîne et dont les extrémités sont pourvues de galets que l'on amène au contact des roues du wagon ; le mouvement même du train produit donc le serrage [1]. Nous renvoyons du reste pour avoir plus de détails sur ce sujet à un mémoire sur les chemins anglais, fait par l'un de nous, inséré dans les Bulletins de 1866 de la Société des ingénieurs civils, et résumé dans les *Annales du Génie civil*, 5e année, page 349.

Sabot suspendu. — Un perfectionnement récent a été introduit dans quelques freins où les sabots sont suspendus directement au châssis des voitures. Le boulon de suspension est tenu par une pièce qui est appuyée sur des plaques de caoutchouc, de manière que le sabot peut se prêter aux oscillations des ressorts quand le frein est serré.

Colonies anglaises. — Dans les Indes et en Australie, le matériel employé vient de l'Angleterre, et les voitures sont en général moins confortables que celles qu'on emploie dans le Royaume-Uni. Il n'y a guère à signaler que les précautions prises en vue des grandes chaleurs, c'est-à-dire la construction de la voiture dont le châssis, la membrure et les panneaux intérieurs ou extérieurs sont le plus souvent faits en bois de teck, ou en bois exotique, et l'adoption généralement répandue de la double toiture.

Quelques voitures récentes à 8 roues et à châssis en fer ont été construites pour

1. Comme dans un modèle déposé au Conservatoire des arts et métiers et dit *frein Noseda*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la Nouvelle-Galles du Sud, où l'on trouve des courbes de petit rayon ; les essieux extrêmes ont un jeu latéral de 7 à 8 centimètres de chaque côté, et sont guidés par une sorte de truck Bissel, formé par des barres attachées aux boîtes à graisse et articulées à un pivot placé dans la ligne d'axe de la voiture. Les ressorts sont au-dessus des boîtes à graisse, et sont munis de très-longues mains de suspension verticales qui rendent possible le déplacement transversal relatif de l'extrémité du ressort et du châssis. Ces voitures qui ont environ 11 mètres de longueur et pèsent de 15 tonnes à 15 tonnes 1/2 chacune sont de deux catégories : 1° voiture de 1re classe ayant deux compartiments de 1re classe de 6 places chacun et un salon de 20 places, ensemble 32 voyageurs ; 2° voiture de 2e classe (siéges non rembourrés) pour 50 personnes, et en plus un compartiment de garde pouvant contenir quelques bagages.

§ 2. — Voitures spéciales.

A. — *Wagons avec cabinets water-closets*. — Nous sommes entrés, au chapitre premier, dans quelques détails sur les voitures munies de cabinets water-closets, exposées par l'Allemagne, et nous venons parler ici de diverses autres combinaisons proposées pour remplir le même but ; s'il en résulte dans la plupart des cas une augmentation du poids mort, il faut remarquer que cette augmentation peut être faible, et que, d'ailleurs, elle est compensée par l'avantage que l'on aurait de pouvoir abréger le temps du trajet en supprimant certains arrêts dont la longueur n'a pas d'autre but que la commodité des voyageurs.

En dehors des compartiments de malades pourvus de cabinets w.-c., dont nous avons parlé à propos de la 1er classe de la Compagnie de Lyon, on a fait, sur divers chemins français, des essais d'installation de cabinets w.-c. dans les fourgons à bagages, où l'on monte pendant l'arrêt à une station. Au chemin d'Orléans il y a de ces fourgons dans les trains express et poste circulant entre Paris et Bordeaux, ce qui a permis de réduire à deux le nombre des arrêts de dix minutes entre les deux points extrêmes. Le cabinet est précédé d'un compartiment d'attente à deux places. Le grand avantage de ce système est de n'introduire dans le matériel aucun véhicule spécial, et de n'entraîner aucune augmentation de poids mort. Par contre on ne peut monter dans le fourgon qu'à une station.

Nous avons vu dans le paragraphe précédent, en parlant du matériel des Dombes, que les ingénieurs de cette ligne ont mis sur chaque voiture un cabinet installé sur l'une des plates-formes, comme nous l'avons représenté fig. 13 et 14, pl. 194. Les mêmes ingénieurs semblent décidés pour l'avenir à réduire le nombre de cabinets dans les trains, en les mettant sur les fourgons, et profitant de la possibilité de la communication entre les voitures.

En Allemagne on va plus loin, et on tend à mettre dans chaque train une voiture avec cabinet w.-c., dans le genre de celles que l'Exposition nous présente pour les lignes de Halle-Cassel et de Berlin-Stettin. Cette dernière voiture ressemble beaucoup à la voiture de M. Reifert [1], dont nous empruntons la description ci-dessous au journal *Engineering* (août 1867), où elle est accompagnée de dessins détaillés.

« Ce système a été adopté par plusieurs chemins de fer allemands à savoir : celui de Wurtemberg, celui de Nassau et celui de Berg-et-Mark. La voiture con-

1. Une voiture de ce genre devait figurer à l'Exposition, et le nom de M. Reifert a figuré dans la 1re édition du catalogue, n° 11, cl. 63, Prusse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

siste en un compartiment de 1re classe à fauteuils et trois compartiments de 2e classe à 8 places chacun; il y a entre les 1re classes et les 2e classes un compartiment plus petit, garni de water-closets. On entre dans les voitures par des plates-formes situées aux deux extrémités; un passage est ménagé au milieu de la voiture et va d'un bout à l'autre. Le compartiment de 1re classe est séparé de ceux de 2e classe au moyen de portes. Les rampes offrent une solution de continuité dans le milieu et les plates-formes sont garnies de parties mobiles qui se rabattent par dessus les tenders pour pouvoir établir des communications entre les voitures qui se suivent.

« Le bâti inférieur est en fer. On y a établi 6 supports transversaux qui occupent toute la largeur de la caisse et qui sont reliés par leurs extrémités à 6 ressorts auxiliaires, trois de chaque côté de la voiture. C'est sur ces ressorts que porte directement la caisse de la voiture, qui est ainsi tout-à-fait indépendante du bâti inférieur; celui-ci est également muni de ressorts disposés de la façon habituelle entre le longeron et les bâtis des essieux. »

Dans le duché de Bade, où de pareilles installations sont à l'essai depuis longtemps, on n'y affecte pas une voiture tout entière; on se contente de deux compartiments, l'un pour tes dames, l'autre pour les hommes, séparés par un petit compartiment de 0m.60 de largeur, dans lequel sont installés les deux cabinets complétement isolés l'un de l'autre, et communiquant chacun avec l'un des compartiments : de la sorte on perd seulement une place dans chacun des compartiments et 0m.60 de longueur de la voiture (en tout environ 2 mètres carrés 28).

Dans les trains express, circulant entre Cologne et Berlin, on a simplement approprié deux compartiments ordinaires; on a pris sur l'un d'eux, près de leur cloison mitoyenne, la largeur de la banquette, soit 0m.60, pour y installer les deux cabinets, et il reste d'un côté un compartiment entier affecté aux dames et offrant 7 places (la huitième étant occupée par la porte de communication avec le cabinet), et de l'autre côté un demi-compartiment réservé aux hommes. Cette disposition qui s'applique aux voitures usitées, sans aucun allongement, ne perd que 1 mètre carré 92 d'espace et paraît la meilleure qui ait été adoptée jusqu'à ce jour pour les voitures à voyageurs.

Au chemin rhénan on trouve quelques fourgons munis de cabinets, mais sans compartiment d'attente.

Nous avons déjà dit à propos des voitures russes que l'on avait trouvé nécessaire de mettre des cabinets w.-c. dans les trains, et il y en a généralement dans toutes les voitures qui sont établies avec couloir, tantôt placés sur l'un des côtés de la voiture, tantôt placés dans l'axe. La fig. 15 de la pl. 194 montre une disposition de ce genre.

B. Wagons ambulants. — L'Exposition nous a montré plusieurs modèles de cette catégorie de wagons, qui s'emploient dans tous les pays. Ils sont quelquefois très-grands et très-lourds dans certains pays, comme la Prusse, où la poste fait beaucoup de transports de petits paquets et messageries. Presque tous les trains de voyageurs en ce pays comportent un de ces véhicules, de même qu'en Belgique et en Suisse. L'usage des boîtes à lettres sur les wagons ambulants est général. La Belgique emploie le système Bouquié pour l'échange des lettres pendant la marche des trains: des appareils analogues essayés en France, sur le chemin de fer du Nord, n'ont pu fonctionner d'une manière satisfaisante à cause de la vitesse des trains express notablement plus grande en France qu'en Belgique.

C. Wagons-ambulances. — Nous avons décrit un modèle de wagon de ce genre exposé par la commission sanitaire, section des États-Unis, et nous avons à signaler des wagons ayant même destination, construits par la Prusse, en 1867,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur la division des chemins de fer de Hanovre exploités par l'État. En temps ordinaire, ces wagons servent de voitures de quatrième classe : ils sont à quatre roues, et on y accède par des plates-formes placées au bout des wagons. Les caisses de 7m. 40 environ de longueur sont entièrement fermées et ont quatre fenêtres ; elles peuvent contenir 60 personnes. Dans l'intérieur se trouvent des montants verticaux garnis de crochets, de sorte qu'il suffit d'apporter les hamacs pour transformer ces voitures en ambulance. De chaque côté se trouvent trois files de hamacs superposés en deux étages, en tout 12 lits, laissant entre eux un couloir central de communication : on peut également passer de wagon à wagon au moyen de palettes disposées comme dans la voiture du Nord-Est-Suisse (représentée par la fig. 1 de la pl. 194).

D. Wagons-dortoirs et réfectoires. — Cette catégorie de wagons paraît avoir pris naissance en Amérique ; l'unité de classe amena bientôt la création de wagons-salons où, moyennant un supplément de tarif, on pouvait s'isoler du reste des voyageurs. Le soir, il était ajouté au train des wagons-dortoirs munis de couchettes superposées comme dans les navires, et pour lesquels on payait également un supplément de prix. Plus tard ces wagons furent disposés comme dans la fig. 10 de la pl. 193, de manière à pouvoir servir également le jour et la nuit : il s'est même créé une entreprise, dirigée par M. Pullmann, qui possède des wagons-dortoirs ou des wagons-salons circulant sur un certain nombre de lignes américaines. M. Pullmann paye une redevance kilométrique et fait la perception sur les voyageurs qui usent de ces wagons dont il a toute la charge et l'entretien. Tout récemment on a mis en service un grand wagon-réfectoire contenant au centre une cuisine et des tables et siéges pour 24 personnes de chaque côté.

On trouve en Russie quelques exemples de wagons-dortoirs : la ligne de Saint-Petersbourg à Moscou offre même un wagon à deux étages, contenant des banquettes formant lit à volonté, et aussi des lits avec des draps.

E. Trains de cérémonie. — Le train impérial récemment mis en service par la Compagnie du Nord (France) comprend quatre voitures : un salon d'honneur, une terrasse fermée, un salon des aides de camp, formant au besoin salle à manger, et une voiture pour les gens de service, formant aussi officine.

Il ne comporte pas de wagon-chambre à coucher.

Les châssis sont montés sur 6 roues, de même que les voitures du train impérial de la Compagnie de Lyon, avec un écartement extrême de mètres. La double suspension sur ressorts ayant été abandonnée par la Compagnie d'Orléans qui l'avait d'abord adoptée, a été également écartée par la Compagnie du Nord : les ressorts ordinaires sont attachés à des mains de suspension d'une disposition toute spéciale, et formant balancier s'appuyant sur une série de rondelles en caoutchouc. Ces voitures ont été trouvées très-douces.

La circulation des agents du train peut se faire sur des marchepieds extérieurs.

En Russie, le salon principal du train impérial du chemin de Saint-Petersbourg à Moscou consiste en un immense wagon de 27 mètres de long, porté sur deux trucs articulés à 8 roues chacun. Le longeron est une poutre droite comme une poutre de pont, d'environ 0m.69 de hauteur, avec des évidements ménagés dans l'âme. Cette immense caisse comprend un vaste salon central dont les portes donnent d'un côté sur la chambre à coucher de l'impératrice, de l'autre sur la chambre à coucher de l'empereur. Près de chacune de ces chambres à coucher est un compartiment pour les gens de service. Deux poëles en faïence placés de chaque côté du salon, chauffent la voiture, qui est éclairée la nuit par des bougies. Les fenêtres sont à doubles châssis vitrés, et leur nombre est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

relativement restreint à cause du froid rigoureux de l'hiver (voy. *Engineering* 31 janvier 1867).

§ 3. — Wagons à marchandises.

Si maintenant on jette un coup d'œil général sur le matériel à marchandises et que l'on examine non-seulement les wagons exposés, mais encore ceux qui n'ont pas été exposés, on est frappé tout de suite par les faits suivants qui se sont produits depuis quelques années d'une manière nette et remarquable.

Le premier, c'est la tendance générale et constante de tous les ingénieurs à augmenter le plus possible la capacité et le chargement des wagons pour répondre, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, aux besoins du commerce, qui croissent sans cesse par suite de l'augmentation de la prospérité publique, à laquelle les chemins de fer ont si puissamment contribué. Les premiers wagons ne portaient que trois ou quatre tonnes ; les wagons portent actuellement et *d'une manière générale* de 8 à 10 tonnes, après avoir porté successivement 5, 6 et 7 tonnes.

Le second, c'est que les ingénieurs ont tiré tout le parti possible de l'emploi de la charpente en bois pour la construction des wagons, et que, comme le trafic augmente constamment, en même temps que la nécessité de dimiuuer le prix du transport afin de développer encore l'augmentation du trafic et d'obtenir une augmentation *du bénéfice total*, une partie des ingénieurs des chemins de fer, tant en France qu'à l'étranger, ont été conduits, ainsi qu'on a pu le remarquer dans les chapitres précédents, à substituer l'emploi du fer [1] à celui du bois pour les parties qui, comme les brancards, intéressent le plus la solidité et la rigidité du matériel.

On voit, enfin, que les différences qui existaient primitivement entre les wagons des diverses compagnies ont à peu près disparu, et que l'on est arrivé, pour la presque totalité des marchandises, à trois types principaux, connus sous le nom de wagons couverts, wagons à hauts bords et wagons plats, qui ne présentent que des différences insignifiantes dans leurs dimensions génériques et dans certains détails de construction.

Avant de passer aux wagons destinés à des transports d'une nature spéciale, nous croyons devoir faire remarquer qu'un certain nombre de compagnies françaises et étrangères ont eu l'occasion de construire des wagons, qui rentrent dans l'un des trois types principaux, mais capables de porter des chargements doubles ou triples de ceux ordinaires, pour transporter des colis qui n'ont rien de spécial par leur nature, mais qui sont d'un poids ou de dimensions exceptionnels, tels que les gros canons de la France et de la Prusse qui ont figuré à l'Exposition, des statues colossales, etc. Nous voyons là un indice de l'accroissement des besoins du commerce, d'une part, et, d'autre part, de l'accroissement de puissance du matériel des chemins de fer. On n'aurait pas pensé il y a quelques années à construire de tels wagons et à transporter de semblables pièces ! Ainsi nous nous souvenons que, il y a 12 ou 13 ans (c'était à l'époque de l'Exposition de 1855), quand MM. Petin et Gaudet avaient fabriqué, pour un bâtiment à vapeur de l'État, en construction chez M. Cavé, un arbre coudé qu'eux seuls pouvaient faire et qui pesait, je crois, 25,000 kilogrammes, les chemins de fer n'ont pas pu se charger du transport. Aujourd'hui, au contraire, ce transport serait pour ainsi dire considéré comme une chose élémentaire, puisque l'on

1. M. Perdonnet me disait, il y a quelques années, avant même qu'on ne songeât en général à cette application, que c'était selon lui le seul moyen sérieux et pratique, quant à présent, d'améliorer le matériel. B.-D.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

transporte sans difficulté des charges doubles, et qu'il existe des wagons dont un seul suffirait presque pour transporter de pareilles masses sans aménagements spéciaux. On ne peut pas dire, à la vérité, qu'il existe un grand nombre de wagons capables de faire ces transports; mais on peut dire, sans crainte d'être démenti par les hommes compétents, que les chemins de fer peuvent s'en charger sans trop de difficultés.

Un tel fait nous semble montrer d'une manière palpable les progrès qui ont été réalisés par les ingénieurs au point de vue de la puissance du matériel des chemins de fer.

L'emploi des brancards en fer permettra d'augmenter considérablement cette puissance.

Nous allons dire maintenant quelques mots sur les wagons destinés à des transports d'une nature spéciale.

Les wagons à coke n'ont pas reçu depuis longtemps d'améliorations sensibles; ils sont toujours formés d'une caisse découverte comprise entre de grandes ridelles à claire voie, afin d'offrir un très-grand volume en raison de la légèreté de la matière qu'ils transportent, et il y a une vingtaine d'années que les ingénieurs du chemin du Nord leur ont donné la forme qui leur est restée. M. Bazaine avait fait construire en 1856, pour le chemin du Bourbonnais, quelques centaines de wagons à coke avec caisse uniquement formée de panneaux en tôle mince consolidés par des cornières; ces wagons ont jusqu'ici fait un bon service.

Les wagons-bergerie et les wagons à lait ont aussi conservé les formes et les dispositions générales qu'on leur a données primitivement.

Les wagons destinés à des transports spéciaux qui ont fait les plus grands progrès depuis quelques années sont assurément les wagons-écuries. Le transport des chevaux de prix se faisait, il y a douze ou quinze ans, dans des wagons à trois stalles où les chevaux étaient placés dans le sens de la longueur et de la marche, parallèlement à la voie. Dans certains wagons, il y avait devant la tête des chevaux un compartiment de palefreniers; dans d'autres il n'y en avait pas. Dans un cas comme dans l'autre, l'utilisation du matériel était très-mauvaise, et ce mode de transport était, comme on peut facilement le comprendre, extrêmement coûteux. Lorsque l'on avait à effectuer des transports importants soit pour la cavalerie, soit pour le commerce, les wagons-écuries ne suffisaient pas et l'on transportait les chevaux, ainsi que cela se fait encore dans certains cas, dans des wagons couverts où ils étaient placés transversalement, comme les bœufs; mais alors ce mode de transport avait le très-grave inconvénient de mettre les chevaux ensemble, au risque de les voir se battre et se blesser, et d'exiger qu'ils eussent la tête devant des baies complétement ouvertes, en sorte qu'ils avaient la vue très-fatiguée par la lumière directe qu'ils recevaient et par la rapidité avec laquelle les objets placés le long de la route passaient devant eux. Il existe maintenant un grand nombre de wagons-écuries, qui contiennent chacun six chevaux dans des box séparés par des cloisons et au milieu desquels se trouve un compartiment de palefrenier; les chevaux sont placés transversalement comme dans les wagons couverts, mais ils sont complétement enfermés et séparés les uns des autres; ils ont des râteliers qui permettent de leur donner de la nourriture en route; enfin ils jouissent d'un excellent aérage au moyen de lanternes pratiquées sur le pavillon et dont toutes les ouvertures sont garnies de toile métallique pour éviter toute chance d'incendie. Cette disposition qui est très-avantageuse pour les grands transports de chevaux est due en grande partie au chemin de fer de l'Ouest, où il en existe un grand nombre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Tel est l'état général de la construction des wagons à marchandises qui nous paraît très-satisfaisant, bien qu'il reste assurément beaucoup de progrès à réaliser, puisque tout ici-bas est indéfiniment perfectible.

CHAPITRE QUATRIÈME.

CONCLUSION.

Notre mission est seulement de décrire la situation actuelle du matériel roulant des chemins de fer, tant à l'Exposition qu'en dehors, sans chercher à substituer notre appréciation aux faits que la pratique a consacrés, ou bien aux faits qu'elle doit sanctionner. Néanmoins, il nous paraît résulter de l'étude à laquelle nous nous sommes livrés certaines considérations générales d'avenir, que nous désirons faire entrevoir brièvement à nos lecteurs, en les avertissant qu'elles nous sont toutes personnelles, et que nous les faisons sous toutes réserves de faits et de progrès à venir.

Véhicules de voyageurs. — L'abandon en Europe du matériel américain à trucs articulés paraît un fait acquis.

Mais le système du matériel avec couloir intérieur, avec l'accès par les plates-formes et avec communication de voiture à voiture, semble au contraire se répandre. Le Wurtemberg et la Suisse le conservent tout en adoptant les véhicules à 4 roues ; la Russie l'adopte presque exclusivement, et il vient de se montrer en France, sous la dernière forme adoptée en Suisse, sur la ligne des Dombes.

Ce matériel se prête très-bien aux exigences diverses de la communication dans les trains, de la facilité du contrôle, de la commodité des voyageurs ; et aujourd'hui que l'on désire une augmentation de vitesse des trains obtenue surtout par la diminution des arrêts, on pourrait résoudre ce problème par l'adoption du couloir permettant, entre autres choses, l'introduction d'une voiture-buffet, soit sur la totalité, soit sur une partie seulement du parcours, à l'instar des États-Unis.

Certainement il existe des objections à la substitution de la voiture à couloir à la voiture ordinaire, mais là, comme en beaucoup de choses, il s'agit de balancer les avantages et les inconvénients des deux systèmes. Parmi les diverses objections faites aux voitures à couloir nous chercherons à combattre les deux suivantes :

1° *Augmentation du poids par place offerte*, et par suite augmentation de résistance à la traction. L'excédant de poids est peu de chose, et d'ailleurs la résistance à la traction est loin d'être augmentée dans la même proportion que le poids, surtout dans les grandes vitesses.

2° *Augmentation de prix par place offerte.* Cette augmentation est insignifiante sinon nulle, car s'il y a légère augmentation du poids résultant de la plus grande dimension de la caisse, il y a par contre diminution du prix par suite de la diminution du nombre des portières. C'est ce qui résulte de l'expérience faite pour la ligne des Dombes, où MM. Mangini, à la fois ingénieurs et administrateurs intéressés au succès de l'exploitation de cette ligne, ont constaté que le prix de revient était le même pour l'un ou pour l'autre système.

Pour éviter un trop grand intervalle vide entre les voitures et un surcroît de résistance de l'air, il serait bon de comprendre la plate-forme dans la voiture ; un progrès également à réaliser, et possible aujourd'hui qu'il n'y a plus que peu de gares à quais élevés, serait l'abaissement notable à la fois des caisses, des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

châssis et des appareils de choc et traction, en plaçant convenablement les séparations par rapport aux roues. Comme disposition transitoire, on pourrait adopter une combinaison analogue à celle qui est employée pour le châssis de la voiture de M. Vidard.

Il y aurait peut-être avantage à supprimer les plaques tournantes[1] qui limitent l'écartement des essieux extrêmes. On pourrait alors, comme en Hollande, tout en se tenant dans les conditions voulues pour le passage des courbes de faible rayon, augmenter beaucoup l'écartement et construire des voitures d'un très-grand modèle et par suite plus avantageuses que les voitures actuelles sous le rapport du poids mort par place offerte. Les plus grandes voitures possibles n'atteindraient pas le poids des tenders actuels, et deux paires de roues montées du type adopté pour les tenders les supporteraient largement. L'emploi de trois essieux paraît cependant à recommander pour les véhicules destinés aux trains de grande vitesse, car il paraît acquis que les voitures à six roues sont plus douces que les autres, toutes choses étant égales d'ailleurs.

Quoique le graissage à l'huile ne soit pas encore adopté d'une manière exclusive, il est déjà plus employé que celui à la graisse, surtout à l'étranger.

Véhicules à marchandises. — Ici le problème se pose toujours de la même manière, diminution du poids mort relativement à la charge utile transportée. Depuis l'adoption par le Nord, en 1852, des wagons à houille à 10 tonnes de charge utile, l'on est resté sensiblement stationnaire, serré que l'on était entre deux limites : 1° un écartement restreint des essieux subordonné aux plaques tournantes; 2° un volume maximum de la caisse dont la longueur était limitée par le porte-à-faux qu'il était possible de donner aux brancards en bois du châssis. Aujourd'hui que l'emploi des brancards en fer ne limite plus de ce côté, on pourra donc faire des caisses de grande capacité, contenant plus de 10 tonnes de charge, quand même on serait conduit à ajouter un troisième essieu pour ne pas changer le type aujourd'hui adopté.

Si l'on objecte que de semblables wagons sont souvent difficiles à remplir et à bien utiliser, nous dirons que cette objection ne s'applique pas à certaines catégories, comme les wagons à houille, à minerai, à pierre, à rails, etc. Pour les autres séries de wagons, il existera pendant longtemps une grande quantité d'anciens wagons de capacité réduite que l'on utilisera pour les petits chargements.

En résumé on peut espérer :

Pour les voitures à voyageurs, trois améliorations importantes distinctes l'une de l'autre :

1° Circulation des voyageurs de voiture à voiture ;
2° Application de lits pour les longs voyages ;
3° Augmentation de la douceur des voitures par l'extension de la base d'appui.

Pour les wagons à marchandises :

Généralisation de l'emploi des brancards en fer permettant l'augmentation notable du chargement sur 2 ou 3 essieux.

Et dans les deux cas une meilleure utilisation de la force donnée à la voie en vue du poids des machines.

1. Les gares de Charing-Cross et Cannon-Street, à Londres, n'ont pas de plaques tournantes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DE LA VOIE DES CHEMINS DE FER
A L'EXPOSITION DE 1867

PAR M. **JULES SAMBUC.**

(Planches 208, 209, 210 et 211.)

CHAPITRE PREMIER.

DE LA VOIE EN GÉNÉRAL.

La voie des chemins de fer était représentée sous toutes ses formes à l'Exposition de 1867.

Les progrès que l'on remarque dans cette branche de l'art de l'ingénieur au point de vue métallurgique, consistent essentiellement dans la tendance à donner au rail une plus grande durée, en faisant, soit le rail tout entier, soit son champignon seulement, avec un métal plus dur que le fer, c'est-à-dire en *acier*.

Rails mixtes. — C'est surtout en Allemagne que l'on rencontre la tendance à faire les diverses parties de métaux différents, c'est-à-dire le champignon en *acier*, le corps en *fer à grain* et le pied en *fer à nerf*.

Cette fabrication a rencontré de graves difficultés dans l'exécution, et les produits exposés par les usines du Phénix, à Laar, près Ruhrort (Westphalie), et de la Société des chemins de fer du Sud, à Graëtz (Autriche), ainsi que par celle de Fourchambault en France, témoignent que les efforts faits par ces usines pour vaincre ces difficultés, n'ont pas été infructueux.

Rails en acier Bessemer. — En France, on se tient de préférence au principe de l'homogénéité du rail. Un assez grand nombre d'usines, telles que celles de MM. Petin-Gaudet et Ce, à Rive-de-Gier, de Chatillon-Commentry, les forges de Terre-Noire, la Voulte et Bességes, les aciéries d'Imphy-Saint-Seurin, etc., en France, ainsi que les maisons Merthyr, Tydwil et Barron, en Angleterre ; les usines de Graetz et de Wittkowitz en Autriche et celles de Bochum et de Hoerde en Prusse, se sont adonnées avec succès à la fabrication des rails en acier Bessemer, et ont atteint des prix à peine de moitié supérieurs à ceux des rails en fer, tandis que la résistance à la flexion et l'élasticité de leurs produits est plus du double de celle des rails de même forme en fer, et la dureté, par suite la durée du champignon notablement plus grande.

Rails en acier Martin. — En France, l'usine de MM. Verdié et Ce, à Firminy, a obtenu, par le procédé Martin, des rails d'un acier qui paraît supérieur à l'acier Bessemer, quoique la fabrication n'en soit guère plus coûteuse.

Rails en acier fondu. — Enfin les usines de MM. Pétin-Gaudet, de Firminy et d'Imphy-Saint-Seurin en France, de Krupp, en Prusse et de Frank Mayer de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Melnhof, à Leoben en Autriche, exposent des rails en acier fondu au creuset, qui ne coûtent que 340 à 400 francs la tonne.

Eclisses. — En fait de progrès, au point de vue de la construction, on constate en premier lieu que l'*éclissage* des joints a pris un certain développement et s'est notablement perfectionné. On continue sur une grande échelle son application aux rails à double champignon, soit en mettant le joint *en porte-à-faux*, comme l'a fait la Compagnie des chemins de fer du Midi en France (V. fig. 1, pl. 208), soit par des coussinets de joints assez larges pour y loger l'éclisse comme l'expose M. Moll, de Bordeaux (V. fig. 2, pl. 208), soit enfin par des *coussinets-éclisses*, c'est-à-dire des coussinets en fer ou en fonte, composés de deux moitiés boulonnées ensemble comme une éclisse, et en ayant aussi la longueur. M. Berrens a même exécuté pour les chemins de fer des Apennins de pareilles éclisses de 1 mètre de longueur, reposant sur 3 traverses (V. fig. 3, pl. 208). Les fig. 4 et 5, pl. 208, représentent des coussinets de ce genre exposés dans la classe 40 par les forges de Fourchambault, qui en ont exécuté 2,143,000 paires de la première espèce et 32,400 de la seconde [1].

Citons encore les *éclisses*, les *coins* et les *chevilles* en *acier trempé* de M. Dering, qui sont déjà connus, et qui, à cette Exposition, sont encore largement représentés dans la section anglaise (fig. 6 et 7, pl. 208). Les éclisses de M. Déring paraissent avoir moins de chances d'application en France, que ses coins et ses chevilles, qui présentent des avantages sérieux sur les coins ordinaires en bois et les chevilles pleines en fer.

Rail à double champignon et rail Vignole. — On constate une certaine tendance à remplacer le rail à double champignon par le rail à patin (dit rail Vignole), avec joints éclissés [2]. Depuis longtemps on n'emploie plus d'autre rail en Allemagne ; mais en Angleterre et en France il y a encore beaucoup de voies établies avec le rail à double champignon.

Crampons et tire-fonds. — On a aussi cherché à améliorer l'attache du rail Vignole sur les traverses en bois, en remplaçant les *crampons* par des *tire-fonds* [3]. Les crampons offrent, dans les traverses en bois tendre, l'inconvénient, soit de prendre du jeu, soit de ne pas pouvoir être retirés sans élargir le trou, et même de se briser à ras de la traverse.

Bagues Desbrière. — M. Desbrière, ingénieur à Paris, expose son système de bagues en fonte, au moyen desquelles il empêche les crampons de prendre du jeu, comme cela a lieu surtout avec les traverses en bois tendre (fig. 8, pl. 208). Ces bagues sont encastrées dans la traverse autour du crampon, de façon à l'appuyer de toutes parts et à reporter la pression, que celui-ci subit, sur une plus grande surface de bois.

Traverses en bois. — Il y a aussi des expositions de *traverses*, soit en bois, soit en fer.

C'est en France et en Bavière seulement que l'on rencontre des expositions de *traverses en bois*. Pour la France, la plupart en pin, sont soit du Nord, soit des Landes et *préparées*.

Le chemin de fer du Midi, entre autres, expose des traverses de pin des Landes,

1. Le coussinet-éclisse (fig. 4) est employé d'une manière générale sur le réseau de l'Ouest.

2. La Compagnie de Lyon a récemment décidé le remplacement des rails de sa ligne principale de Paris à Marseille par des rails Vignoles en acier, pesant 40 kil. le mètre courant, et ayant un patin de 0m.130 de largeur.

3. Exclusivement adoptés au chemin du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

préparées par la méthode *Légé, Fleury et Pironnet*, qui consiste à entraîner la séve par la vapeur et le vide, puis à faire pénétrer par pression dans les traverses contenues dans des chaudières, une dissolution de sulfate de cuivre chaude. Cette préparation revient à 0f.90 par traverse sans transport. Les traverses exposées ont été retirées de la voie au commencement de l'année 1867 ; elles y avaient été placées toutes les années depuis 1859. On voit leur degré relatif de détérioration ; il n'y a guère que le cœur qui soit attaqué même pour celles qui ont 8 ans de séjour dans la voie.

Cependant on peut dire qu'en somme l'art de la conservation des bois pour traverses de chemins de fer a fait peu de progrès, et que les résultats obtenus sont très-irréguliers.

La Compagnie d'Orléans préfère carboniser la surface de ses traverses au moyen d'un appareil spécial dû à M. Hugon, d'après le système de M. de Lapparent. Les frais de cette préparation s'élèvent à 0f.33 par traverse.

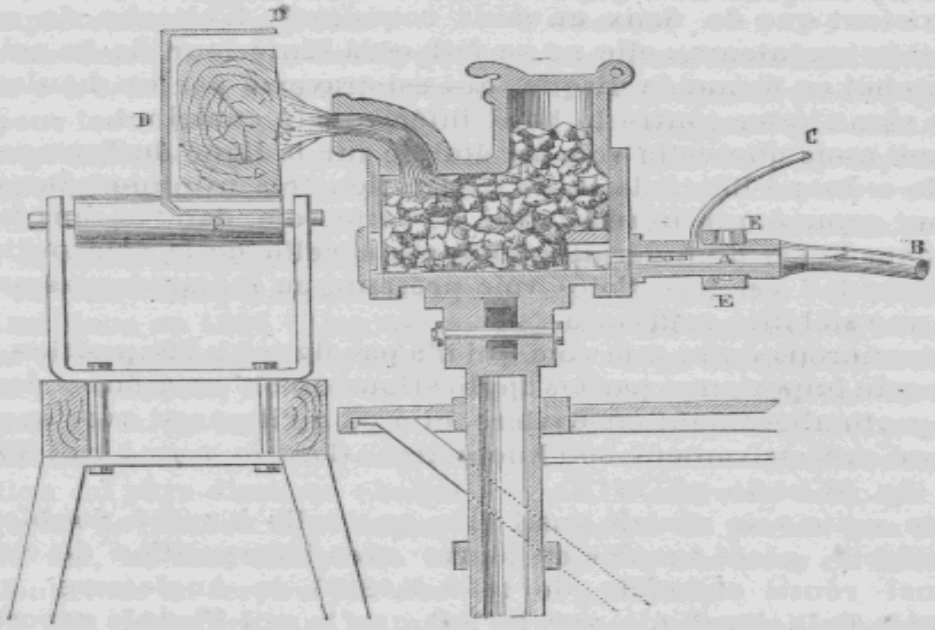


Fig. 1.

La figure 1 représente l'appareil Hugon, et nous laissons parler, pour sa description, M. *Chauveau-Desroches* dans son article sur la *préservation des bois d'ouvrage* (*Annales du Génie civil*, 1866). La soufflerie est à double vent, à moyenne pression ; le tube en fonte A est relié à un tube B en caoutchouc, pour permettre au fourneau de se mouvoir. L'air se transforme en oxyde de carbone au contact du charbon incandescent ; quelquefois on ajoute un tube C par lequel on fait tomber goutte à goutte de l'eau qui se vaporise d'abord, puis se décompose en hydrogène et oxyde de carbone. La pièce de bois est placée sur des rouleaux et entourée d'un écran D qui évite les pertes de flammes. A la jonction des tubes en E est une cavité dane laquelle on entretient de l'eau pour que la chaleur n'altère pas le caoutchouc.

M. Toussaint propose des traverses composées (fig. 9, pl. 208), pour éviter l'aubier et pouvoir employer des bois de plus petites dimensions, ainsi que de vieilles traverses dont on aurait enlevé la partie pourrie. Cette méthode permettrait aussi d'employer de jeunes pins qui n'ont pas encore de *cœur*, cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie de l'arbre étant celle qui pourrit la première dans cette essence. Cette pratique ne peut être, en tous cas, considérée que comme un expédient.

L'Exposition nous montre en outre deux systèmes de voies non métalliques, qui se distinguent de la voie ordinaire : la voie Barberot en France et celle de Michel de Bergue en Espagne.

La première est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'en donner ici une description.

Les résultats que l'on obtient avec cette voie seront relatés plus loin, à l'occasion de la voie métallique de M. Barberot. Son prix est de 9f,13 par mètre courant, sans le rail, y compris la pose et le transport[1].

La seconde consiste (fig. 51 et 52, pl. 211) en longrines en bois, composées, pour plus d'économie, chacune de deux pièces réunies entre elles par des coussinets en fonte d'une forme particulière. Ces coussinets supportent des rails Vignoles, avec la largeur de voie usitée en Espagne de 1m.67, et sont reliés entre eux deux à deux, d'une file de rails à l'autre, par des entretoises en fer en U placés de champ, mais qui n'existent que de deux en deux coussinets. L'attache du rail sur le coussinet est très-ingénieuse : elle ne se fait qu'à l'intérieur de la voie par un crampon à crochet en forme de disque, qui est traversé par un boulon vertical et dont la tige vient buter contre le bord inférieur du coussinet.

Il y a dix-huit mois que cette voie est établie sur la ligne de Tarragone à Barcelone, où elle a donné lieu à des frais d'entretien très-minimes. Des expériences directes ont prouvé que la résistance de cette voie, dans le sens horizontal, par exemple dans le cas d'un déraillement, est à celle de la voie ordinaire sur traverses, comme 5.5 est à 3. Cette voie présente en même temps une grande élasticité, et une stabilité suffisante.

Nous mentionnerons enfin une voie qui n'a pas figuré à l'Exposition, mais qui a pris une grande importance par les applications qu'on en a faites depuis quelques années, particulièrement en Bavière, et à ce qu'il paraît avec succès, puisqu'on en a posé successivement 300 kilomètres. C'est *la voie à rail Vignole sur dés en pierre* (fig. 53 et 54, pl. 211).

Il paraît que cette voie réussit aussi bien que celle à rail à double champignon et coussinets, posés sur dés en pierre avec interposition de carton goudronné, a mal réussi autrefois (de 1840 à 1850) en Angleterre, en France et en Allemagne. Cela s'explique par le fait que le rail Vignole repose directement sur toute la surface des dés, que l'on tourne suivant leur diagonale, tandis que les rails à double champignon ne reposaient que sur les coussinets.

Aux joints on met les dés tournés d'équerre avec le joint en porte-à-faux ou une traverse en bois. Le rail est fixé par des crampons qui sont enfoncés dans des goujons en bois chassés à force dans des trous pratiqués dans les dés et recouverts de goudron. Les dés doivent être en granit. En Bavière, les dés ont 0m,584 sur chaque côté et 0m,292 de profondeur, et sont payés à raison de 2 fr. 54 la pièce, livrés en station. Le bourrage de ces dés est plus difficultueux, et par suite plus coûteux que celui des traverses, mais une fois qu'ils ont pris leur assiette, c'est-à-dire au bout des deux premières années, leur entretien coûte moins que celui des traverses, et leur renouvellement est de la moitié ou des deux tiers moins fréquent que celui des traverses.

1. Voyez la brochure : *Perfectionnements du système Barberot.* Eug. Lacroix, 1862, page 11.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES TRAVERSES ET DES VOIES MÉTALLIQUES

1° Importance de la question.

A. *Dépense d'entretien due au renouvellement des traverses en bois.* — Malgré tous les efforts faits en vue d'augmenter la durée des traverses en bois, celle-ci ne dépasse pas en moyenne 10 ans. En effet, la durée moyenne d'une traverse en chêne non préparée est de 15 ans, celle d'une traverse en hêtre, bien préparée, 7 ans, et celle d'une traverse en pin, préparée, 8 ans; mais il y a en France un beaucoup plus grand nombre de traverses en hêtre qu'en chêne et qu'en pin; la moyenne sera donc plutôt inférieure à 10 ans; d'autant plus qu'elles sont souvent incomplétement préparées.

Or, une traverse en chêne coûte de 6 à 8 fr., une traverse en hêtre préparée et sabotée, de 4 à 5 francs, et une en pin préparée et sabotée de 5 à 6 francs[1]. Cela fait donc pour les 25,800 kilomètres[2] de voies *développées* qui sont actuellement en état d'exploitation en France, une dépense de plus de 153,600,000 francs, tous les dix ans, soit 15,360,000 *francs par an*.

D'un autre côté la consommation du bois en France augmente tous les jours; et comme depuis longtemps elle a dépassé la production du pays, au point d'occasionner une insuffisance, couverte par l'importation, de 105 millions en 1865 et de 122 millions en 1866[3], les arbres capables de donner de bonnes traverses sans aubier deviennent de plus en plus rares, et le chêne, surtout, tend à disparaître du sol français, le seul en Europe qui lui soit naturel. En même temps l'élévation du prix du bois a poussé les propriétaires de forêts à sacrifier l'avenir au présent; et tandis que la consommation va constamment en augmentant, la production du pays diminue chaque année. Il arrivera donc un moment, où l'emploi du fer deviendra inévitable, et où, pour ne parler que de la voie des chemins de fer, on sera obligé de remplacer les traverses en bois par des traverses ou longrines en fer, ou par des dés en pierre.

On aurait tort de croire que les pays étrangers pourront continuer à couvrir l'insuffisance croissante de notre production en bois. Les statistiques établissent, comme un fait irrécusable, que les pays qui, comme la Suède et la Norwége, nous livrent, ainsi qu'à l'Angleterre, la plus grande quantité de bois, sacrifient également l'avenir au présent, et que leur exportation, loin de pouvoir *augmenter* ne tardera pas à *diminuer* d'année en année[4].

Si l'on consulte des forestiers français expérimentés, ils vous diront qu'il n'y a plus guère en France que les *forêts domaniales*, dont les produits principaux

1. Comme notre raisonnement porte sur l'avenir, nous avons pris le prix moyen le plus élevé, soit 6 francs.

2. A la fin de 1867, il y avait en France 7.465 kilomètres de lignes à double voie et 7.036 kilomètres de lignes à simple voie, livrées à l'exploitation. En comptant 1/4 du parcours en sus pour les voies d'évitement, etc., on a 14.930 + 7,036 + 3.625 = 25.591 kilomètres. A la fin de 1869, il y en aura plus de 26.700.

3. Voir les tableaux généraux du commerce d'importation et d'exportation publiés par l'administration des douanes.

4. Voir l'ouvrage de M. Jungelberg, sur ce sujet. — Voir aussi *Annales du Génie civil*, 7e année, page 720.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intéressent les constructions, et parmi celles-ci, les chemins de fer; que les *bois des communes* en offrent encore, mais en moins grande quantité; et que quand aux *bois des particuliers*, les arbres qui peuvent recevoir la même destination en ont presque complétement disparu à raison de l'accroissement inattendu de la consommation et du prix obtenu par la matière, et surtout à raison du taux de l'intérêt infiniment faible que l'on réalise avec un arbre, qui au bout d'un siècle ne vaut, même en chêne, que 30 francs en moyenne. D'où il résulte que non-seulement les particuliers n'élèvent plus d'arbre de futaie, mais encore ils abaissent l'âge de l'aménagement des taillis de 25 à 20, puis 15 et même à 10 ans, suivant les besoins de la consommation locale.

On commence donc à s'occuper dès à présent sérieusement de remplacer le bois dans la voie des chemins de fer par une autre matière. Celle qui se présente le plus naturellement à l'esprit, est le fer. L'Exposition nous montre en effet un assez grand nombre de types de *traverses en fer*.

B. *Dépense d'entretien due au renouvellement des rails.* — Il y a encore dans la voie, telle qu'on l'a construite jusqu'à présent, une autre cause de dépenses considérables pour l'entretien, c'est le renouvellement du rail, dont le champignon s'use très-rapidement, et qu'il faut renouveler tous les 12 ou 15 ans.

En Allemagne, on s'est préoccupé avec raison de porter remède aussi à cette seconde source de dépenses, qui provient de l'augmentation successive de poids par mètre courant qu'il a fallu faire subir aux rails à mesure que le poids des locomotives et du matériel roulant augmentait; et nous voyons exposés par ce pays des systèmes de voies où non-seulement les traverses en bois sont supprimées, mais où encore le rail est décomposé en trois parties, dont deux lui servent de base permanente reposant directement sur le ballast, et la troisième, en général en acier, forme le rail proprement dit, c'est-à-dire la partie qui s'use et dont le poids est ainsi réduit à 15 ou 17 kilog. le mètre courant. On réduit ainsi de moitié la dépense du renouvellement des rails, qui, pour les 25,000 kilomètres de voies développées, actuellement en exploitation en France [1], ne s'élève pas à moins de 175 millions tous les 15 ans au moins, déduction faite de la revente du vieux matériel, soit *environ* 12 *millions par an*.

Heureusement qu'ici on n'a pas à craindre, comme pour le bois, un renchérissement rapide de la matière première; au contraire, le prix du fer tend plutôt à baisser, et les moyens de fabrication se perfectionnant, on arrivera bientôt à pouvoir remplacer le fer par l'acier, sans augmentation notable des frais de première installation. Mais l'usure des rails tend à augmenter avec l'accroissement incessant du trafic, et cela dans une proportion beaucoup plus rapide que le trafic lui-même. C'est ce qui a été constaté sur le chemin de fer du Nord autrichien, où le trafic ayant doublé, l'usure annuelle des rails était devenue quadruple. Cela s'explique par l'augmentation du poids des locomotives, de la vitesse des trains et de la puissance des freins. *Il y aura donc toujours intérêt à diminuer le poids de la partie de la voie qu'il faut changer quand le champignon est usé.*

2° Historique sommaire des essais faits jusqu'à ce jour.

Les *chemins de fer allemands* ont formé entre eux une association technique, « *Eisenbahn Verein*, » chargée de discuter en commun les grandes questions du domaine de l'ingénieur des chemins de fer.

1. Ici nous ne comptons plus que 25.000 kilomètres de voies développées, au lieu de 25.600, parce qu'une partie des voies d'évitements est entretenue avec les rails les moins usés d'entre ceux que l'on a enlevés des voies principales.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1863, cette Société posa à toutes les administrations de chemins de fer faisant partie de l'association, les questions suivantes :

1° *S'il y avait lieu de faire des essais de voie entièrement en fer?*

2° *Si ces voies peuvent remplir toutes les conditions de stabilité, de douceur de roulement, d'élasticité et d'économie d'installation, exigées par l'exploitation des chemins de fer?*

3° *Dans le cas de l'affirmative, lequel de tous les systèmes proposés jusqu'à ce jour pourrait être recommandé d'une manière particulière?*

En 1865, chacune des administrations interrogées apporta ses réponses.

La grande majorité répondit *affirmativement* aux deux premières questions. A la troisième elle répondit de diverses manières; et l'*assemblée générale* prit la décision de déclarer dans le procès-verbal, comme la plus recommandable, la voie (métallique) qui réaliserait le mieux les quatre conditions suivantes :

1° *Éliminer le bois de la voie;*

2° *Rendre le rail aussi continu que possible;*

3° *Soutenir le rail sur toute sa longueur;*

4° *Diviser le corps du rail en plusieurs parties, de manière à réduire à un minimum le poids de la partie qu'il faut changer, quand le champignon est usé.*

Elle recommanda en conséquence à tous ses membres, de faire des essais avec les voies sur longrines, dites à rail composé, de *Kostlin-Battieg* (Autriche), du *conseiller Schæffer* (Prusse), et du *conseiller Hilf* (Nassau).

Ces voies avaient été en effet employées avec succès par quelques chemins de fer, et réalisaient les conditions ci-dessus mentionnées.

Depuis lors on a décidé l'application de quelques-unes de ces voies, sur de nouvelles lignes en construction, dont environ 30 kilomètres sont établies à l'heure qu'il est. Nous en donnerons le détail à l'occasion de la description de ces voies. Ce genre de voie aurait pris, nous n'en doutons nullement, un développement plus rapide en Allemagne, si le bois y était aussi cher qu'en France et qu'en Angleterre, et si l'attention des Compagnies de chemins de fer n'avait pas été détournée en partie par la réussite inattendue, en Bavière, des voies à rail Vignole *sur dés en pierre*. Nous considérons ce système cependant comme transitoire entre la voie actuelle sur traverses en bois et la voie métallique, et applicable seulement là où l'on a à proximité d'abondantes carrières de granit [1].

En France, la Compagnie de chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée a fait la première des essais sur une grande échelle, avec des *traverses métalliques*. Elle établit même en Algérie une ligne de 20 kilomètres entièrement sur traverses en fer. Elle y est pour ainsi dire forcée dans ce pays, parce que les traverses en bois n'y durent qu'une ou deux années. C'est pour la même raison que les Anglais ont établi de grands parcours de voies ferrées dans l'*Amérique du Sud* et dans l'Inde, sur des cloches ou des « chaires » en fonte, et n'en ont fait que quelques dizaines de milles en *Angleterre*.

Sauf ces cas exceptionnels, la France et l'Angleterre semblent préférer le bois et ne pas se préoccuper de la question de l'épuisement des forêts du pays, ni des tributs énormes (de 120 millions pour la France) et sans cesse croissants qu'elles payent chaque année à l'étranger pour cette matière [2].

1. Il faut également remarquer que les chemins bavarois n'ont pas de trains marchant à grande vitesse, ni de lourds trains de marchandises.

2. Il faut dire que jusqu'à présent, par la raison que nous avons indiquée plus haut, le prix des traverses en bois n'a presque pas augmenté depuis l'origine, et qu'il est encore de 6 à 7 francs par traverse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Description des principaux systèmes de traverses et de voies métalliques représentées à l'Exposition.

En France, il y a cinq exposants, non pas de *voies*, mais de *traverses métalliques* : ce sont *MM. S. Ménans et Compagnie*, à Fraisans, *Langlois*, de Dreux, *M. Desbrière*, ingénieur civil à Paris, *Harel et Compagnie*, à Vienne (Isère), et *M. Barberot*, ingénieur civil à Paris.

Le seul de ces types qui soit véritablement intéressant par la quantité d'applications qu'il a déjà reçues, et par sa simplicité pratique, est celui de *S. Ménans et Compagnie*, dit système *Vautherin*. Cette *traverse* est représentée, avec son système d'attache, dans les figures 10 à 13, pl. 208, telle qu'elle est employée par le *chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée*, et dans les figures 14 et 15, telle qu'elle est employée par le *chemin de fer du Nord*. Ce dernier donne au rail son inclinaison en cintrant la traverse (voir fig. 15). — Ces traverses ont 2m.40 de longueur. Le taquet fixe, devant lequel on place la clavette, est muni d'une queue et d'un talon qui ont pour but d'empêcher la clavette de sortir par la poussée qui a lieu dans le ballast par suite de la gelée. — On remarquera que la selle ou plaque d'inclinaison du rail, dans le type du chemin de fer de Lyon, est fixée à la traverse par les taquets mêmes qui servent à fixer le rail. On simplifie ainsi la construction et on évite les rivets qui sont sujets à prendre du jeu. En Suisse et en Belgique, on emploie ces traverses avec deux mètres de longueur seulement, es l'on en est satisfait. La longueur des traverses en bois n'est en effet nécessaire que pour qu'elles ne se fendent pas sous l'action des crampons. On réalise ainsi une grande économie.

M. Langlois, de Dreux (fig. 16, pl. 209), emploie le fer Zorès dans sa forme primitive et revendique la priorité de l'idée de l'emploi de ce fer pour traverses de chemins de fer. Ces traverses sont aussi défavorables que possible comme point d'appui pour le rail, à cause de l'exiguïté de leur surface supérieure. Tout le poids d'un essieu de la locomotive reposant sur une si faible surface, le pied du rail sera entamé au bout de peu de temps, et la flexion du rail entre deux de ses appuis est d'autant plus forte que ceux-ci ont moins de largeur. En outre, ces traverses ne présentent pas par elles-mêmes au ballast la surface d'appui nécessaire; il faut leur ajouter des plateaux en tôle, qui augmentent d'autant leur prix de revient.

M. Barberot expose, avec son système bien connu de *tasseaux*, ou *serre-rails* en chêne, des *plateaux en fonte* à quille en croix, reliés entre eux par une tringle de fer rond, et destinés à remplacer les traverses en bois (fig. 17 et 18, pl. 109).

Aux joints il a des *serre-joints* ou griffes en fer, appuyant sur des éclisses courtes à un seul boulon, et se bifurquant de chaque côté de l'écrou de ce boulon, de manière à l'empêcher de se desserrer. Le corps de ce boulon est ovale dans le sens horizontal.

M. Desbrière expose une traverse en fer à I.

MM. Harel et Compagnie exposent des plateaux reliés par des entretoises en fer en U. (V. fig. 19, pl. 209).

En Belgique, nous avons quatre exposants de *traverses métalliques* : *MM. Legrand-Salkin*, à Mons; *MM. J. F. Jowa et Cie*, à Liége, les *Forges de Montigny-sur-Sambre*, et la Société anonyme de *Marcinelle-Couillet* :

Les *traverses métalliques de MM. Legrand-Salkin* sont de quatre types :

Les *traverses-coussinets* (fig. 20, pl. 209), et celles à *coussinets rapportés* (fig. 21, pl. 209) pour rails à double champignon; puis les *traverses à clef de serrage* d'une seule pièce (fig. 22 à 24, pl. 209), et celles à *dés métalliques*, c'est-à-dire formées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de deux tronçons] de traverse reliés entre eux par un fer à U, pour le rail Vignole (fig. 25, pl. 209).

La *clef de serrage*, employée dans ces deux derniers types, sert en même temps de plaque d'inclinaison pour le rail. Elle porte à sa surface deux plans inversement inclinés et deux lumières *ec'* (V. fig. 22), par lesquelles on introduit les crampons qui relient le rail à la traverse. Deux ou trois coups de marteau, dans un sens ou dans l'autre, suffisent pour opérer le serrage ou le desserrage des attaches du rail; on peut introduire ou enlever successivement chaque crampon, en faisant tomber l'une après l'autre chaque arête du patin dans la ligne de rencontre des deux plans inclinés. (V. fig. 23, pl. 209).

Quand par ce procédé on a *enlevé* les crampons, le rail peut être enlevé à son tour; quand, au contraire, on a *introduit* les crampons, il ne reste plus qu'à les serrer contre le patin du rail, en enfonçant la clef encore plus de l'extérieur à l'intérieur de la voie.

Les *dés métalliques* s'emploient à cause de leur bas prix, là où le ballast est très-consistant.

MM. J. F. Jowa et Compagnie exposent une *traverse en tôle ondulée* (V. fig. 26, pl. 209), qui, à roideur et à poids égaux, offre une plus grande surface d'appui sur le ballast que les fers tubulaires (trapézoïdaux). Elle a 2m.50 de longueur, 0m.26 d'assise et 5 millimètres d'épaisseur, et ne pèse que 30 kilog.

La plaque qui soutient le rail a sa surface inclinée vers l'axe de la voie, pour donner au rail son inclinaison; et l'attache du rail sur cette plaque s'effectue d'une manière aussi simple qu'ingénieuse : celle-ci porte deux ergots venus au laminoir, dont l'un, du côté de l'intérieur de la voie, est recourbé sur le patin du rail, et l'autre, un peu incliné, sert d'appui à une cale horizontale en queue d'aronde que l'on enfonce entre lui et un prisonnier à double crochet, qui retient le bord du patin du côté extérieur à la voie. — Le rail ne peut ainsi ni se déverser, ni s'écarter; il est comme encastré dans la plaque d'appui, et cependant on n'a pas de clavettes verticales pénétrant dans l'intérieur de la traverse et tendant à élargir leurs trous à cause de la faible surface d'appui que ceux-ci présentent. La plaque elle-même est rivée sur la traverse avec quatre rivets à têtes fraisées.

Les traverses que les *hauts-fourneaux de Montigny-sur-Sambre* exposent, ne sont autre chose que l'application en Belgique du système Vautherin.

La Société de Marcinelle-Couillet (directeur-gérant M. Smits) expose des *traverses en fer à I* de 0m.18 de largeur, qui lui ont rendu de grands services dans une voie en courbe et rampe, où les meilleures traverses en chêne ne duraient que deux ans (V. fig. 27, pl. 209).

En Angleterre, il n'y a que trois exposants de *voies métalliques* : *l'Economic-permanent-way-Company*, *Seaton et Compagnie*, et *Richardson*. — Ici ce ne sont plus des *traverses*, mais des *dés métalliques* (chairs sleepers) que l'on trouve, c'est-à-dire un *système mixte* entre les *traverses* et les *longrines*, composé de longrines ou de dés en fonte reliés entre eux par des entretoises.

L'*Economic-permanent-way-Company* expose *sa voie ferrée système Griffin*, qui est déjà connue et que nous représentons pl. 210. Les figures 28 et 30 représentent cette voie pour le rail à double champignon, et les figures 29 et 30 sont pour le rail Vignole.

On remarque que le rail à double champignon ne repose pas sur les coussinets ou *chairs*, par la surface de son champignon inférieur, mais bien par la face inférieure de son champignon supérieur : il est comme suspendu. — Les *chairs* ont de 0m.70 à 0m.80 de longueur; il y en a cinq ou six par rail de 6m.40,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et par suite leurs intervalles varient de 0m.37 à 0m.58, suivant l'importance du trafic auquel la voie est destinée. — Il n'y a ni boulons, ni chevilles, ni crampons, ni vis; les entretoises portent des crochets qui tombent dans une mortaise correspondante à l'intérieur des *chairs*, et elles sont maintenues par une clavette horizontale, qui les empêche de sortir de cette mortaise. — Pour le rail à double champignon, les mâchoires extérieures à la voie règnent sur toute la longueur des *chairs*; celles intérieures à la voie sont au milieu ou aux deux bouts des *chairs* suivant que l'on met une ou deux entretoises par *chairs*. Ces mâchoires sont dentelées pour empêcher les coins de sortir.

Pour le rail Vignole les mâchoires extérieures sont au milieu et n'occupent qu'un tiers de la longueur du *chair*, tandis qu'à l'intérieur les mâchoires sont toujours aux deux bouts du *chair*, même quand il n'y a qu'*une* entretoise. Aux joints on met toujours les deux mâchoires au milieu, pour remplacer l'éclisse (V. figures 30 et 31, pl. 210).

M. *Seaton*, de Londres, expose ses *chairs* en forme de segments de cylindres en fonte, soit pour le rail Vignole (V. fig. 32 et 33, pl. 210), soit avec son rail en forme de selle (V. fig. 34). — Ces tronçons de segments de cylindres sont placés sous les rails dans le sens de leur longueur, et sont reliés entre eux d'une file de rail à l'autre par des entretoises en fer plat. Ils sont placés sous le rail, soit jointifs, soit séparés les uns des autres par des intervalles variant selon les circonstances. — M. Seaton emploie le bois comme coussin, entre le rail et ses *chairs*; à cet effet, celles-ci portent une *entaille* longitudinale sur leur sommet.

Enfin *M. Richardson* expose un système fort ingénieux de *cloches* ou *disques* en fonte, *à cellules* (V. fig. 35 et 36 pl. 210), avec entretoises en cornières. Les nervures qui forment les cellules s'ouvrent dans le ballast, et l'eau de pluie coule facilement à travers ces cellules. Enfin, bien qu'elles aient un grand diamètre, et par suite une grande stabilité, ces cloches sont relativement légères.

En Allemagne, *Prusse et Wurtemberg*, il y a quatre exposants de *voies métalliques* : la *Société du chemin rhénan*, celle *des Mines et usines de Hoerde* (Westphalie), l'usine *Heinrichshütte*, près Hattingen (Westphalie), pour la Prusse, et *MM. Kostlin-Battig* dans le Wurtemberg.

Ici, ce ne sont ni des *traverses*, ni des *dés* métalliques que l'on rencontre, mais, comme nous l'avons vu plus haut, des rails, soit en une seule pièce, soit composés, reposant directement sur le ballast et formant une surface de roulement continue. — On désigne ce système brièvement sous le nom de *voie à longrines* ou à *rail composé*.

Prusse. — La voie exposée par la *Société du chemin de fer rhénan* est due à son directeur des travaux, *M. Hartwich*. Il eut l'idée d'établir le rail à patin directement sur le ballast, en augmentant sa hauteur, et par suite la roideur, ce qui répartit la pression sur une plus grande longueur de base; les deux rails sont reliés entr'eux par des entretoises en fer rond traversant leurs corps immédiatement au-dessous du champignon (fig. 37 et 38, pl. 210). Ce rail a 0m.235 de hauteur et 0m.124 de largeur au patin; il pèse 43 k. le mètre courant. — Il y a cinq entretoises par rail de 7m.50 : quatre sont immédiatement au-dessous du champignon; la cinquième, dans le milieu de la longueur du rail, est attachée près du patin. — Les extrémités de deux rails consécutifs sont reliées (fig. 38) : 1° par une plaque de joint de 0m.48 sur 0m.23, sur laquelle sont boulonnées des platines ou éclisses horizontales, qui encastrent les patins des rails, et 2° par de larges éclisses verticales à huit boulons. Les deux files de rails reposent sur deux fossés remplis de bon ballast dammé ou de pierres cassées, et sont en outre garnies de ballast ordinaire jusqu'à leur tête.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La *Société des mines et usines de Hoerde* expose *cinq* types de *voies à rail composé*, dont les quatre premiers lui ont été commandés par les chemins de fer du Brunswick et du Hanovre (fig. 39 à 46, pl. 211), et le cinquième est une combinaison à laquelle l'ingénieur de l'usine, M. Daelen, est arrivé à la suite des expériences faites dans la fabrication et après la pose des quatre premiers systèmes (fig. 47, pl. 211). On voit que tous ces types ne diffèrent les uns des autres que par les détails de construction ; ils sont tous composés : 1° *d'une longrine ou base du rail* en deux pièces ; 2° *du rail proprement dit*, formant la partie supérieure de la longueur ; et 3° *des entretoises*.

Les trous des boulons dans le rail et dans les branches inférieures des cornières, aux joints, sont ovalisés dans le sens de la largeur de la voie, pour permettre la dilatation ; les joints du rail proprement dit sont croisés avec ceux de sa base, et ceux-ci reçoivent un couvre-joint, de manière à avoir une surface de roulement aussi continue que possible et soutenue également en chacun de ses points.

Le type n° 2 ne diffère du type n° 1 que par ses dimensions et ses entretoises ; le n° 3 ne diffère à son tour du type n° 2 que par les rebords supérieurs de ses cornières, qui forment un entablement pour asseoir le rail, et par les clavettes à écrou qui remplacent les boulons, pour l'assemblage du rail à sa base. Le type n° 4, commandé par le chemin de fer du Hanovre, diffère du n° 3 principalement par la position des branches inférieures de ses cornières, qui sont inclinées de façon à enserrer le ballast entre elles, puis par une seconde rangée de boulons dans la partie verticale de la longrine au-dessous du rail, par les entretoises, qui sont des *fers plats* repliés en T à leurs extrémités, et enfin par les couvre-joints qui sont en fers à T, et forment nervures verticales dans le ballast.

Dans le type n° 5 on a évité la difficulté de fabrication, provenant de ce que les boulons du rail traversent trois pièces, en donnant à la tige du rail une forme qui lui permet de l'assembler à sa base, *sans la traverser* avec les boulons. — Ici les entretoises sont en fer à double T, et servent en même temps d'éclisses par leurs assemblages (fig. 48, pl. 211).

L'*usine de Heinrichshütte* expose une voie sur *longrines métalliques*, qui est très-employée dans le Nassau, et qui est due au conseiller *Hilf*. C'est un rail Vignole rivé sur un large fer en U à quille centrale.

Wurtemberg. — *MM. Koestlin-Battig*, ingénieurs de la Société des chemins de fer de l'État en Autriche, exposent leur voie métallique, dont le brevet date de 1861, et qui est exécutée depuis deux ans sur le chemin de fer d'Ellwangen à Wasseralfingen, dans le Wurtemberg, sur une longueur de 2 1/2 kilomètres.

Cette voie est aussi à *rail composé*, comme les précédentes (fig. 49 et 50, pl. 211) ; mais elle s'en distingue par une beaucoup plus grande simplicité de construction, et par de plus faibles dimensions verticales. En outre, les joints des deux cornières qui forment la base du même rail ne tombent pas ensemble sur le même couvre-joint ; ils se croisent entre eux et avec celui du rail. Il y a donc trois joints sur chaque longueur de rail, et à chacun de ces joints se trouve une entretoise formant en même temps couvre-joint. A cet effet, les entretoises sont en fer à T et sont repliées de manière à épouser la forme de la base du rail ; elles servent en même temps à maintenir l'écartement des deux branches inférieures des cornières, et à les empêcher de s'écarter ou de se redresser sous la pression du ballast. — Il y a trois entretoises pareilles par longueur de rail.

En Autriche. — *Théodore Steinmann*, ingénieur du chemin de fer du sud, expose une *traverse en fer à T* très-large, sur laquelle est placée une plaque d'inclinaison pour le rail Vignole. Cette plaque encastre le patin du rail, c'est-à-dire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle a des rebords à fleur de ce patin. Sur ces bords sont boulonnées deux éclisses horizontales. Il y a une lame de caoutchouc vulcanisé entre la traverse et la plaque d'appui, pour amortir les chocs et les trépidations des wagons et pour faciliter le serrage des boulons.

4° Application des voies précitées et résultats que l'on a obtenus.

Les *traverses de S. Ménans et Compagnie* ont été appliquées par la Compagnie du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée, sur la ligne de Besançon à Lons-le-Saulnier, et elle en a commandé 20,000 pour les chemins de fer algériens. Le chemin de fer du Nord en a posé aussi 5 kilomètres.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Ces traverses sont inoxydables comme les rails.

2° Le prisme de ballast, emprisonné dans leurs parois, se comprime sous le poids des locomotives, au point d'acquérir la cohésion et la dureté du meilleur macadam. Dans ces conditions, la traverse n'agit plus que comme une sorte de moule ou d'enveloppe du massif de ballast, qui en épouse complétement la forme, et par suite lui offre un appui parfait sur toute sa surface.

3° Grâce à sa forme trapézoïdale, la traverse en s'abaissant sous le poids des trains enserre puissamment le trapèze de ballast, et produit le long des parois latérales un frottement énergique qui s'oppose au déplacement de la traverse dans les courbes.

4° Le mode d'attache laisse peut-être encore quelque chose à désirer, quoiqu'il ait été déjà notablement amélioré par les ingénieurs du chemin de fer de Lyon. Les bords des mortaises pratiquées dans l'épaisseur du fer ont une tendance à s'agrandir par suite de l'usure des bords contre les pièces d'attache.

Les *traverses Langlois* ont été employées pour l'établissement du chemin de fer des abattoirs généraux de la Villette, ainsi que sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), et de Paris-Lyon, où 350 traverses sont posées depuis 1862, dans des courbes et sur des voies de manœuvres, c'est-à-dire dans les conditions les plus défavorables, sans qu'aucun déplacement ne se soit fait sentir, et sans qu'il ait été besoin d'en relever une seule.

L'ancienne *voie Barberot*, sur traverses en bois, a été appliquée sur 163 kilomètres en France et sur 36 kilomètres en Égypte. Elle a donné d'excellents résultats, et occasionne une économie notable dans l'entretien du rail à double champignon, qu'elle conserve en parfait état, de sorte qu'on peut le retourner. — L'action des serre-rails est si énergique que sur le chemin de fer de Beuzeville à Fécamp (Ouest), les rails ne se sont pas déplacés, quoiqu'il n'y eût point d'éclisses, et malgré une pente de 17 millimètres. Nous ne connaissons pas d'applications du *nouveau système à plateau en fonte* et à serre-joints de M. Barberot, mais il y a tout lieu de croire qu'il se comportera *au moins* aussi bien que son ancienne voie.

Les *traverses plateaux de MM. Harel et Compagnie* n'ont été appliquées que sur une très-petite échelle à titre d'essai. MM. Harel et Compagnie voient surtout dans ce système un moyen de réaliser de grandes économies sur la *largeur* du terrain, des déblais et des remblais, et sur la quantité de ballast nécessaire pour enterrer les traverses de la voie ordinaire.

Les *traverses de MM. Legrand-Salkin* sont employées par le chemin de fer du Nord français, qui a fait une commande de 6,000 pièces, ainsi que par la ligne du Centre et le Grand-Central belge, qui en ont aussi fait des commandes. En outre, l'État belge vient d'entrer en rapport avec MM. Legrand-Salkin pour des livraisons importantes de ces traverses.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la France, l'exploitation de ces traverses métalliques avec leurs systèmes d'attache est réservée aux forges du Creusot, par contrat passé récemment avec M. Schneider.

Les résultats obtenus avec ces traverses sont très-favorables, eu égard particulièrement à la forme de la traverse qui moule le ballast et lui donne une telle consistance que, lorsqu'il faut le rompre pour des réfections quelconques, il faut user de la pioche, et aussi à cause de la simplicité de l'attache du rail Vignole, qui ne se compose que de trois éléments: une clef et deux prisonniers. Les coussinets en fer à U repliés pour les rails à double champignon rendent aussi de bons services par leur durée et leur élasticité.

Les *traverses en tôle ondulée, de MM. J.-F. Jowa et Compagnie*, sont d'invention très-récente, et ont cependant déjà été appliquées sur le chemin de fer de Liége à Maestricht et sur celui de Liége à Hasselt. On ne peut encore rien dire de concluant sur les résultats obtenus, parce qu'il y a trop peu de temps que les essais sont faits; mais jusqu'à présent on en est très-satisfait. Cette traverse a l'avantage, à poids égal, d'offrir une grande surface d'appui sur le ballast. L'attache du rail, surtout, se recommande par sa simplicité et sa solidité : le rail est comme encastré sur la traverse ; il n'y a point de clavette verticale pénétrant dans la traverse et tendant à user son trou.

Les *hauts-fourneaux de Montigny-sur-Sambre* viennent de livrer 15,000 traverses, système Vautherin, au chemin de fer du Grand-Central et à la Société générale d'exploitation. Cette dernière a décidé en principe l'emploi général des traverses en fer. Une partie de ces traverses est à longueur variable : soit pour une paire de rails de $6^{m}.20$, une traverse de joint de $2^{m}.40$, deux de contre-joint de $2^{m}.20$ et quatre intermédiaires de $2^{m}.00$. Cette longueur réduite est employée depuis deux ans en Suisse, et l'on en est très-satisfait. Elle permet de réduire notablement le prix de revient des traverses, ainsi que la largeur de la couche de ballast.

La *voie système Griffin* a été appliquée sur le chemin de fer de Londres-Chatam et Douvres, et de Londres South-Western, puis sur le Central-Argentin (400 kilomètres), le Central-Urugay et d'autres chemins de fer à la Plata, enfin sur le Paraguay-Street (Brésil) de 400 kilomètres.

Cette voie se distingue par la facilité de sa pose, par sa stabilité, par la faculté de la poser sans inconvénients sur du ballast de mauvaise qualité, et par la plus grande durée des rails. Cette plus grande durée a été constatée sur le Great-Northern, où, malgré leur faiblesse relative, ils durèrent deux fois plus longtemps que les rails de la voie ordinaire qui avaient été mis à la même place auparavant. La Compagnie du Permanent-way explique ce résultat par le fait que les parties non soutenues étant, dans le système ordinaire, beaucoup plus longues que les parties soutenues, les ondulations, au passage des trains, sont plus marquées, et, par suite, les chocs des bandages des roues sur le rail aux points d'appuis, plus violents. Dans la voie Griffin, au contraire, au lieu de n'avoir qu'un huitième de la longueur du rail soutenu, on en a les deux tiers. Les ondulations du rail seront donc insensibles.

La *voie à chairs cellulaires, système Richardson*, est en cours d'exécution sur le chemin de fer souterrain de Londres, «Metropolitan-Railway», mais on ne peut pas encore en citer les résultats.

Les premiers essais de la *voie Hartwich* furent faits en 1865, avec un rail à patin de $0^{m}.288$ de hauteur, sur la ligne de Coblentz à Oberlahnstein et sur celle de Méchernich à Call, dans une courbe de 750 mètres de rayon et une rampe de 1 : 70 ($0^{m}.014$). On l'établit ensuite avec un rail de $0^{m}.235$ sur la ligne de Kempen à Kaldenkirchen, longue de 19 kilomètres, qui va être livrée à l'exploi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tation. Enfin elle est en voie d'exécution sur une partie de la nouvelle ligne, que construit la Société de Cologne à Minden, et qui reliera directement Berlin à Paris.

Les résultats de ces essais ont été très-satisfaisants : ils ont démontré que les frais d'entretien sont extrêmement modérés. Sur la ligne de Kempen à Kalden-Kirchen, tout le ballast a dû être amené sur la voie définitive depuis un bout de la ligne. Il en résulte que pendant six mois d'automne et d'hiver, il a circulé sur cette voie, sur une longueur minima de 7 kilomètres, vingt trains de ballast (dix pleins dans un sens et dix vides dans l'autre) par jour pour lesquels on employait les plus fortes locomotives de la Société[1], sans que l'on ait eu à relever la voie davantage que cela n'a lieu, même dans des circonstances plus favorables, pour la voie ordinaire.

Les *trois premiers types de la voie Hoerde* ont été exécutés sur le chemin de fer du Brunswick, le quatrième sur celui du Hanovre, sur une largeur totale d'environ 4,000 mètres. Le cinquième type doit être établi d'un commun accord sur une assez grande longueur de la nouvelle ligne reliant Berlin à Paris, partie par le chemin de fer du Hanovre, partie par celui de Cologne-Minden.

Deux de ces voies, les types n° 1 et 2, sont posées depuis trois ans, la moitié dans du bon ballast, et l'autre moitié dans un mauvais ballast (peu perméable). Les autres types sont posés depuis un et deux ans. Quoiqu'il passe sur toutes ces voies plus de trente trains par jour, dont quelques-uns à grande vitesse et d'autres de marchandises très-lourds, aucune de ces voies n'a bougé, ni présenté aucune espèce d'inconvénients. Elles n'ont pas demandé autant de premier entretien que les autres parties de la voie, surtout en hiver : par une gelée prolongée, ces voies ont parfaitement bien tenu. Le bourrage et le relevage de ces voies s'effectuent facilement. Les rivets n'ont point pris de jeu, mais par contre les boulons ont dû être resserrés de temps en temps, comme les éclisses ordinaires. Cependant les quatre premiers types ont présenté des difficultés de fabrication qui ont considérablement augmenté le prix de premier établissement. Dans le cinquième on a évité en grande partie ces difficultés.

Le roulement sur ces voies est beaucoup plus régulier et uniforme que sur la voie à traverses, quoique peut-être un peu plus dur. On peut comparer la différence entre le roulement d'un train sur ces voies et celui sur la voie ordinaire, à celle qui existe entre le mouvement d'un traîneau et celui d'une voiture à ressorts sur le pavé. Les chocs aux joints sont à peine perceptibles.

La *voie de MM. Koestlin et Lattig* a été appliquée en 1865 sur une longueur de deux kilomètres et demi. Les résultats obtenus sont les mêmes que ceux que nous venons de citer pour les *voies de Hoerde*. Nous citerons un rapport sur l'essai de cette voie par la commission de réception :

« .... Le ballast n'était pas encore complet, la voie reposait sur la plus grande « partie de son parcours, simplement sur le ballast, sans aucun appui latéral. « On ne ressentit cependant aucune secousse, ni aucune oscillation pouvant « faire présumer un déplacement du rail, et le sable fin, que l'on avait semé « exprès sur les branches horizontales du rail, se trouva, dans l'examen que l'on « fit au retour, ne pas avoir bougé, ce qui prouverait une absence absolue de « trépidation. Tous les fers qui font partie de cette voie se sont laminés facile- « ment. Les cornières à branches inégales, qui forment la base du rail, se défor- « maient seulement un peu en sortant de la dernière cannelure. On y a remédié « en retournant les barres plusieurs fois dans les cannelures ébaucheuses. La « pose se fait très-facilement, même dans les courbes. Dans les courbes au-dessus

1. Locomotives à six roues couplées, pesant 38 tonnes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« de 600 mètres de rayon, les joints suffisent pour établir la différence de lon-
« gueur entre les deux files de rails, et il n'est pas nécessaire de cintrer les cor-
« nières. Cependant les rails n'affectent pas, comme on le craignait, une forme
« polygonale, à cause du croisement des joints. Comme il y a du jeu, le rail est
« introduit sans difficulté dans l'ornière, puis le tout s'arrondit par le serrage
« des boulons. Dans les courbes au-dessous de 600 mètres de rayon, il faut rac-
« courcir un peu les rails et les cornières intérieures, ce qui est facile à faire
« d'avance à l'usine, puisque l'on y connaît la longueur et le rayon de toutes les
« courbes. »

5° Poids et prix des principales voies précitées.

Voici un aperçu succinct *du poids* et *des prix* respectifs des *principales* voies métalliques que nous venons de décrire, tels qu'ils sont donnés par les fabricants.

Les traverses Ménans, type Lyon, pèsent 14 kilog. le mètre courant, y compris les moyens d'attache, et reviennent, avec 2m.40 de largeur, à	9 fr.	65
Celles du *type Nord*, avec 2m.40 de long, reviennent à.	9	00
Le système Barberot, avec plateaux en fonte, sans les rails, pèse 67 kilog. le mètre courant, et revient par mètre courant, y compris la pose, à	13	76
Les traverses à coussinets rapportés, de MM. *Legrand-Salkin*, pèsent 41 kilog. pour une longueur de 2m.40, et reviennent, en Belgique, à	9	32
Leurs *traverses à clef* coûtent, en Belgique.	8	10
Et celles à *dés métalliques*.	6	20
Les traverses Jowa pèsent 30 kilog. pièce et reviennent, avec plaque et attache, pour une longueur de 2m.40, à.	9	00
Les traverses de Montigny-sur-Sambre pèsent, sans leurs accessoires, 12k.50 par mètre courant et reviennent, avec leurs accessoires, pour une longueur de 2 mètres, pour rail Vignole, à	6	32
et pour rail à double champignon...	7	84
Pour chaque augmentation de longueur de 0m.10, elles coûtent 0f.27 1/2 de plus.		
Les chairs système Griffin pèsent de 27 à 30 kilog. pièce, et les rails de 20 à 31 kilog. le mètre courant, suivant le trafic auquel la voie est destinée. Avec six *chairs* de 32 kilog. par rail et des rails de 26 kilog. le mètre courant, *pour rail à double champignon*, cette voie coûte, en Angleterre, par mètre courant.	20	20
et pour rail Vignole.	17	75
Les chairs Richardson pèsent 38 kilog. pièce, et le rail 21k.74 le mètre courant ; il y a sept *chairs* par rail de 6m.40. Cette voie revient par mètre courant à.	20	30
La voie Hartwich pèse 98 kilog. le mètre courant, et a coûté, à raison de 27 fr. les 100 kilog. par mètre courant.	27	20
La voie de Hoerde, type n° 2, pèse 147 kilog. le mètre courant et a coûté, à raison de 33 fr. les 100 kilog.	48	50
La voie de Hoerde, type n° 3, pèse 136 kilog. le mètre courant, et a coûté, à raison de 33 fr. 80 les 100 kilog.	46	00
La voie Rostlin-Battig pèse 113 kilog. le mètre courant, et a coûté, à raison de 33 fr. 60 les 100 kilog.	38	00

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE TROISIÈME.

COMPARAISON DES PRIX DE REVIENT, ET DE LA DURÉE OU DU COUT D'ENTRETIEN DES SYSTÈMES DE VOIES A SUPPORT MÉTALLIQUES PRÉCITÉS, ENTRE EUX ET AVEC LA VOIE ORDINAIRE.

Pour établir cette comparaison nous avons été obligé d'admettre partout les mêmes prix d'unité. Nous avons supposé également les rails en fer partout, parce que la durée des rails en acier n'est pas encore suffisamment connue. L'emploi de l'acier serait relativement avantageux pour certains de ces systèmes (longrines), parce qu'il ne donnerait qu'une légère augmentation du prix de revient, mais il ne le sera pas, comme nous le verrons, d'une manière *absolue*, et surtout pas pour les voies dont le rail pèse 35 kilog. le mètre courant. Tout dépend, du reste, de la durée de ces rails, qui est encore inconnue.

	Les 100 kil.
Nous avons pris, pour *prix moyen des rails en fer*.	18 fr.
Pour les *fers laminés du commerce* de fortes dimensions.	20
Id. Id. faibles Id. . . . . et pour couvre-joints, éclisses, plaques d'appui, etc.	25
Pour les fers cornières à branches inégales	22
Pour les fers laminés spéciaux.	24
Pour les crampons, tire-fonds, tringles et griffes	30
Pour boulons.	40
Pour supports en fonte.	14
Pour traverses de joints sabotées.	8
— intermédiaires sabotées	6

1° Coût de la construction (non compris la pose mais y compris le ballast).

	Par kilomètre
Voie ordinaire, avec rails à double champignon de 35 kilog.	29,260 fr.
— avec rails Vignole de 35 kilog.	27,122
Voie Ménans (type Lyon), avec rails Vignole de 35 kilog..	28,580
— (type Nord) —	28,000
Voie Barberot, avec rails à double champignon de 35 kilog.	29,824
Voie Legrand-Salkin, traverses à coussinets rapportés, et rails à double champignon de 35 kilog.	29,620
Voie Legrand-Salkin, traverses à clef de serrage et rails Vignole de 35 kilog	28,180
Voie Legrand-Salkin, traverses à dés métalliques et rails Vignole de 35 kilog	26,080
Voie J.-F. Jowa et C^e^., traverses en tôle ondulée et rails Vignole de 35 kilog.	28,280
Voie de Montigny-sur-Sambre, avec traverses de 2 mètres et des rails Vignole. de 35 kilog	27,080
Voie Hartwich, avec rails de 43 kilog.	24,218
Voie Hoerde (type n° 5), avec rails de 17^k^.5.	33,294
Voie Koestlin-Battig, avec rails de 17^k^.2..	26,969
Voie Griffin, avec rails à double champignon de 29^k^.7	27,063
— avec rails Vignoles de 26 kilog	24,740
Voie Richardson, avec rails à double champignon de 21^k^.7.	27,492

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2° **Coût de l'entretien** (en ce qui concerne seulement les renouvellements et leur main-d'œuvre), ou *coût des renouvellements par kilomètre et par an* [1].

Voie ordinaire, avec rails à double champignon. 1/10 des traverses en bois et des coins, 1/15 des rails, 1/20 des chevilles et coussinets et 1/30 des accessoires (éclisses et boulons) renouvelés, déduction faite de la vente des vieux matériaux.	1,519 fr.
Voie ordinaire, avec rails Vignole, 1/10 des traverses en bois, 1/15 des rails, 1/20 des crampons ou tire-fonds, et 1/30 des accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	1,495
Voie Ménans (type Lyon). 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	822
Voie Ménans (type Nord). 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	807
Voie Barberot, avec plateaux en fonte et rails à double champignon. 1/10 des tasseaux et semelles en bois, 1/20 des rails (dix ans sur chaque champignon), et 1/30 des plateaux entre-toises, etc., renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux	811
Voie Legrand-Salkin. Traverses à coussinets rapportés, pour rail à double champignon, 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux. . . .	856
Voie Legrand-Salkin. Traverses à clef de serrage pour rails Vignole, 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux	814
Voie Legrand-Salkin. Traverses à dés métalliques pour rails Vignole, 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	773
Voie J.-F. Jowa et Compagnie. Traverses en tôle ondulée pour rails Vignole, 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux	817
Voie de Montigny-sur-Sambre, avec traverses de 2 mètres. 1/15 des rails et 1/30 des traverses et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	793
Voie Hartwich. Rails de 43 kilogrammes, 1/15 de rails et 1/30 des entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	856
Voie Hoerde (type n° 5). 1/15 des rails et 1/30 des longrines, entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite des anciens matériaux.	822
Voie Koestlin-Battig. 1/15 des rails, 1/30 des longrines, entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux.	696

1. Nous supposons les *traverses en bois* renouvelées tous les dix ans, les *rails* tous les quinze ans et les *traverses*, *entretoises* et *longrines métalliques*, qui forment la partie permanente de la voie, c'est-à-dire celle qui n'éprouve pas d'usure, tous les trente ans. — Ces suppositions sont plutôt favorables à la voie ordinaire, car, comme nous l'avons vu, les traverses en bois durent plutôt huit ans que dix, les rails plutôt douze ans que quinze, et par contre les traverses, entretoises, etc., en fer, dureront plutôt quarante ans que trente.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Voie Griffin, avec rail à double champignon. 1/20 des rails (dix ans sur chaque champignon), 1/25 des *chairs* et 1/30 des entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux. 831

Voie Griffin, avec rails Vignole. 1/15 des rails, 1/25 des *chairs*, et 1/30 des entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux 830

Voie Richardson (rail à double champignon). 1/10 des coins, 1/10 des rails (en les retournant), 1/25 des *chairs*, et 1/30 des entretoises et accessoires renouvelés, déduction faite de la vente des anciens matériaux. 835

D'après ces calculs, ce serait *la voie Hartwich, le rail formant longrine*, qui serait la plus économique de première installation, et *la voie à rail composé de Koestlin-Battig*, qui donnerait la plus grande économie d'entretien.

Nous avons dû tenir compte des dépenses, telles que *ballast et main-d'œuvre d'entretien*, pour ce qui concerne les renouvellements, qui ne sont évidemment pas identiques pour tous les systèmes, ainsi que *des intérêts composés*, tant des frais de construction que de ceux d'entretien comptés pendant un certain nombre d'années.

Il est évident, en effet, que la main-d'œuvre de l'entretien diminuera à mesure que la durée relative de la matière employée dans la voie augmentera, et qu'elle donnera lieu à une nouvelle économie en faveur des voies métalliques comparées à la voie ordinaire sur traverses en bois. Quant aux frais de *pose, de premier bourrage et de relevage de la voie*, nous ne pouvons faire mieux que de les supposer les mêmes (comme le prouve du reste l'expérience) pour *tous* les systèmes de voie et en faire abstraction.

Quant au ballast, nous devons signaler la faculté que présentent les systèmes *à longrines métalliques et mixtes*, de n'en mettre que sous les deux files de rails, dans deux fossés de $0^m.60$ de largeur moyenne, sur $0^m.30$ de profondeur environ, que l'on met au besoin en communication de distance en distance, par des carneaux ou des drains, avec les talus de remblais.

Ces deux fossés sont remplis au fond de cailloux cassés et de ballast ou de gravier par-dessus et le rail est enterré dans ce dernier, de façon à ce que le dessous de son champignon affleure le niveau du ballast ainsi que la plate-forme des terrassements. A l'endroit où se trouve une entretoise, on réunit les deux grands fossés remplis de ballast par un petit fossé transversal rempli également de ballast, pour préserver l'entretoise de l'humidité.

On a donc 0.60 mètre cube de ballast par mètre courant, au lieu de 2 mètres cubes que l'on emploie pour les voies sur traverses. En ne comptant le mètre cube de ballast qu'à 3 francs, et défalquant 2 fr. 20 pour le surplus de remblai (souvent compensé par le déblai en moins), et pour la main-d'œuvre des fossés, il reste 2 francs d'économie par mètre courant de voie, en faveur des longrines et systèmes mixtes. Quant à la main-d'œuvre pour *les renouvellements*, nous l'avons évaluée à 2 fr. 40 par mètre courant de voie, pour les traverses et longrines, y compris le transport et le barrage jusqu'à complète reconsolidation, à 1 fr. 20 par mètre courant de voie pour les rails. Pour le *retournement* des rails à double champignon, nous avons compté 0 fr. 60 par mètre courant de voie.

Nous présentons ci-dessous un tableau comparatif des dépenses absolues des principales des voies ci-dessus décrites, au bout de 60 ans d'exercice, dans lequel les voies sont rangées par ordre de plus grande économie relative.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLEAU 1. COMPARAISON DE DIVERS SYSTÈMES DE VOIES.

DÉSIGNATION des SYSTÈMES DE VOIES.	COUT de la construction par kilomètre, y compris le ballast, mais non compris la pose.	COUT de l'entretien par kilomètre et par an, en ce qui concerne les renouvellements et leur main-d'œuvre.	TOTAL des dépenses des colonnes I et II par kilomètre, au bout de 60 ans, avec les intérêts composés.	Économie totale réalisée, par kilomètre et au bout de 60 ans, sur la voie ordinaire.	
				à double champignon.	à rails Vignole.
	I fr.	II fr.	III fr.	IV fr.	V fr.
Voie *Koestlin-Battig*.....	26.969	696	737.442	319.115	247.619
— *Système Griffin*, avec rails Vignole.....	24.740	830	740.310	317.590	244.751
— *Hartwich*.....	24.218	856	740.817	315.740	244.244
— *de Montigny-sur-Sambre* (traverse de 2 mètr.).	27.080	793	772.121	274.436	212.940
— *Jowa*, à rails Vignole..	28.280	817	802.555	254.002	182.566
— *Legrand-Salkin*, traverse à clef.....	28.180	814	798.721	257.836	186.340
— *Ménans* (type Lyon)...	28.580	822	809.879	246.678	175.182
— *Barberot*, rail à double champignon.....	29.824	807	828.079	228.478	156.982
— *Legrand-Salkin*, traverse à coussinets...	29.620	856	840.723	215.834	144.338
— *Hoerde*, type n° 5....	33.294	822	897.892	158.665	87.169
— *ordinaire*, à rails Vignole.....	27.122	1.425	985.061	71.496	»
— *ordinaire*, à rail à double champignon....	29.260	1.519	1.056.557	»	»

On voit donc que c'est la voie à rail composé et à longrines Koestlin-Battig, qui est la plus économique. Bien que la voie système Griffin vienne ensuite, nous ne saurions la recommander d'une manière absolue, parce que ses entretoises et leur attache sur les *chairs* ne sont pas assez rigides. Les *chairs*, ou tronçons de longrines, séparés les uns des autres, ont besoin d'être mieux reliés entre eux d'une file de rails à l'autre. En outre, ces *chairs* sont en fonte, par suite sujets à se casser sous l'action de la batte et des pinces pendant la pose et l'entretien. Enfin, dans le cas d'un déraillement, ils présentent le même inconvénient que les traverses métalliques en fer creux, savoir d'offrir aux roues des obstacles, et d'occasionner par suite des chocs successifs qui abîment les traverses et détériorent le matériel roulant ; tandis que les voies à longrines présentent aux roues, à droite et à gauche du rail, soit des surfaces métalliques non interrompues sur lesquelles elles continueront à rouler sans éprouver de chocs, ni causer de dégâts, soit des entretoises très-légères, qui se rompront au premier choc et seront faciles à remplacer. Si les roues pénètrent plus avant dans l'intérieur de la voie, elles y trouveront soit ces mêmes entretoises légères dont nous venons de parler, soit des entretoises très-rigides, enterrées profondément dans le ballast et placées à de grandes distances les unes des autres.

Au moment où nous écrivons ces lignes, nous recevons une lettre de M. Hartwich, qui confirme ce que nous venons de dire. Par suite de la rupture d'un essieu, huit wagons, chargés de 10,000 kilog. de houille chacun, déraillèrent dernièrement sur la ligne de Kempen à Kaldenkirchen. Il n'y eut d'autres dégâts que quelques entretoises rompues; l'écartement des rails ne varia point, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les réparations purent être faites aussi rapidement qu'avec des traverses en bois. M. Hartwich annonce en outre, dans cette lettre, que l'on a constaté sur cette voie une diminution de 8 à 10 p. 100 de l'effort de traction, sur celui qui a lieu sur la voie ordinaire [1].

Si, dans le tableau ci-dessus, nous n'avions pas tenu compte du ballast, l'ordre des voies, d'après la plus grande économie, serait resté le même, sauf que la voie de Montigny-sur-Sambre serait venue entre la voie Griffin et celle de Koestlin-Battig. Mais il est à remarquer que cette voie ne doit son extrême économie qu'à cette circonstance, que les traverses n'ont que 2 mètres de longueur.

Il ne nous reste plus qu'à examiner quelle serait l'influence de l'emploi de l'acier Bessemer, au lieu du fer, pour les rails de tous les systèmes de voies précités sur l'économie relative des principaux de ces systèmes. Cette recherche est essentielle pour vérifier jusqu'à quel point on a raison de remplacer les rails en fer, même ceux de 35 à 40 kilog., par des rails en acier.

En supposant que les rails en acier Bessemer coûtent 30 francs les 100 kilog., qu'ils durent quatre fois plus que les rails en fer coûtant 18 francs les 100 kilog. [2], et qu'on revende les vieux rails d'acier usés à raison de 12 fr. par 100 kil., on obtient, pour un trafic qui userait les rails en fer en sept ans et demi, le tableau n° 2 ci-dessous des économies relatives des voies avec rails d'acier sur les voies munies de rails de fer.

TABLEAU 2. COMPARAISON DES RAILS EN FER AVEC LES RAILS EN ACIER.

DÉSIGNATION des SYSTÈMES DE VOIES.	RAILS EN FER DURANT SEPT ANS ET DEMI.			
	TOTAUX des frais de construction y compris le ballast, mais non compris la pose par kilomètre.	TOTAUX des frais d'entretien par kilomètre et par an, en ce qui concerne les renouvellements et leur main-d'œuvre.	TOTAUX des frais de construction et d'entretien par kilomètre, au bout de 60 ans, avec intérêts composés.	ÉCONOMIE totale réalisée au bout de 60 ans, par kilomètre, sur la voie ordinaire à rails Vignole.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Voie *Koestlin-Battig*	26.969	1.006	841.574	326.905
— *Hartwich*	24.218	1.575	980.217	188.262
— *de Montigny-sur-Sambre* (traverse de 2 mètres).	27.080	1.339	955.468	213.011
— *Ménans* (type Nord)	28.000	1.357	978.698	189.781
— *de Hoerde* (type n° 3)	33.294	1.135	1.003.038	165.441
— ordinaire à rails Vignole	27.122	1.971	1.168.479	»

1. Il a été reconnu avantageux de disposer le ballast, sous le rail, en trois couches fortement damées.

2. D'après des expériences faites sur le chemin de fer London and North-Western, M. Johnson admet pour les rails en acier, coûtant 38 francs les 100 kilog., une durée sextuple (3 : 20) de celle des rails en fer de 20 francs les 100 kilog.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATION des SYSTÈMES DE VOIES.	RAILS EN ACIER DURANT TRENTE ANS. TOTAUX des frais de construction y compris le ballast, mais non compris la pose par kilomètre.	TOTAUX des frais d'entretien par kilomètre et par an, en ce qui concerne les renouvellements et leur main-d'œuvre.	TOTAUX des frais de construction et d'entretien par kilomètre, au bout de 60 ans, avec intérêts composés.	ÉCONOMIE totale réalisée au bout de 60 ans par kilomètre sur la voie ordinaire, à rails Vignole.	ÉCONOMIE relative réalisée par l'emploi de rails en acier sur les mêmes voies avec rails en fer par kilomètre au bout de 60 ans.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Voie *Koestlin-Battig*	31.109	633	793.652	319.170	47.922
— *Hartwich*	34.637	718	888.095	224.727	92.122
— *de Montigny-sur-Sambre* (traverse de 2 mètres).	35.480	706	899.813	213.009	55.655
— *Ménaus* (type Nord)	36.400	724	923.042	189.780	55.656
— *de Hoerde* (type n° 3)	37.494	759	955.230	157.592	47.808
— ordinaire à rails Vignole	35.522	1.338	1.112.822		55.657

Le tableau n° 2 fait ressortir une économie notable en faveur des voies avec rails en acier, au bout de soixante ans d'exercice. Cette économie relative augmente naturellement à mesure que le trafic s'accroît, c'est-à-dire à mesure que la durée des rails diminue. On voit en même temps, par le tableau, que cette économie provient seulement de l'entretien ; et c'est d'après la différence qui existe entre l'entretien annuel des rails en fer et l'entretien des rails en acier, qu'on pourra voir, suivant les capitaux dont on dispose et le nombre d'années d'entretien qui incombe à la Compagnie, si l'on a avantage à établir la voie avec rails en acier, et à supporter le surcroît du coût d'installation qui en résulte.

On voit encore, par la comparaison de ce tableau avec le tableau n° 1, qu'au fur et à mesure de l'augmentation du trafic, et par suite de l'augmentation relativement plus rapide de l'usure des rails en fer, l'économie des voies à *petits rails* (à supports continus) sur la voie ordinaire, augmente, tandis que l'économie des voies à gros rails (sur traverses métalliques) diminue : donc plus le trafic d'une ligne sera considérable, plus les voies sur longrines (à rails composés) seront avantageuses.

J. SAMBUC,
Ingénieur civil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MATÉRIEL FIXE DES CHEMINS DE FER [1]

PAR M. J. MORANDIÈRE.

(Planche 219.)

CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIES. — GRUES. — SIGNAUX.

CHAPITRE PREMIER.

CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIES.

L'Exposition ne présentait rien de nouveau comme système sous ce rapport ; on y voyait les diverses combinaisons connues d'aiguilles ou de croisements composés soit de pièces de rechange nombreuses boulonnées ensemble, soit d'un petit nombre de pièces montées sur une plaque générale, soit enfin de croisements d'une seule pièce coulée en fonte, en acier fondu ou en métal Bessemer.

L'attention s'est portée, surtout ces dernières années, sur le choix des métaux, au point de vue de l'augmentation de la durée, et c'est comme spécimen de fabrication, et non comme système, que l'on voyait à l'Exposition divers modèles de croisements ou aiguilles.

Il nous suffira donc d'en mentionner quelques-uns, en les classant par nature de produits.

A. Croisements en fonte coulée en coquille et très-dure :

MM. — Forges d'Audincourt (France) ; J. Bergeron (France) ; Boigues-Rambourg et C^e^ (France) ; Regniers et C^e^ (Hollande) ; A. Gruson (Prusse) ; Usine royale de Konigsbronn (Wurtemberg) ; A. Ganz (Autriche) ; T. G. Neher (Suisse).

B. Pièces de croisement en fer cémenté.

Al. Leseigneur (France).

C. Pièces en acier puddlé.

Ateliers d'Oullins, de la Compagnie P. L. M. (France).

D. Pièces en acier Bessemer.

Aciéries d'Imphy (France) ; Van der Elst et C^e^ (Belgique) ; usine de Hoerde (Prusse) ; atelier de Graz, de la Compagnie du Sud autrichien (Autriche).

E. Pièces en acier fondu au creuset.

Coutant (France) ; E. Martin (France) ; Petin-Gaudet (France) ; usine de Bochum (Prusse) ; usine de Doblen (Saxe).

1. Voir aussi *Annales du Génie civil*, n° de juin 1868.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHAPITRE DEUXIÈME.

GRUES, APPAREILS DE TRANSBORDEMENT, DE PESAGE ET DIVERS.

Les grues dont on se sert dans les chemins de fer ne diffèrent pas de celles dont on se sert dans l'industrie, aussi beaucoup sont-elles, à l'Exposition, rangées dans la classe 53, *Machines et appareils de la mécanique générale*, où elles sont à leur véritable place; nous renvoyons donc au chapitre spécial des *Études* pour leur description de détail.

Les grues roulantes destinées à accompagner les trains, font partie du matériel roulant; sauf le bâti, ce sont néanmoins des grues ordinaires.

Des grues montées sur roues, mais ne pouvant accompagner les trains, sont très-employées dans les chemins de fer, soit dans les ateliers, soit dans les gares à marchandises et dans les ports. On remarquait entre autres à l'Exposition :

1° La grue de l'usine de Maubeuge, où le contre-poids, attaché à l'une des extrémités de la chaîne de levage, se déplace, par l'effort du fardeau à soulever, sur un plan incliné, établi suivant une courbure calculée de manière à lui faire prendre automatiquement la position d'équilibre convenable.

2° La grue à vapeur de M. Chrétien, où le piston agit directement sur la chaîne, et est contenu dans la flèche même de la grue arrangée en forme de cylindre (*Annales du Génie civil*, 1863).

3° La grue à vapeur de la Société du matériel de Belgique (directeur M. Ch. Evrard).

4° Une collection de grues à vapeur anglaises de forces diverses.

Nous signalerons aussi des dessins représentant l'installation des grues hydrauliques à la gare des marchandises de La Râpée (Compagnie de Lyon). Dans ces appareils dûs à sir William Armstrong, de Newcastle, l'eau, refoulée par une pompe à vapeur dans un accumulateur de pression chargé à 50 atmosphères, remplit une conduite principale sur laquelle sont branchées des conduites secondaires desservant les pistons de chaque grue ou de chaque élévateur.

Enfin citons, pour terminer, la grande grue ou plutôt le grand treuil à vapeur roulant, destiné à la manutention des pierres de taille, construit par M. Quillacq d'Anzin, et dont on peut voir tous les jours quelques spécimens en fonctionnement régulier à la gare spéciale des pierres du chemin de fer du Nord.

Dans la section de Belgique, on voyait exposé un appareil de M. Dincq-Jordan destiné au transbordement des wagons de charbon ou des marchandises en vrac dans les charettes ou dans les bateaux. C'est une sorte de grand verseur disposé à un étage plus élevé que celui où arrivent les charettes, ou disposé près du bord du canal, et tout-à-fait analogue à celui qui a été décrit dans les *Annales du Génie civil*, année 1864.

Appareils de pesage. — Les principaux constructeurs d'appareils de pesage, en France ou à l'étranger, avaient exposé des spécimens de leurs appareils tant pour peser les wagons que pour repartir la charge des locomotives.

Nous signalerons seulement un appareil de provenance américaine, dû à M. Erhardt, et se composant d'une sorte de romaine prenant son point d'appui sur le rail. En plaçant un de ces appareils sous chaque roue d'un wagon ou d'une machine, on obtient le poids et la répartition sans qu'il soit nécessaire d'avoir aucune fosse ni installation préalable.

Dans l'exposition de la Compagnie de Lyon, on remarquait une *plaque tournante* de 12 mètres de diamètre, actionnée par une machine locomobile. Cette disposition commence à se généraliser. Les locomobiles se placent également

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aujourd'hui sur des chariots qui desservent les remises longitudinales ou les ateliers. Quelquefois, comme à Nine Elms (Londres) et à Wurzburg (Bavière), la locomobile du chariot met aussi en mouvement des treuils qui amènent le véhicule sur le chariot.

La Compagnie de Lyon avait également exposé une grue hydraulique avec appareil de vidange automateur.

CHAPITRE TROISIÈME.

SIGNAUX.

Les signaux des chemins de fer ont une importante mission à remplir[1] : c'est celle d'assurer la sécurité des trains, en empêchant les rencontres soit entre deux trains qui se suivent, soit dans les manœuvres des gares, soit enfin entre deux trains marchant à la rencontre l'un de l'autre sur la même voie.

Les signaux peuvent être étudiés sous deux points de vue : 1° l'établissement des appareils eux-mêmes ; 2° leur organisation, c'est-à-dire leur groupement aux points à protéger et la signification des indications qu'ils donnent.

§. 1er. — Appareils proprement dits.

A l'origine, les signaux étaient faits partout à la main, avec des drapeaux, comme ils le sont encore en partie aujourd'hui : le drapeau roulé, ou absence de signal, signifiant voie libre ; le vert, le ralentissement[2] ; le rouge, commandant l'arrêt. La nuit, les signaux sont donnés par des lanternes à feux blancs, verts ou rouges.

Les Anglais installèrent aux gares des mâts élevés (sémaphores) portant à leur sommet un bras rouge dont les trois positions, verticale, à 45°, ou horizontale, signifient : voie libre, ralentissement, arrêt (fig. 2). La nuit des verres de couleurs viennent se placer devant une lanterne et donnent les mêmes signaux. En France, les mêmes signaux furent adoptés dès l'origine ; mais on trouva vite qu'il valait mieux prévenir le mécanicien à distance, afin qu'il eût toujours le temps d'arrêter, et, avant 1840, M. Flachat faisait installer sur les lignes de Saint-Germain et Versailles des signaux placés à quelques centaines de mètres en avant des gares ou des points à protéger, et manœuvrés au moyen de fils de fer de transmission ; on adopta alors les disques tournants tels qu'on les trouve aujourd'hui sur les chemins français, et qui ne donnent que deux signaux, voie libre (blanc) ou arrêt (rouge). Lorsque la vitesse des trains est devenue plus grande et lorsque des inclinaisons relativement fortes furent adoptées sur les chemins de fer, il a fallu augmenter la distance entre la station et le signal ; mais alors les effets de dilatation sont venus dérégler les fils de fer de la transmission, et divers modes de compensation ont dû être adoptés[3]. Les chemins anglais ont reconnu les avantages du signal à distance, et tout en conservant le signal placé au point à couvrir, ils le font précéder d'un signal manœuvré à distance qui indique au train la position du signal principal ; il y a du reste

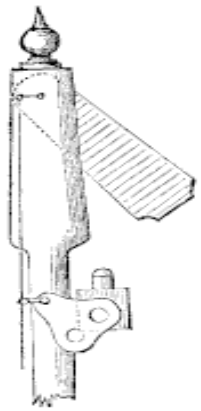


Fig. 2.

1. Nous insisterons sur cette partie, qui jusqu'à ce jour n'avait figuré que très-incomplétement aux expositions.

2. Sauf toutefois sur le chemin d'Orléans où le vert pâle indique la voie libre, le rouge l'arrêt.

3. Nous recommandons d'étudier en détail, dans l'ouvrage de M. Brame, le système de réglementation des disques à deux fils sur le chemin du Nord.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des lignes anglaises qui ont adopté des signaux tournants pareils à ceux des chemins français.

La plupart des appareils employés sur les diverses lignes de France étaient représentés à l'Exposition, chaque compagnie possédant ses modèles particuliers, fonctionnant du reste tous aussi bien les uns que les autres. Leur description nous entraînerait dans de trop grands développements, et nous renverrons ceux qui veulent étudier les signaux en détail à un remarquable ouvrage, dû à M. Brame, ingénieur en chef des ponts et chaussées, attaché au contrôle des chemins de fer. Nous sommes d'autant plus en droit de le faire, que ce livre de M. Brame, *Étude sur les signaux de chemin de fer à double voie*, figurait à l'Exposition ; et c'est aussi M. Brame qui, après avoir demandé aux compagnies d'exposer leurs divers signaux, avait présidé à leur installation dans le parc.

Toutes les compagnies françaises emploient le signal tournant, mais chacune a en outre des signaux spéciaux, établis dans ces dernières années, pour répondre à des besoins particuliers, comme, par exemple : les sémaphores de Lyon, donnant trois signaux, comme les sémaphores anglais, blanc, vert et rouge ; — les disques de bifurcation du Nord, carrés et écartelés ; — le signal spécial de présence d'un train dans un souterrain ; les disques à pédale du système Limouse ; les signaux d'*arrêt absolu* de l'Ouest, comprenant l'ancienne potence, et le nouveau signal (système Regnault) à une seule lanterne donnant deux feux rouges au moyen de réflecteurs à 45 0/0, (fig. 3), etc., etc.

La Compagnie de Lyon, préoccupée de l'impossibilité où est le mécanicien de voir le disque en temps de brouillard, a trouvé une heureuse solution, en prolongeant les fils de manœuvre du disque de 400 à 500 mètres plus avant que lui, et leur faisant commander deux pétards qui viennent se poser sur le rail en même temps que le disque se ferme.

Signalons enfin l'appareil à enclanchement de M. Vignier, ingénieur au chemin de l'Ouest ; nous en parlerons en détail dans notre deuxième partie.

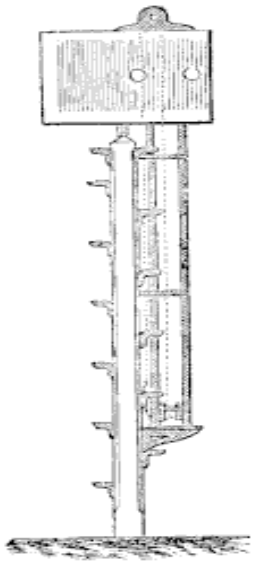


Fig. 3.

Si nous sortons de la section française, nous ne trouvons que peu d'appareils à signaux exposés. Dans la section prussienne, on remarque deux sémaphores à mât en tôle envoyés par M. Kolesch, et du modèle de ceux employés par l'Est prussien. Les

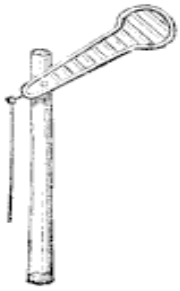


Fig. 4.

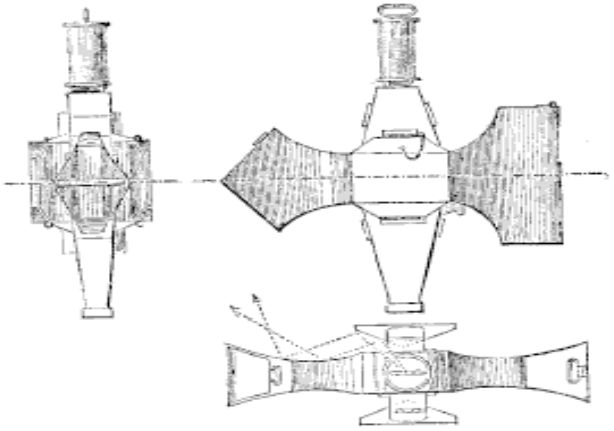


Fig. 5.

positions des bras ne sont plus exactement les mêmes que dans les signaux anglais : la voie libre n'est pas indiquée par la position verticale, mais bien par une position à 45° au-dessus de l'horizontale (fig. 4).

Dans la section autrichienne, M. Bender expose sous une nouvelle forme de flèche (fig. 5) son signal où la lumière d'une lampe centrale est renvoyée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à l'extérieur par un réflecteur, et dont l'effet est de montrer la nuit exactement le même signal que le jour : la flèche s'applique aux aiguilles, et la pointe indique le sens de la déviation. Ces appareils sont éclairés au pétrole.

La section anglaise nous montre un certain nombre d'appareils relatifs aux signaux. M. Deas expose un système de levier d'aiguille combiné avec un bras de sémaphore se déplaçant sur un cadran et indiquant le sens de la voie ouverte : MM. Saxby et Farmer, Livesey et Edward, Jeffreys et Owen exposent des modèles de dispositions destinées à relier les aiguilles et les signaux et sur lesquels nous reviendrons dans notre deuxième partie.

Signaux électriques. — On a beaucoup cherché à appliquer l'électricité aux signaux, mais, jusqu'à ce jour le fonctionnement n'a jamais été très-régulier, et on ne l'emploie guère que comme contrôle. C'est ainsi qu'on emploie les trembleuses pour savoir si un disque, non vu de la gare, est fermé ou non ; et l'on remarque parmi les diverses installations celle du chemin du Nord, établie par M. Breguet sur les indications de MM. Tesse et Lartigue, inspecteurs du service télégraphique de la Compagnie du Nord. La Compagnie du Nord autrichien avait également exposé le modèle du contrôle par l'électricité du fonctionnement de ses disques, appareil dont on est très-satisfait. Une disposition de M. Bernier, usitée à la Compagnie d'Orléans, paraît également à recommander.

On emploie aussi l'électricité pour indiquer si la lampe est allumée : appareil dit aphos-électrique, de Lyon, et appareil de M. Preece, en Angleterre. Ce dernier consiste en une tige métallique chauffée par la lampe : la tige, se dilatant, appuie sur un commutateur et détruit la fermeture d'un circuit ; si la lampe s'éteint, le commutateur revient à sa position initiale, le circuit est établi et une trembleuse marche.

La fabrique de Hipp, en Suisse, expose un signal composé d'une certaine quantité de jalousies rouges qui montrent à volonté leur face rouge ou leur tranche en interrompant ou établissant un courant électrique. Dans la section autrichienne, M. Leopolder nous montre un système où l'électricité fait marcher également le signal.

Les États-Unis montrent, sous le nom de M. Hall (Connecticut), une liaison électrique établie entre une aiguille de bifurcation et une gare, de manière à indiquer, au moyen de la trembleuse, si l'aiguille donne la voie principale ou l'embranchement.

Outre ces signaux, on en trouvait encore quelques-uns dont la description détaillée rentre, à proprement parler, dans le chapitre des appareils électriques, mais dont nous parlerons cependant dans notre deuxième partie, comme organisation de signaux: ce sont les appareils Tyer, usités en Angleterre et en France, et les appareils Preece, usités en Angleterre, et diverses dispositions allemandes. Quant aux communications électriques permettant au personnel d'un train d'échanger des signaux, leur description a été jointe au chapitre du matériel roulant, dont elles font partie intégrante.

§ II. — Organisation des signaux.

Lorsque les lignes de chemins de fer se sont divisées en embranchements et lorsque les trains se sont trouvés exposés à se rencontrer, l'organisation des signaux est devenue une chose très-importante et quelquefois très-compliquée. L'enquête, faite il y a quelques années à propos des signaux des chemins de fer, a conduit à attirer l'attention des Compagnies sur l'ensemble des dispositions adoptées au chemin du Nord pour les bifurcations, et elles ont été plus ou moins reproduites par les diverses lignes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Nous sommes obligés encore ici, afin de ne pas sortir des limites dont nous pouvons disposer, de renvoyer, pour le détail des diverses organisations, au livre déjà cité de M. Brame, et nous ne pourrons insister que sur les points les plus importants.

Nous mentionnerons au premier rang les enclanchements du système Vignier, en France, et Saxby et Farmer, en Angleterre. Nous empruntons les lignes suivantes au rapport officiel que nous avons fait à propos de l'Exposition, sous la direction de M. Michel-Chevalier, et nous y ajoutons quelques figures destinées à rendre la description encore plus claire.

« Le progrès le plus saillant est la connexion établie entre les signaux et les aiguilles, au moyen des enclanchements réciproques de leurs leviers de manœuvre (système Vignier, fig. 2 et 3, pl. 219). Son but et son effet sont de rendre impossibles les rencontres de trains, tant aux bifurcations que dans tous les points où deux voies se croisent ou se confondent en une seule. Prenons pour exemple une simple bifurcation. Sur un chemin de fer à deux voies, il y a toujours une des deux voies qui coupe l'autre; en outre, il y a toujours deux voies qui se réunissent en une seule. Néanmoins, pour certaines directions, on peut admettre deux trains à la fois; or, il peut arriver, lorsque les leviers de manœuvre des signaux sont indépendants des leviers de manœuvre des aiguilles, et bien qu'un seul agent, muni d'instructions précises, soit seul chargé de l'ensemble des manœuvres, que l'aiguilleur, croyant l'aiguille convenablement faite, donne le signal de voie libre aux deux trains, et amène ainsi une rencontre. Pour éviter cela, M. Vignier a muni de trous une partie des tringles des leviers des signaux et des aiguilles, tandis que l'autre partie des leviers est munie de tringles qui peuvent pénétrer dans les trous que l'on a eu soin de placer vis-à-vis, et peuvent ainsi produire l'enclanchement de tel signal ou telle aiguille qu'on voudra. Il suffit donc de disposer ces enclanchements de telle sorte que deux directions qui se rejoignent ne puissent être ouvertes à la fois. Ainsi, par exemple, tous les signaux étant tournés à l'arrêt, comme cela est de rigueur, si un train vient à demander passage, l'aiguilleur, en manœuvrant le disque pour lui ouvrir la voie, enclanchera par ce seul mouvement et condamnera tous les autres disques ou aiguilles dont la manœuvre serait dangereuse. Si, par hasard, une des aiguilles était mal placée, son enclanchement ne pouvant avoir lieu, l'aiguilleur ne pourra ouvrir le signal au train, et sera ainsi prévenu de l'oubli qu'il a fait. Ce système est composé de pièces robustes, d'un entretien nul, et n'est pas susceptible de manquer. Essayé dès 1854 sur le chemin de fer de l'Ouest, il a été sanctionné par l'expérience, et son emploi a pris une extension rapide; il est également adopté par les autres chemins de fer français. M. Vignier, son auteur, conducteur principal au chemin de fer de l'Ouest, n'a pris aucun brevet, et, par suite, n'a recueilli d'autres avantages pécuniaires de cette invention que ceux qui lui ont été faits spontanément par la Compagnie; il a donc d'autant plus mérité les récompenses honorifiques qui lui ont été décernées.

« Le système des enclanchements a été vite apprécié par les Anglais, mais il s'est répandu comme se généralisent les inventions dans ce pays, c'est-à-dire sous l'influence de l'industrie privée. C'est ce que nous montre l'exposition de MM. Saxby et Farmer, dans la section anglaise. Ces constructeurs se sont associés pour l'exploitation d'un brevet relatif aux enclanchements dont ils n'ont conservé que le principe en l'appliquant au système de signaux usités en Angleterre. Quelques essais isolés ayant amené la confiance, ils ont obtenu du South-Eastern une application en grand dans la gare de Charing-Cross, à Londres. La figure 4, pl. 219, représente la disposition extérieure des signaux et de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cabine contenant les leviers des signaux et des aiguilles, au bout du pont de Charing-Cross. La Compagnie, après avoir arrêté le plan de sa gare et son mode d'exploitation, a donc remis ces renseignements à MM. Saxby et Farmer, qui ont fait toutes les études et l'installation de leur système. Les résultats ayant été très-satisfaisants, la même disposition a été adoptée pour la gare de Cannon-Street, à Londres. Nous la citerons comme étant la plus récente et la plus compliquée[1]. La gare comprend 32 aiguilles, dans une longueur de 200 mètres à ces aiguilles, et aux divers trottoirs d'arrivée et de départ, se rattachent 35 signaux, dont 5 à distance, et 6 secondaires. Aucune manœuvre de train ou de machine ne se fait sans être autorisée par un signal. Les 67 leviers de manœuvre des divers appareils sont rangés côte à côte dans une guérite large de 2 mètres et longue de 15 mètres (fig. 5, pl. 219), perpendiculairement aux voies; le plancher est à 5 mètres au-dessus des rails, et la guérite est surmontée de 4 mâts portant les signaux. Au-dessous des leviers et du plancher sont disposées des séries de tringles mises en mouvement par les leviers, comme dans le système Vignier, et qui opèrent l'enclanchement ou le déclanchement des signaux et aiguilles convenables. Les leviers d'aiguilles sont peints en noirs; les leviers de signaux sont en rouge pour les départs, en bleu pour l'arrivée et en jaune pour les signaux à distance. Chaque levier porte sur son côté une série de numéros rappelant aux agents les autres leviers solidaires. Le personnel se compose de quatre hommes : deux aiguilleurs pour les aiguilles et signaux, et deux employés pour recevoir des indications télégraphiques annonçant les trains.

« La sécurité obtenue par ces dispositions a fait naître divers systèmes remplissant le même but, et dont quelques-uns sont exposés dans la section anglaise par MM. Owen, Jeffreys, Livesey; mais ils n'agissent pas avec la même perfection ou la même commodité que celui de MM. Saxby et Farmer. »

Bifurcations de la plaine de Saint-Denis, du chemin de fer du Nord. — L'Exposition nous montre aussi un ensemble de travaux et de dispositions de signaux faits par la Compagnie du Nord pour augmenter la sécurité des trains aux approches de Paris, et nous allons faire un emprunt à l'ouvrage de M. Brame, pour décrire le modèle en relief exposé par la Compagnie du chemin de fer du Nord, et représentant les travaux faits à la bifurcation du poteau kilométrique 3 (dans la plaine Saint-Denis) pour supprimer les coupements de voie à niveau et éviter ainsi les accidents, tout en activant le service des trains.

« Cinq voies sont établies entre Paris et les fortifications pour desservir les lignes de Creil par Pontoise, de Creil par Chantilly, et de Soissons (fig. 1, pl. 219). Afin de faciliter le service de la ligne principale qui passe par Chantilly, la voie de départ correspondant à cette direction a été placée à l'extrême gauche, le long du quai qui borde les salles d'attente. Les voies de départ et d'arrivée de la ligne de Pontoise viennent ensuite; la quatrième est affectée au départ pour Soissons; la cinquième enfin sert au retour de Chantilly et de Soissons. Cette disposition, justifiée, ainsi qu'il est dit plus haut, par des convenances de service, nécessite la traversée de voies de Pontoise par la voie de départ de Chantilly, pour faire reprendre à cette dernière sa position topographique. De plus, la gare des marchandises de La Chapelle, qui se trouve à droite des voies principales, doit se relier avec chacune des trois directions. Précédemment, les traversées se faisaient à niveau et étaient protégées par les signaux ordinaires. La Compagnie du chemin de fer du Nord a modifié cette situation et a remplacé les traversées à niveau par des passages en dessous. Elle

1. Voir aussi les *Annales du Génie civil* de l'année 1867, page 795 et planche XLIV.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a pu, au moyen de travaux considérables, conçus de la façon la plus ingénieuse, supprimer, pour les bifurcations nombreuses qui se trouvent à la sortie de Paris, les coupements à niveau des voies sur lesquelles s'effectuaient des mouvements en sens inverse. C'est, on le sait, le principal danger que présentent les bifurcations. Ces travaux, aussi remarquables au point de vue de la conception qu'à celui de l'exécution, ont été faits sans interrompre ni même modifier la circulation sur aucune voie. Ils sont aujourd'hui complétement terminés. Voici en quoi ils consistent :

« Un premier pont (10) est établi pour donner passage à la voie de départ des marchandises par-dessus la voie (V) commune au retour de Soissons et de Chantilly. Cette voie de départ des marchandises se confond ensuite (11-12) avec la voie de départ de Soissons, et s'en détache aussitôt pour passer, au moyen d'un second pont, par-dessus les deux voies de Pontoise. La voie de départ Soissons passe, par un troisième pont (13), au-dessus de la voie de retour Chantilly. Enfin, un quatrième pont, situé entre le passage à niveau du Landy et la route de la Révolte, livre passage, par-dessous les voies de Pontoise, à la voie de départ Chantilly. »

Ce système des passages superposés de lignes de fer se croisant a été appliqué en France (à Saint-Cloud) et en Angleterre, mais sur une bien moins grande échelle.

L'examen du plan de la figure 1, planche 219, fait comprendre facilement les dispositions qui viennent d'être décrites; on reconnaît que, grâce à elles, il n'existe plus de coupement à niveau, et que les raccordements n'ont lieu qu'entre des voies parcourues dans le même sens.

Il faut éviter toutefois qu'un train de marchandises, partant par la voie IV, ne vienne prendre en écharpe un train de voyageurs au droit soit de l'aiguille 17, soit de l'aiguille 18. A cet effet, une correspondance est établie entre les aiguilleurs du poste n° 3, et ceux du poste n° 1. Tout train arrivant par la voie n° IV est tenu de s'arrêter avant le disque carré à pétard de l'aiguille n° 15. Il demande alors sa direction. Si le train doit se diriger sur Chantilly, l'aiguilleur du poste n° 3 ferme le disque à pétard *a* de la voie de départ pour Chantilly, et le disque à distance *b*, qui couvrent l'aiguille n° 18. Si, en ce moment, aucun train n'est engagé sur la voie de Chantilly, entre le disque *b* et l'aiguille 18, l'aiguilleur du poste n° 1 en informe le poste n° 3, en ouvrant un petit disque spécial de correspondance *c*, portant écrit le mot *Chantilly*. Le mouvement de ce disque enclanche le disque *a*, de telle manière qu'il ne peut être ouvert à un train survenant par la voie de départ pour Chantilly. Si le train demande la direction de Pontoise, ce sont alors les disques relatifs à l'aiguille 17 qui sont manœuvrés.

Usage des sémaphores au chemin de fer de Lyon. — Il est d'usage sur certaines lignes de chemins de fer de fermer le disque à distance d'une gare pendant environ dix minutes après le passage d'un train, même quand il ne s'arrête pas à cette gare : mais pour éviter toute confusion, et laisser au signal à distance sa véritable signification, c'est-à-dire *la couverture d'un train arrêté ou manœuvrant dans la gare*, la Compagnie de Lyon a installé dans chaque gare et à certains passages à niveau des sémaphores destinés uniquement à distancer les trains, et donnant les trois signaux : *rouge*, arrêt absolu ; *vert*, ralentissement ; *blanc*, voie libre[1]. L'installation de signaux fixes peut être économiquement rem-

1. La Compagnie d'Orléans installe actuellement dans ses gares des disques remplissant le même office.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placée par des signaux à main faits pendant le temps voulu par un agent dans la gare.

Les sémaphores servent aussi aux bifurcations, sur le chemin de Lyon, pour indiquer la direction ouverte au train.

Organisation des signaux en Allemagne. — Si nous sortons de l'enceinte de l'Exposition pour juger de l'organisation des signaux dans les autres pays, nous trouverons que le système suivi en Angleterre est analogue à celui que nous avons adopté en France, mais en Allemagne nous remarquerons des signaux très-multipliés. Ils sont placés à vue les uns des autres, de telle façon que la marche d'un train est signalée de proche en proche par une succession de signaux. Les signaux servent en même temps pour le train, et celui-ci ne peut avancer que s'il voit le signal de voie libre. Les appareils employés sont des sémaphores, et les combinaisons des signaux qu'ils peuvent donner varient avec les diverses administrations. L'usage des disques de protection à distance est extrêmement peu répandu, et cela se conçoit puisqu'un signal fait dans une gare est aperçu par le garde qui la précède, et qui répète ce même signal à tout train survenant. Ce système demande un personnel très-nombreux, et n'est donc admissible que dans un pays où les salaires sont peu élevés.

Le principe des chemins allemands paraît avoir certains avantages de sécurité sur les lignes à voie unique : si deux trains ont été lancés par mégarde à la rencontre l'un de l'autre, comme chacun d'eux est annoncé de poste en poste, il arrivera un moment où le même garde recevra de deux côtés différents l'annonce d'un train, ce garde fera alors le signal d'arrêt à chacun des trains et préviendra ainsi une rencontre ; un arrangement analogue vient d'être appliqué sur la ligne d'Amiens à Tergnier, de la Compagnie du Nord. Déjà les signaux observés en France sur la voie unique n'étaient pas les mêmes que sur la double voie, et sur la plupart des lignes les disques des gares où il y a croisement de train sont fermés avant l'arrivée d'un train ; mais cette précaution a surtout pour but de n'admettre le deuxième train dans la gare que lorsque le premier est complétement arrêté, et éviter ainsi toute chance possible de rencontre au delà des aiguilles de garage. Elle a aussi quelquefois pour but, comme sur le Midi, de permettre sur la voie unique la création de trains directs *brûlant* certaines gares non importantes.

Signaux électriques. — On emploie en général en Allemagne, avec ou sans les sémaphores, des sonneries électriques qui préviennent les gardes qu'un train vient de quitter la station voisine et se dirige vers eux. Ces sonneries se composent de mécanismes d'horloges à poids, dont une des roues est enclanchée ; le passage d'un courant d'induction fait soulever l'encliquetage, et l'horloge met en mouvement des marteaux qui frappent sur des timbres et produisent une sonnerie déterminée annonçant le sens de marche et la nature du train. Le courant d'induction a été choisi parce qu'on ne dépense d'électricité que juste pendant le temps utile, et en outre le courant nécessaire est assez faible pour ne pas faire fonctionner les appareils télégraphiques des stations ; il en résulte qu'un seul fil suffit à la fois pour le service des sonneries et pour le service du télégraphe.

Ce système d'avertissement des garde-lignes, d'un usage général en Allemagne[1] sur les lignes à simple ou à double voie, a été installé sur la ligne à simple voie d'Amiens à Tergnier (Compagnie du Nord), concurremment avec les sémaphores dont nous avons parlé plus haut. En Allemagne plusieurs lignes

1. On ne le trouve cependant pas sur l'État Bavarois.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se contentent des sonneries, il n'y a point de sémaphores et les signaux sont faits par les gardes. Nous citerons comme exemple la section d'Oberlahnstein à Wiesbaden, des chemins de l'État de Nassau, longue de 88 kilomètres, qui admet en été des trains directs croisant des trains à des gares où ils n'ont pas d'arrêt : les voies de garage sont très-longues, et les aiguilleurs, placés aux extrémités de la gare, sont chargés de faire les signaux à la main, et de n'admettre les trains dans la gare que l'un après l'autre.

Signaux d'aiguilles. — En Allemagne, toutes les aiguilles sont munies d'un signal indiquant leur position le jour comme la nuit : le disque rond du système Bender[1], dont nous avons déjà parlé, est très-employé, mais beaucoup d'autres combinaisons variées sont également adoptées. Il nous paraît bien meilleur de ne donner de signal indicateur qu'aux aiguilles principales et de bifurcation, comme on le fait en France et en Angleterre. Le système allemand amène une grande confusion dans les gares, d'autant plus qu'en général le signal indique bien si l'on suit la voie principale ou la voie déviée, mais il n'indique nullement si l'aiguille est prise en pointe ou par le talon.

Block-système. — Ce système, inauguré en Angleterre pour les parties de lignes très-fréquentées, notamment aux abords de Londres, consiste à partager la ligne en sections de 1 1/2 à 3 kilomètres de longueur. En tête de chaque section est un poste muni d'un sémaphore et mis en communication avec le poste précédent ou suivant au moyen d'un appareil électrique donnant seulement quelques signaux (on emploie en général la déviation d'une aiguille galvanique). La marche d'un train est signalée de poste en poste, et sitôt que l'un des postes, A par exemple, est dépassé, le semaphore est levé pour couvrir le train, et le signal d'arrêt n'est effacé que lorsque le poste suivant B aura envoyé l'indication que le train est passé et que la voie est de nouveau libre : jusque-là la voie est bloquée. De la sorte on remplace l'intervalle de temps laissé entre deux trains par un intervalle d'espace : le premier est réglementairement de dix minutes, tandis que le second varie de une à huit minutes suivant l'espacement des postes et la vitesse des trains. L'intervalle de temps est à peine suffisant quelquefois pour la sécurité, tandis qu'il est souvent gênant pour la succession des trains sur les lignes chargées : l'intervalle d'espace donne une sécurité presque absolue, tout en donnant de grandes facilités pour augmenter le nombre des trains circulant sur une même section.

Divers appareils ont été imaginés pour la correspondance entre les postes chargés de bloquer la ligne, et parmi eux nous décrirons les *appareils Tyer* employés aux chemins de Lyon et de l'Ouest, et les *appareils* exposés par *M. Preece*, ingénieur anglais.

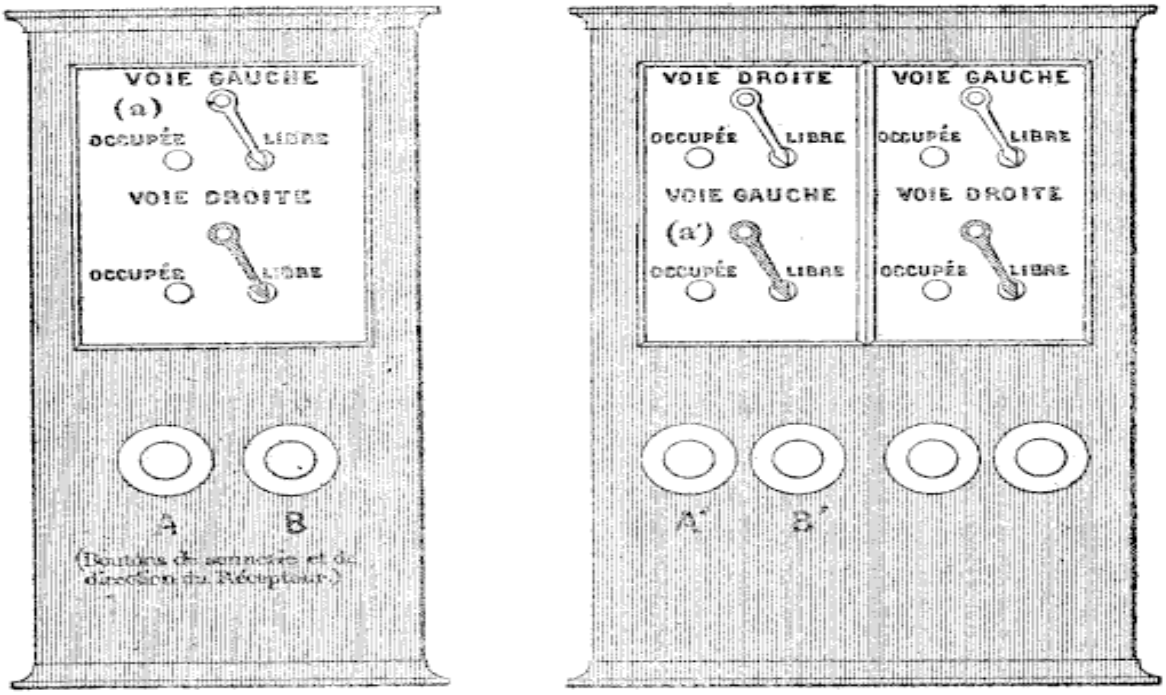
L'appareil Tyer, dont la fig. 62[2], page suivante, représente des vues extérieures, se compose d'électro-aimants droits placés horizontalement au-dessus de l'axe d'un aimant en fer à cheval dont les pôles viennent affleurer la surface extérieure de la platine de l'appareil, et forment les points marqués *occupée, libre*. Une aiguille placée à l'extrémité du fer doux de chaque électro-aimant peut osciller librement entre ces deux pôles. Les deux boutons de manœuvre A et B sont deux commutateurs qui font passer dans les électro-aimants un courant tantôt positif, tantôt négatif, déterminant ainsi le mouvement de l'aiguille. Il est facile maintenant de comprendre comment on emploie l'appareil Tyer pour signaler la marche des trains entre deux stations M et N.

1. Ces appareils coûtent 26 fr. en Autriche.
2. Empruntée aux *Annales du Génie civil*, année 1862.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Supposons qu'aucun train ne circule sur les deux voies qui relient ces deux points et que les aiguilles indicatrices des appareils soient en conséquence toutes sur voie libre.

Fig. 6.



M. Appareil de gare terminus.

N. Appareil de gare intermédiaire.

Voici qu'un train part de M se dirigeant vers N :

L'agent de M presse sur le bouton B vers lequel l'aiguille de la voie droite est dirigée : il envoie ainsi un courant d'avertissement qui fait marcher la sonnerie de N sans déplacer aucune aiguille.

L'agent de N, ainsi prévenu qu'un train part de M, presse sur son bouton gauche, A′ ; il place ainsi sur *voie occupée* les deux aiguilles *a* et *a′* et fait marcher la sonnerie de M : aux deux postes M et N, les aiguilles indiquent donc qu'un train est envoyé entre ces deux gares sur la voie de gauche et notamment l'appareil de M, annonçant *voie gauche occupée*, prévient que le disque d'amont doit être à l'arrêt quand M est une gare intermédiaire.

Lorsque le train est arrivé en N, l'agent de ce poste presse sur le bouton B′ et ramène ainsi sur *voie libre* les aiguilles qu'il avait inclinées sur *voie occupée*, en même temps qu'il fait marcher la sonnerie de M, prévenant ainsi que la voie *de gauche* est libre de M en N, et qu'on doit modifier en conséquence la position du disque qui la couvrait.

Si, pendant que le train était en marche de M vers N, ce dernier poste avait eu un train à envoyer vers M, il aurait procédé de la manière suivante : il aurait pressé sur le bouton vers lequel son aiguille *voie droite* était inclinée, c'est-à-dire le bouton A′; il aurait ainsi confirmé la position des aiguilles *a′* et *a* sur *voie occupée* et fait marcher la sonnerie de M. L'agent de M, entendant le tintement de sa sonnerie sans voir les aiguilles de son appareil se déplacer, aurait été prévenu du départ du train et aurait pressé sur le bouton A pour placer les aiguilles de *voie droite* sur *voie occupée* et faire marcher la sonnerie de N.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Prescriptions réglementaires[1]. — Les règlements pour l'emploi de l'appareil Tyer se résument ainsi qu'il suit :

A l'arrivée d'un train dans une gare de passage, l'agent couvre ce train au moyen du disque et l'annonce à la gare voisine qui accuse réception de l'avis en inclinant les aiguilles correspondantes sur *voie occupée*; puis l'agent de la gare donne *voie libre* à la gare précédente.

Les disques doivent toujours répéter les indications de l'appareil; cependant, lorsqu'une manœuvre occupe la gare, on tourne au rouge le disque correspondant, en ayant soin de ne le remettre parallèle à la voie lorsque la manœuvre est terminée, que si l'appareil indique que la voie est libre. Cette manière d'opérer satisfait complétement la pratique journalière de l'exploitation.

Quant à la manœuvre de l'appareil :

1° Pour signaler le départ d'un train, on presse sur le bouton vers lequel est inclinée l'aiguille *voie gauche*.

2° Pour accuser réception de cet avis, on presse sur le bouton placé au-dessous de *voie occupée*.

3° Pour annoncer l'arrivée d'un train, on presse sur le bouton placé au-dessous de *voie libre*.

Dans tous les postes intermédiaires d'une section desservie par le système Tyer, il faut naturellement avoir deux appareils, qui correspondent : l'un comme appareil d'arrivée avec le poste d'amont, l'autre comme appareil de départ avec le poste d'aval. Ces deux appareils sont ordinairement juxtaposés dans une même boîte.

Avantages de l'appareil. — Il est facile de se rendre compte des avantages que présente l'emploi de l'appareil Tyer.

1° Au point de vue télégraphique, il n'exige qu'un fil de ligne pour donner les indications relatives aux deux voies. Le fluide électrique produit directement les signaux sans l'intermédiaire d'aucun mouvement d'horlogerie qu'on doive remonter périodiquement ni d'aucune transmission mécanique, source principale du dérangement des appareils.

2° Au point de vue de son but spécial, sa manœuvre n'exige aucune instruction des agents auquels il est confié.

Ses indications sont aussi claires que possible.

Enfin, comme ces indications persistent aussi bien au poste de départ qu'au poste d'arrivée, elles permettent aux deux postes un contrôle mutuel qui éloigne toute chance d'erreur.

Emploi. — La Compagnie de Lyon emploie les appareils Tyer sur plusieurs points de son réseau.

Elle en a placé aux extrémités des tunnels de Blaizy, de Saint-Irénée (près Lyon), du Credo, entre Lyon et Genève, et de la Nerthe pour qu'il n'y ait jamais deux trains engagés à la fois sous ces tunnels dans la même direction.

Elle en a placé de quatre en quatre kilomètres entre Darcey et Dijon, sur les longues et fortes rampes au moyen desquelles on franchit la ligne de faîte qui sépare le bassin de la Seine du bassin du Rhône; de cette manière les trains et les machines de renfort qui rentrent au dépôt peuvent se suivre sur cette section à quatre kilomètres de distance sans possibilité de collision.

Enfin elle les emploie encore entre Paris et Moret, où la circulation est extrêmement active, puisque entre ces deux points la voie est commune aux deux

1. Conférences sur le télégraphe, faites à l'École des ponts et chaussées, par M. G. Amyot, inspecteur des lignes télégraphiques.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lignes de la Méditerrannée et du Bourbonnais, et que de nombreux trains de banlieue y circulent en même temps que les trains de grande ligne. Sur toute cette section, la seule règle qui limite la circulation est que deux trains ne doivent jamais être engagés simultanément dans la même direction entre deux gares contigues.

L'appareil Preece est indiqué par la figure 7, qui peut représenter soit le groupe des appareils dans une même station M, A étant pour la station précé-

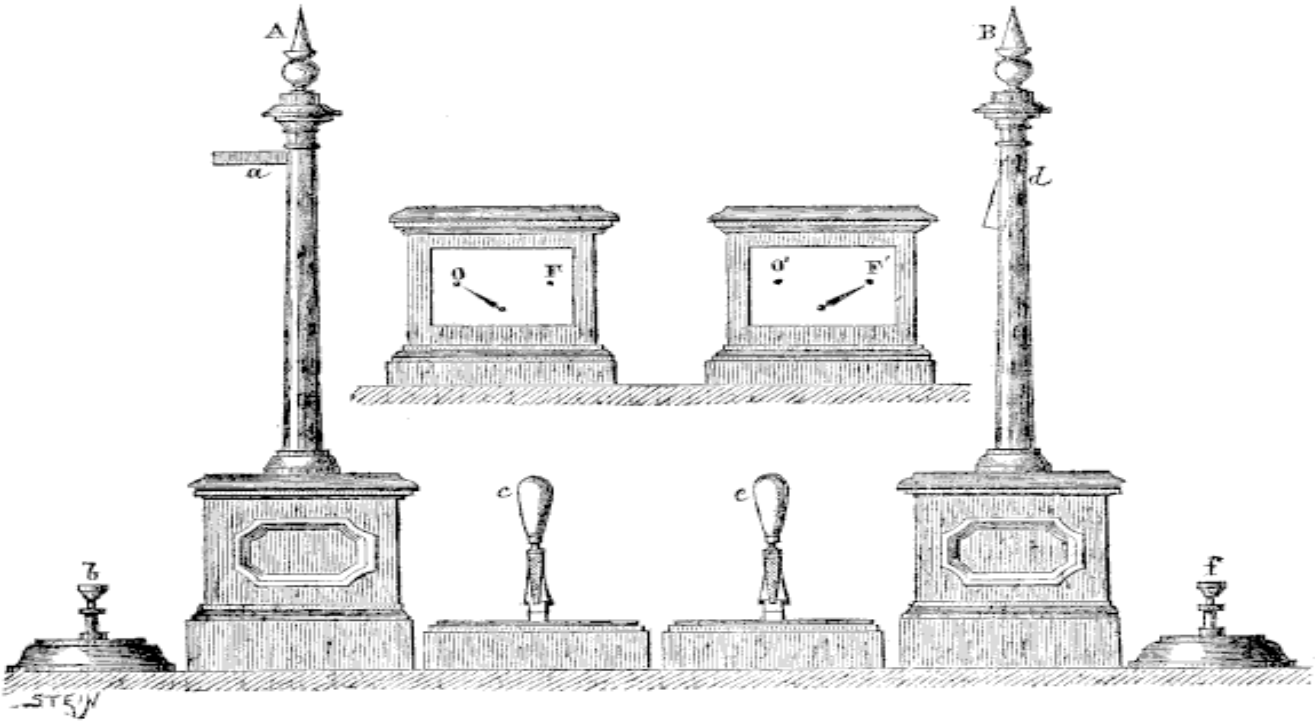


Fig. 7.

dente, et B pour la station suivante ; soit l'appareil de droite d'une station A, et l'appareil de gauche de la station voisine B. Faisons cette dernière hypothèse, et supposons un train allant de A vers B : avant le départ, le chef de la gare A appuie sur le commutateur *b* et fait marcher une sonnerie à la gare B ; celle-ci répond par la manœuvre du levier *e*, qui fait effacer le bras *a*, et, comme contrôle, le bras *a* en s'abaissant établit la communication avec une aiguille qui se déplace sur un cadran et vient en *o'*, montrant que la voie de A vers B est ouverte.

Si B veut expédier un train vers A, les manœuvres réciproques se font en B au moyen du commutateur *f*, et en A au moyen du manche *c* commandant le bras *d* et l'aiguille de contrôle dirigée sur *o*. Ces installations demandent deux fils de communication.

M. Preece propose de compléter encore ces installations, soit en ajoutant un troisième fil permettant à la gare B de verrouiller électriquement le grand sémaphore placé en tête de la gare A, et l'empêchant de donner le signal *voie libre* jusqu'au moment où le train sera arrivé en B, soit en enclanchant le manche *e* au moment où la gare B autorise le départ d'un train de A, et en disposant l'enclanchement de telle sorte qu'il ne peut être détruit que par l'action des roues du train lorsque ce dernier arrive en B.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On peut reprocher à ces dispositions, très-ingénieuses d'ailleurs, d'employer deux ou trois fils, pour ne donner que des résultats soumis aux irrégularités qu'a présentées jusqu'à ce jour l'usage de l'électricité.

Contrôleur des lanternes des signaux de la voie. — M. Preece expose également un petit appareil, auquel il donne le nom de contrôleur des lanternes des signaux de la voie, basé sur la dilatation et la contraction d'une feuille de métal agissant sur une sonnerie trembleuse par l'intermédiaire d'un commutateur électrique.

La feuille métallique est courbée en forme de demi-cylindre et placée au-dessus des cheminées des lampes ou des becs de gaz des signaux de la voie à une hauteur convenable; tant que brûle le bec au-dessus duquel cet appareil est placé, il est chauffé et par conséquent dilaté, et la quantité dont il peut se dilater est calculée de façon à lui permettre de presser contre le levier d'un commutateur dont il interrompt le courant. Quand le bec vient à s'éteindre, la plaque métallique se contracte, reprend sa longueur première et abandonne le petit levier qui prend sa position verticale et rétablit le courant qui actionne une trembleuse convenablement placée pour prévenir de l'extinction du bec.

Cet appareil nécessite l'emploi d'autant de fils et de sonneries qu'il y a de becs à contrôler.

J. MORANDIÈRE.
Ingénieur civil.

FIN DU SEPTIÈME VOLUME.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Description des Planches du tome VII.

PLANCHES.

169. — *Génie rural.* Locomobiles Ransomes[1].
191. — *Chemins de fer.* Voitures et wagons (Matériel français).
192. — *Chemins de fer.* Id. (Matériel belge et prussien).
193. — *Chemins de fer.* Id. (Matériel suisse et des États-Unis).
194. — *Chemins de fer.* Id. (Voitures diverses).
195. — *Chemins de fer.* Wagons et marchandises.
196. — *Chemins de fer.* Détails divers, boîtes à graisse, freins, aérateurs, etc.
208 à 211. — *Chemins de fer.* Systèmes divers de voies, éclisses, coussinets, traverses, rails, etc.
219. — *Chemins de fer.* Matériel fixe, les signaux.
224 à 229. — *Génie rural.* Râteaux à bras et à traction de cheval, de divers systèmes et de divers pays.
230. — *Briques et tuiles.*
231. — *Briques et tuiles.*
232. — *Briques et tuiles.* Machine à fabriquer les briques creuses.
233. — *Briques et tuiles.* Tailleuse et malaxeur.
234. — *Briques et tuiles.* Dispositions générales.
235. — *Briques et tuiles.*
238 à 240. — *L'Horlogerie.*

1. Par erreur dans le texte, page 250 et page 259, cette planche est désignée sous le numéro 223.

Paris. — P.-A. Bourdier, Carionont fils et Cie, 6, rue des Poitevins,
Imprimeurs de la Société des Ingénieurs civils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTUDES SUR L'EXPOSITION

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LES SEPT PREMIÈRES SÉRIES (FASCICULES 1 A 35)

Titre des Articles (1re, 2e, 3e, 4e, 5e, 6e ET 7e SÉRIES).

INTRODUCTION, par M. Eugène Lacroix.

I. Les Beaux-Arts et l'Industrie, par M. Daguzan.

II. Impression et teinture des tissus, par M. Kaeppelin.

III. Machines à vapeur :
Locomotives, locomobiles, par M. Gaudry.
Chaudières marines, par M. Ortolan.

IV. Horlogerie, par M. Berlioz.

V. Génie rural, par M. Grandvoinnet.

VI. Tissage, par M. Parant.

VII. Les cartes et les globes, par M. Pierragi.

VIII. Goudrons et leurs dérivés, par M. Knab.

IX. Constructions civiles, par M. Puteaux.

X. Le mobilier, par M. L. Chateau.

XI. Papiers peints, par M. Kaep elin.

XII. La sucrerie, par M Basset.

XIII. Bijouterie, joaillerie, par M. Schwaeblé.

XIV. Animaux domestiques, par M. E. Gayot.

XV. Tulles et dentelles, par M. Thomas.

XVI. Exploitation des mines :
Perforateurs et machines à abattre la houille, par M. Soulié.
Sondages, par M. Lacour.

XVII. Bois et forêts, par M. A. Robinson.

XVIII. Habitations ouvrières, par M. le comte Foucher de Careil.

XIX. Instruments de musique, par M Boudoin.

XX. Essai et analyse des sucres, par M. Monnier.

XXI. Appareils météorologiques enregistreurs, par M. Pouriau.

XXII. La télégraphie, par M. le comte du Moncel.

XXIII. Les métaux bruts (l'acier, le fer, la fonte), par M. Dufrené.

XXIV. Sellerie, par M. de Forget.

XXV. Les corps gras alimentaires, par M. Armand Robinson.

XXVI. Appareils servant à élever l'eau:
Notice historique, par M. Chauveau des Roches.
Appareils divers, par M. Belin.

XXVII. Instruments et machines à calculer, par M. Michel Rous, capitaine d'artillerie.

XXVIII. Production industrielle du froid, par M. Dufrené.

XXIX. Appareils des chantiers de construction, par M. Palaa.

XXX. Marine : le sauvetage des naufragés, par M. Jules de Crisenoy.

XXXI. Bronzes et fontes d'art, ouvrages d'art et métaux, par M. Guettier.

XXXII. Art militaire :
Armes portatives, par M. Michel Rous ;
Armes à feu, par M. Schwaeblé. (Voir plus loin, LV.)

XXXIII. L'imprimerie et les livres, par M. Auguste Jeunesse.

XXXIV. Appareils et produits agricoles pour l'alimentation et les arts industriels, par M. Rouget de Lisle.

XXXV. Appareils plongeurs, cloches, scaphandres, nautilus, par M. E. Eveillard.

XXXVI. Boulangerie et pâtisserie, par M. Henri Villain.

XXXVII. Constructions maritimes, par M. G. de Berthieu.

XXXVIII. Hydroplastie (Electro-chimie. — Galvanoplastie), par M. A. de Plazanet.

XXXIX. Sylviculture. — Systèmes d'aménagement et d'exploitation. — Reboisements, par M. A. Frochot.

XL. Conserves alimentaires, par M. Maurice Boucherie.

XLI. Moteurs hydrauliques, par MM. L. Vigreux et A. Raux.

XLII. L'Orient, par M. B.-J. Dufour.
La Perse, par M. le capitaine Rous.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La Chine et le Japon, par M. Champion.
Le royaume de Siam.
XLIII. La construction du Champ-de-Mars, par M. E. Lacroix.
XLIV. Revue des produits céramiques, par MM. A. et L. Jaunez.
XLV. Le locomoteur funiculaire (système Agudio), par M. Emile Soulié.
XLVI. Industries des vêtements, par M. Rouget de Lisle.
XLVII. La Minéralogie et la Géologie, par M. A.-F. Noguès.
XLVIII. Les insectes utiles, par M. A. Gobin.
XLIX. Industrie du gaz, par M. d'Hurcourt.
L. Machines-outils à travailler le bois, par MM. Raux et Vigreux.
LI. Appareils et instruments de l'art médical. Secours à donner aux blessés sur le champ de bataille, par M. le Dr Gruby.
LII. La chasse et la pêche, par M. A. Jeunesse.
LIII. Les monnaies, par M. H. Dufrené.
LIV. Etude sur la gravure, par M. H. Gobin.
LV. L'artillerie, par M. le capitaine Rous.
LVI. Blanchiment des tissus, par M. D. Kaeppelin.
LVII. Appareils de distillation, par M. J. Grandvoinnet.
LVIII. Histoire du travail, par M. Dufrené.
LIX. Blanchissage, par M. Kaeppelin.
LX. Les instruments de précision, de physique et de navigation, par M. J. Garnault.
LXI. Enseignement primaire et enseignement professionnel, par M. Léon Chateau.
LXII. Enseignement populaire, par M. Harant.
LXIII. Les produits chimiques et le matériel des arts chimiques, par M. Léon Droux.
LXIV. Lithographie, chromo-lithographie, autographie, gravure sur pierre, par M. D. Kaeppelin.
LXV. Les pierres artificielles, par M. Paul.
LXVI. Arboriculture fruitière et viticulture, par M. Charles Baltet.
LXVII. Photographie, par M. Tronquoy.
LXVIII. Cuirs et peaux, tannage, corroyage, mégisserie, par M. Henri Villain.
LXIX. Chemins de fer : voitures et wagons, par MM. Benoit Duportail et Morandière.
De la voie, par M. Sambuc.
Matériel fixe, par M. Morandière.
LXX. Fabrication des briques et des tuiles, par M. Bonneville.

Gravures de la 9e série.

Photographie.

Fig. 1. Chambre noire, photographique.
2, 3, 4. Objectifs doubles de Ch. Chevalier.
5. Objectif panoramique.
6 et 7. Dispositions et accessoires de cet objectif.
8 et 9. Comparaison des images obtenues avec une lentille ordinaire et celles obtenues avec une lentille panoramique.
10, 11, 12, 13. Chambres noires de systèmes divers.
14, 15. Tentes de voyage.
16, 17, 18, 19. Appareils de voyage.
20. Policonographe de voyage de M. Duboscq.
21. Appareil de grandissement de M. Bertsch.
22. Mégascope solaire de M. Arthur Chevalier.
23. Microscope héliographe de M. Bertsch.
24. Châssis de M. Civiale.
Fig. 25. Méthode panoramique de M. Lausedat.
26. Planchette photographique de M. d'Abbadie.

Instruments de musique.

Fig. 1 et 2. Piano transpositeur de M. Burckhardt.
1 bis, 2 bis, 3. Harmonica des nègres d'Afrique et tambour algérien.
4 Harmonica de noix de coco.
5. Violon de nègre.
6. Harpe fétiche de Cochinchine.
7. Nafa de l'Océanie.
8, 9. Violons indiens et japonais ; 10, harmonica japonais ; 11, tam-tam; 12. grosse caisse japonaise.
13. Harmonica-tambour des Indes anglaises.
14. Flûte de la Guyane.

Artillerie.

Fig. 1. Disposition d'affût.
3, 4, 5. Essais de gargousse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Chemins de fer.

Fig. 1. Bandages de l'Ouest.
4 à 7. Frein Stilmant.
8. Sonnerie électrique.
9, 10, 11, 12, 13. Système de communication, Prudhomme.
14. Trembleuse d'appel.
15, 16, 17, 18. Dynamographe de Holtz.

Navigation de plaisance.

Fig. 1. Le *Rob-Roy*.
2. Côtre de plaisance.
3. Goëlette à deux focs.
4. Pirogue ordinaire.
5. Pagaies ; 6, pagaies de pirogues de guerre.
7. Boutre de Madagascar.
8. Projection horizontale d'une pirogue à balancier ; 9, pirogue à double balancier.
10. Jangada du Brésil.
11, 12. Chaloupe à vapeur.

Génie rural.

Diagramme de l'essai d'une machine agricole.

Boulangerie et pâtisserie.

Fig. 1, 2. Laminoirs américains pour la pâte.
3. Machine à découper.
4. Four de M. Bacon.

Horlogerie.

Fig. 12. Remontoirs.
16. Horloge de M. Detouche.
31. Échappement de gravité de Dent.
32. Horloge monumentale de Benson.

Briques et tuiles.

Fig. 1. Four découvert à la houille.
2. Four rectangulaire surmonté d'une voûte demi-cylindrique.
3. Four avec grille.
4. Four Hoffmann et Licht.
5. Machine à briques creuses Laffineur-Ravier.
6. Les tuiles à emboîtement.
7. Chaperon de mur en tuile.
8. Broyeur universel de Carr.

Chemins de fer.

Fig. 1. Carbonisation des bois, système Lapparent.
2. Sémaphore anglais ; 3, signal tournant français.
4. Voie libre, signal français ; 5, signal autrichien.
6. Appareil de gare terminus, appareil de gare intermédiaire.
7. Appareil Preece.

P. Trenel — Imp. Polytechnique de Saint-Nicolas-de-Port. — Eug. LACROIX, Directeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires